RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

INFORME DE RESULTADOS

CAMPAÑA 2011

Pasaia, junio de 2012

INDICE

TOMO 1 INTRODUCCIÓN Y MÉTODOS....3
TOMO 2 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL BARBADÚN....47
TOMO 3 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL NERBIOI INTERIOR....77
TOMO 4 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL NERBIOI EXTERIOR....109
TOMO 5 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL BUTROE....141
TOMO 6 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL OKA INTERIOR....183
TOMO 7 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL OKA EXTERIOR....211
TOMO 8 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL LEA....253
TOMO 9 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL ARTIBAI....287
TOMO 10 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL DEBA....323
TOMO 11 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL UROLA....351
TOMO 12 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL ORIA....379
TOMO 13 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL URUMEA....405
TOMO 14 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL OIARTZUN....433
TOMO 15 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL BIDASOA....467
TOMO 16 MASA DE AGUA COSTERA CANTABRIA-MATXITXAKO....497
TOMO 17 MASA DE AGUA COSTERA MATXITXAKO-GETARIA....535
TOMO 18 MASA DE AGUA COSTERA GETARIA-HIGER....609
TOMO 19 MASA DE AGUA COSTERA MOMPAS-PASAIA....637
REFERENCIAS....659

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 1 INTRODUCCIÓN Y MÉTODOS

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 1 INTRODUCCIÓN Y MÉTODOS.....3

1.1 Introducción..... 5
1.1.1 Equipo de trabajo.....5
1.1.2 Agradecimientos.....5
1.1.3 Estructura del informe.....6
1.1.4 Antecedentes.....7
1.1.5 Objetivos.....8

1.2 Material y métodos..... 10
1.2.1 Estaciones de muestreo.....10
1.2.2 Frecuencia y condiciones de muestreo.....14
1.2.3 Condiciones meteorológicas en el período de estudio.....14
1.2.4 Indicadores biológicos.....15
1.2.5 Indicadores físico-químicos.....27
1.2.6 Componente hidromorfológico.....41
1.2.7 Clasificación del estado químico.....41
1.2.8 Calificación del estado ecológico.....43

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 EQUIPO DE TRABAJO

El informe que se presenta aquí, expuesto en 21 tomos, correspondiente al informe de resultados de la campaña 2011 de la "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco" ha sido realizado por un equipo multidisciplinar compuesto de las siguientes personas:

Dirección y coordinación del trabajo (Agencia Vasca del Agua-URA):

- D. José Mª Sanz de Galdeano Equiza (Director de Planificación y Obras. Agencia Vasca del Agua)
- D. J. Alberto Manzanos Arnaiz (Técnico de Información Hidrológica. Director de la Asistencia Técnica. Agencia Vasca del Agua)

Autores:

- Dr. Ángel Borja, Coordinador del Proyecto por parte de AZTI-Tecnalia
- Dr. Juan Bald (AZTI-Tecnalia)
- Dra. María Jesús Belzunce (AZTI-Tecnalia)
- Dr. Javier Franco (AZTI-Tecnalia)
- Dr. Joxe Mikel Garmendia (AZTI-Tecnalia)
- Dra. Joana Larreta (AZTI-Tecnalia)
- Dra. Iratxe Menchaca (Azti-Tecnalia)
- Dr. Iñigo Muxika (AZTI-Tecnalia)
- Dra. Marta Revilla (AZTI-Tecnalia)
- Dr. J. Germán Rodríguez (AZTI-Tecnalia)
- Dña. Oihana Solaun (AZTI-Tecnalia)
- Dña. Ainhize Uriarte (AZTI-Tecnalia)
- Dra. Izaskun Zorita (AZTI-Tecnalia)
- D. Victoriano Valencia (AZTI-Tecnalia)

Colaboradores:

- Dña. Idoia Adarraga (Insub)
- D. Florencio Aguirrezabalaga (Insub)
- D. Igor Cruz (Insub)
- Dña. María Cano (Fundación Labein)
- D. Aitor Laza (EHU-UPV)
- D. Mikel Aitor Marquiegui (Insub)
- D. Julián Martínez (Insub)
- Dra. Emma Orive (EHU-UPV)
- D. José Mª Ruiz (Insub)
- D. Sergio Seoane (EHU-UPV)
- Dr. Juan Carlos Sola (Insub)

Nota, este informe debe ser citado de la manera siguiente: Borja, A., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, J.M. Garmendia, J. Larreta, I. Menchaca, I. Muxika, M. Revilla, J.G. Rodríguez, O.Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, I. Zorita, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.Mª Ruiz, S. Seoane, J.C. Sola, A. Manzanos, 2012. *Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Informe de AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua. 19 Tomos, 665 pp.

(La cita de cada tomo por separado se hará igual, incluyendo el nombre de la Masa de agua, el número del tomo y su número de páginas)

1.1.2 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo, extremadamente complejo en cuanto a los medios estudiados, las matrices analizadas, la gestión de los datos, y la interpretación multidisciplinar de los resultados, sólo ha sido posible mediante la coordinación de multitud de medios materiales y, sobre todo, humanos, que incluyen desde personal de muestreo, analistas de laboratorio, investigadores, becarios en prácticas, administrativos, etc., en diversos organismos (AZTI-Tecnalia, Labein-Tecnalia, Insub, y Laboratorio de Ecología de la Universidad del País Vasco) a todos ellos nuestro agradecimiento por su labor fundamental.

1.1.3 ESTRUCTURA DEL INFORME

Este informe de la "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco", correspondiente al año 2011, se ha estructurado en 21 tomos:

Un primer tomo que recoge los apartados metodológicos, tanto de muestreo, como de analítica e interpretación de los datos, que no fueron utilizados en 2002 o que se han desarrollado a partir de entonces. Hay que hacer notar una vez más que estas metodologías no son las definitivas, puesto que cada año se van perfeccionando. Además también la metodología final va a depender de lo que los grupos de implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA) acaben recomendando o lo que los Estados adopten. Es por ello que los resultados de este estudio en cuanto a estado ecológico deben ser tenidos aún por provisionales. El objeto de este volumen es proporcionar de una manera sintética una visión global de la metodología utilizada en 2011 en nuestros estuarios y costas.

Para toda referencia previa deben consultarse los informes de 2002 a 2009 (Borja *et al.*, 2003-2010), disponibles en la siguiente página web: http://www.uragentzia.euskadi.net/u81-0003/es/contenidos/informacion/calidad_aguas/es_doc/calidad_aguas_superficiales.html.

Luego vienen 18 tomos de diferente tamaño, que corresponden a cada una de las 18 masas de agua (14 estuáricas y 4 costeras), con los resultados de aguas de transición y costeras, así como la calificación de su estado ecológico en 2011. En algunos casos en que no fue posible determinar el estado en años anteriores (p. ej. las macroalgas de zona costera) se ha procedido a su calificación este año, si bien no se incluyen los datos si no que se referencia en cada caso el informe correspondiente del año anterior. En cada volumen se recoge en los apartados de resumen del estado ecológico de cada una de las masas de agua de transición y costeras objeto de estudio en el País Vasco.

En concreto, la distribución y tamaño de cada tomo es la siguiente:

- Tomo 1: Metodologías utilizadas (44 páginas)
- Tomo 2: Masa de agua del Barbadún (30 páginas)
- Tomo 3: Masa de agua del Nerbioi interior (32 páginas)
- Tomo 4: Masa de agua del Nerbioi exterior (32 páginas)
- Tomo 5: Masa de agua del Butroe (42 páginas)
- Tomo 6: Masa de agua del Oka interior (28 páginas)
- Tomo 7: Masa de agua del Oka exterior (42 páginas)
- Tomo 8: Masa de agua del Lea (34 páginas)
- Tomo 9: Masa de agua del Artibai (36 páginas)
- Tomo 10: Masa de agua del Deba (28 páginas)
- Tomo 11: Masa de agua del Urola (28 páginas)
- Tomo 12: Masa de agua del Oria (26 páginas)
- Tomo 13: Masa de agua del Urumea (28 páginas)
- Tomo 14: Masa de agua del Oiartzun (34 páginas)
- Tomo 15: Masa de agua del Bidasoa (30 páginas)
- Tomo 16: Masa de agua Cantabria-Matxitxako (38 páginas)
- Tomo 17: Masa de agua Matxitxako-Getaria (42 páginas)
- Tomo 18: Masa de agua Getaria-Higer (74 páginas)
- Tomo 19: Masa de agua Mompás-Pasaia (28 páginas)

Por último, se han redactado dos volúmenes de síntesis (uno en castellano y otro en euskera; 37 páginas cada uno), que pretenden ser un resumen de la actividades de la campaña 2011 e informar de la calificación del estado ecológico por cada una de las 18 masas de agua definidas en Borja *et al.* (2004e), así como la evolución global.

Además, los datos brutos, obtenidos a lo largo del estudio, se encuentran recogidos en la Base de Datos de la Red (URSAREA). Con objeto de economizar papel no se han incluido éstos en el informe en papel, pero sí se incluyen en el CD-ROM que lo acompaña.

Al igual que se ha hecho desde 2002, este nuevo informe podrá estar disponible en formato pdf en Internet, en la página Web de la Agencia Vasca del Agua, antes mencionada.

1.1.4 ANTECEDENTES

Para el ejercicio de la competencia exclusiva que confiere el Estatuto de Autonomía para el País Vasco, por Acuerdo de la Comisión Mixta de Transferencias de 31 de mayo de 1994, aprobado por Decreto 297/1994, de 12 de julio, se traspasaron a la Comunidad Autónoma del País Vasco las funciones y servicios de Recursos y Aprovechamientos Hidráulicos. En virtud de este acuerdo es competencia exclusiva de la Administración Autónoma Vasca la elaboración de la Planificación Hidrológica en el ámbito de las cuencas intracomunitarias.

Según el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica aprobado por el Real Decreto 927/1989 de 29 de julio, las Comunidades Autónomas pueden participar en la elaboración y revisión de los Planes Hidrológicos de sus cuencas intercomunitarias por medio de su representación en el Consejo del Agua de la cuenca.

Según lo definido en la Ley de Aguas la planificación hidrológica tendrá por objetivo general "conseguir el buen estado ecológico del dominio público hidráulico", para lo cual es preciso conocer y cual es la situación de estado ecológico actual y cuáles son los factores que distorsionan el objetivo a alcanzar de "buen estado".

En este sentido, la Directiva Marco del Agua (DMA) (Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas) establece, en su artículo 8, las bases para el seguimiento del estado de las aguas superficiales, del estado de las aguas subterráneas y de las zonas protegidas. Asimismo, en el anexo V recoge los diferentes indicadores de calidad, definiciones de estado ecológico y estrategias para el establecimiento de redes de seguimiento.

Por otro lado la DMA establece el concepto de «demarcación hidrográfica» como elemento de gestión y lo define de la siguiente manera: zona marina y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas subterráneas y costeras asociadas, designada como principal unidad a efectos de la gestión y planificación de las cuencas hidrográficas.

Según el artículo 4 del Decreto 240/2007, de 18 de diciembre, por el que se aprueban los Estatutos de la Agencia Vasca del Agua, la Agencia, como entidad responsable en materia de aguas en el ámbito de las competencias que corresponden a la Administración General de la Comunidad Autónoma del País Vasco, ejerce las funciones indicadas en el artículo 7 de la CAPV. De estas y en relación con el objeto de este proyecto se destacan:

- La elaboración y remisión al Gobierno, para la aprobación, modificación o tramitación ante las autoridades competentes, de los instrumentos de planificación hidrológica previstos en esta Ley.
- La participación en la planificación hidrológica estatal de las cuencas intercomunitarias, de acuerdo con su normativa reguladora.

De la combinación de obligaciones derivadas de la DMA que establece como unidad de planificación el conjunto de la demarcación hidrográfica (aguas continentales, aguas de transición y aguas costeras) y las derivadas del Decreto 240/2007, que establece labores de planificación hidrológica, análisis y control de calidad de las aguas, surge la necesidad de establecer redes de vigilancia de la calidad de las aguas.

En el desarrollo de esta competencia, se ha realizado en los últimos años un esfuerzo considerable en avanzar en el conocimiento de las aguas continentales, de transición y litorales, y en poner en marcha mecanismos útiles para su control y vigilancia.

En 1994 se decidió abordar los trabajos de definición y puesta en marcha de la "Red de Vigilancia y Control de las Aguas Litorales de la CAPV" que se ha mantenido con diversas modificaciones hasta la actualidad. El diseño de esta Red se concibió con el objetivo de contar con un instrumento imprescindible para llevar a cabo una correcta planificación del recurso hídrico y éste ha sido el referente que ha ido marcando todas y cada una de las mejoras que se han ido incorporando a las redes de vigilancia.

Posteriormente, en 2002 y 2003, se integraron las dos redes precedentes en ríos y litoral en una sola, siendo adjudicados los trabajos a la UTE Fundación AZTI, Anbiotek S.L., Fundación Labein y Ondoan S. Coop.

Por último, en 2003 se volvieron a separar ambas redes, llamándose a partir de entonces la que nos ocupa "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco", que desde 2008 depende de la Agencia Vasca del Agua (Uragentzia).

Desde el principio, en 1994, AZTI-Tecnalia ha estado involucrada en los trabajos de esta red, garantizando su continuidad y comparabilidad a lo largo del tiempo.

1.1.5 OBJETIVOS

Diciembre de 2000 es una fecha histórica en el contexto de las políticas del agua en Europa, ya que el día 22 de dicho mes fue publicada, en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas (DOCE) la mencionada DMA, que establece un marco para la protección de todas las aguas que:

- prevenga todo deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos y, con respecto a sus necesidades de agua, de los ecosistemas terrestres y humedales directamente dependientes de los ecosistemas acuáticos;
- promueva un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles;
- tenga por objeto una mayor protección y mejora del medio acuático, entre otras formas mediante medidas específicas de reducción progresiva de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias prioritarias, y mediante la interrupción o la supresión gradual de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias;
- garantice la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea y evite nuevas contaminaciones; y
- contribuya a paliar los efectos de las inundaciones y sequías.

En conjunto, la DMA tiene por objeto alcanzar un buen estado de las aguas para el año 2015. Para más detalles en relación con la DMA se puede ver el Tomo 1 de los sucesivos años en que se ha hecho este informe (Borja *et al.*, 2003, 2004d, 2005), así como diversas publicaciones que se han ido haciendo en estos años (Borja, 2005, Borja y Heinrich, 2005, Borja *et al*., 2004a, c, 2006, 2009).

Uno de los requisitos básicos de la DMA es el establecimiento de redes de vigilancia y control de la calidad de las masas de agua.

En todo caso, se ha de recordar, una vez más, que tal y como establece la propia DMA, finales de 2006 fue la fecha de referencia para que estos temas estuvieran resueltos en sus apartados principales. Sin embargo, tanto el grupo de trabajo sobre el protocolo de intercalibración como el de los sistemas de control, que son básicos para la evaluación del estado ecológico según lo establecido en la DMA, han prorrogado sus trabajos hasta diciembre de 2011, por lo que cualquier evaluación del estado ecológico realizada con anterioridad a dicha fecha deberá ser considerada como provisional y sujeta a las modificaciones derivadas de los trabajos referidos.

Toda Red de Vigilancia y control tiene como requisito elemental su continuidad en el tiempo, al objeto de disponer de datos puntuales, y también de series históricas que permitan conocer la evolución en el tiempo de aquello que es objeto de las redes, en este caso, la calidad de las aguas superficiales de la CAPV.

Los ecosistemas acuáticos sufren diversas afecciones, entre ellas está la contaminación directa o indirecta. Los medios acuáticos son los receptores de los contaminantes provenientes de núcleos urbanos, industrias, etc., ubicados en su proximidad y transportados a lo largo de las cuencas hasta el mar. En el momento actual, esta Red de Vigilancia es un instrumento necesario para llevar a cabo el control del estado ambiental de las cuencas fluviales desde una perspectiva integral, ya que las áreas costeras se ven netamente influenciadas por los aportes de los cursos fluviales en donde desembocan.

Así es objeto principal de este trabajo la explotación de una *Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV*, que permita continuar con los trabajos previos realizados en el ámbito de la vigilancia de la calidad de las aguas de la CAPV. En su conjunto deberán conseguirse los siguientes objetivos:

- Establecer un instrumento de control del estado y la evolución de la calidad de las aguas que permita conocer las características de la calidad de los ecosistemas estuáricos y costeros.
- Constituir una documentación básica y valiosa para el adecuado desarrollo de la investigación científica sobre la materia en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco y que, por otra parte, los resultados de la misma sean divulgables mediante publicaciones y/o aportaciones a la página Web de la Agencia Vasca del Agua.

- Verificar la incidencia de las acciones de depuración y saneamiento y detectar posibles agresiones al medio hídrico.
- Conocer los niveles naturales que presentan las diferentes variables químicas, microbiológicas y biológicas, para poder establecer las características de estaciones de muestreo con buen o muy buen estado ecológico y así poder adaptarse a los criterios establecidos por la DMA.

Además de la DMA, a la que principalmente responde esta Red de Vigilancia, existe una serie de Directivas que son de obligado cumplimiento, en tanto que la Directiva Marco de Aguas no sea plenamente vigente (ver Borja *et al.*, 2003).

- Directiva 2006/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de septiembre de 2006 relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces. Esta sólo es aplicable a aguas continentales.
- La "Directiva del Consejo, de 30 de Octubre de 1979, relativa a la calidad exigida a las aguas para la cría de moluscos" (79/923/CEE; DOCE nº L 281/47), tuvo su transposición a la legislación española en el "Real Decreto, de 13 de enero de 1989, que aprueba la norma de calidad exigida a las aguas para la cría de moluscos" (BOE 20/1/1989). Ambas hacen referencia a los muestreos a realizar para establecer la calidad de aguas, recogiendo los parámetros a controlar y, en algunos casos, sus valores guía y obligatorios. Esta legislación tuvo su continuidad en la "Directiva del Consejo, de 15 de Julio de 1991, donde se fijan las normas sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de moluscos bivalvos vivos" (91/492/CEE; DOCE nº L 268/1). Posteriormente, el Gobierno Español llevó a cabo la transposición de esta Directiva, realizando adaptaciones en base también a otras, y plasmándolas en dos Reales Decretos que constituyen actualmente la base legislativa sobre la que se apoyan los cultivos y producción de moluscos y en ellos se establece la obligatoriedad de declarar las zonas de producción y cultivo (ver Borja et al., 2003):
  - "Real Decreto 345/1993, de 5 de Marzo, sobre las normas de calidad de las aguas y de la producción de moluscos y otros invertebrados marinos vivos" (BOE 74, 27 Marzo).
  - "Real Decreto 308/1993, de 26 de Febrero, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria que fija las normas aplicables a la comercialización de moluscos bivalvos vivos" (BOE 76, 30 Marzo), que deroga el Reglamento de Salubridad de Moluscos (R.D. 263/1985, de 20 de Febrero) y la Orden de 31 de Mayo de 1985 sobre Calidad de Moluscos Bivalvos Depurados.

Además de las Directivas mencionadas existen otras sobre las que se debe informar a las instituciones europeas y para las que los datos de la Red de Vigilancia son de vital importancia. En muchos de los casos estas Directivas se verán derogadas en un plazo de unos 10-13 años por la DMA. Además, muchas de ellas conllevan otras derivadas que se refieren a límites de vertido, objetivos de calidad, etc., para determinadas sustancias. En los casos pertinentes han sido tenidas en cuenta en la realización de este informe (lógicamente, excepto las referidas a aguas continentales). Las más importantes son:

- Directiva 80/778/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1980, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano;
- Directiva del Consejo 83/513/CEE, de 26 de septiembre de 1983, relativa a los valores límite y a los objetivos de calidad para los vertidos de cadmio;
- Directiva del Consejo 84/491/CEE, de 9 de octubre de 1984, relativa a los valores límite y a los objetivos de calidad para los vertidos de hexaclorociclohexano;
- Directiva 86/280/CEE relativa a los valores límite y a los objetivos de calidad para los residuos de determinadas sustancias peligrosas comprendidas en la lista I del anexo de la Directiva 76/464/CEE;
- Directiva 88/347/CEE por la que se modifica el anexo II de la Directiva 86/280/CEE relativa a los valores límite y a los objetivos de calidad para los residuos de determinadas sustancias peligrosas comprendidas en la lista I del anexo de la Directiva 76/464/CEE;
- Real Decreto 995/2000, de 2 de junio, por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes y se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

Además, más recientemente se han aprobado los siguientes textos de importancia para la implementación de la DMA tanto a nivel estatal como europeo:

- Decisión de la Comisión de 30 de octubre de 2008 por la que se fijan, de conformidad con la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, los valores de las clasificaciones de los sistemas de

seguimiento de los Estados miembros a raíz del ejercicio de intercalibración

- Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE, conocida como la Directiva de Sustancias Prioritarias,
- Directiva 2009/90/CE de la Comisión de 31 de julio de 2009 por la que se establecen, de conformidad con la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las especificaciones técnicas del análisis químico y del seguimiento del estado de las aguas
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.(BOE 162: 29361- 29398)
- Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica (BOE 229: 38472-38582).

Por otro lado, en septiembre de 1992 tuvo lugar en París una reunión ministerial, de las comisiones de Oslo y París, a la que acudieron representantes de los 14 países firmantes de los acuerdos, además de Suiza y de la Comisión de la Comunidad Europea. En dicha reunión se decidió crear un nuevo Convenio para la Protección del Medio Marino en el Nordeste Atlántico, el Convenio OSPAR. La entrada en vigor del mismo no se produjo, sin embargo, hasta 1998, aunque las Comisiones de Oslo y París trabajaron como una única entidad desde 1992.

El ámbito de aplicación del Convenio OSPAR es el Nordeste Atlántico, área limitada al oeste por la costa este de Groenlandia, al este por la costa del Mar del Norte, al sur por el estrecho de Gibraltar y al norte por el Polo Norte. Esta área no incluye los mares Mediterráneo y Báltico, que tienen sus propios convenios (de Barcelona y Helsinki, respectivamente).

El convenio OSPAR consta de disposiciones generales y de una serie de anexos que tratan sobre áreas específicas. El Anexo IV, que se refiere a la evaluación de la calidad del medio marino, establece que las partes contratantes deberán llevar a cabo y publicar de manera regular valoraciones del estado de calidad del medio marino y su evolución, incluyendo una evaluación de la eficiencia de las medidas emprendidas para la protección del medio marino. Además, en 1998 se creó un nuevo anexo, el Anexo V, referido a la protección y conservación de los ecosistemas y la diversidad biológica del medio marino. Periódicamente se informa desde el Gobierno a este Convenio, aportando datos de la situación de la costa vasca.

Por último, no hay que perder de vista la aprobación, en junio de 2008, de la Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina) que viene a complementar la DMA, fuera de las aguas de base y hasta las 200 millas (ver Borja, 2006).

1.2 MATERIAL Y MÉTODOS

Para una información más detallada sobre ubicación y características de las estaciones de muestreo, metodologías de muestreo y limitaciones técnicas se recomienda consultar el volumen de metodología correspondiente al informe de la Red realizado para la campaña del año 2002 (Borja *et al.*, 2003).

A continuación se resumen y se resaltan las modificaciones respecto a las campañas de años anteriores, haciendo un especial hincapié en las metodologías encaminadas a valorar cada elemento de los indicadores biológicos, Fisicoquímicos e hidromorfológicos con el objeto de proponer y ejecutar una metodología para la determinación del estado ecológico tanto para las masas de agua de transición como costeras.

1.2.1 ESTACIONES DE MUESTREO

En relación con aguas de transición y costeras se han analizado las siguientes estaciones (tanto en muestreo rutinario como operativo) en la que se toman muestras de aguas, sedimentos, bentos y fitoplancton, con las frecuencias indicadas más adelante.

- Un total de 19 estaciones de litoral, de las cuales 17 son de grado 1 y 1 de grado 2 (Tabla 1). Desde 2006, con el fin de que la CAPV vaya teniendo información para adaptarse a la Directiva de la Estrategia Marina Europea se eliminaron dos estaciones litorales (L-B15 y L-UR10) y se sustituyeron por L-RF20 y L-RF30.

- Un total de 32 estaciones de estuario, de las cuales 20 son de grado 1 y 12 de grado 2 (Tabla 2).

Las estaciones de muestreo operativo son aquellas en las que hay un riesgo por sustancias prioritarias y, a partir de 2007, se muestrean mensualmente para las sustancias que presentan problemas.

Además, existen 13 estaciones de muestreo de moluscos (biomonitores), que corresponden a una por estuario excepto en el Nerbioi, con dos estaciones de muestreo (Tabla 3)

Las estaciones de macroalgas y peces más que estaciones son áreas de muestreo.

Los estuarios estudiados para vida piscícola en 2002 fueron los de Butrón, Oka, Artibai y Lea; en 2003 fueron los de Barbadún, Nerbioi, Deba y Oria; y en 2004 fueron los de Urola, Urumea, Oiartzun y Bidasoa (3 zonas por estuario: exterior, media e interior; en cada uno de los estuarios muestreados anualmente, excepto en Oiartzun que se muestrearon 4 zonas) (Tabla 4).

Con este esquema de muestreo se completan en 3 años los 12 estuarios principales de la costa vasca, por lo que en 2005, 2008 y 2011 lo que se hizo fue volver a comenzar con los estuarios muestreados en 2002, en 2006 y 2009 con los muestreados en 2003, y en 2007 y 2010 con los de 2004. De esta manera se tiene ya un punto de comparación dentro de la propia Red, además de los datos analizados en otros ámbitos (Consorcio de Aguas Bilbao-Bizkaia, Diputación Foral de Gipuzkoa, etc.).

Respecto de los arrastres de peces, en 2009, con objeto de determinar la variabilidad intraanual se comenzó a muestrear los estuarios que se muestreaban en otoño también en primavera y verano. De esta manera, en 2010, se completaron todos los estuarios con muestreos en primavera, verano y otoño.

Dentro de la categoría de estuario se han analizado otras estaciones para el muestreo de macroalgas (en número diferente, dependiendo del tamaño de cada uno de los 4 estuarios muestreados anualmente). Así, los estuarios estudiados en 2002, 2005, 2008 y 2011 fueron los de Butrón, Oka, Artibai y Lea; en 2003, 2006 y 2009 fueron los de Barbadún, Nerbioi, Deba y Oria; y en el año 2004, 2007 y 2010 fueron los de Urola, Urumea, Oiartzun y Bidasoa (ver estaciones en la Tabla 5).

Por último, a lo largo de varios años se ha venido realizando un estudio de biodisponibilidad de metales en estuario y costa, en el que se siguió la metodología expuesta en Borja *et al.* (2003). Una vez que este estudio se ha completado para las estaciones de la Red de Calidad, se ha creído necesario avanzar un paso más en la determinación de los efectos de la contaminación en la biota.

Es por ello que, siguiendo las tendencias actualmente más en boga, se propuso a la Agencia Vasca de Aguas realizar un estudio de ecotoxicidad de las muestras de sedimentos de la Red. Debido al coste que conlleva se creyó conveniente ir realizando los ensayos en 5 o 6 estaciones cada año, escogiendo aquellos lugares en los que no hubiera datos de bioensayos por otros proyectos o que puedan ser de interés desde el punto de vista de la explicación de la calidad del medio.

Así, teniendo en cuenta que en AZTI tenemos datos de algunos estuarios (Nerbioi, Artibai, Oiartzun), en 2004 se tomaron muestras para análisis en el Oka (E-OK5, E-OK10 y E-OK20) y el Urumea (E-UR5 y E-UR10), en 2005 se hicieron en Butroe (E-B5, E-B7 y E-B10), Oria (E-O5 y E-O10) y Oiartzun (E-OI10), en 2006 en Barbadún (E-M5 y E-M10) y Bidasoa (E-BI5, E-BI10 y E-BI20), en 2007 en Deba (E-D5, E-D10), Urola (E-U5, E-U8 y E-U10), en 2008 Artibai (E-A5 y E-A10), Lea (E-L5 y E-L10) y Deba (E-A5), en 2009 Bidasoa (E-BI5, E-BI10 y E-BI20) y Barbadun (E-M5 y E-M10), y en 2010 en Deba (E-D5, E-D10), Urola (E-U5, E-U8 y E-U10 y Oiartzun (E-OI10). De esta manera, se tienen datos ecotoxicológicos de todos los estuarios vascos. En 2011, con el objeto de un análisis más detallado, se volvieron a utilizar sedimentos de E-M5, E-OK5 y E-OK10. La metodología se explica más adelante.

Estación	Grado	Masa de agua	Estación	UTMX	UTMY
L-N10	1	Ibaizabal	Litoral del Abra (frente al superpuerto)	493466	4803512
L-N20	1	Ibaizabal	Litoral de Sopelana	498434	4805360
L-B10	1	Butroe	Litoral de Gorliz (cabo Villano)	503723	4809563
L-B20	1	Butroe	Litoral de Bakio	516022	4810728
L-RF30	1	Butroe	Litoral frente a Bakio	516170	4816448
L-OK10	1	Oka	Litoral de Mundaka	524251	4810031
L-L10	1	Lea	Litoral de Elantxobe (Kai Arri)	533700	4805814
L-L20	2	Lea	Litoral de Lekeitio	541453	4802562
L-A10	1	Artibai	Litoral de Ondarroa	548545	4798500
L-D10	1	Deba	Litoral de Deba	552606	4797494
L-RF20	1	Deba	Litoral frente a Deba	556687	4805561
L-U10	1	Urola	Litoral de Zumaia	561520	4796532
L-O10	1	Oria	Litoral de Orio	570211	4795303
L-O20	1	Oria	Litoral de Getaria	566590	4796395
L-UR20	1*	Urumea	Litoral de Mompás	584831	4799191
L-OI10	1	Oiartzun	Litoral de Pasaia	586643	4799066
L-OI20	1	Oiartzun	Litoral de Pasaia (Asabaratza)	589907	4801608
L-RF10	1	Oiartzun	Plataforma continental-referencia	587651	4811946
L-BI10	1	Bidasoa	Litoral de Hondarribia	597114	4805780

Tabla 1 Estaciones de muestreo en aguas costeras (Sistema de Coordenadas: European Datum 1950, UTM zona 30N). Campaña 2011. Con asterisco las estaciones de muestreo operativo.

Estación	Grado	Masa de agua	Estación	UTMX	UTMY
E-M5	2	Barbadun	Muskiz (Petronor)	490982	4797919
E-M10	1	Barbadun	Pobeña (puente)	490251	4799550
E-N10	1	Ibaizabal	Bilbao (puente de Deusto)	505054	4790971
E-N15	1	Ibaizabal	Barakaldo (puente de Rontegi)	502217	4793792
E-N17	2*	Ibaizabal	Leioa (Lamiako)	500291	4796070
E-N20	1*	Ibaizabal	Abra Interior	497919	4798586
E-N30	1	Ibaizabal	Abra Exterior	496435	4801048
E-B5	2	Butroe	Plentzia (Abanico)	506252	4805033
E-B7	1	Butroe	Plentzia (campo de fútbol)	504624	4805212
E-B10	1	Butroe	Plentzia (puerto)	504454	4806293
E-OK5	2	Oka	Gernika (salida de la depuradora)	527165	4798891
E-OK10	1	Oka	Murueta (astillero)	525704	4801567
E-OK20	1	Oka	Sukarrieta (Txatxarramendi)	524863	4804781
E-L5	2	Lea	Lekeitio (astillero)	540241	4800773
E-L10	1	Lea	Lekeitio (molino)	540707	4801147
E-A5	2	Artibai	Ondarroa (Errenteria)	545242	4796940
E-A10	1	Artibai	Ondarroa (embarcadero)	547056	4796710
E-D5	2	Deba	Deba (campo de fútbol)	551707	4793803
E-D10	1*	Deba	Deba (puente)	552251	4793703
E-U5	2	Urola	Zumaia (Bedua)	560799	4792287
E-U8	1	Urola	Zumaia (puente del ferrocarril)	561356	4793724
E-U10	1	Urola	Zumaia (puente Narrondo)	560435	4794201
E-O5	2	Oria	Orio (rampa)	571498	4792034
E-O10	1	Oria	Orio (puente de la autopista)	570562	4792779
E-UR5	2	Urumea	Donostia (Loiola)	583703	4796437
E-UR10	1	Urumea	Donostia (puente de Santa Catalina)	582962	4796743
E-OI10	1	Oiartzun	Lezo	588984	4797454
E-OI15	2*	Oiartzun	Pasaia de San Pedro (Dársena de Herrera)	586773	4797378
E-OI20	1	Oiartzun	Pasaia (San Pedro)	587571	4797829
E-BI5	2	Bidasoa	Irún (Behobia)	600444	4799966
E-BI10	1	Bidasoa	Hondarribia (Amute)	598063	4800851
E-BI20	1	Bidasoa	Hondarribia (Txingudi)	598131	4802793

Tabla 2 Estaciones de muestreo en aguas de transición (Sistema de Coordenadas: European Datum 1950, UTM zona 30N). Campaña 2011. Con asterisco las estaciones de muestreo operativo.

Estación	Masa de agua	Estación	UTMX	UTMY
I-A10	Artibai	Ondarroa	547301	4797281
I-B10	Butroe	Plentzia (desembocadura)	504186	4806715
I-BI10	Bidasoa	Hondarribia (desembocadura)	598044	4802718
I-D10	Deba	Mutriku (playa)	552482	4794604
I-L10	Lea	Lekeitio (puente)	540714	4801184
I-M10	Barbadun	Pobeña (puente) (Barbadun)	490280	4799604
I-N10	Ibaizabal	Zierbena	493630	4800287
I-N20	Ibaizabal	Getxo	498242	4798838
I-O10	Oria	Orio (puente de la autopista)	570621	4792857
I-OI10	Oiartzun	Pasaia (desembocadura)	587134	4798539
I-OK10	Oka	Mundaka (puerto)	524640	4806390
I-OK20	Oka	Sukarrieta (Txatxarramendi)	524769	4804702
I-U10	Urola	Zumaia (desembocadura)	560932	4794805
I-UR10	Urumea	Donostia (puente del Kursaal)	582797	4797559

Tabla 3 Estaciones de muestreo de biomonitores en aguas de transición (Sistema de Coordenadas: European Datum 1950, UTM zona 30N). Campaña 2011.

Código Estación	Estación	UTMX	UTMY
AAE	Artibai (Arrastre zona exterior estuario)	547147,53	4796725,19
AAI	Artibai (Arrastre zona interior estuario)	546449,14	4796757,26
AAM	Artibai (Arrastre zona media estuario)	546737,76	4796589,79
ABE	Butroe (Arrastre zona exterior estuario)	504552,84	4805522,51
ABI	Butroe (Arrastre zona interior estuario)	506005,63	4804488,86
ABM	Butroe (Arrastre zona media estuario)	505090,76	4804687,68
ALE	Lea (Arrastre zona exterior estuario)	540645,01	4800965,76
ALI	Lea (Arrastre zona interior estuario)	540401,26	4800609,50
ALM	Lea (Arrastre zona media estuario)	540288,76	4800782,94
AOKE	Oka (Arrastre zona exterior estuario)	525512,20	4803836,95
AOKI	Oka (Arrastre zona interior estuario)	526820,19	4800286,74
AOKM	Oka (Arrastre zona media estuario)	525981,45	4802243,81

Tabla 4 Estaciones de arrastre en estuarios en 2011.

Código Estación	Estación	UTMX	UTMY
M-EA1	Artibai Zona 01.Estuario Macroalgas	546955,96	4796726,95
M-EA2	Artibai Zona 02.Estuario Macroalgas	546471,03	4796733,73
M-EA3	Artibai Zona 03.Estuario Macroalgas	546226,86	4796747,30
M-EA4	Artibai Zona 04.Estuario Macroalgas	545891,14	4796584,52
M-EA5	Artibai Zona 05.Estuario Macroalgas	545901,32	4796672,69
M-EA6	Artibai Zona 06.Estuario Macroalgas	545789,41	4796794,77
M-EA7	Artibai Zona 07.Estuario Macroalgas	545518,12	4796872,77
M-EB1	Butroe Zona 01.Estuario Macroalgas	504166,55	4806204,58
M-EB10	Butroe Zona 10.Estuario Macroalgas	506592,28	4805236,33
M-EB11	Butroe Zona 11.Estuario Macroalgas	506692,05	4804475,69
M-EB12	Butroe Zona 12.Estuario Macroalgas	506325,24	4803671,40
M-EB13	Butroe Zona 13.Estuario Macroalgas	506375,72	4803365,17
M-EB2	Butroe Zona 02.Estuario Macroalgas	504011,63	4805762,60
M-EB3	Butroe Zona 03.Estuario Macroalgas	504312,35	4805758,04
M-EB4	Butroe Zona 04.Estuario Macroalgas	504613,08	4805612,24
M-EB5	Butroe Zona 05.Estuario Macroalgas	504558,40	4805252,28
M-EB6	Butroe Zona 06.Estuario Macroalgas	504845,46	4805083,69
M-EB7	Butroe Zona 07.Estuario Macroalgas	504790,78	4804869,54
M-EB8	Butroe Zona 08.Estuario Macroalgas	505538,04	4804409,34
M-EB9	Butroe Zona 09.Estuario Macroalgas	506283,88	4805001,39
M-EL1	Lea Zona 01.Estuario Macroalgas	540717,93	4801424,30
M-EL2	Lea Zona 02.Estuario Macroalgas	540755,46	4801030,21
M-EL3	Lea Zona 03.Estuario Macroalgas	540436,44	4800864,44
M-EL4	Lea Zona 04.Estuario Macroalgas	540524,01	4800823,78
M-EL5	Lea Zona 05.Estuario Macroalgas	540251,90	4800720,57
M-EL6	Lea Zona 06.Estuario Macroalgas	540489,61	4800432,82
M-EOK1	Oka Zona 01.Estuario Macroalgas	525780,68	4804256,08
M-EOK10	Oka Zona 10.Estuario Macroalgas	526437,87	4801292,77
M-EOK2	Oka Zona 02.Estuario Macroalgas	524836,72	4804757,93
M-EOK3	Oka Zona 03.Estuario Macroalgas	525332,60	4804118,67
M-EOK4	Oka Zona 04.Estuario Macroalgas	525422,22	4803778,13
M-EOK5	Oka Zona 05.Estuario Macroalgas	525350,52	4802917,81
M-EOK6	Oka Zona 06.Estuario Macroalgas	525655,22	4802684,81
M-EOK7	Oka Zona 07.Estuario Macroalgas	526348,25	4802171,01
M-EOK8	Oka Zona 08.Estuario Macroalgas	525900,17	4801854,36
M-EOK9	Oka Zona 09.Estuario Macroalgas	526109,28	4801119,51

Tabla 5 Estaciones de muestreo de macroalgas en 2011.

1.2.2 FRECUENCIA Y CONDICIONES DE MUESTREO

La frecuencia de muestreo y de análisis de las diferentes variables en 2007 cambió ligeramente respecto a la de años anteriores, pudiéndose ver su desarrollo y metodología, para cada uno de los elementos de la DMA, en Borja *et al.* (2003) y un resumen en la Tabla 6.

El principal cambio fue la introducción del muestreo mensual de sustancias prioritarias en 5 masas de agua que presentaban riesgo de incumplimiento. Este mismo muestreo se mantuvo en 2009.

Tipo de masa de agua	Elemento	Grupo de parámetros	Tipo de parámetros	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual	Cronograma trianual
Estuarios	Aguas	Físico-química	General		P,B,S,G1,G2			
			Metales	B,S,R		P,B,S,G1,G2		
			Orgánicos	B,S,R		P,B,S,G1,G2		
	Sedimentos		General				G1,G2	
			Metales				G1,G2	
			Orgánicos				G1,G2	
	Biota (moluscos)		Contaminantes					
	Bentos	Biológicos	Estructurales				G1,G2	
	Peces		Estructurales					X
	Vida vegetal		Clorofila y Fitoplancton		Clorof G1,G2 Fito. (euhalinas)	Fito. (oligo-, meso-, polihalinas),, alg G2		
	Macrófitos		Macroalgas					X
	Hidromorfología	Físico	General					
Litoral	Aguas	Físico-química	General		S,F,G1,G2			
			Metales	B,S,R		S,G1,G2		
			Orgánicos	B,S,R		S,G1,G2		
	Sedimentos		General				G1,G2	
			Metales				G1,G2	
			Orgánicos				G1,G2	
	Bentos	Biológicos	Estructurales					
	Vida vegetal		Clorofila y Fitoplancton		Clorof. G1,G2 Fito. GI, G2	alg G2		
	Macrófitos		Macroalgas					X
	Hidromorfología	Físico	General					

Tabla 6 Resumen de variables y frecuencias de muestreo. P = pleamar, B = bajamar, S = superficie, G1= grado 1, G2= grado 2. R: masas de agua en riesgo: Nerbioi interior, Nerbioi exterior, Deba, Oiartzun, Mompás. La frecuencia de muestreo del fitoplancton se detalla para cada estación en la Tabla 12

1.2.3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS EN EL PERÍODO DE ESTUDIO

En la Figura 1 se pueden observar las precipitaciones registradas diariamente en los observatorios de Igeldo (San Sebastián, Gipuzkoa) y Loiu (Bizkaia), junto con los periodos de los diferentes muestreos de estuarios y costa y los medios muestreados.

Como otros años, la precipitación anual más elevada corresponde a Igeldo, con 1,401 $l.m^{-2}$, mientras que Sondika registra sólo 904 $l.m^{-2}$, es decir, un 35% menos de precipitación.

En relación a los periodos de muestreo, los 10 días anteriores al muestreo de invierno presentaron mayor precipitación en Loiu (7,4 $l.m^{-2}$) que en Igeldo (5,8 $l.m^{-2}$), aunque baja en ambos casos.

En los 10 días previos al muestreo de primavera la precipitación también fue superior en Loiu (19 $l.m^{-2}$) que en Igeldo (5 $l.m^{-2}$).

La campaña de verano tuvo una precipitación similar a que la de primavera (Igeldo: 5,2 $l.m^{-2}$, Loiu: 13,7 $l.m^{-2}$, en los diez días previos).

Por último, en cuanto a la campaña de otoño, en los 10 días precedentes, se recogieron 29 $l.m^{-2}$ en Igeldo y 22 $l.m^{-2}$ en Loiu.

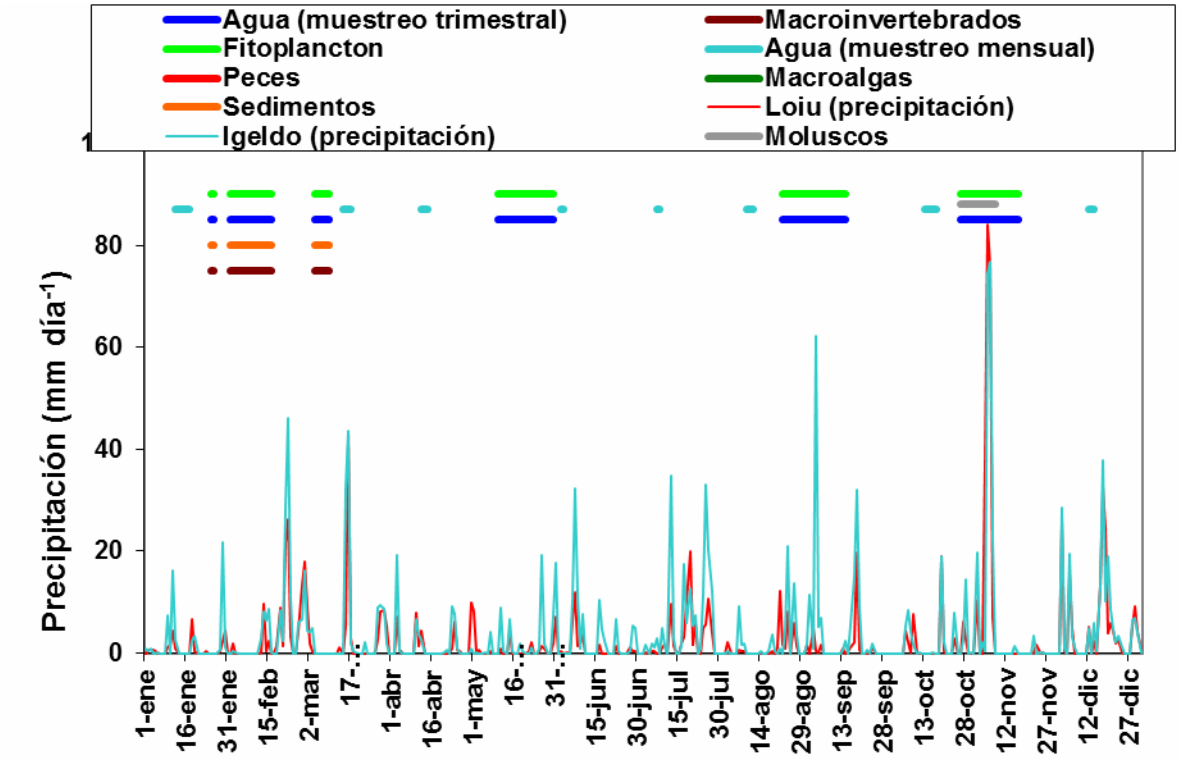


Figura 1 Precipitación diaria recogida en los observatorios de Loiu e Igeldo, a lo largo de 2011, junto a los periodos de muestreo de cada uno de los medios estudiados.

1.2.4 INDICADORES BIOLÓGICOS

En cuanto a los indicadores biológicos, la DMA indica en su anexo V:

"Clasificación y presentación del estado ecológico

1.4.1. Comparabilidad de los resultados del control biológico

i) Los Estados miembros establecerán sistemas de control a fin de calcular los valores de los indicadores de calidad biológicos especificados para cada categoría de aguas superficiales o para las masas muy modificadas y artificiales de agua superficial. Al aplicar el procedimiento expuesto a continuación a las masas de agua muy modificadas o artificiales, las referencias al estado ecológico deberían interpretarse como referencias al potencial ecológico. Estos sistemas podrán utilizar especies o grupos de especies concretos que sean representativos del indicador de calidad en conjunto.

ii) Con objeto de lograr la comparabilidad de los sistemas citados, los resultados de los sistemas aplicados por cada Estado miembro se expresarán como índices de calidad a efectos de clasificación del estado ecológico. Estos índices representarán la relación entre los valores de los parámetros biológicos observados en una masa determinada de aguas superficiales y los valores correspondientes a dichos parámetros en las condiciones de referencia aplicables a la masa. El índice se expresará como un valor numérico variable entre 0 y 1, donde un estado ecológico muy bueno estará representado por valores cercanos a 1 y un estado malo, por valores cercanos a 0.

iii) Cada Estado miembro dividirá la escala de índices de calidad ecológica de su sistema de control para cada categoría de aguas superficiales en cinco clases, desde estado ecológico muy bueno hasta malo, tal como se define en el punto 1.2, asignando un valor numérico a cada uno de los límites entre las clases. El valor del límite entre las clases de estado muy bueno y bueno, así como el valor del límite entre estado bueno y aceptable se establecerá mediante el ejercicio de intercalibración".

Esto implica:

- el conocimiento de las condiciones de referencia para cada tipo de masa de agua, es decir, los valores de los diferentes parámetros en las estaciones que se pueden calificar como de referencia.
- y establecer los sistemas para poder definir los criterios e índices que se usarán para la calificación del estado ecológico o químico de los diferentes tramos analizados.

Como se ha dicho en la introducción, este es un trabajo que los organismos y grupos de trabajo

internacionales debían realizar para finales de 2006, aunque se han prorrogado, por lo que los trabajos que se realicen dentro de esta Red de Vigilancia tienen necesariamente un carácter provisional.

En el ámbito de la CAPV, en el caso de las aguas de transición y costeras, en los informes de la Red posteriores a la publicación de la DMA se comenzaba a definir este marco (Borja *et al.*, 2001). Pero en el litoral costa vasca no hay zonas totalmente libres de la influencia antrópica (excepto quizá en algunas zonas costeras), por lo que las estaciones de referencia deberían tomarse en regiones cercanas con características similares (como Cantabria o Asturias). Esto puede suponer un problema, puesto que se deberían tener datos de dichos lugares para establecer el estado ecológico, lo que podría hacer perder autonomía en las decisiones que tengan que ver con el recurso agua, al depender de datos y decisiones ajenas a la CAPV.

Una solución posible es acometer el análisis mediante el uso de estaciones o condiciones de referencia virtuales. En este caso se establecen cuáles deben ser las condiciones idóneas o de referencia mediante análisis estadísticos o juicio de experto para posteriormente compararlos con los datos obtenidos en cada estación de muestreo. La metodología es similar a la desarrollada por Bald *et al.* (1999, 2000), de la Unidad de Investigación Marina de AZTI, para el estudio de impacto ambiental en el medio marino, que ha ido desarrollándose en los últimos tiempos, existiendo metodologías contrastadas y publicadas (Borja *et al.,* 2003, 2004a; Bald *et al.,* 2005; Muxika *et al.,* 2007).

Por otro lado, del conjunto de trabajos desarrollados en cada estación de muestreo se deben obtener calificaciones anuales sobre el estado biológico y el estado químico dando finalmente una calificación del estado ecológico. Para ello se pretenden usar índices integradores de la calidad, para obtener mapas de calificación global, calificaciones de cada cuenca fluvial estudiada y de las aguas de transición y costeras asociadas.

La metodología óptima para obtener una calificación del estado es que para cada elemento de los exigidos por la DMA y de los que se disponga estatus de referencia, se calcule el denominado EQR (Stroffek, 2001), es decir, la relación existente entre los valores observados para una determinada variable o métrica y los valores obtenidos para esa misma variable en las estaciones de referencia. Este valor oscila entre 0 y 1 como se expone en la Figura 2, tomada del documento "*Draft paper on classification systems for Working group 2.4.*", 2002.

Este sistema permite, una vez identificadas las marcas de clase, establecer 5 clases o categorías con lo que ya se está en disposición de establecer un valor final y por tanto una clasificación.

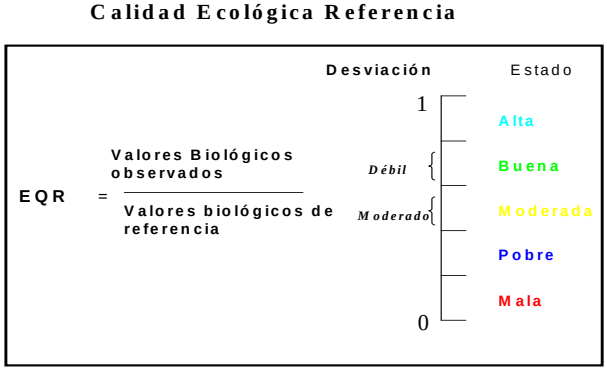


Figura 2 EQR. Expresa la Calidad Ecológica Referenciada de acuerdo al Anexo V de la DMA. EQR = Calidad Ecológica Referenciada, tomada del documento "Draft paper on classification systems for Working group 2.4.", 2002.

Sin embargo, no se dispone de condiciones de referencia para la mayoría de las métricas y por lo tanto un trabajo a futuro, y que excede el ámbito de este proyecto de red de seguimiento, será definir los rangos de valores para todos los elementos en las condiciones de referencia que posibilite posteriormente aplicar este ratio.

Sin embargo, para acercarse a las exigencias de calificación de estado ecológico de la DMA, para todos los elementos exigidos por la DMA aunque no se disponga de estatus de referencia, bien sea mediante análisis estadístico (ACP) o mediante juicio de experto se pretende en el presente informe obtener calificaciones equiparables al sistema EQR, es decir, con un índice de 0 a 1, dividido en cinco clases.

Por otro lado, existe el problema de dividir la escala de índices de calidad ecológica en cinco clases, desde estado ecológico muy bueno hasta malo, asignando un valor numérico a cada uno de los límites entre las clases.

Para el valor del límite entre las clases de estado muy bueno y bueno, así como el valor del límite entre estado bueno y aceptable se está realizando un ejercicio de intercalibración entre los Estados Miembros (European Commission, 2008; Carletti y Heiskanen, 2009), aunque hasta ahora sólo se ha hecho para bentos (Borja *et al.,* 2007) y en parte para fitoplancton (Revilla *et al.,* 2008b, 2009b) y macroalgas.

En el informe de 2002 (Borja *et al.,* 2003), ya se utilizaron unas marcas de clase. Sin embargo, en los documentos establecidos por los grupos de trabajo de implementación de la DMA (REFCOND), se han establecido varios sistemas para determinar las marcas de clase, ninguno coincidente con el utilizado en 2002.

En función de los resultados que se obtuvieron el año 2002, se ha comprobado que se adecuan mejor a los resultados las marcas establecidas por uno de los métodos propuestos por REFCOND. Sin embargo, se ha seguido trabajando y mejorando esto, incluyendo las intercalibraciones, por lo que las marcas de clase a la hora de valorar cada uno de los EQR, son las que se exponen en la Tabla 7, incluyendo tanto intercalibradas como no.

En el año 2011 el límite para la clase superior correspondiente a los peces ha sufrido una variación como resultado de los ejercicios de intercalibración con otros grupos de investigación europeos.

También en el informe de 2011 cambian los límites entre clases de estado para el fitoplancton, ya que los anteriores no se acomodaban a los test estadísticos requeridos en los ejercicios de intercalibración. Los nuevos límites se acordaron entre los expertos del País Vasco, Cantabria, Asturias y Andalucía, que tomaron parte en la segunda fase del proceso de intercalibración. Se comprobó que los nuevos límites no producían cambios relevantes en la clasificación del estado del fitoplancton y que ésta era coherente con el grado de presión de la masa de agua. No obstante, estos nuevos límites podrían sufrir algunas modificaciones en el futuro, en función de los resultados finales de la intercalibración en Europa.

Así finalmente el análisis de todos los elementos exigidos por la DMA permitirá una aproximación al estado ecológico de la masa de agua en cuestión y, por tanto, permitirá su calificación de estado ecológico.

Divergencia con condiciones de referencia	Límites de Clase						Clase de Calidad
	F-Q (G)	Fito.-Costa (I)	Fito.-Estuarios (I)	Macroalgas (I)	Peces (P)	Bentos (I)	
Condiciones inalteradas o Impacto mínimo	>0,83	0,756-1,000	0,756-1,000	0,81-1	0,76-1	> 0,77	Muy Buena
Ligera divergencia o Impacto leve	0,62-0,82	0,381-0,755	0,436-0,755	0,57-0,80	0,55-0,76	0,53-0,77	Buena
Divergencia moderada o Impacto importante	0,41-0,61	0,231-0,380	0,286-0,435	0,33-0,56	0,34-0,55	0,38-0,53	Aceptable
Fuerte divergencia o Impacto grave	0,20-0,40	0,181-0,230	0,181-0,285	0,09-0,32	0,17-0,34	0,20-0,38	Deficiente
Divergencia extrema o Impacto muy grave	<0,20	0,000-0,180	0,000-0,180	<0,08	<0,17	<0,20	Mala

Tabla 7 Límites de clase para cada Grado de divergencia de las condiciones de referencia, utilizados para cada elemento (los colores se asocian a las clases de la Directiva de Aguas). Los límites de clase se han calculado por intercalibración (I), guías generales (G) como REFCOND, o son propuestas a partir de Uriarte y Borja (2009) (P). Clave: F-Q: Físico-química; Fito: fitoplancton; ND: no disponible.

La mayor parte de la metodología utilizada ha sido desarrollada en anteriores informes (Borja *et al.*, 2003, 2004d, 2005) y publicaciones de los autores (Borja, 2005; Borja y Heinrich, 2005; Borja y Elliott, 2007; Borja y Dauer, 2008; Borja *et al.*, 2000, 2004a, 2004b, 2004c, 2006, 2007, 2008a, b, 2009a, b; Bald *et al.,* 2005; Muxika *et al.,* 2007; Revilla *et al*., 2008a, 2009a, 2010; Rodríguez *et al.,* 2006; Tueros *et al.,* 2008, 2009; Uriarte y Borja, 2009), así como en un informe sobre presiones e impactos en la costa vasca (Borja *et al.*, 2004e).

En este último informe pueden verse los criterios de delimitación de masas de agua de transición y costeras, los criterios de tipificación de las masas de agua del País Vasco, así como las condiciones de referencia de cada elemento biológico y físico-químico (Borja *et al.*, 2004e).

Así, finalmente para la costa vasca se han determinado cuatro tipologías:

- Tipo I (Estuarios dominados por pequeños ríos) o tipo 8 (Estuario atlántico intermareal con dominancia del río sobre el estuario). Se corresponde con las masas de agua de transición Deba y Urumea.
- Tipo II (Estuarios con grandes zonas intermareales) o tipo 9 (Estuario atlántico intermareal con dominancia marina). Se corresponde con las masas de agua de transición Barbadún, Butrón, Oka, Lea, Artibai, Urola y Oria.
- Tipo III (Estuarios con grandes zonas submareales) o tipo 10 (Estuario atlántico submareal). Se corresponde con las masas de agua de transición Nervión, Oiartzun, Bidasoa
- Tipo IV (Costa expuesta) o tipo12 (Aguas costeras atlánticas del cantábrico oriental expuestas sin afloramiento). Se corresponde con todas las aguas costeras de la CAPV.

MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Para una información más detallada se recomienda consultar el volumen de metodología correspondiente al informe de la Red realizado en años anteriores (Borja *et al.*, 2003, 2005).

En el caso de la costa vasca y de sus estuarios hemos utilizado para clasificar el estado ecológico en base al Análisis Factorial (ver Borja *et al.*, 2003, Bald *et al.,* 2005) el AMBI (AZTI Marine Biotic Index), pero además se han estudiado los datos de diversidad y riqueza, dentro del análisis M-AMBI (Borja *et al.,* 2004a; Muxika *et al.,* 2007).

Según esto, las distancias del conjunto de valores que identifican a una estación, respecto de las estaciones de referencia de muy buen estado ecológico y de mal estado ecológico es lo que determina su clasificación de estado ecológico.

Con respecto a 2002 se cambiaron las condiciones de referencia del AMBI, en cuanto al 'Muy Buen Estado', ya que se consideraba que alcanzar un valor de 0 en todas las tipologías de masas de agua era imposible.

Hay que tener en cuenta que la DMA señala que, para alcanzar el Muy Buen Estado en cada masa de agua, las comunidades deben presentar 'todas' las especies sensibles a la contaminación y no presentar indicadoras de contaminación. Siguiendo lo expuesto en Borja *et al.* (2004b) se puede considerar que en una comunidad natural las especies que aparecen como sensibles, o normales en ella, deberían ser las pertenecientes a los grupos ecológicos I a III, debiendo estar ausentes los grupos IV y V.

Para calcular el valor de referencia lo que se hizo fue obtener los datos medios de abundancia por especie de los 9 años de seguimiento para cada estación y tipo de masa de agua. De estos datos se eliminaron las especies adscritas a los grupos ecológicos IV y V, manteniendo sólo las que pueden considerarse componentes no indicadoras de contaminación de cada tipo de masa de agua. Con sus datos medios se calculó el AMBI y este dato es el que se considera como de 'Muy Buen Estado'. Una descripción de los métodos aplicados puede verse en Muxika *et al.* (2007). Las condiciones referencia para cada tipo de masa de agua pueden verse en la Tabla 8 (las de *P. arenarius* se determinaron en Borja et al., 2009b y las de *Amphiura*, nuevas este año para aguas profundas, se calcularon en Borja *et al.,* 2011).

Tramos salinos	Tipo I	Tipo II		Tipo III	Tipo IV	
		Arena/Fango	Arena móvil		Aguas someras	Aguas profundas
Oligo/Mesohalino	C. edule- S. plana	C. edule- S. plana		C. edule- S. plana		
Polihalino		V. fasciata	P. arenarius	V. fasciata		
Euhalino		A. alba	P. arenarius	A. alba	T. tenuis-V. fasciata	Amphiura
Métrica	**C. edule- S. plana**	**V. fasciata**	**P. arenarius**	**A. alba**	**T. tenuis-V. fasciata**	**Amphiura**
Riqueza (nº sp.)	13	32	9	40	42	130
Diversidad (bit.ind^{-1})	2,5	3,8	2	3,5	4	5,7
AMBI	2,8	2	1	2,1	1	1

Tabla 8 Condiciones de referencia de muy buen estado del bentos marino, utilizadas en el cálculo del estado ecológico mediante M-AMBI (Muxika et al., 2007). Se recoge la comunidad adscrita a cada tramo salino, dentro de cada tipología y las condiciones para cada comunidad.

Se utilice el método que se utilice siempre se van a dar problemas de adscripción de algunas estaciones. Por ejemplo, al realizar el estudio para 2003 se encontraron algunos problemas:

- Estaciones con elevado hidrodinamismo (p.ej. E-M10), con arenas medias o gruesas, tienden a presentar una baja riqueza y diversidad y, a veces, un alto valor de AMBI. Esto hace que su clasificación mediante M-AMBI las dé como malas o muy malas, aunque esto no se deba a influencia de impacto alguno, sino a las fluctuaciones naturales de zonas sometidas a estrés dinámico. En este sentido, en años anteriores (Borja *et al.,* 2006) se había comentado que esto se debía considerar un hábitat diferente. Es por ello que este año (Borja *et al.,* 2009b) se ha hecho el ejercicio de determinar las condiciones de referencia y se ha visto que pertenece a la comunidad de *Pontocrates arenarius-Eurydice pulcra*, que aparece en zonas poli-euhalinas en los estuarios de tipo II. Siguiendo los datos de Borja *et al.* (2004) a esta comunidad corresponde las condiciones reflejadas en la Tabla 8.
- Zonas en proceso de recolonización (p. ej. E-N10), que pueden tener un número bajo de especies (3-4), pero con un buen reparto de individuos entre ellas,

pueden proporcionar diversidades relativamente elevadas y valores de AMBI alrededor de 4. Esto, en el M-AMBI, provoca que su clasificación pueda llegar a ser buena, cuando no es así.

Debido a esto se procedió a realizar por separado del M-AMBI, y por personas diferentes, un 'juicio de experto' de la calificación de cada estación. Sobre 49 estaciones, en un 51% de los casos coincidió el juicio de experto con el del M-AMBI, en un 24% el M-AMBI valoraba en un grado más que el juicio de experto (p. ej. 'Bueno' cuando el experto ponía 'Aceptable'), en un 16% sucedía lo contrario, en 6% el M-AMBI valoraba dos grados por debajo y en 2% dos grados por encima.

El estudio *kappa* ponderado de las coincidencias indica que el grado de equivalencia de ambos métodos es sustancial. Por tanto, se optó por utilizar el M-AMBI corrigiendo sólo los casos en que había gran diferencia con el juicio de experto, en cuyo caso prevalecía éste.

Por otro lado, antes la metodología de cálculo se estableció en el apartado de físico-química (Borja *et al*., 2005), puesto que es similar, pero los coeficientes obtenidos son los que se recogen en la Tabla 9 (ver Muxika *et al.,* 2007).

Estos coeficientes se usan en la forma: Muy Bueno: constante +x AMBI +y Diversidad +z Riqueza.

Así cada año se podían utilizar las mismas fórmulas, siendo la clasificación asignada aquella que corresponde, en cada tipología, al valor más alto obtenido de cada una de las clasificaciones. Por otro lado, para la clasificación del último período se utilizaba la media de los tres datos disponibles de cada una de las variables y luego se ha realizado el análisis discriminante. Sin embargo, en los últimos años, como la información acumulada es suficiente y se necesitan los valores de M-AMBI (EQR) para su comparación con otros datso europeos, se mantiene el cálculo del análisis factorial.

Por último, como ya se ha dicho, los límites entre clases son los definidos en la Tabla 7, a partir de Borja *et al*. (2007).

	AMBI	Diversidad	Riqueza	Constante
Tipo I: estuarios dominados por los ríos				
Muy Bueno	-0.914977	15.7056	3.15471	-39.2539
Bueno	3.39569	8.67778	1.1233	-19.5421
Aceptable	7.10269	1.2194	-0.151022	-15.8633
Deficiente	13.1909	-5.2369	-1.36131	-36.6794
Malo	19.1054	-13.722	-3.19195	-66.9112
Tipo II: estuarios con grandes zonas intermareales				
Muy Bueno	-6.09314	11.4297	2.81998	-63.7455
Bueno	-2.10671	10.0151	0.895046	-19.7861
Aceptable	-0.309785	5.57083	0.430373	-7.19844
Deficiente	2.51662	1.79453	-0.0649549	-7.57261
Malo	6.57328	-4.71331	-0.919566	-21.4906

	AMBI	Diversidad	Riqueza	Constante
Tipo III: estuarios con grandes zonas submareales				
Muy Bueno	0.937328	8.82749	0.15838	-22.3652
Bueno	2.55934	6.19882	0.0191352	-14.3343
Aceptable	3.94799	3.90059	-0.0863877	-12.1366
Deficiente	5.77215	1.75007	-0.21625	-15.9313
Malo	7.80378	0.783362	-0.342339	-26.1388
Tipo IV: zonas costeras				
Muy Bueno	-2.14001	6.88314	0.0500182	-13.9432
Bueno	1.69933	3.8163	-0.0629197	-6.77166
Aceptable	8.23048	-0.936876	-0.0728714	-12.3798
Deficiente	17.7505	-3.49748	-0.226288	-45.8558
Malo	24.2209	-7.43987	-0.288865	-80.5932

Tabla 9 Valores de los coeficientes utilizados en el análisis discriminante para el establecimiento del estado a partir del bentos.

FAUNA ICTIOLÓGICA

Para una información más detallada se recomienda consultar el volumen de metodología correspondiente al informe de la Red realizados en años previos (Borja *et al*., 2003, 2005).

La metodología aplicada ha sido la misma (Borja *et al.*, 2003, 2004a) y resumida por la Tabla 10, si bien ha habido algún cambio. Por ejemplo, se ha trabajado con los valores de especies indicadoras de contaminación y con introducidas, de manera que han cambiado ahora los valores (antes sólo se usaba presencia-ausencia y ahora se propone cuantificar). Esto ha permitido mejorar la metodología.

Otro de los cambios estaba en consonancia con lo que se decía en 2002, de que un problema en el País Vasco es que, al ser estuarios pequeños, las especies de peces residentes son muy pocas.

En este sentido, con objeto de empezar a realizar las clasificaciones, se creyó necesario introducir en el análisis también los crustáceos, que son característicos de las comunidades demersales de estuarios. Se han estudiado los datos y los cálculos se han hecho para las tipologías I y II con peces y crustáceos y para la tipología III (Nerbioi, Oiartzun y Bidasoa) sólo con peces, pero manteniendo los mismos valores de cada indicador y los mismos límites entre clases.

Indicador	Valor		
	1	3	5
1.- Riqueza (peces y crustáceos) (nº esp.)	≤3	4-9	>9
2.- Especies indicadoras contaminación (P y C) (% individuos)	>80	30-80	<30
3.- Especies introducidas (P y C) (% individuos)	>80	30-80	<30
4.- Salud piscícola (daños, enfermedades...)(% afección)	≥50	5-49	<5
5.- Presencia de peces planos (% individuos)	<5	5-10 o >60	>10-60
6.- Composición trófica (% omnívoros)	<1 o >80	1-2.5 o 20-80	2.5-<20
7.- Composición trófica (% piscívoros)	<5 o >80	5-<10 o 50-80	10-<50
8.- Especies residentes en el estuario (P y C) (nº esp.)	<2	2-5	>5
9.- Especies residentes (P y C) (% individuos)	<5 o >50	5-<10 o 40-50	10-<40

Tabla 10 Indicadores establecidos para los peces de estuario en el País Vasco, así como sus valores correspondientes (para la asignación de especies y listados, ver Borja et al. (2003)).

Además, la clasificación propuesta ha variado un poco con objeto de adaptarse a los nuevos límites entre clases propuestos en el EQR en la Tabla 7 (Muy Bueno: 0,76-1; Bueno: 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55; Deficiente: 0,17-0,34; Malo: 0-0,17). A este método y EQR le hemos llamado AFI (AZTI's Fish Index) (Uriarte y Borja, 2009), cuyos límites originales han sido modificados tras una intercalibración con otras metodologías europeas.

Por otro lado, en 2007 se estudiaron los datos de peces frente a algunos tipos de presiones, en concreto la contaminación urbana e industrial y la falta de oxígeno (ver publicación en Uriarte y Borja, 2009). Se observó que hay una correlación significativa entre la media anual de oxígeno disuelto en fondo (en porcentaje de saturación) y el AFI (o EQR) calculado en las muestras del Nerbioi, usando datos del Consorcio de Aguas desde 1989. Así, la ecuación resultante es AFI = 0.0105 Oxígeno - 0.3344, con una correlación altamente significativa ($p<0,001$) y una variabilidad explicada del 73,3%.

Teniendo en cuenta los objetivos de calidad existentes para el oxígeno disuelto, hemos calculado los AFI resultantes y utilizado éstos como límites de clase en la Tabla 7, según lo expuesto en la Tabla 11.

Por otro lado, en 2008 se comenzó un ciclo de tres años en los que, además de estudiar los peces en otoño, se muestrean los mismos estuarios en primavera y verano, con objeto de estudiar la variabilidad de la metodología utilizada a lo largo del año, además de para tener información de peces en otras épocas del año.

Saturación Oxígeno (%)	Justificación	Límite clases	Límite AFI	Límite valor (Tabla 10)
45	Por debajo puede haber hipoxia	Malo/Deficiente	0,17	14
60	Objetivo Consorcio	Deficiente/Aceptable	0,34	20
80	Objetivos calidad algunas legislaciones	Aceptable/Bueno	0,55	29
100	Saturación 100%	Bueno/Muy Bueno	0,76	37

Tabla 11 Determinación de los límites de clase de peces, en función del oxígeno disuelto. AFI: AZTI's Fish Index.

VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

Fitoplancton

Biomasa fitoplanctónica (clorofila)- Los protocolos utilizados para la determinar la concentración de clorofila "a" en el agua se basan en métodos estandarizados (Lorenzen y Jeffrey, 1980).

La clorofila se mide en superficie (0-1 m) y en fondo en las aguas costeras y en los estuarios donde la profundidad lo permite (Nerbioi y Oiartzun). En el resto de los estuarios sólo se mide en superficie. En las aguas costeras no se tiene en cuenta el estado de marea, mientras que en los estuarios se realizan dos muestreos, uno en pleamar y otro en bajamar, en cada ocasión. La frecuencia de muestreo es trimestral, con objeto de representar la variabilidad anual en las condiciones meteorológicas e hidrográficas.

La concentración de clorofila "a" se estima mediante fluorescencia de CTD en las aguas costeras y en los estuarios del Nerbioi y el Oiartzun. El CTD se calibra regularmente con muestras naturales que se miden mediante espectrofotometría (Jeffrey y Humphrey, 1975).

En los estuarios someros se toman muestras de agua que posteriormente se filtran en el laboratorio mediante filtros Whatman GF/C. Éstos se someten inmediatamente a extracción con acetona, durante 24-48 h, en condiciones de refrigeración y oscuridad. Finalmente, se aplica un método tricromático para la estima de la concentración de clorofila "a" (Jeffrey y Humphrey, 1975), que es el método espectrofotométrico recomendado por SCOR-UNESCO.

Composición de la comunidad- Se recogen muestras de agua de superficie en la costa (sin tener en cuenta el estado de la marea) y en los estuarios (sólo en pleamar).

Las muestras se fijan con glutaraldehído (1 ml de una solución al 25% en 125 ml de muestra) y se mantienen refrigeradas y en oscuridad hasta el momento de su análisis. La frecuencia de muestreo es trimestral en las aguas costeras y los tramos euhalinos de los estuarios. Para las estaciones situadas en los tramos oligo-, meso- o polihalinos de los estuarios se realizan muestreos únicamente en primavera y verano (Tabla 12).

Esta estrategia de muestreo se debe a la baja probabilidad de encontrar comunidades propias del estuario en las épocas de invierno y otoño en las zonas que están sometidas a una elevada influencia del caudal fluvial. Así, además, se evitan muestras con alto contenido en detrito, que interfiere con la técnica de microscopía (las de bajamar y las de fondo también podrían presentar este problema).

La identificación y el recuento celular del fitoplancton se realizan mediante observación con microscopio invertido, siguiendo la técnica de Utermöhl (Utermöhl, 1958). Se procura identificar a nivel de género o especie. Cuando ello no es posible, se clasifica en grandes grupos (diatomeas, dinoflagelados, ciliados, clorofitas, haptofitas, criptofitas, euglenofitas, pequeñas formas flageladas, pequeñas formas cocoides, etc.) o en niveles jerárquicos inferiores (orden o familia).

Para comprobar los nombres científicos actualmente aceptados y evitar la utilización de sinónimos se consulta el Registro Europeo de Especies Marinas (http://www.marbef.org/data/) y el de AlgaeBase (http://www.algaebase.org).

Localización	Nº	Estación	Tramo salino	Frecuencia de muestreo
Mar abierto (plataforma)	3	L-REF10	Euhalino	Trimestral
		L-REF20		
		L-REF30		
Litoral	16	L-N10		
		L-N20		
		L-B10		
		L-B20		
		L-OK10		
		L-L10		
		L-L20		
		L-A10		
		L-D10		
		L-U10		
		L-O10		
		L-O20		
		L-UR20		
		L-OI10		
		L-OI20		
		L-BI10		
Estuario	8	E-N17		
		E-N20		
		E-N30		
		E-B7		
		E-B10		
		E-OK20		
		E-OI15		
		E-OI20		
Estuario	24	E-M5	Oligohalino, mesohalino o polihalino	Primavera y Verano
		E-M10		
		E-N10		
		E-N15		
		E-B5		
		E-OK5		
		E-OK10		
		E-L5		
		E-L10		
		E-A5		
		E-A10		
		E-D5		
		E-D10		
		E-U5		
		E-U8		
		E-U10		
		E-O5		
		E-O10		
		E-UR5		
		E-UR10		
		E-OI10		
		E-BI5		
		E-BI10		
		E-BI20		

Tabla 12 Frecuencia de muestreo de fitoplancton (identificación y recuento de células) en cada estación. El criterio se ha establecido en base a la salinidad media de las estaciones determinada por Bald (2005).

Aspectos generales de la evaluación- Para la determinación del estado del fitoplancton en las aguas costeras se adoptó a partir del año 2007 la metodología acordada por los Estados Miembros de la UE en la primera fase de la intercalibración (BOE, 2008; European Commission, 2008; Revilla *et al.*, 2008b; Carletti y Heiskanen, 2009). Sin embargo, dichos ejercicios de intercalibración no abarcaron todos los aspectos de los métodos de evaluación, ya que su objetivo fue definir las condiciones de referencia y los límites entre las clases de

estado “muy bueno”, “bueno” y “aceptable” para unas métricas comunes. A partir del informe correspondiente a la campaña de 2009, el método se completó en otros aspectos, como la definición de los límites entre las clases peores.

En caso de las aguas de transición, a partir del informe de la campaña 2009 se aplicó un nuevo método para la evaluación del fitoplancton. Éste había sido acordado entre los expertos de las CCAA del País Vasco, Cantabria y Principado de Asturias que participaban en los ejercicios de intercalibración (Revilla *et al*., 2009b). Con anterioridad, para las aguas estuáricas se utilizaba una modificación del método que utilizaba Ifremer en Francia y que, básicamente, tenía en cuenta los siguientes aspectos: concentración de clorofila, abundancia de especies tóxicas para la salud humana, abundancia de especies nocivas para los ecosistemas y abundancia total. La clasificación se hacía siempre por el indicador peor. Este método, aunque permitía la clasificación de la calidad biológica en cinco clases, no proporcionaba las condiciones de referencia, ni por lo tanto podía calcularse el valor del EQR.

El método empleado a partir de 2009 para las aguas de transición era más acorde con el de aguas costeras, en cuanto a las métricas, y definía, además, unas condiciones de referencia (Revilla *et al*., 2008a). Este nuevo método ya no utilizaba la abundancia de especies tóxicas o nocivas para la clasificación del estado del fitoplancton, siguiendo las recomendaciones del grupo de intercalibración europeo.

En la actualidad, aún no se ha completado la intercalibración de los métodos en Europa.

En el presente informe, tras las reuniones llevadas a cabo en 2011 por el grupo de intercalibración europeo del fitoplancton y por consenso entre los expertos de varias CCAA, se han realizado modificaciones en los métodos de evaluación. Estas modificaciones afectan, tanto para las aguas costeras como para las de transición, a los límites entre clases de estado (Tabla 7) y a la integración de los resultados de las dos métricas. En el caso de las aguas costeras también se han modificado las condiciones de referencia y límites entre clases de estado del indicador basado en la clorofila (véase más adelante).

Métricas- Tanto en las aguas costeras como en las de transición (estuarios) se utilizan dos métricas: una, basada en la biomasa fitoplanctónica (el percentil 90 de la concentración de clorofila “a”) y otra, en la abundancia celular (la frecuencia de floraciones de un taxón individual cualquiera). El umbral a partir del cual se considera una floración fitoplanctónica de un taxón individual cualquiera es 750.000 células·l^{-1}.

Las dos métricas se evalúan en series de datos que abarcan periodos móviles de seis años, en cada una de las estaciones de muestreo. Se utilizan únicamente los datos de las aguas de superficie.

En el caso del indicador de biomasa se utilizan datos de las cuatro épocas del año (invierno, primavera, verano y otoño).

En el caso del indicador de floraciones fitoplanctónicas se utilizan únicamente los datos de primavera y verano, ya que aún no se dispone de un registro suficientemente amplio de esta variable en invierno y en otoño (para estas épocas del año los muestreos comenzaron en la campaña de 2007).

Condiciones de referencia- Para el indicador de biomasa (clorofila) en las aguas costeras, en el presente informe (campaña de 2011) se emplea una condición de referencia distinta a la que aparecía en la Instrucción de Planificación Hidrológica (BOE, 2008). En dicho documento las aguas costeras del País Vasco quedaban adscritas al tipo 12 (Cantábrico oriental), y esta tipología quedaba limitada al este por la desembocadura del Bidasoa y al oeste por el Cabo Peñas (Asturias). Sin embargo, en 2011, por acuerdo entre los expertos de Asturias, Cantabria y País Vasco se decidió establecer una nueva subregión (Cantábrico Central) que integrase exclusivamente a las aguas costeras de Asturias. De esta forma, se podría delimitar mejor el efecto de fertilización natural e incremento de la clorofila que producen los fenómenos de afloramiento (que afectan más a la zona occidental y central del Cantábrico, que a la oriental). A partir de 2011 sólo Cantabria y País Vasco pertenecen al Cantábrico Oriental y la condición de referencia para la clorofila es más baja que la empleada anteriormente (esto es, más exigente).

Para la determinación de las condiciones de referencia se estudiaron los datos de las estaciones situadas en aquellas masas de agua costeras del País Vasco que se consideran que presentan muy baja presión y también en la estación marina de referencia de la plataforma, L-REF10 (Revilla *et al*., 2009a). Las condiciones de referencia se muestran en la Tabla 13 y en la Tabla 14.

En los estuarios (tipologías I, II y III en este informe) las condiciones de referencia se han determinado mediante juicio de experto y análisis de datos de masas de agua sometidas a distinto grado de presión. Para ello, se utilizó la información de programas de vigilancia

ambiental realizados por AZTI-Tecnalia, en estuarios del País Vasco (la Red), por el Instituto de Hidráulica Ambiental-Universidad de Cantabria, en estuarios de Cantabria, y por INDUROT-Universidad de Oviedo, en estuarios de Asturias (Revilla *et al*., 2009b; Revilla *et al*., 2010). Las condiciones de referencia atañen a los estuarios del Cantábrico, en concreto a las tipologías 8, 9 y 10 de la Instrucción de Planificación Hidrológica (BOE, 2008). Éstas se presentan en la Tabla 13 y Tabla 14.

Límites entre clases de estado- Para calcular el estado del fitoplancton en base al indicador de biomasa (clorofila) se utiliza el sistema de clasificación de la Tabla 13. Para aguas costeras los umbrales se hacen más exigentes a partir del año 2011.

En las aguas de transición, la salinidad determina el sistema de clasificación. Así, los tramos euhalinos de los estuarios se diferencian del resto de las zonas (oligo-, meso- o polihalinas), siendo sus condiciones de referencia y límites entre clases de estado muy similares y sólo ligeramente superiores a los de las aguas costeras (Revilla *et al*., 2010). Asimismo, las marcas de clase resultantes de dividir el valor de referencia entre el del límite resultan idénticas para la aguas costeras y los tramos euhalinos de los estuarios, en el caso del indicador basado en la clorofila.

En las zonas identificadas como oligo-, meso- o polihalinas los límites establecidos para la métrica de la clorofila son más altos que en la zona euhalina de los estuarios (Tabla 13 y Tabla 14). Esto es así para tener en cuenta los aportes naturales de nutrientes en las aguas estuáricas de menor salinidad. Para determinar el tramo salino al que pertenecen las estaciones de muestreo de la Red se utiliza la clasificación de Bald (2005), con ligeras modificaciones, tal y como se indica en la Tabla 12.

Para la clasificación de la calidad biológica mediante el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (% de floraciones) se utiliza el sistema de la Tabla 14. En el caso de este indicador se utiliza el mismo sistema para todas las tipologías y condiciones de salinidad a las que se adscriben las aguas costeras y de transición del País Vasco (Revilla *et al*., 2009b; 2010).

Categoría	Tipología	Tramo salino	Ref. (µg l^{-1})	MB/B (µg l^{-1})	B/A (µg l^{-1})	A/D (µg l^{-1})	D/M (µg l^{-1})
Costeras	IV	Euhalino	1,67	2,5	5,0	7,5	10,0
Transición	I, II, III	Euhalino	2,67	4,0	8,0	12,0	16,0
		Oligo-, Meso-, Polihalino	5,33	8,0	12,0	16,0	32,0

Tabla 13 Condiciones de referencia y límites entre clases para el indicador de biomasa fitoplanctónica (percentil 90 de la concentración de clorofila) en las aguas costeras y de transición del País Vasco. MB: Muy bueno; B: Bueno; A: Aceptable; D: Deficiente; M: Malo.

Categoría	Tipología	Tramo salino	Ref. (%)	MB/B (%)	B/A (%)	A/D (%)	D/M (%)
Costeras	IV	Cualquiera	16,7	20	39	69	89
Transición	I, II, III						

Tabla 14 Condiciones de referencia y límites entre clases para el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (% floraciones) en las aguas costeras y de transición del País Vasco. MB: Muy bueno; B: Bueno; A: Aceptable; D: Deficiente; M: Malo.

Integración de varias métricas- En cada estación de muestreo, los resultados de las dos métricas anteriormente descritas deben integrarse, para obtener así el estado o calidad global del fitoplancton.

En los primeros informes, el fitoplancton se clasificaba por el indicador peor, siguiendo el método de Ifremer. Este método derivaba de otro desarrollado para las aguas de producción de marisco (European Commission, 2003). Por lo tanto, era muy restrictivo con objeto de proteger la salud de los consumidores.

A partir de los informes de 2007 (aguas costeras) y 2009 (aguas de transición) se aplicó un sistema de promediado para integrar los resultados de los dos indicadores, ya que tenía más sentido ecológico. Este método de integración se basaba en la asignación de valores numéricos discretos a la clase que indicaba cada métrica (esto es: 1 para el estado “Muy bueno”, 0,8 para “Bueno”, 0,6 para “Aceptable”, 0,3 para “Deficiente” y 0 para “Malo”). Después, con la media aritmética de los valores asignados se podía clasificar el estado global del fitoplancton, tal y como se explica en Revilla *et al*. (2009a, 2010).

A partir del informe correspondiente a la campaña de 2011 se sigue un método de integración diferente. No se asignan valores discretos, sino que se calcula la media aritmética con los dos EQRs parciales (resultantes de cada métrica), para obtener un EQR global. Si algún EQR parcial supera el valor de 1, se ajusta a 1. Después se clasifica la calidad del fitoplancton en cada estación de muestreo aplicando los criterios de la Tabla 7.

Evaluación de la calidad del fitoplancton en la masa de agua- Finalmente la calidad obtenida para el fitoplancton en cada estación de muestreo es integrada en la masa de agua.

Para ello, se tiene en cuenta la superficie representada por la estación de muestreo en el total de la

masa de agua y se realiza una media ponderada, en función de dicha representatividad, con los valores del EQR global del fitoplancton obtenido en cada estación.

El valor de la media ponderada se lleva al sistema de clasificación que figura en la Tabla 7, para obtener así el estado biológico del fitoplancton en la masa de agua.

A continuación se presenta un ejemplo (con datos hipotéticos) de integración de los resultados de varias estaciones de muestreo para una masa de agua costera (Tabla 15).

EJEMPLO	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Suma
EQR_1 = 1,67/indicador de clorofila	0,759 (MB)	0,557 (B)	0,327 (A)	
EQR_2 = 16,7/indicador de blooms	0,668 (B)	0,522 (B)	0,371 (A)	
EQR Global = (EQR_1+EQR_2)/2	0,714 (B)	0,540 (B)	0,349 (A)	
Superficie (km^2)	10	5	5	20
Tanto por uno del área total (R)	0,50	0,25	0,25	1
EQR Global x R	0,357	0,135	0,08725	0,579
Clasificación de la masa de agua				B

Tabla 15 Ejemplo de clasificación de la calidad del fitoplancton para una masa de agua costera. MB: Muy buen estado; B: Buen estado; A: Aceptable estado.

Macroalgas

Los 51 puntos que componen las estaciones de aguas de transición y costeras presentan fondos blandos, por lo que no existen macroalgas en ellos.

Siguiendo el criterio de que una estación en realidad trata de representar un área grande a la que se adscribe, se propuso estudiar de forma extensiva los estuarios (es decir, establecer en toda su superficie intermareal la distribución de macroalgas y angiospermas) y centrarse en las cercanías de las desembocaduras de los estuarios, en su parte intermareal, como zonas de influencia de éstos y adscribirles a las estaciones costeras frente a la desembocadura, en las que se estudian características físico-químicas, sedimentos, etc.

Para una información más detallada se recomienda consultar el volumen de metodología correspondiente al informe de la Red realizado en el año 2002 (Borja *et al*., 2003) y 2004 (Borja *et al.,* 2004a). En todo caso, actualmente se están aplicando dos metodologías diferentes, una para estuarios (que es la que se viene aplicando desde 2002) y otra en costa, que se ha comenzado este año.

Para zonas estuáricas el proceso seguido es el siguiente:

- Se califica cada taxón en: tolerantes a la contaminación (hasta ahora: Cyanophyta, Lyngbya sp., Microcoleus lyngbyaceus, Blidingia minima, Cladophora coelothrix, Enteromorpha sp., Rhizoclonium tortuosum, Ulothrix sp., Ulva sp., Ulva lactuca, Capsosiphon, Vaucheria sp., Lola sp., Bostrychia scorpioides, Catenella caespitosa, Polysiphonia sp., Polysiphonia lanosa y Fucus ceranoides) o sensibles a la contaminación (Spartina marítima, Zostera noltii, Gracilaria sp., Gracilaria compressa, Porphyra umbilicalis, Gelidium pusillum, Fucus spiralis spiralis, Fucus spiralis limitaneus, Fucus sp., Fucus vesiculosus, Ascophylum nodosum, Pelvetia canaliculata).
- Se calcula la cobertura relativa de cada taxón, en cada área de estudio, respecto a la cobertura total del área.
- Se suman las coberturas de las tolerantes y sensibles.
- Se aplica la Tabla 16 en cada zona y se calcula su calidad biológica en función de las macroalgas. Esta tabla ha sido modificada respecto al informe anterior, a partir de los estudios realizados este año, con objeto de ajustar mejor la valoración biológica. La calificación final de cada estación de muestreo viene dada por la suma de los valores obtenidos por cada indicador.

Indicador	Valor		
	1	3	5
1-Riqueza	<1	2-5	>6
2- Cobertura tolerantes contaminación	>70%	20-70%	<20%
3- Cobertura media algas sensibles contaminación	<5%	6-30%	>30%
4- Ratio verdes/resto algas y fanerógamas	>3,1	1,1-3	<1

Tabla 16 Indicadores establecidos para las macroalgas de estuario en el País Vasco y sus valores correspondientes. La calificación viene dada por la suma del valor de cada indicador: Muy Buena (18 a 20), Buena (14 a 17), Aceptable (10 a 13), Deficiente (7 a 9) y Mala (4 a 6).

Valoración macroalgas (estación)	Clase de Calidad	Equivalencia
18 a 20	Muy Buena	10
14 a 17	Buena	8
10 a 13	Aceptable	6
7 a 9	Deficiente	4
4 a 6	Mala	2

Tabla 17 Límites de clase establecidos para las clases de calidad biológica (Macroalgas).

- Teniendo en cuenta que en un estuario hay muchas zonas, se asigna a cada tramo de la Red de Calidad las áreas de estudio. Luego, teniendo en cuenta la longitud de cada tramo, se calcula la calificación global del tramo de la manera siguiente, como un valor ponderado por la longitud del tramo:

ÁREA	M-EB4	M-EB5	M-EB6	M-EB7	M-EB8	TOTAL E-B7
Calificación	A	A	A	M	A	
Equivalencia	6	6	6	2	6	
Longitud Área	1,7	0,7	0,7	0,5	0,5	4,1
Tanto por uno del área	0,41	0,17	0,17	0,12	0,12	1
Valor Global y Calificación						5,51 (Aceptable)

- El total da un valor cuya calificación final viene dada por la Tabla 18.

Valoración macroalgas (TRAMO)	Clase de Calidad
8,4 a 10	Muy Buena
6,8 a 8,39	Buena
5,2 a 6,79	Aceptable
3,6 a 5,19	Deficiente
2 a 3,59	Mala

Tabla 18 Límites de clase establecidos para las clases de calidad biológica. Valoración tramo (Macroalgas).

En el caso de las zonas costeras, hasta ahora no había ningún método fiable. Recientemente se ha propuesto un método (llamado CFR) en España (Juanes *et al.,* 2008) que ha sido probado y se ha intercalibrado con otros países. Para la aplicación del índice, es necesario tener en cuenta una serie de requerimientos:

- Periodo de estudio: Debido a los efectos de la estacionalidad sobre las comunidades de macroalgas, se considera que el periodo de estudio más apropiado para aplicar el índice es el de primavera-verano.
- Lugar de aplicación: El índice está diseñado para aplicarse tanto en el intermareal como en el submareal. Además distingue dos tipos de zonas intermareales (intermareal "semiexpuesto", con baja pendiente, e intermareal "expuesto", con fuerte pendiente) y dos niveles submareales (uno entre 5 y 15 metros de profundidad y otro entre 15 y 30 metros de profundidad). En la costa vasca lo estamos aplicando únicamente en intermareal.
- Las valoraciones se realizarán independientemente en una estación de muestreo situada en cada uno de los niveles descritos, mediante la aplicación de los criterios y rangos establecidos en cada caso, obteniéndose un valor de CFR para cada nivel estudiado.
- Estación de muestreo: La estación de muestreo consiste en un transecto de longitud y anchura variable (distancia, tiempo de recorrido), previamente determinada y adaptada a la peculiaridad de la costa o del ámbito de estudio (intermareal/submareal). En el caso del intermareal dicho transecto cubre el rango de variación altitudinal que abarca la zona normalmente colonizada por macroalgas, desde el nivel litoral medio-superior al infralitoral somero.

Intermareal	Submareal	Especies oportunistas	Especies invasoras
Bifurcaria bifurcata	Calliblepharis ciliata	Blidingia spp.	Sargassum muticum
Caulacanthus ustulatus	Cladostephus spongiosus	Briopsis spp.	
Cladostephus spongiosus	Codium tomentosum	Chaetomorpha spp.	
Codium tomentosum	Corallina spp.	Cladophora spp.	
Corallina spp.	Cutleria multifida	Ectocarpales	
Cystoseira baccata	Cystoseira baccata	Enteromorpha spp.	
Fucus spp.	Cystoseira tamariscifolia	Ulva spp.	
Gelidium latifolium	Desmarestia ligulata	Ceramium spp.	
Gelidium sesquipedale	Dictyopteris membranacea		
Gigartina spp.	Dictyota dichotoma		
Halopteris scoparia	Gelidium sesquipedale		
Laminaria ochroleuca	Halidrys siliquosa		
Laurencia spp.	Halopithys incurvus		
Leathesia difformis	Halopteris filicina		
Litophyllum tortuosum	Halopteris scoparia		
Nemalion helminthoides	Halurus equisetifolius		
Pelvetia canaliculata	Heterosiphonia plumosa		
Porphyra sp.	Laminaria ochroleuca		
Saccorhiza polyschides	Peyssonnelia sp.		
	Saccorhiza polyschides		
	Spatoglossum solieri		
	Sphaerococcus coronopifolius		
	Taonia atomaria		
	Zanardinia prototypus		

Tabla 19 Especies de macroalgas características del Cantábrico (orientativo), indicando las especies oportunistas e invasoras.

- Especies consideradas: Para la aplicación del índice se consideran tres tipos de especies: las especies de macroalgas características, las especies oportunistas e indicadoras de contaminación y las especies

invasoras. En la Tabla 19 se muestra un listado orientativo de las especies de macroalgas características presentes en la costa del Cantábrico, diferenciando entre las especies características del intermareal y las del submareal, incluyendo las especies consideradas oportunistas e indicadoras de polución y las invasoras (únicamente Sargassum muticum). A la hora de valorar la cobertura, la riqueza o el estado fisiológico de las comunidades algales, sólo se considerarán aquellas especies de macroalgas que sean características de la zona en la que se esté realizando la evaluación. Las especies oportunistas, las indicadoras de polución y las especies invasoras se valorarán en el bloque correspondiente a estas especies.

- Gradientes de presión: La localización de las estaciones debería reflejar posibles gradientes de presión ambiental que se prevea que pueden afectar a la composición y estructura de estas comunidades, como por ejemplo los vertidos de aguas residuales (depuradas o no), el vertido de material de dragado, los vertidos industriales (efluentes tóxicos, térmicos, etc.).

1=Cobertura(1)		
Valoración	Int. Semiexp.	Int. Expuesto
45	70-100%	50-100%
35	40-69%	30-49%
20	20-39%	10-29%
10	10-19%	5-9%
0	<10%	< 5%
2=Riqueza de poblaciones(2)		
Valoración	Int. Semiexp.	Int. Expuesto
20	> 5	> 3
15	4 - 5	3
7	2 - 3	2
3	1	1
0	0	0
3=Especies oportunistas(3)		
Valoración		Intermareal
35		<10%
25		10-19%
15		20-29%
5		30-69%
0		70-100%
Objetivo:		(1+2+3)/100=0,57

Tabla 20 Valoración de cada bloque que compone el método de macroalgas costeras CFR. (1) Porcentaje de cobertura de macroalgas características (ver Tabla 19); (2) Riqueza de poblaciones de macroalgas características; (3) Porcentaje de cobertura de especies oportunistas o indicadoras de polución, respecto a la cobertura vegetal total.

- Características morfológicas: Para la valoración de la cobertura no se tendrán en cuenta aquellas superficies de sustrato arenoso o de gran movilidad (cantos, piedras...) que impiden el asentamiento de las macroalgas características, considerándose únicamente el recubrimiento en las zonas rocosas estables (bloques, lastras, acantilados...). En aquellos casos en los que haya zonas rocosas estables afectadas por zonas arenosas abundantes intercaladas o con estructuras que dificulten el asentamiento de las comunidades de macroalgas características, se modificará la valoración sumando un factor correspondiente a la estructura del lecho, que añade 10 puntos al valor del bloque siempre que no se supere el valor máximo establecido en 40 puntos (ver estadillo del índice CFR).
- Valoración de los bloques: El índice está compuesto por bloques a evaluar independientemente (Tabla 20): Bloque 1: Cobertura (máximo 45 puntos), Bloque 2: Riqueza (máximo 20 puntos), Bloque 3: Oportunistas (máximo 35 puntos).
- Cada uno de los bloques presenta una serie de rangos establecidos para cada uno de los niveles mareales en los que se aplique el índice, con una puntuación asignada a cada uno de estos rangos. Además en el bloque 1 de cobertura se podrán añadir 10 puntos adicionales si se considera que la estructura del lecho dificulta el asentamiento de comunidades de macroalgas características, y en el bloque 3 de oportunistas se restarán 10 puntos se observa la presencia de especies invasoras (en este caso *Sargassum muticum*).
- Valoración final: El valor del índice CFR corresponderá a la suma de las puntuaciones obtenidas en cada uno de los cuatro bloques y estará comprendido entre 0 (mala calidad) y 100 (muy buena calidad).
- Categorías de calidad: Con el fin de adaptar las clases de calidad a los rangos que se están proponiendo para la aplicación de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CEE), se ha establecido la siguiente escala de categorías (Tabla 21):

CFR	Calidad
84-100	Muy Buena
62-83	Buena
41-61	Aceptable
20-40	Deficiente
0-19	Mala

Tabla 21 Escala de calidad establecida para el Índice CFR.

- Consideraciones a los bloques
  - Bloque 1: En este bloque se valora el grado de cobertura de macroalgas características de la zona. Para ello se tendrán en cuenta los niveles de profundidad a los que se aplica el índice y el tipo de zona intermareal a la hora de asignar las puntuaciones. La valoración se lleva a cabo mediante la estimación del porcentaje de

recubrimiento de las macroalgas características en las zonas rocosas estables del transepto. Se sumarán 10 puntos adicionales si la estructura del lecho dificulta el asentamiento de las comunidades de macroalgas características.

- Bloque 2: En este bloque se evalúa el grado de riqueza específica de macroalgas características. Para ello se contabilizarán todas aquellas especies de macroalgas características identificadas, independientemente de su abundancia. La valoración se realizará de acuerdo a los criterios establecidos para cada uno de los niveles de profundidad y tipos de zonas intermareales.
- Bloque 3: En este bloque se evalúa el grado de cobertura de especies oportunistas o indicadoras de contaminación presentes en la estación evaluada. Para ello se estima el porcentaje de recubrimiento de las mismas en las zonas rocosas del transepto y se aplica el criterio establecido para su valoración en función del nivel de profundidad. La presencia de especies que presenten un carácter invasivo en la zona de evaluación (*Sargassum muticum* u otras) restará 10 puntos a la valoración del bloque.

1.2.5 INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS

AGUAS. CONDICIONES GENERALES. ESTADO FISICOQUÍMICO

La metodología utilizada fue la misma que en 2002 (ver el Tomo 1 en Borja et al., 2003), mostrando la Tabla 22 un resumen de las características de las variables básicas.

Variable	Medición / determinación	L. Detección / Precisión	Observaciones
Temperatura aire	Termometría	0,1 ℃	Medida in situ
Temperatura agua	CTD SBE25	0,01 ℃	Medida in situ
PH	CTD SBE25	0,01	Medida in situ
Salinidad	CTD SBE25	0,004 USP	Medida in situ
Oxígeno disuelto	CTD SBE25	0,03 ml/l	Medida in situ
% Saturación oxígeno	Cálculo función de temp., salinidad y oxígeno disuelto	< 1%	Cálculo
Clorofila a	CTD SBE25	0,02 µg/l	Medida in situ
Transparencia	Disco de Secchi	< 0,5 m	
% Transmisión luz	CTD SBE25	0,1%	
Nitratos	Reducción a nitrito. Colorimetría	< 0,01 mg/l	Análisis FSA
Nitritos	Colorimetría. Método Griess	< 0,002 mg/l	Análisis FSA
Amonio	Colorimetría. Método Azul de Indofenol	< 0,05 mg/l	Análisis FSA
Ortofosfatos	Colorimetría. Método Azul de Molibdeno/ácido ascórbico	< 0,005 mg/l	Análisis FSA
Nitrógeno total	Oxidación a nitrato. Colorimetría	< 0,01 mg/l // 3 mg/l	Análisis FSA
Fósforo Total	Oxidación a fosfato. Colorimetría		Análisis FSA
Silicato	Colorimetría. Método Azul de Molibdeno/ácido ascórbico	< 0,01 mg/l	Análisis FSA
Carbono Orgánico Total	Analizador TOC. Combustión / NDIR	< 0,1 mg/l	
Sólidos en suspensión	Filtración, gravimetría	< 1mg/l	
Color	Colorimetría. Escala Pt-Co	3 mgPt/l	
Turbidez	Nefelometría	0,1 NTU	

Tabla 22 Variables objeto de estudio. Condiciones generales de aguas. Resumen de características.

CONDICIONES DE REFERENCIA Y CÁLCULO DEL ESTADO FISICOQUÍMICO

Según la DMA el componente con mayor peso específico en la determinación del estado ecológico son los elementos biológicos siendo el componente físico-químico determinante únicamente para la determinación del Muy buen estado o del Buen estado. Un sistema con el componente biológico en un estado de menor calidad que el Bueno adquiere siempre la clasificación que tome por el componente biológico, por ello el componente químico sólo interviene para discernir entre el Muy Buen estado y el Buen estado ecológico (Borja *et al.,* 2004a).

En estuario y costa la determinación del Estado químico que interviene en el estado ecológico, se computa según un sistema de función lógica, en el que la primera cuestión es la clasificación del estado Fisicoquímico que modifica su estatus según los contaminantes específicos para los que se tiene en cuenta tanto si aparecen o no, y si se encuentran, si son mayores que las normas de calidad establecidas para dichos componentes.

Los datos de los contaminantes específicos se extraen de la Red de vigilancia del estado ecológico y teniendo en cuenta también y muy específicamente la Red de sustancias prioritarias. También se valoran los resultados obtenidos en sedimento y biota.

Quizás uno de los apartados que más merece ser comentado es el relativo a la clasificación del estado

físico-químico o condiciones Físico-químicas (no confundir con la determinación del estado químico), al tratarse de un aspecto poco desarrollado y que, incluso en algunos grupos de trabajo, ha quedado un tanto "de lado".

Si bien es cierto que la propia DMA parece dar una menor importancia a los indicadores físico-químicos e hidromorfológicos, al considerarlos de apoyo a los indicadores biológicos ("indicadores que afectan a los indicadores biológicos"; Anexo V), el principio de "el peor de los estados de cada uno de los indicadores" (Anexo V, punto 1.4.2) implica que conviene contemplar y aplicar los indicadores no biológicos con buen criterio, ya que de lo contrario podrían establecerse clasificaciones erróneas.

Así, por ejemplo, una clasificación excesivamente exigente de los indicadores físico-químicos supondría una penalización general del estado ecológico de las masas de agua, lo cual, a su vez, podría interpretarse como un empeoramiento y quizás como un déficit en el cumplimiento de los objetivos de calidad, con las consecuencias que esto podría tener en los planes de gestión. Por ello, conviene que estos aspectos sean trabajados, discutidos y desarrollados de manera pertinente.

Un problema a la hora de tratar los indicadores físico-químicos es que, para ellos, no se han desarrollado sistemas ni herramientas de clasificación comparables a las empleadas con los indicadores biológicos. Aunque ya en el informe de la campaña de 2004 (Borja *et al.,* 2005) se explicitaba en detalle toda la metodología de cálculo propuesta, que luego fue publicada (Bald *et al.,* 2005). Básicamente se optaba por aplicar análisis multivariantes, concretamente análisis de componentes principales (ACPs), para la clasificación según las condiciones Físico-químicas, junto con el análisis discriminante.

Como ya se ha comentado anteriormente, un aspecto clave en este proceso es el establecimiento de las condiciones de referencia, ya que con independencia de los análisis utilizados, cambios en las condiciones de referencia pueden producir cambios notables en la clasificación. A lo largo de los dos años en los que se ha realizado el proyecto de la "Red de Vigilancia de la Calidad de las Masas de Aguas de la CAPV" se han llevado a cabo diversas labores, entre ellas el establecimiento de las condiciones de referencia de la calidad físico-química. El establecimiento de estas condiciones de referencia resulta fundamental, dado que la calidad físico-química de las estaciones de muestreo de la Red de Vigilancia se va a calcular como desviación con respecto a las mismas. Se han realizado diversos estudios estadísticos con el fin de llegar al establecimiento de las condiciones de referencia más adecuadas.

Tal y como se indicaba en el informe correspondiente a la campaña de 2002 (Borja *et al.*, 2003), la DMA en su Anexo II requiere la clasificación de los tipos de masas de agua superficial para cada una de las categorías mencionadas a continuación: (1) Aguas de transición o estuáricas; (2) Aguas costeras; (3) Ríos; (4) Lagos; (5) Masas de agua artificiales y (6) Masas de agua muy modificadas.

De acuerdo con la metodología descrita en (Borja *et al.*, 2003 y 2004a) una primera aproximación a la identificación de dichas tipologías para el caso de las aguas de transición y costeras del País Vasco se realizó de acuerdo con los Sistemas de clasificación A y B de la DMA y las recomendaciones emanadas del Grupo de Trabajo COAST para la implementación de una estrategia común para el cumplimiento de la DMA (Vincent *et al.*, 2002). Como resultado de ese ejercicio, los estuarios del País Vasco se agruparon en las tipologías indicadas en la Tabla 23 (Borja *et al.*, 2003, 2004a), aunque hay que recordar que las tipologías definitivas deberán ser concordantes con las que se aprueben en Europa, para el Atlántico Norte.

Sistema de Clasificación	Eco-Región	Océano Atlántico Norte	
B	Tipo I	Estuarios pequeños dominados por el río	Deba, Urumea
	Tipo II	Estuarios con amplias zonas intermareales	Barbadún, Butroe, Oka, Lea, Artibai, Urola, Oria
	Tipo III	Estuarios con amplias zonas submareales	Nervión, Oiartzun, Bidasoa

Tabla 23 Tipologías establecidas por Borja et al. (2003, 2004a) para las aguas de transición de la CAPV de acuerdo con los descriptores definidos en el Sistema B de clasificación de la Directiva 2000/60/CE.

Sin embargo, tal y como se indicaba en (Borja *et al.*, 2003), la clasificación de las tipologías de acuerdo con la metodología anteriormente descrita se encuentra orientada a la caracterización del estuario como unidad sistémica de acuerdo con las características hidrológicas, morfológicas y dinámicas que lo definen (Valencia *et al.*, 2004) antes que a la definición de las masas de agua en sentido estricto, entendidas como un cuerpo de agua con unas características físico-químicas que la diferencian de otras masas de agua.

Ciertamente las características morfodinámicas de los estuarios, así como la presión de origen antrópico que

reciben (usos de tierras, contaminación urbana e industrial, actividad portuaria, etc.), condicionan también las características de las masas de agua del propio estuario, así como las de las aguas costeras adyacentes. Así, los estuarios actúan como reguladores de los aportes a la zona costera por medio del atrapamiento de partículas, precipitación de algunas sustancias disueltas y en general, por medio de la dilución de la concentración total de las diferentes sustancias aportadas por los ríos o por su vertido directo a las áreas estuáricas. Incluso bajo condiciones de estratificación, la dilución de los aportes continentales en respuesta a la mezcla con las aguas marinas costeras es el principal factor que condiciona la concentración de las sustancias disueltas en el estuario (nutrientes, metales, etc.). En consecuencia, la salinidad como indicador de la fracción de agua continental-agua marina presente en las masas de agua estuáricas, es la principal variable que regula la concentración de las sustancias disueltas tanto en el sentido horizontal como en el vertical de los estuarios. Del mismo modo, la salinidad juega un papel determinante en la distribución de la fauna y flora estuárica.

Por todo esto, partiendo de las tipologías establecidas y basadas en la metodología anteriormente descrita, se consideró pertinente profundizar en la clasificación de las masas de agua presentes en los diferentes tipos de estuarios, realizando para ello una clasificación de las mismas, basada en la salinidad.

Para ello, se llevó a cabo un análisis cluster de las diferentes estaciones de muestreo de la Red de Calidad empleando como variables de trabajo la mediana, el primer (Q_1) y tercer cuartil (Q_3) de cada una de dichas estaciones entre 1994 y 2003 (Borja *et al.,* 2005). Los diferentes grupos de estaciones obtenidos mediante análisis cluster se asignaron a los diferentes tramos del estuario definidos por el Simposio de Venecia en función de la salinidad (Anónimo, 1959), estos son, el tramo oligohalino (0-5 UPS), el mesohalino (5-18 UPS), el polihalino (18-25), el euhalino (3-34 UPS) y el euhalino mar o costa (>34 UPS), obteniéndose el resultado de la Tabla 24.

Una vez definidos los tipos de masas de agua, el siguiente paso consistió en definir las condiciones de referencia para cada una de las tipologías establecidas. De acuerdo con la metodología descrita en Borja *et al.* (2003; 2004e, 2005) y Bald *et al.* (2005) dos fueron las condiciones de referencia definidas para cada una de las tipologías; las representativas de un muy buen estado físico-químico y las de un muy mal estado físico-químico de las aguas.

Como variables a emplear, se han tenido en cuenta solo las definidas por la DMA en el punto 1.1.3 y 1.1.4 del Anexo V, es decir: propiedades ópticas (medida por turbidez y concentración de sólidos en suspensión), condiciones de oxigenación (% saturación de oxígeno) y condiciones relativas a los nutrientes (amonio, nitrato, y fosfato).

En el caso concreto de la turbidez y los sólidos en suspensión, dado que el comportamiento de estas variables no es conservativo con la salinidad, se tomaron como valores de referencia para todos los tramos de los estuarios, los objetivos de calidad propuestos por Borja *et al.* (1998):

- Mal Estado: 150 mg l^{-1} para los sólidos en suspensión y 150 NTU para la turbidez.
- Muy buen estado: 30 mg l^{-1} para los sólidos en suspensión y 5 NTU para la turbidez.

Posteriormente, los valores estimados se modularon en función del porcentaje de “agua dulce - agua marina” en cada uno de los percentiles, obteniéndose el resultado que se muestra en la Tabla 25. De acuerdo con los resultados descritos, para cada una de las referencias de muy buen y muy mal estado físico-químico se llevó a cabo el cálculo de la recta de dilución de cada variable en relación con la salinidad mediante su ajuste a una función lineal.

TIPOLOGÍA	ESTUARIO	TRAMO				
		Oligohalino	Mesohalino	Polihalino	Euhalino	Euhalino Mar
TIPO I	Deba	E-D5	E-D10			
	Urumea	E-UR5	E-UR10			
TIPO II	Barbadun	E-M5		E-M10		
	Butrón		E-B5		E-B10; E-B7	
	Oka	E-OK5		E-OK10	E-OK20	
	Lea		E-L5	E-L10		
	Artibai	E-A5		E-A10		
	Urola	E-U5	E-U8	E-U10		
	Oria		E-O5	E-O10		
TIPO III	Nervión	E-N10		E-N15	E-N17; E-N20	E-N30
	Oiartzun			E-OI10	E-OI15, E-OI20	
	Bidasoa	E-BI5	E-BI10	E-BI20		
TIPO IV	Nervión					L-N10; L-N20
	Butrón					L-B10; L-B15; L-B20
	Oka					L-OK10
	Lea					L-L10; L-L20
	Artibai					L-A10
	Deba					L-D10
	Urola					L-U10
	Oria					L-O10; L-O20
	Urumea					L-UR10; L-UR20
	Oiartzun					L-OI10; L-OI20
	Bidasoa					L-BI10
	Referencia					L-RF10

Tabla 24 Adscripción de cada una de las estaciones de muestreo de la Red de Calidad a cada uno de los tramos que definen las masas de aguas de la CAPV en cada una de las tipologías definidas por Borja et al. (2003, 2004a).

MUY BUEN ESTADO FÍSICO-QUÍMICO				
Variables	Tipo I (75% Río-25% Mar)	Tipo II (50% Río-50% Mar)	Tipo III(25% Río-75% Mar)	Tipo IV (100% Mar)
Sal. (UPS)	8,75	17,50	26,25	35,00
O_2 (%)	85	90	95	100
NH_4 (µmol/L)	5	4	3	2
NO_3 (µmol/L)	65	45	25	5
PO_4 (µmol/L)	1,12	0,88	0,74	0,4
MUY MAL ESTADO FISICO-QUÍMICO				
Variables	Tipo I (75% Río-25% Mar)	Tipo II (50% Río-50% Mar)	Tipo III (25% Río-75% Mar)	Tipo IV (100% Mar)
Sal. (UPS)	8,75	17,50	26,25	35,00
O_2 (%)	45	50	55	60
NH_4 (µmol/L)	55	40	30	15
NO_3 (µmol/L)	180	125	70	12
PO_4 (µmol/L)	12	8	4	1,5

Tabla 25 Condiciones de referencia de muy buen y mal estado físico-químico para cada uno de los percentiles definidos en función de la salinidad (Clave: Sal.: Salinidad; O_2 (%) = Porcentaje de saturación de oxígeno).

Variables	Muy Buen Estado Físico-Químico	Muy Mal Estado Físico-Químico
O_2 (%)	O_2 (%) = 0,5714·Sal.+80	O_2 (%) = 0,5714·Sal.+40
NH_4 (µmol/L)	NH_4 = -0,1143·Sal.+6	NH_4 = -1,4857·Sal.+67,5
NO_3 (µmol/L)	NO_3 = -2,2857·Sal.+85	NO_3 = -6,3886·Sal.+236,5
PO_4 (µmol/L)	PO_4 = -0,0263·Sal.+1,36	PO_4 = -0,4057·Sal.+15,25

Tabla 26 Rectas de dilución calculadas para cada una de las variables contempladas y para cada uno de los dos tipos de referencias definidas (%Sat.Oxig. = porcentaje de saturación de oxígeno).

	MUY BUEN ESTADO FÍSICO-QUÍMICO						
	Salinidad (UPS)	SS (mg l^{-1})	Turb. (NTU)	% Sat.Oxíg.	Amonio (µmol/L)	Nitrato (µmol/L)	Fosfato (µmol/L)
Oligohalino	2,75	30	5	81,57	5,69	78,71	1,29
Mesohalino	11,50	30	5	86,57	4,69	58,71	1,06
Polihalino	24,00	30	5	93,71	3,26	30,14	0,73
Euhalino estuario	32,00	30	5	98,28	2,34	11,86	0,52
Euhalino Mar	34,50	30	5	99,71	2,06	6,14	0,45
	MAL ESTADO FÍSICO-QUÍMICO						
	Salinidad (UPS)	SS (mg l^{-1})	Turb. (NTU)	% Sat.Oxíg.	Amonio (µmol/L)	Nitrato (µmol/L)	Fosfato (µmol/L)
Oligohalino	2,75	150	150	41,57	63,41	218,93	14,13
Mesohalino	11,50	150	150	46,57	50,41	163,03	10,58
Polihalino	24,00	150	150	53,71	31,84	83,17	5,51
Euhalino estuario	32,00	150	150	58,28	19,96	32,06	2,27
Euhalino Mar	34,50	150	150	59,71	16,24	16,09	1,25

Tabla 27 Valores de las diferentes variables para cada una de las referencias de muy buen y mal estado físico-químico (Clave: SS = Sólidos en Suspensión; Turb.: Turbidez; %Sat.Oxig. = porcentaje de saturación de oxígeno).

Una vez definidas las estaciones de referencia, se llevó a cabo un análisis factorial mediante el método de las componentes principales como método de extracción, incluyendo en dicho análisis, tanto las estaciones de referencia, como las diversas estaciones de muestreo tanto estuáricas como litorales. Dichas estaciones de muestreo comprendían todos los datos disponibles para cada una de las variables empleadas entre 1994 y 2009.

En el caso del porcentaje de oxígeno disuelto y los nutrientes tan sólo se tuvieron en cuenta los valores correspondientes a superficie, ya que no en todas las estaciones de la Red de Calidad había datos de fondo, por lo que los resultados no eran comparables entre estaciones.

Tal y como recomiendan Meglen (1992) y Bock *et al.*, (1999), con objeto de aproximarse a una distribución normal de los datos, éstos fueron previamente transformados mediante la transformación logarítmica (log(1+X)), así como estandarizados restándoles la media y dividiéndolos por la desviación estándar. Finalmente, con objeto de obtener una interpretación más sencilla del resultado obtenido por el análisis factorial, éste fue previamente transformado mediante el sistema de rotación "varimax".

Como se puede ver en la Tabla 28, el 81% de la variabilidad del sistema se encuentra explicada por los tres primeros factores del AF realizado, siendo el primer factor, el principal, al reunir el sólo un 47 % de la variabilidad total.

Factor nº	Valor propio	% de Varianza	% Acumulativo
1	2,82	47,15	47,15
2	1,21	20,22	67,37
3	0,82	13,82	81,20
4	0,50	8,45	89,65
5	0,40	6,67	96,33
6	0,21	3,66	100,00

Tabla 28 Valores propios para cada uno de los 6 factores extraídos mediante el método de componentes principales. Asimismo se detalla el porcentaje de varianza explicado por cada factor, así como el porcentaje de varianza acumulado entre todos los factores extraídos.

En la Tabla 29, se puede observar el peso de cada variable con respecto a cada uno de los tres factores extraídos. El primer factor se encuentra asociado al amonio, pudiendo identificarse como el principal eje de afección antrópica, debida al vertido de aguas residuales urbanas e industriales que llevan asociadas elevadas concentraciones de este nutriente (Graneli, 1987; Balls, 1992; Borkman y Turner, 1993; Kennish, 1997). El segundo factor, en el que el nitrato adquiere gran peso, representa la descarga del río, mientras que el tercer factor, en el que el porcentaje de saturación de oxígeno adquiere gran peso, se asocia a las condiciones de oxigenación de las aguas de transición.

Las variables relacionadas con las propiedades ópticas de las aguas (sólidos en suspensión y turbidez) se encuentran asociadas al cuarto y quinto factor del AF respectivamente, mientras que el fosfato se asocia al sexto. Estas últimas variables adquieren una importancia menor al estar en relación con factores que explican un porcentaje menor de la variabilidad total del sistema.

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
% Sat. Oxig.	-0,15	-0,05	0,98	-0,05	-0,06	-0,13
NH_4-H (µmol·l^{-1})	0,91	0,23	-0,17	0,07	0,09	0,28
NO_3-N (µmol·l^{-1})	0,24	0,92	-0,05	0,12	0,19	0,22
PO_4-P (µmol·l^{-1})	0,45	0,33	-0,22	0,06	0,10	0,79
Turb. (NTU)	0,08	0,18	-0,06	0,26	0,94	0,07
SS (mg·l^{-1})	0,06	0,10	-0,05	0,96	0,24	0,04

Tabla 29 Valores propios para cada uno de los 6 factores extraídos mediante el método de componentes principales. Asimismo se detalla el porcentaje de varianza explicado por cada factor, así como el porcentaje de varianza acumulado entre todos los factores extraídos.

En la Figura 3 y en la Figura 4 se puede ver la disposición de las estaciones de muestreo en relación con los tres primeros factores extraídos en el análisis factorial realizados, así como en el peso de las variables contempladas en el análisis con relación a cada factor extraído. De acuerdo con el resultado obtenido, en el segundo cuadrante de las Figura 3 y Figura 4 se situarían aquellas estaciones afectadas de forma más significativa por el vertido de aguas residuales asociadas a la descarga de los ríos, dando lugar a valores altos de amonio y condiciones de oxigenación reducidas debido a la generación de procesos de eutrofia asociados al enriquecimiento en nutrientes provocado por dichos vertidos. En el caso contrario (tercer y cuarto cuadrante), se sitúan aquellas estaciones menos afectadas por la descarga de aguas residuales, presentando una menor concentración de amonio y en consecuencia unas condiciones de oxigenación mejores.

Incrementos en la concentración de nutrientes disueltos en las aguas estuáricas y costeras (Angelidis et al., 1995; Billen et al., 2001) se han descrito en relación con grandes áreas urbanas (Scanes y Philip, 1995) y el uso del suelo para la agricultura (Bell, 1991), dando lugar a la posibilidad de generación de proliferaciones algales

(Chapelle et al., 1993; Bell, 1991; Hallegraeff, 1992) y en consecuencia eutrofización y descenso en los niveles de oxigenación de las aguas (Malone et al., 1996; Wassmann, 1990) con el consiguiente efecto sobre las comunidades biológicas (Diaz y Rosemberg, 1995; Karlson et al., 2002; Ringwood y Keppler, 2002).

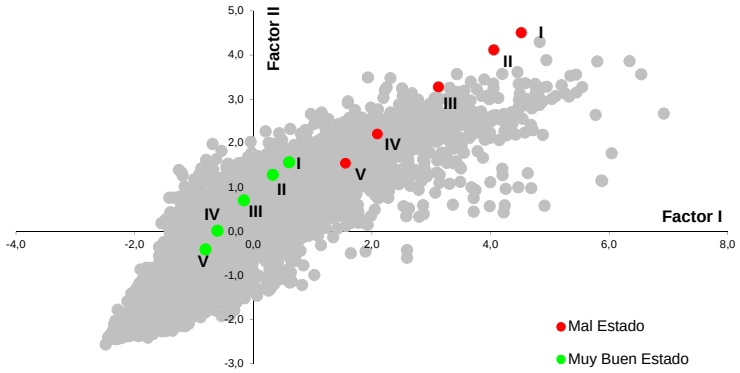


Figura 3 Disposición de las estaciones de la Red de Calidad junto con sus respectivas referencias de mal y muy buen estado físico-químico en relación con el primer y segundo factor del análisis factorial realizado. Se indica asimismo la posición de las respectivas referencias. Clave: I = tramo oligohalino; II = tramo mesohalino; III = tramo polihalino; IV = tramo euhalino estuárico y V = tramo euhalino mar.

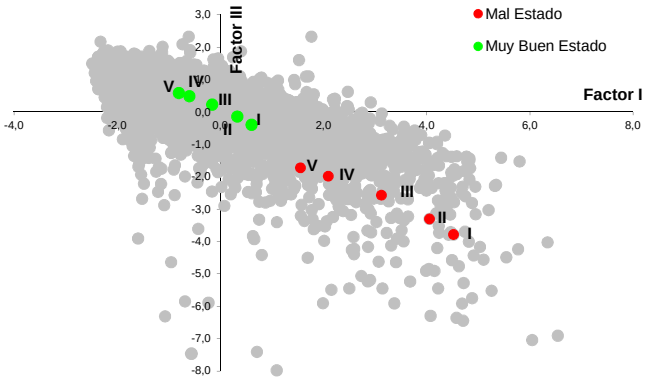


Figura 4 Disposición de las estaciones de la Red de Calidad junto con sus respectivas referencias de mal y muy buen estado físico-químico en relación con el primer y tercer factor del análisis factorial realizado. Se indica asimismo la posición de las respectivas referencias. Clave: I = tramo oligohalino; II = tramo mesohalino; III = tramo polihalino; IV = tramo euhalino estuárico y V = tramo euhalino mar.

Así, siguiendo la metodología aplicada en los últimos años (Borja *et al.,* 2009c) y con el fin de obtener un valor único del estado físico-químico para cada estación de muestreo, a partir del valor de EQR de las cuatro campañas realizadas en 2011 con sus respectivos valores de pleamar y bajamar, se llevó a cabo el cálculo del percentil 25 como valor del estado físico-químico de una estación de muestreo para 2011. Este EQR y el método utilizado lo hemos llamado PCQI (Physico-Chemical Quality Index). En la Tabla 30 se puede ver el resultado del PCQI en 2011 para cada una de las estaciones de la Red de Calidad según el análisis realizado, así como las tendencias observadas entre 1994 y la actualidad basado en el resultado del percentil 25 del PCQI para cada estación.

En anteriores ocasiones y para determinadas anualidades, el cálculo del estado físico-químico se llevaba a cabo mediante la aplicación de un Análisis Discriminante cuyo objetivo es evitar el error asociado en el Análisis Factorial cuando se añaden nuevos datos. En este tipo de análisis, la nueva adición pude dar lugar a que la valoración realizada previamente para algunas estaciones pudiera cambiar ya que el análisis juega con nueva información. Sin embargo, tal y como demuestran Borja *et al*. (2008), cuando el número de datos es superior a 100 el error asociado a la incorporación de nuevos datos es despreciable ya que únicamente el 1,4% de las valoraciones podrían cambiar de moderado a buen estado o viceversa.

En el caso que nos ocupa, el número de datos empleados en el análisis factorial ha sido de 4338 por lo que al igual que Borja *et al*. (2008), consideramos que el error asociado es despreciable y en consecuencia, al igual que en el informe correspondiente a la campaña de 2009, la evaluación del estado físico-químico se ha llevado a cabo mediante la realización de un Análisis Factorial. En 2009 se establecieron los objetivos de calidad para las variables de la evaluación del estado:

Tipología		Tipos I a III				Tipo IV
Tramo salino		Oligohalino	Mesohalino	Polihalino	Euhalino estuario	Euhalino Mar
Salinidad	UPS	2,75	11,5	24	32,5	35
Sólidos en Suspensión	$mg \cdot l^{-1}$	≤30				
Turbidez	NTU	≤11	≤11	≤9	≤7	≤5
Saturación de oxígeno	%	≥66	≥71	≥79	≥83	≥85
Amonio	$\mu mol \cdot l^{-1}$	≤28	≤22	≤14	≤9	≤7
Nitrato		≤132	≤98	≤50	≤18	≤8
Fosfato		≤6,2	≤4,7	≤2,5	≤1,1	≤0,7

El cumplimiento del objetivo se determina eliminando grandes avenidas y se hace la media de los datos obtenidos para cada estación de muestreo. Si se supera el objetivo de calidad, no cumple.

Estación	Media	Mediana	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Q25	Q75	Clasificación	Tendencia			
E-A10	0,81	0,85	0,21	0,35	1,02	0,76	0,94	B	◄►	1994-2011	…	…
E-A5	0,76	0,82	0,28	0,17	1,09	0,66	0,94	B	◄►	1994-2011	…	…
E-B10	0,90	0,95	0,22	0,57	1,12	0,73	1,08	B	▼*	1994-2011	…	…
E-B5	0,92	0,86	0,13	0,78	1,13	0,82	1,03	B	◄►	2002-2011	…	…
E-B7	0,80	0,80	0,24	0,49	1,13	0,60	1,01	A	◄►	2002-2011	…	…
E-BI10	0,83	0,84	0,31	0,30	1,26	0,63	1,08	B	◄►	1994-2011	…	…
E-BI20	0,98	0,96	0,22	0,68	1,28	0,82	1,17	B	◄►	1994-2011	…	…
E-BI5	1,09	1,15	0,18	0,73	1,26	0,99	1,22	MB	◄►	2002-2011	…	…
E-D10	0,80	0,81	0,06	0,73	0,88	0,75	0,84	B	◄►	1994-2011	…	…
E-D5	0,74	0,75	0,12	0,55	0,94	0,66	0,81	B	◄►	2002-2011		
E-L10	1,07	1,10	0,17	0,83	1,39	0,97	1,13	MB	◄►	1994-2011	…	…
E-L5	1,09	1,09	0,21	0,74	1,31	0,97	1,30	MB	◄►	2005-2011	…	…
E-M10	1,03	1,09	0,27	0,62	1,35	0,81	1,25	B	▲*	1994-2011	…	…
E-M5	0,93	0,91	0,14	0,74	1,16	0,83	1,03	B	◄►	1994-2011	▼*	2005-2011
E-N10	0,72	0,75	0,10	0,51	0,85	0,70	0,77	B	▲*	1994-2011	…	…
E-N15	0,36	0,38	0,17	0,04	0,53	0,25	0,52	D	◄►	2002-2011	…	…
E-N17	0,12	0,14	0,12	-0,08	0,28	0,05	0,20	M	◄►	2002-2011	…	…
E-N20	0,59	0,52	0,16	0,41	0,81	0,47	0,78	A	▲*	1994-2011	…	…
E-N30	0,90	0,88	0,18	0,69	1,15	0,75	1,07	B	◄►	1994-2011	…	…
E-O10	0,84	0,75	0,26	0,60	1,26	0,64	1,04	B	◄►	1994-2011	…	…
E-O5	0,78	0,79	0,17	0,58	1,08	0,63	0,89	B	▼*	2002-2011	…	…
E-OI10	0,80	0,80	0,17	0,54	1,06	0,68	0,92	B	▲*	1994-2011	…	…
E-OI15	0,24	0,24	0,31	-0,35	0,63	0,11	0,46	M	▼*	2002-2007	▲*	2007-2011
E-OI20	0,79	0,81	0,18	0,44	1,01	0,71	0,92	B	▲*	1994-2011	…	…
E-OK10	0,55	0,57	0,26	0,22	0,94	0,31	0,74	D	◄►	1995-2011	▼**	2002-2011
E-OK20	1,01	1,08	0,26	0,63	1,31	0,77	1,24	B	▼*	1997-2011		
E-OK5	0,22	0,20	0,21	-0,08	0,51	0,05	0,40	M	▼*	2002-2011	…	…
E-U10	0,82	0,80	0,12	0,66	0,99	0,74	0,93	B	◄►	1994-2011		
E-U5	0,90	0,93	0,11	0,74	1,05	0,81	0,98	B	◄►	2002-2011	…	…
E-U8	0,86	0,86	0,11	0,76	1,10	0,77	0,89	B	◄►	2002-2011	…	…
E-UR10	1,22	1,19	0,20	1,00	1,49	1,06	1,41	MB	◄►	1994-2011		
E-UR5	1,15	1,15	0,07	1,03	1,22	1,11	1,22	MB	◄►	2002-2011	…	…
L-A10	1,20	1,24	0,15	0,98	1,33	1,09	1,30	MB	▼*	1997-2011	…	…
L-B10	1,16	1,19	0,11	1,01	1,26	1,10	1,23	MB	◄►	1994-2011	…	…
L-B20	1,12	1,12	0,16	0,98	1,28	0,99	1,26	MB	▼*	1997-2011	…	…
L-BI10	1,24	1,22	0,10	1,15	1,37	1,16	1,32	MB	◄►	1997-2011	…	…
L-D10	1,22	1,29	0,23	0,88	1,41	1,08	1,36	MB	◄►	1994-2011	…	…
L-L10	1,30	1,31	0,03	1,25	1,31	1,28	1,31	MB	◄►	1997-2011	…	…
L-L20	1,25	1,22	0,06	1,20	1,34	1,21	1,28	MB	◄►	2002-2011	…	…
L-N10	1,19	1,18	0,09	1,11	1,30	1,12	1,27	MB	◄►	1994-2011	…	…
L-N20	1,17	1,19	0,13	1,00	1,32	1,08	1,27	MB	◄►	1994-2011	…	…
L-O10	1,17	1,20	0,16	0,96	1,34	1,07	1,28	MB	▼*	1994-2011	…	…
L-O20	1,24	1,24	0,10	1,13	1,35	1,16	1,33	MB	▼*	2002-2011	…	…
L-OI10	1,08	1,04	0,16	0,94	1,30	0,98	1,19	MB	◄►	1994-2011	…	…
L-OI20	1,23	1,22	0,11	1,13	1,35	1,14	1,32	MB	◄►	1994-2011	…	…
L-OK10	1,26	1,27	0,06	1,18	1,31	1,21	1,31	MB	◄►	1994-2011	…	…
L-REF1	1,18	1,17	0,11	1,06	1,33	1,11	1,26	MB	◄►	2002-2011	…	…
L-REF2	1,24	1,27	0,09	1,10	1,31	1,17	1,30	MB	◄►	2006-2011	…	…
L-REF3	1,23	1,22	0,11	1,14	1,36	1,15	1,32	MB	◄►	2006-2011	…	…
L-U10	1,16	1,24	0,21	0,85	1,32	1,02	1,30	MB	◄►	1994-2011	…	…
L-UR20	1,33	1,33	0,08	1,25	1,41	1,26	1,40	MB	◄►	1994-2011		

Tabla 30 Media, mediana, desviación estándar, mínimo, máximo, percentil 25 y 75 del EQR en 2011 para cada una de las estaciones de muestreo de la Red de Calidad. Se indica de igual forma las tendencias temporales detectadas en la serie histórica de datos disponible entre 1994 y 2011 (▼ = empeoramiento; ▲ = mejora; ◄► = sin tendencia) y su grado de significancia.

AGUAS. CONTAMINANTES ESPECÍFICOS SINTÉTICOS Y NO SINTÉTICOS

La DMA establece como indicadores de calidad Fisicoquímicos las concentraciones de contaminantes específicos sintéticos y no sintéticos. Las concentraciones de estos contaminantes específicos se evalúan en cada estación para consignar tres estados: (i) muy buen estado, (ii) buen estado o (iii) estado aceptable.

En el caso de los contaminantes específicos sintéticos se considera que están en muy buen estado cuando las concentraciones son inferiores al límite de detección. Se considera que están en buen estado cuando presentan concentraciones superiores a los límites de detección pero inferiores a las normas de calidad ambiental. En el caso de que las concentraciones superen las normas de calidad ambiental, hemos considerado que están en estado aceptable.

En el caso de los contaminantes específicos no sintéticos se considera que están en muy buen estado cuando las concentraciones permanecen dentro de la gama normalmente asociada con las condiciones inalteradas (condiciones de nivel de fondo). Se considera que están en buen estado cuando presentan concentraciones superiores a los niveles de fondo pero inferiores a las normas de calidad ambiental. En el caso de que las concentraciones superen las normas de calidad ambiental, hemos considerado que están en estado aceptable.

Dentro del grupo de contaminantes no sintéticos se incluyen los metales y varios hidrocarburos poliaromáticos (PAHs). En el caso de los metales se ha determinado el nivel de fondo regionales en sedimento para As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Mn, Pb y Zn (Rodríguez *et al.*, 2006). También se han determinado los niveles de fondo regionales en aguas para As, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn (Tueros *et al.*, 2008). En el caso de los hidrocarburos poliaromáticos no existen valores regionales para la costa vasca, pero sí valores de referencia para el Atlántico Noreste propuestos por OSPAR (OSPAR, 2005). Estos valores son generalmente inferiores al nivel de cuantificación analítico. Por ello se considera que los PAHs determinados en agua están en muy buen estado cuando están en concentraciones inferiores al límite de detección (es decir, el mismo criterio que en el caso de las sustancias sintéticas).

En aguas de transición y costeras se redujeron en 2007 las variables, limitándolas a aquellas que se había demostrado con el tiempo que presentan valores que pueden ser nocivos o que han superado los objetivos de calidad.

Los contaminantes específicos considerados como indicadores de calidad Fisicoquímicos se indican en la Tabla 31 (son los mismos que los utilizados para la determinación del Estado Químico, con las mismas Normas de Calidad Ambiental (NCA)).

Además de las sustancias utilizadas como indicadoras de calidad Fisicoquímicos, se determinan otros contaminantes que no se tienen en cuenta para la clasificación del estado Fisicoquímico (ver más detalles en Tabla 31). Sin embargo, sí se utilizan valores de referencia que ayudan a la evaluación de la contaminación específica en aguas (Tabla 32).

Variables[1]	Medición / determinación aguas	L. Detección /resolución	Observaciones
Cadmio	Espectrofotometría de Absorción Atómica en cámara de grafito tras preconcentración con resina quelante (Chelex-100) y elución con ácido nítrico	0,08 µg l^{-1}	E-N17, E-N20, E-D10, E-OI15, L-UR20
Cobre		0,2 µg l^{-1}	
Manganeso		0,2 µg l^{-1}	
Níquel		0,3 µg l^{-1}	E-N17, E-N20, E-D10, E-OI15, L-UR20
Plomo		0,3 µg l^{-1}	E-N17, E-N20, E-D10, E-OI15, L-UR20
Zinc		0,2 µg l^{-1}	
Hierro	Colorimetría tras reacción con Tripiridil triazina (TPTZ)	0,3 µg l^{-1}	
Cromo	Absorción atómica	0,3 µg l^{-1}	
Mercurio	Espectrofotometría de Absorción Atómica por vapor en frío	0,3 µg l^{-1}	E-N17, E-N20, E-D10, E-OI15, L-UR20
PAHs[2]	Extracción y Cromatografía de Gases / Espectrometría de. Masas (GC/MS)	0,0 –0,02 µg l^{-1}	(2)
PCBs[3]		0,02 µg l^{-1}	(4)
DDTs[4]		0,02 µg l^{-1}	(3) E-N17, E-N20
Hexaclorociclohexano[5]		0,002 µg l^{-1}	Isómeros α y γ (5) E-N17, E-N20
Aldrín, Dieldrín		0,003 µg l^{-1}	E-N17, E-N20
Isodrín		0,003 µg l^{-1}	E-N17, E-N20

Tabla 31 Indicadores de contaminación específica en aguas de transición y costeras, en 2011. En las observaciones se indican las estaciones en las que se muestrean mensualmente algunas sustancias prioritarias, en la red operativa.

Variable	Objetivos calidad	Legislación	Observaciones
Arsénico	25 µg l^{-1}	Ley Biodiversidad	
Cadmio	0,2 µg l^{-1}	Directiva 2008/105	Antes 1
Cobre	25 µg l^{-1}	Ley Biodiversidad	
Níquel	20 µg l^{-1}	Directiva 2008/105	Antes 25
Plomo	7,2 µg l^{-1}	Directiva 2008/105	Antes 10
Zinc	60 µg l^{-1}	Ley Biodiversidad	
Cromo	5 µg l^{-1}	Ley Biodiversidad	
Mercurio	0,05 µg l^{-1}	Directiva 2008/105	Antes 1
Suma PCBs	0,03 µg l^{-1}	EPA (2002)	Criterio de concentración continúa
Suma DDTs	25 µg l^{-1}	86/280/CEE	10 para el congénere DDT
Hexaclorociclohexano	0,002 µg l^{-1}	Directiva 2008/105	
Suma DRIN	0,005 µg l^{-1}	Directiva 2008/105	

Tabla 32 Límites utilizados para algunos contaminantes específicos, con objeto de establecer el Estado Químico. Datos de Directivas europeas y legislación española, en µg l^{-1}.

[1] Se analizan en los puntos de muestreo en los que la caracterización visual y olfativa (presencia de irisaciones, espumas, olores característicos, etc.) indique la posible presencia de estas sustancias.

[2] Se analizan los siguientes congéneres: Fenantreno, Pireno, Criseno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Fluoranteno, Benzo(a)antraceno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(a)pireno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Antraceno, Benzo(k)fluoranteno, Dibenzo(a,h)antraceno, Perileno, 1-Metil naftaleno, 2-Metil naftaleno, Bifenilo, 2,6-DimetilNaftaleno, 2,3,5-TrimetilNaftaleno, 1-Metil-fenantreno

[3] Se analizan los siguientes congéneres: IUPAC nº 28, 52, 101, 118, 153, 138, 180

[4] Se analizan los siguientes congéneres: p-p'DDE, p-p'DDD y p-p'DDT

[5] Se analizan los siguientes congéneres: α-HCH y γ-HCH

SEDIMENTOS. ANÁLISIS

Parámetros

Con el objeto de establecer el **grado de contaminación por metales** de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente geoquímico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales de fondo de metales en sedimentos no contaminados con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). Cuanto mayor sea la concentración de un metal en una zona con respecto al valor de fondo, mayor es la contaminación por dicho metal, estableciéndose una escala (Tabla 33) con varios grados de contaminación, desde ausencia de la misma (valor inferior o similar al de fondo) hasta contaminación extrema (concentración más de 48 veces superior al valor de fondo). A partir del FC se puede calcular el Índice de Carga Contaminante (ICC) tanto para cada estación y metal, como globalmente, considerando todos los metales en conjunto (mediante las medias geométricas de los FC para cada metal) (Tomlinson *et al*., 1980).

$$FC = \frac{C_n}{B_n} \qquad ICC = \left(FC_1 \cdot FC_2 \cdot \ldots . FC_n\right)^{\frac{1}{n}}$$

C: Concentración del metal *n*

Bn: Valor de fondo del metal *n*

ICC: Índice de Carga Contaminante

FC - ICC	GRADO DE CONTAMINACIÓN	
>48	CE	Contaminación extrema
12-48	CF	Contaminación fuerte
3-12	C	Contaminado
1-3	CL	Contaminación ligera
<1	NC	No contaminado

Tabla 33 Escala de grados de contaminación (adaptado de Müller, 1979). FC: factor de contaminación; ICC: índice de carga contaminante.

A partir de los datos de niveles de fondo calculados para los sedimentos de la costa vasca por Rodríguez *et al*. (2006) (Tabla 34) y siguiendo los criterios de clasificación de la contaminación de sedimentos por metales de Müller (1979), se han calculado los niveles de contaminación de metales en los estuarios del País Vasco.

Para la clasificación del **grado de contaminación** de los sedimentos en función de la concentración de **compuestos orgánicos** se han utilizado los siguientes criterios:

Si existen valores de referencia (PAHs, PCBs y DDTs) (Tabla 35), la escala es: NC < límite de detección < CL < ERL< C < ERM < CF. El límite de detección se muestra en la Tabla 36.

VARIABLE	VF	NCA
Cd	0,24 µg g^{-1}	1 µg g^{-1} / CF
Cr	26 µg g^{-1}	38,8 µg g^{-1} / CF
Cu	33 µg g^{-1}	54,92 µg g^{-1} / CF
Fe	31784 µg g^{-1}	-
Hg	0,13 µg g^{-1}	0,53 µg g^{-1} / CF
Mn	240 µg g^{-1}	-
Ni	29 µg g^{-1}	23,44 µg g^{-1} / CF
Pb	31 µg g^{-1}	77,95 µg g^{-1} / CF
Zn	147 µg g^{-1}	248,5 µg g^{-1} / CF

Tabla 34 Valores centales de nivel de fondo (VF) (Rodríguez et al. 2006) y normas de calidad (NCA) para metales en sedimentos (Menchaca *et al*., 2012).

VARIABLE	ERL	ERM
PAHs[6]	4022	44792
PCBs[7]	22,7	189
DDTs[8]	1,58	46,1

Tabla 35 Niveles de efectos biológicos bajo (ng.g^{-1})(ERL: *Effects Range Low*) y medio (ERM: *Effects Range Median*) de compuestos orgánicos en los sedimentos (Long *et al*., 1995)

Cuando no existen referencias (HCB, aldrín, dieldrín, y HCH), la escala resultante es: NC < límite de detección < CL < tres veces dicho límite < C < doce veces el límite < CF. El límite de detección se muestra en la Tabla 36.

Por otro lado, para evaluar la **posible toxicidad** de las concentraciones determinadas se utilizan las Normas de Calidad Ambiental (NCA) de la Tabla 34.

En el caso de los metales estas NCA se han calculado para las determinaciones realizadas en fracción limosa del sedimento (<63 µm), y son variables en función del contenido en limo. Así, el valor debe modificarse dividiéndose por el contenido en fracción limosa (en tanto por uno) (Menchaca et al., 2012). Estos NCA fueron calculados según la metodología PEL (del inglés, Probable Effect Level) propuesta por Buchman *et al*. (2008), basada en McDonald (1994).

[6] Se analizan los siguientes congéneres: Fenantreno, Pireno, Criseno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Fluoranteno, Benzo(a)antraceno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(a)pireno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Antraceno, Benzo(k)fluoranteno, Dibenzo(a,h)antraceno, Perileno, 1-Metil naftaleno, 2-Metil naftaleno, Bifenilo, 2,6-DimetilNaftaleno, 2,3,5-TrimetilNaftaleno, 1-Metil-fenantreno.

[7] Se analizan los siguientes congéneres: IUPAC nº 28, 52, 101, 118, 153, 138, 180.

[8] Se analizan los siguientes congéneres: p-p'DDE, p-p'DDD y p-p'DDT.

En el caso de los compuestos orgánicos se han utilizado los valores propuestos por Long *et al.* (1995).

Debe de tenerse en cuenta que estas NCA se utilizan para facilitar la evaluación de la posible toxicidad asociada, pero no para la evaluación del estado químico (excepto Cd y Hg).

Debido a que la NCA de metales es variable en sedimento, en función del contenido limoso, la evolución temporal de la concentraciones de metales de las tres últimas campañas se ha representando corrigiendo cada concentración por el contenido de finos del sedimento, de tal manera, que la NCA y la concentración del metal sean comparables.

Los parámetros determinados en cada muestreo en estaciones de muestreo de sedimentos en aguas de transición y costeras se muestran en la Tabla 36.

Variable	Medición / determinación Sedimentos	L. Detección / resolución	Observaciones
Granulometría	Gravimetría	63 µm	
% Materia orgánica	Calcinación y gravimetría	0,2%	
Potencial Redox	Milivoltímetro con electrodo de platino	1 mV	
Cadmio Cobre Manganeso Níquel Plomo Zinc Hierro Cromo Mercurio	Digestión ácida con agua regia en horno microondas. Espectrofotometría de Absorción Atómica en cámara de grafito o en llama (dependiendo de concentración y sensibilidad). Selenio y arsénico por generación de hidruros. Mercurio por vapor en frío	Variable en función de la técnica particular empleada. En general, inferior al 10% de las concentraciones mínimas asignadas	En la fracción fina (<63 µm)
Carbono Orgánico	Analizador elemental (HCN)	0,05 mol/kg	En la fracción fina (<63 µm)
Nitrógeno Orgánico		0,01 mol/kg	
PAHs[9]	Extracción (sobre el sedimento total) y Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS)	1,5 – 2,5 µg/kg	
PCBs[10]		0,5 – 1,5 µg/kg	
DDTs[11]		1 µg/kg	
Hexaclorociclohexano[12]		2 µg/kg	
Hexaclorobenceno		0,2 µg/kg	
Aldrín, Dieldrín		0,3 µg/kg	
Endrín, Isodrín		0,3 µg/kg	

Tabla 36 Indicadores de contaminación específica en sedimentos en aguas de transición y costeras, en 2011.

[9] Se analizan los siguientes congéneres: Fenantreno, Pireno, Criseno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Fluoranteno, Benzo(a)antraceno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(a)pireno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Antraceno, Benzo(k)fluoranteno, Dibenzo(a,h)antraceno, Perileno, 1-Metil naftaleno, 2-Metil naftaleno, Bifenilo, 2,6-DimetilNaftaleno, 2,3,5-TrimetilNaftaleno, 1-Metil-fenantreno.

[10] Se analizan los siguientes congéneres: IUPAC nº 28, 52, 101, 118, 153, 138, 180.

[11] Se analizan los siguientes congéneres: p-p'DDE, p-p'DDD y p-p'DDT.

[12] Se determina el sumatorio de los siguientes congéneres: α-HCH y γ-HCH.

Ecotoxicidad

Los métodos más utilizados para estimar la toxicidad de los sedimentos son los tests de toxicidad. Estos tests consisten en poner en contacto con los sedimentos a unos organismos, seleccionados por su sensibilidad a los compuestos tóxicos más habituales (metales pesados, orgánicos, etc.) y observar un efecto. En el caso de los tests de toxicidad aguda, el efecto que se mide es la mortalidad. En 2004 se utilizó sólo el test con anfípodos, pero en 2005 se añadió también el test con Microtox® (AZUR Environmental, 1998), ambos sobre la fase <1 mm.

La utilización de dos especies permite evaluar la calidad del sedimento en distintos niveles de la red trófica, así como obtener una información más completa, ya que cada especie puede responder de forma diferente a ciertas condiciones. La bacteria *Vibrio fisheri* es el organismo utilizado en el Microtox®, que es un test comercial que mide la inhibición de la bioluminiscencia producida por las bacterias. Este test es rápido y puede utilizarse como herramienta de "screening" o exploración. Esto es, ante un resultado positivo (tóxico) el sedimento se vuelve a evaluar con otra especie de mayor relevancia ecológica, y ante un resultado negativo (no tóxico) se descarta su toxicidad. No obstante, con independencia del resultado de este test, es recomendable la utilización de, al menos, otra especie (Nendza, 2002).

En el año 2009 se utilizó por primera vez el bioensayo con larvas de erizo de mar en sustitución del Microtox®, pero los resultados no fueron tan aclaratorios como se esperaba y en 2010 solamente se pudo llevar a cabo el bioensayo con anfípodos. En 2011, además del bioensayo agudo con anfípodos, también se realizó el bioensayo crónico. Los test agudos con organismos adultos tienen la ventaja de que permiten una rápida obtención de resultados y son una buena opción para obtener una imagen general del área; no obstante, utilizando únicamente la mortalidad como referencia, solamente detectan los escenarios más desfavorables. Sin embargo, la mortalidad no es el único efecto que los sedimentos contaminados pueden producir sobre los organismos bentónicos; efectos subletales pueden ocurrir como consecuencia de la exposición a un sedimento contaminado (Summers, 2001). En definitiva, el bioensayo crónico, reproduciendo el ciclo de vida completo de los organismos, da una imagen más detallada del estrés causado y ofrece una mejor comprensión de las vías de alteración que pueden afectar a los organismos (supervivencia, crecimiento y reproducción) (Castro *et al*., 2006).

En este sentido, en Europa los anfípodos más utilizados son los pertenecientes al género *Corophium* (Figura 5). De hecho, el primer protocolo publicado por una comisión científica en el ámbito de la Unión Europea sobre test de toxicidad de sedimentos de origen marino o estuárico se especificó para anfípodos del género *Corophium* (OSPAR, 1995).

En la región geográfica a la que pertenecen los estuarios seleccionados este año para su análisis, existen dos especies del género *Corophium* que reúnen las condiciones adecuadas para ser utilizadas en tests de toxicidad: *Corophium urdaibaiense* y *Corophium multisetosum*. Cada una de estas dos especies está adaptada a un sedimento con un tamaño de grano distinto. *Corophium urdaibaiense* está adaptada a sedimentos con un 60% de finos aproximadamente, mientras que *Corophium multisetosum* vive en sedimentos compuestos por arenas en más de un 90%. Por este motivo, y dado que la mayor parte de los sedimentos sobre los que se va a evaluar su toxicidad son de tipo arenoso, se seleccionó la especie *Corophium multisetosum*.

Las estaciones seleccionadas en 2011 se han mencionado anteriormente. Las muestras de sedimento obtenidas se almacenaron en botes de plástico de 1,5 l de capacidad en una cámara congeladora hasta el comienzo del bioensayo.



Figura 5 Imagen de un ejemplar macho de *Corophium urdaibaiense* tomada con un microscopio electrónico (la línea blanca en la parte inferior derecha representa 1 mm).

Para realizar los bioensayos es necesario disponer de ejemplares de anfípodos. Hasta ahora estos se obtienen de lugares naturales relativamente poco alterados. Así, el muestreo se realizó en el estuario de Bidasoa a la altura de la Isla de los Faisanes. El procedimiento para capturar estos organismos consistió en recoger la arena de la capa superficial (los primeros 10 cm aproximadamente) y tamizarla mediante cedazos

de 1 mm de luz de malla. El material retenido (compuesto por los anfípodos mezclados con restos de hojarasca arena y otros organismos) fue introducido en botes con agua recogida en el propio lugar de muestreo. Además, se recogió sedimento que previamente había pasado por el cedazo de 1 mm. Al llegar al laboratorio los anfípodos fueron cuidadosamente separados e introducidos en bandejas de mantenimiento con el sedimento tamizado. Durante 11 días los anfípodos se mantuvieron en bandejas de mantenimiento dentro de una cámara climática en condiciones de temperatura y oxigenación controladas.

Durante el periodo de mantenimiento se cambió completamente el agua de las bandejas dos veces por semana. El agua utilizada, tanto en las bandejas de mantenimiento como en los bioensayos, se trataba de una mezcla de agua marina artificial (elaborada a partir de sal marina (Tetra Marine SeaSalt) y agua de grifo (previamente aireada, al menos durante dos días, para eliminar los posibles restos de cloro)). Los porcentajes de cada tipo de agua fueron variando a lo largo de los 11 días con el objetivo de incrementar paulatinamente la salinidad inicial (variable en función de las mareas y del nivel del río) hasta llegar a 32 USP (que es la salinidad que exige el protocolo del bioensayo).

La metodología utilizada en los bioensayos está descrita en varias publicaciones: el bioensayo agudo en OSPAR (1995) y Schipper *et al*. (1999), y el crónico en USEPA (2001), Castro *et al.* (2006) y Scarlett *et al.* (2007).

En el caso del bioensayo agudo, básicamente consistió en lo siguiente: 24 h antes del comienzo del test se tamizaron los sedimentos por una malla de 1 mm y fueron introducidos en vasos de precipitado de 1 l. Se utilizaron 3 réplicas por cada sedimento. Posteriormente, se añadió agua marina artificial y se esperó a que decantase. El día de inicio del experimento se seleccionaron grupos de 20 individuos y se introdujeron en los vasos de precipitado, dejando éstos en una cámara de incubación con aireación constante (Figura 6). Tanto durante el mantenimiento como durante el bioensayo, la temperatura seleccionada en la cámara fue de 15 ºC. Durante el experimento se controlaron parámetros como la temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto. También se midió la cantidad de amonio disuelto en el agua al inicio y al final del bioensayo. Al cabo de 10 días se tamizó cada vaso y se contabilizó el número de supervivientes.

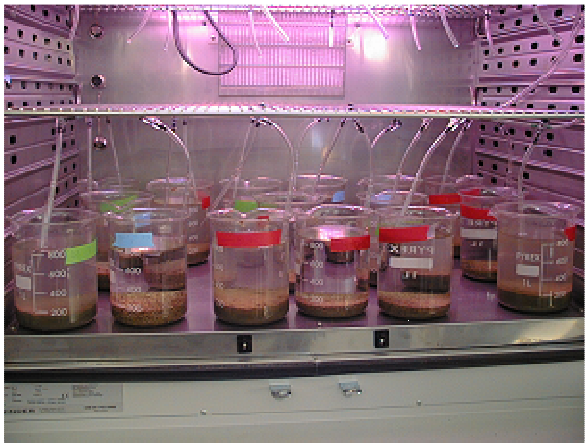


Figura 6 Vasos de precipitado con los sedimentos en la cámara de incubación.

Para considerar el bioensayo válido, el porcentaje de mortalidad en anfípodos hallado en la muestra control no debe superar el 10%. A partir de ahí, el criterio para clasificar la muestra como tóxica es doble: por una parte, se requiere una diferencia de mortalidad superior al 20% con respecto al control (Belzunce y Castro, 2004); por otra parte, las diferencias entre la muestra y el control han de ser estadísticamente significativas ($p < 0,05$) (ANOVA, test de Bonferroni).

En el caso del bioensayo crónico, se obró de igual manera con las siguientes diferencias: el bioensayo duró 28 días en lugar de 10; antes de añadir los anfípodos a los vasos, fueron pesados y fotografiados (para su posterior medición mediante un analizador de imagen); durante el bioensayo, cada 3 días, se llevaba cabo la renovación de agua (400 ml del vaso) y se añadía alimento (entre los días 0-13, 20 mg de alimento/vaso; entre los días 14-28, 40 mg de alimento/vaso); al final del bioensayo, se pesaron y fotografiaron los ejemplares supervivientes; los resultados del crecimiento (en peso y en tamaño) se obtienen a partir de la comparación de los valores al inicio y final del bioensayo. Los anfípodos se pesan todos juntos y, posteriormente, se estima el peso indivdual. El tamaño considerado para la longitud corporal ha sido la distancia entre el extremo del rostro y el extremo del tercer par de urópodos.

BIOMONITORES. ANÁLISIS

Todos los indicadores de contaminación específica analizados en biomonitores se observan en la Tabla 37 .

Para evaluar si las concentraciones determinadas en los moluscos pueden representar concentraciones nocivas para el medio ambiente o consumo humano, se ha realizado una selección de indicadores (Tabla 38). No se ha utilizado la Norma de Calidad Ambiental establecida por la Directiva 2008/105/CE para el mercurio (NCA de 20 µg/kg peso fresco) ya que análisis preliminares indican que esta concentración puede estar dentro del nivel de fondo regional. En general, se han utilizado los valores recogidos en la normativa relacionada con los límites máximos permitidos para consumo. Cabe señalar que en algunos casos (Cu, Zn, Cr), al no disoponer de valores actualizados, se han utilizados valores legales disponibles en normativa deogada.

Variable	Determinación Moluscos	L. Detección
Mercurio	Digestión ácida oxidante + E. A. A. por vapor en frío	0,01 mg/kg
Zinc	Digestión ácida + Espectrofotometría de Absorción Atómica en cámara de grafito o en llama (en función de la concentración y sensibilidad de los distintos metales)	6,5 mg/kg
Cobre		0,09 mg/kg
Cadmio		0,02 mg/kg
Cromo		0,04 mg/kg
Plomo		0,007 mg/kg
Níquel		0,009 mg/kg
Plata		0,009 mg/kg
PAHs [13]	Extracción (sobre muestra liofilizada) y Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS)	1,5 – 2,5 µg/kg
PCBs [14]		0,5 – 1,5 µg/kg
DDTs [15]		0,6 µg/kg
Hexaclorociclohexano [16]		0,08 µg/kg
Hexaclorobenceno		0,04 µg/kg
Aldrín		0,06 µg/kg
Dieldrín		0,06 µg/kg
Isodrín		0,06 µg/kg

Tabla 37 Indicadores de contaminación específica en biomonitores en aguas de transición, en 2011. Todos los valores están referidos a peso húmedo.

Variable	Unidades	Límite legal	Observaciones
Cd	(mg kg^{-1} PF)	1	Reglamento CEE 1881/2006
Cu	(mg kg^{-1} PF)	20 (60)	Orden 2-8-91 (BOE 195)
Ni	(mg kg^{-1} PF)	1,5	ICES
Pb	(mg kg^{-1} PF)	1,5	Reglamento CEE 1881/2006
Zn	(mg kg^{-1} PF)	1000	Orden 2-8-91 (BOE 195)
Hg	(mg kg^{-1} PF)	0,5	Reglamento CEE 1881/2006
		0,02	Directiva 2008/105/CE
Cr	(mg kg^{-1} PF)	1,8	Orden 2-8-91 (BOE 195)
Sumatorio (6)PAHs	µg/kg^{-1} PS	200	AESA/AFSSA
Sumatorio (16)PAHs	µg/kg^{-1} PS	500	AESA/AFSSA
Sumatorio PCBs	µg/kg^{-1} PF	2000	Nauen, 1983
Benzo(a)pireno	µg/kg^{-1} PF	10	Reglamento CEE 1881/2006
Sumatorio DDTs	µg/kg^{-1} PF	2000	Nauen, 1983
Hexaclorobenceno	µg/kg^{-1} PF	10	Directiva 2008/105/CE

Tabla 38 Objetivos de calidad establecidos para los moluscos bivalvos en España o en normativas y publicaciones internacionales. En el caso del cobre los valores corresponden a mejillón y (ostra). Todos los valores son en peso fresco (PF), excepto los sumatorios de PAHs (Peso Seco). (6)PAHs: Benzo(a)antraceno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(k)fluoranteno, Benzo(a)pireno Dibenzo(a,h)antraceno, Indeno (1,2,3-cd) pireno. (16)PAHs: naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, criseno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)antraceno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno.

[13] Se analizan los siguientes congéneres: Fenantreno, Pireno, Criseno, Benzo(e)pireno, Benzo(g,h,i)perileno, Fluoranteno, Benzo(a)antraceno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(a)pireno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Antraceno, Benzo(k)fluoranteno, Dibenzo(a,h)antraceno, Perileno, 1-Metil naftaleno, 2-Metil naftaleno, Bifenilo, 2,6-DimetilNaftaleno, 2,3,5-TrimetilNaftaleno, 1-Metil-fenantreno.

[14] Se analizan los siguientes congéneres: IUPAC nº 28, 52, 101, 118, 153, 138, 180

[15] Se analizan los siguientes congéneres: p-p'DDE, p-p'DDD y p-p'DDT

[16] Se analizan los siguientes congéneres: α-HCH y γ-HCH

1.2.6 COMPONENTE HIDROMORFOLÓGICO

En aguas de transición y costeras todo fue como en 2002 (Borja *et al.*, 2003). Se anotaron aquellas obras o actuaciones que pudieran modificar el régimen mareal, el prisma de marea o las condiciones hidrográficas (por ejemplo, construcción de espigones, dragados, etc.) y la calificación se realizó a juicio de experto. Así, en estuarios y costa se han valorado las alteraciones en la morfología, estableciéndose cinco categorías de calidad:

- Muy Buena: no existe ningún tipo de alteración hidromorfológica (o bien, existen, pero son irrelevantes).
- Buena: se detecta la presencia de alteraciones hidromorfológicas dispersas y que no afectan de forma significativa al régimen mareal.
- Aceptable: se detecta la presencia de diques en las orillas (condicionando la anchura), infraestructuras transversales discontinuas, etc. Suelen presentar esta calidad estaciones situadas en pequeños polígonos industriales o en áreas urbanas escasamente pobladas.
- Deficiente: la presencia de infraestructuras que alteran la circulación es mucho más patente y condicionan de manera evidente la geomorfología del área en el entorno de la estación de muestreo.
- Mala: la presencia de infraestructuras afecta a un tramo mucho mayor que en el caso de las estaciones que presentan calidad "Deficiente".

1.2.7 CLASIFICACIÓN DEL ESTADO QUÍMICO

Cuando una masa de agua cumple todas las Normas de Calidad Ambiental (NCA) establecidas en la Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008 se consigna que alcanza un buen Estado Químico. En caso contrario, se consigna que la masa de agua no alcanza un buen Estado químico.

La DMA establece que el Estado Químico se determinará a partir de las sustancias prioritarias analizadas, mencionándose de manera casi exclusiva las aguas, aunque posibilitando la utilización de biomonitores y sedimento (véase Directiva 2008/105/CE y Directiva 2009/90/CE). En aguas de transición y costeras se redujeron en 2007 las variables, limitándolas a aquellas que se había demostrado con el tiempo que presentan valores que pueden ser nocivos o que han superado los objetivos de calidad.

En la Tabla 39 se muestran las Normas de Calidad Ambiental (NCA) utilizadas para determinar el estado químico. Se utilizan dos tipos de NCA: (i) NCA-MA -para valor medio anual- y (ii) NCA-CMA -para concentración máxima admisible-. En las sustancias que no aplica NCA-CMA, se considera que los valores NCA-MA protegen contra picos de contaminación a corto plazo en el caso de los vertidos continuos.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}
Cadmio*	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,2 µg l^{-1}
Cadmio*	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,2 µg l^{-1}
Cadmio	NCA-MA Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}
Mercurio y sus compuestos*	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}
Mercurio y sus compuestos*	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Sedimento	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g^{-1}
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}

Tabla 39 Normas de calidad utilizadas para la evaluación del Estado Químico en las masas de agua de transición y costeras. Nota: * - no se considera para la evaluación del estado químico; CF - contenido en fracción limosa (<63 µm, en tanto por uno).

La evaluación del estado químico se ha realizado teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- No se han considerado los NCAs aplicables a Cd y Hg en agua (Directiva 2008/105/CE), debido a que los niveles de determinación no son ajustados a los requisitos analíticos de la DMA. Sin embargo, aunque no tengan peso en la determinación del estado químico, en cada una de las masas de agua se muestran los valores promedio y los máximos.
- En el caso de Cd y Hg se utiliza el objetivo de calidad NCA-MA en sedimento. Este se calculó para la las determinaciones realizadas en fracción limosa del sedimento (<63 µm). Éste NCA-MA es variable, en relación a la granulometría del sedimento. Así, el valor debe modificarse dividiéndose por el contenido en fracción limosa (en tanto por uno). Estos NCA-MA fueron calculados según la metodología PEL (del inglés, Probable Effect Level) propuesta por Buchman *et al*. (2008), basada en McDonald (1994) .La concentración PEL fue calculada como la media geométrica de la mediana de las concentraciones en sedimentos en los que se observan efectos biológicos adversos y el percentil 85 de las concentraciones en sedimentos en los que no se observan efectos biológicos adversos (Menchaca *et al.*, 2012). Aunque se haya mejorado sustancialmente el límite de detección en aguas para el cadmio (de 0,2 µg l^{-1} a 0,08 µg l^{-1}) seguimos utilizando el objetivo de calidad calculado para sedimento ya que esta mejora no es suficiente deacuerdo con el Real Decreto 60/2011 del 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, donde en el Anexo V 1b se indica que el limite de cuantificación tiene que ser igual o inferior a un valor del 30% de las NCA pertinentes, que en este caso no se cumple al ser igual o superior en un 40%.
- Evaluación del cumplimiento de NCA-MA para una sustancia en una masa de agua
  - **Masas de agua con un solo punto de control.** Si una sustancia está en todos los muestreos de un año por debajo del límite de detección, se considera que la masa cumple el NCA-MA. Si una sustancia está en algunos muestreos de un año por debajo del límite de detección y en otros muestreos por encima del límite de detección, se calcula un Promedio Anual de Punto de Control (PAPC). Para el cálculo del PAPC se tiene en cuenta si la sustancia es simple o es un sumatorio de concentraciones de sustancias. En el caso de que sea sustancia simple, si dicha sustancia está por debajo del límite de detección, computa en el promedio el 50% del límite de detección. En el caso de que sea un sumatorio de concentraciones de sustancias, aquellas sustancias que están por debajo del límite de detección, se computa como cero su concentración para el cálculo del PAPC. Una vez calculado el PAPC, si este supera el NCA-MA, se considera que no lo cumple.
  - **Masas de agua con varios puntos de control.** Si una sustancia está en todos los muestreos de un año por debajo del límite de detección en todos los puntos de control de una masa de agua, se considera que la masa cumple el NCA-MA. Si no ocurre lo especificado en el punto anterior (v), se calcula el PAPC para cada uno de los puntos de control. Si el promedio de los PAPC de los puntos de control de una masa de agua supera el NCA-MA, se considera que no lo cumple.
- Evaluación del cumplimiento de NCA-CMA para una sustancia en una masa de agua
  - **Masas de agua con un solo punto de control.** Si una sustancia está en todos los muestreos de un año por debajo del límite de detección, se considera que la masa cumple el NCA-CMA. Si una sustancia está en algunos muestreos de un año por debajo del límite de detección y en otros muestreos por encima del límite de detección, se calcula el Valor Máximo del Punto de Control (VMPC). Si el VMPC supera el NCA-CMA, se considera que no lo cumple.
  - **Masas de agua con varios puntos de control.** Cada punto de control tiene una Representatividad (R) de la masa en tanto por uno. El sumatorio de R de todos los puntos de control es 1. Si una sustancia está en todos los muestreos de un año por debajo del límite de detección en todos los puntos de control de una masa de agua, se considera que la masa cumple el NCA-CMA. Si no ocurre lo especificado en el punto anterior (xi), se calcula el Número de Veces que una sustancia Supera (NVS) el NCA-CMA en cada uno de los puntos de control. Si el NVS es superior a 1 en uno o más puntos de control, se considera que no cumple el NCA-CMA, independientemente de la R de dicho(s) punto(s) de control. Si el NVS es igual a 1 en un solo punto de control, se considera que no cumple el NCA-CMA en el caso de que el R de dicho punto de control sea igual o mayor de 0.5. Si el NVS es

igual a 1 en varios puntos de control, se considera que no cumple el NCA-CMA en el caso de que el sumatorio de R de los puntos de control sea igual o mayor de 0.5.

- Las concentraciones de las substancias determinadas en agua se expresan como concentraciones totales en toda la muestra de agua, excepto en el caso de los metales que son referidas a la fracción disuelta, obtenida por filtración.
- En el cálculo de valores medios: si la sustancia en una muestra determinada es inferior al límite de cuantificación, los resultados de la medición se fijan en la mitad del valor del límite de cuantificación correspondiente. Esto no se aplica en los parámetros que son sumas de varias sustancias: en estos casos, los resultados inferiores al límite de cuantificación de las distintas sustancias se fijan en cero.
- En el cálculo de sumatorio de concentraciones de plaguicidas de tipo ciclodieno se incluyen: Aldrín (nº CAS: 309-00-2), Dieldrín (nº CAS: 60-57-1) e Isodrín (nº CAS: 465-73-6). No se incluye en este sumatorio la concentración de Endrín (nº CAS: 72-20-8).
- En el cálculo de sumatorio de concentración de DDT total se incluyen los isómeros: 1,1,1-tricloro-2,2-bis-(p-clorofenil)-etano (nº CAS 50-29-3) (p,p'-DDT); 1,1-dicloro-2,2-bis-(p-clorofenil)-etileno (nº CAS 72-55-9) (p,p'-DDE); y 1,1-dicloro-2,2-bis-(pclorofenil)-etano (nº CAS 72-54-8) (p,p'-DDE). No se incluye en este sumatorio la concentración de 1,1,1-tricloro-2-(o-clorofenil)-2-(pclorofenil)-etano (nº CAS 789-02-6) (o,p'-DDT).
- El cálculo de la concentración de hexaclorociclohexano (nº CAS 608-73-1) se realiza con el sumatorio de los isómeros alfa-hexaclorociclohexano (nº CAS 319-84-6) y gamma-hexaclorociclohexano (nº CAS 58-89-9) (lindano).
- Si un valor medio calculado de los resultados de las distintas mediciones es inferior a los límites de cuantificación, el valor se considerará “inferior al límite de cuantificación”.

1.2.8 CALIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO

CALIFICACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO PARA 2011

En principio, según la DMA, la valoración global corresponde a la peor de las valoraciones efectuadas para cada uno de los indicadores biológicos. Es decir, que si, por ejemplo, para el fitoplancton corresponde una valoración de *aceptable* y el resto de indicadores presenta un *buen estado ecológico*, la valoración será de *aceptable estado ecológico*. Teniendo en cuenta que algunos de los indicadores biológicos no se muestrean todos los años en todos los puntos (p. ej. peces o macroalgas) y que tampoco se ha efectuado un desarrollo exhaustivo de la metodología a aplicar para cada indicador, se ha creído conveniente hacer una ponderación en los resultados similar a la realizada en 2002 (Borja *et al.*, 2003), y que se adaptó en Borja *et al.* (2004a) (Figura 7).

La determinación del estado ecológico se ha realizado igual que en anteriores campañas (Borja *et al.*, 2003, 2004d, 2005), es decir, para cada estación teniendo en cuenta todos los elementos de la DMA y, posteriormente, evaluando el estado de cada Masa de agua.

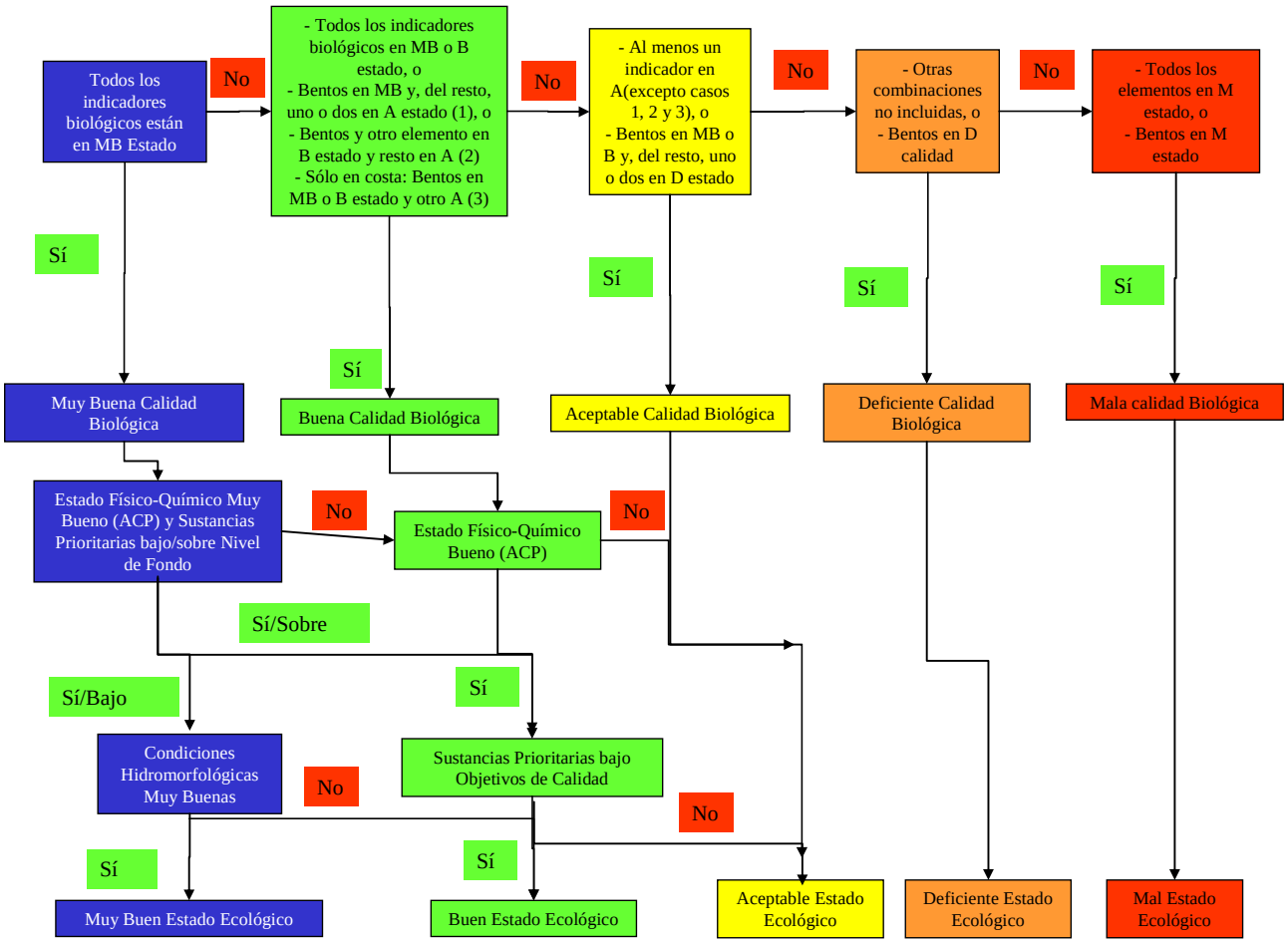


Figura 7 Proceso de calificación del Estado Ecológico, basado en la Directiva 2000/60/CE y en Borja et al. (2004a).

INTEGRACIÓN DE DATOS DE AGUAS, SEDIMENTOS Y BIOMONITORES

La DMA establece que la evaluación del estado ecológico debe hacerse para un periodo de 3 años, integrando la información, así como que cada masa de agua definida deberá tener su calificación. Esto plantea varios interrogantes, que fueron discutidos en Borja *et al.* (2005). Así, teniendo en cuenta las prioridades establecidas en la DMA (que da más preeminencia a las aguas que a los sedimentos o los biomonitores), en dicho informe se propuso hacer la siguiente aproximación (resumido en la Tabla 40):

- Establecer los límites de cumplimiento para aguas, sedimentos y biomonitores, conforme a los límites expuestos anteriormente.
- En aquellas estaciones que las aguas no cumplan, para dos o más variables, se considerará que la estación 'No cumple' para el estado químico.
- Si la estación no cumple para una variable en aguas se estudiará si los sedimentos cumplen o no.
- Si todas las variables cumplen en sedimentos, la estación 'Cumple'.
- Si sólo una variable no cumple en sedimentos y en biomonitores cumplen todas: la estación 'Cumple' (si no hay biomonitores también se considera que cumple).
- Si sólo una variable no cumple en sedimentos y en biomonitores no cumple alguna: la estación 'No Cumple'.
- Si dos o más variables en sedimentos no cumplen, la estación 'No cumple'.
- Si la estación cumple para aguas, se considerará que la estación 'Cumple', excepto que haya dos o más variables de sedimentos que no cumplan, en cuyo caso la valoración global será de 'No Cumple'.

Recientemente se ha comparado la aplicación del principio 'uno fuera, todos fuera' a aguas, según la Directiva, con la metodología antes expuesta (Tueros *et al.,* 2009), viéndose que esta segunda es más eficaz, puesto que permite determinar la evolución sufrida por las masas de agua en respuesta a presiones o acciones tomadas, mientras que el método de la Directiva es insensible a los cambios.

En cuanto a la integración espacial, teniendo en cuenta que, en el caso de los estuarios, se han definido diferentes tramos en función de la salinidad, y que éstos llevan asociada en muchos casos una estación de muestreo, uno de los problemas que se plantea es determinar cuál es la valoración global del Estado Ecológico para una masa de agua dada. Una solución puede ser dar el peor valor a la totalidad, pero esto parece que penaliza en exceso a las masas de agua. Otra posibilidad estriba en aplicar la misma metodología que se hace para macroalgas de estuario y que se ha propuesto en Borja *et al.* (2004e). Así, se asigna a cada tramo propuesto una de las estaciones de muestreo. Luego, teniendo en cuenta la superficie de cada tramo (incluso se podría calcular teniendo en cuenta el volumen de agua de cada tramo, o la longitud, ya que se tienen los datos), se puede calcular la calificación global del tramo de la manera explicada en la Tabla 41.

El valor global se calcula multiplicando la equivalencia de cada tramo (Muy Bueno: 10, Bueno: 8, Aceptable: 6, Deficiente: 4 y Malo: 2) (Tabla 41) por el tanto por uno de cada uno y sumando todos. El total da un valor (en este caso 7,38) cuya calificación final viene dada por la valoración de la Tabla 42.

En caso de no haber estaciones de muestreo por cada tramo se pueden ampliar los tramos adscritos. Por el contrario, si hay más de una estación por tramo se puede hacer un primer ejercicio, similar a éste, para obtener la calificación del tramo y luego hacerlo para el global de la masa de agua. Este último caso es el que se puede plantear en las masas de agua costeras, en las que por cada una hay bastantes estaciones.

AGUAS	SEDIMENTOS	BIOMONITORES	EVALUACIÓN
Todas las variables cumplen	Todas las variables cumplen		Cumple Estado químico
	Una variable no cumple		
	Dos o más no cumplen		No Cumple Estado Químico
Una variable no cumple	Todas las variables cumplen		Cumple Estado químico
	Una variable no cumple	Todas cumplen	
		No hay datos	
		Alguna no cumple	No Cumple Estado Químico
	Dos o más no cumplen		
Dos o más no cumplen			

Tabla 40 Aproximación a la valoración del Estado químico.

ÁREA	Oligohalino	Mesohalino	Polihalino	Euhalino	TOTAL. Masa de Agua
Calificación	D	A	B	B	
Equivalencia	4	6	8	8	
Superficie Tramo	0,1 km^2	0,2 km^2	0,4 km^2	0,6 km^2	1,3 km^2
Tanto por uno del Tramo	0,08	0,15	0,31	0,46	1
Valor Global y Calificación	0,32	0,90	2,48	3,68	7,38 (Bueno)

Tabla 41 Propuesta de determinación de estado ecológico para el conjunto de una masa estuárica.

Valoración total Masa de Agua	Clase de Calidad	Equivalencia
8,4 a 10	Muy Buena	10
6,8 a 8,39	Buena	8
5,2 a 6,79	Aceptable	6
3,6 a 5,19	Deficiente	4
2 a 3,59	Mala	2

Tabla 42 Límites de clase establecidos para valorar las masas de agua en su conjunto.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 2 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL BARBADÚN

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 2 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL BARBADÚN 47

2.1 Resumen estado ecológico. Barbadún 49

2.2 Estaciones de muestreo 52

2.3 Macroinvertebrados bentónicos 52
2.3.1 Parámetros estructurales 52
2.3.2 Calidad biológica 53

2.4 Fauna ictiológica 54
2.4.1 Estructura y composición de la comunidad 54
2.4.2 Calidad biológica 55

2.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 56
2.5.1 Fitoplancton 56
2.5.2 Macroalgas 59

2.6 Indicadores Fisicoquímicos 59
2.6.1 Caracterización físico-química en aguas 59
2.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 63
2.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 71
2.6.4 Evaluación del estado 75

2.7 Indicadores hidromorfológicos 76

2.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. BARBADÚN

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta Masa de agua, de entre otros aspectos son destacables:

- En referencia a las fuerzas motrices, es necesario indicar que el estuario del Barbadún sufre la presión directa de menos de 25.000 habitantes, que se corresponde con una densidad de 320,7 hab km^{-2}.
- Asociado a la fuerza motriz de la población es necesario indicar la existencia de una depuradora de aguas residuales que vierte en la parte baja y, que según se ha visto en este informe, podría estar en el origen de la bajada de porcentaje de oxígeno disuelto a partir de 2003 (quizá por un funcionamiento deficiente).
- Respecto a los establecimientos industriales, se le asocian 407 establecimientos, entre los que hay que destacar el refino de petróleo con una importante industria petrolera.
- Se puede considerar la existencia de marisqueo ilegal ocasional.
- Respecto a la explotación agrícola-ganadera se le asocia al estuario del Barbadún un total de 396 explotaciones en 1,519 Ha.

Resumiendo, las presiones más importantes de esta masa de agua son sólo tres (además de los vertidos que lleguen por el río): vertidos ocasionales de la industria petrolera (eliminados los rutinarios de Petronor desde 1999); una ganadería intensiva ubicada en la parte baja del estuario, que aporta nutrientes de forma difusa; y el vertido de la depuradora, que a veces parece no funcionar correctamente. Estos vertidos representan 5,3 10^6 $m^3.a^{-1}$, si bien hay que hacer notar que la mayor parte (80%) corresponde al vertido de Petronor, ya desviado a la zona costera en 1999.

Por otro lado, hay una elevada pérdida de superficie intermareal sufrida por el estuario, y una moderada canalización. Globalmente la presión en el estuario es baja.

Además, en 2006-2007 se inició la recuperación y restauración de los terrenos de la antigua CLH, lo que se ha traducido en obras en esta zona y en movimiento de tierras y vertidos de aguas de drenaje, cargadas de sólidos en suspensión y, posiblemente, contaminantes. Esto fue especialmente intenso en 2008, lo que se tradujo en una pérdida de calidad en dicho año y continuó en 2009, con señales de afección aún en 2010 y 2011.

En la Tabla 43 se observa el resumen y diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Barbadún, en que la calificación global en 2011 es de Deficiente, habiendo mejorado algunos elementos respecto a 2009-2010, pero siendo la posición global similar.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-M5	B	M	B	A	D	MB	Sí	Sí	MB	D	4	0.06	0.24	4
E-M10	MB	A	D	A	D	MB	Sí	No	MB	D	4	0.94	3.76	

Tabla 43 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Barbadún en 2011.

En el caso del estuario, su estructura morfológica se vio alterada al ganarse terrenos antiguamente al mar para la instalación de empresas de refino de petróleo.

Además, la posible afección de los vertidos al estuario (fundamentalmente los de la depuradora y, ocasionalmente de Petronor), produjo una alteración en las comunidades bentónicas de E-M10, que fueron mejorando tras el desvío de los vertidos de Petronor, asistiéndose a una mejora en la calidad biológica tanto del bentos como de los peces.

Sin embargo, con los trabajos emprendidos en la zona de CLH, en 2006-2008, se produjo una degradación de la calidad en el estuario, que se ha recuperado muy parcialmente en 2009-2011.

Según datos de la Red de Calidad de Ríos, el río Mercadillo tiene unas buenas condiciones biológicas, lo que apoya la explicación de que son los vertidos al estuario los que alteran las condiciones biológicas. En este sentido, es destacable el hecho de que el plomo se encontrase por encima de los límites de calidad en la estación E-M10 y en E-M5.

Las macroalgas tienen una calificación de Mala (en 2009) en la parte interna y Aceptable en la externa, habiendo mejorado algo la situación respecto a 2006. Hay que hacer notar que la metodología para este elemento falta por desarrollar del todo y contrastar con otras, por lo que aún no es muy fiable.

Por otro lado, el fitoplancton ha mejorado, pero ha empeorado algo la calidad piscícola, respecto de 2006, lo que indica que este elemento posiblemente se vio afectado por las obras realizadas en 2008 en CLH.

Aparentemente hay una ligera degradación en las condiciones físico-químicas, reflejadas en la saturación de oxígeno más baja a partir de 2003, también las bacterias aumentaron en 2008 en los moluscos (hay una bajada en 2009), así como los nutrientes en aguas.

En años anteriores se decía de que, el hecho de que los dos elementos biológicos vegetales eran los que presentaban una evolución más negativa, podría estar en relación con un funcionamiento deficiente de la depuradora, que alterara la físico-química. En 2009 se dio una ligera mejora en ambos, que ha continuado en 2010-2011, por lo que habrá que ver si representa un cambio de tendencia.

Finalmente, habría que considerar la posibilidad de que, debido al pequeño tamaño del estuario, la estructura de las comunidades se vea alterada de manera natural, por lo que en realidad la disturbancia que se está observando no sea debida a estrés antrópico. Esto habrá que ir analizándolo con datos futuros.

En todo caso, en 2011, el estado ecológico del estuario se puede considerar como Deficiente en todos los tramos (Figura 8), habiendo mejorado ligeramente respecto a 2008.

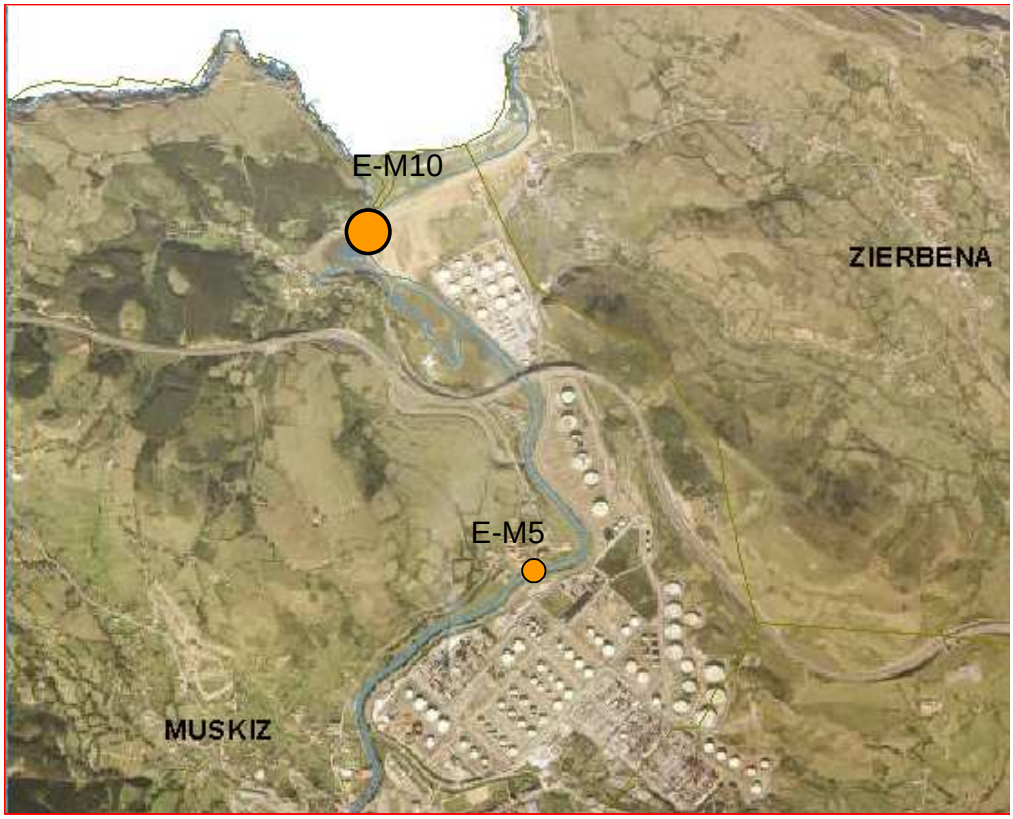


Figura 8 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la masa de agua del Barbadún: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011, en esta masa de agua, de forma global, no se alcanza el buen estado químico (Tabla 44), volviendo al estado de incumplimiento observado en 2008 y 2009 por plomo en aguas (Tabla 45).

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en la Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004).

Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es aceptable en la estación E-M5 y bueno en la estación E-M10 (Tabla 44), siendo bueno para los elementos físico-químicos de soporte a los biológicos (Tabla 43).

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-M5	E-M10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	0,0053	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,8	0,195	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,8	0,5	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,10	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	15	2,8	No cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,047	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1	0,75	Cumple
Estado Quimico				No alcanza	Bueno	No alcanza
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	85,0	27,600	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	4,8	10,35	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Aceptable	Bueno	Aceptable

Tabla 44 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Barbadún en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	No alcanza buen estado	Pb
2009	No alcanza buen estado	Pb
2010	Bueno	-
2011	No alcanza buen estado	Pb

Tabla 45 Estado químico de la masa de agua de transición Barbadún en los años 2004-2011.

2.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua de transición del Barbadún se analiza anualmente un total de 2 estaciones estuáricas, y una estación de moluscos.

Por otro lado, en 2003 se analizaron tres estaciones para vida piscícola y 4 estaciones para macroalgas estuáricas, y dos zonas de macroalgas en la zona litoral, que se volvieron a muestrear en 2006 y 2009 y cuyas valoraciones se han actualizado. Sus posiciones se observan en la Tabla 46.

Código Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
E-M10	Pobeña (puente) (Barbadún)	490250,67	4799550,02	Estuarios
E-M5	Muskiz (Petronor) (Barbadún)	490982,13	4797918,72	Estuarios
M-EM1	Barbadún Zona 01. Estuario Macroalgas	490122,42	4799412,15	Estuarios (Macroalgas)
M-EM2	Barbadún Zona 02. Estuario Macroalgas	490255,66	4799381,06	Estuarios (Macroalgas)
M-EM3	Barbadún Zona 03. Estuario Macroalgas	490593,19	4798985,80	Estuarios (Macroalgas)
M-EM4	Barbadún Zona 04. Estuario Macroalgas	491006,21	4798568,33	Estuarios (Macroalgas)
I-M10	Pobeña (puente) (Barbadún)	490280,50	4799604,27	Estuarios (Moluscos)
AME	Barbadún (Arrastre zona exterior estuario)	547104,08	4797029,03	Estuarios (Vida piscícola)
AMM	Barbadún (Arrastre zona media estuario)	546865,00	4796688	Estuarios (Vida piscícola)
AMI	Barbadún (Arrastre zona interior estuario)	546506	4796703	Estuarios (Vida piscícola)
M-LM1	Barbadún Zona 01. Litoral Macroalgas	490224,57	4799789,65	Litorales (Macroalgas)
M-LM2	Barbadún Zona 02. Litoral Macroalgas	490921,83	4800193,79	Litorales (Macroalgas)

Tabla 46 Estaciones de muestreo en el estuario del Barbadún.

2.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

2.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Barbadún, en invierno de 2011, pueden verse en la Tabla 47.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN	
		E-M5	E-M10
Densidad	$ind \cdot m^{-2}$	588	3
Biomasa	$g \cdot m^{-2}$	0,619	0,007
Riqueza	nº taxa	10	2
Diversidad número	$bit \cdot ind^{-1}$	1,45	1,00
Diversidad biomasa	$bit \cdot g^{-1}$	2,08	0,22
Equitabilidad número		0,44	1,00
Equitabilidad biomasa		0,63	0,22
Diversidad máxima	bits	3,32	1,00
AMBI		3,075	5,917
Clasificación AMBI		Alteración ligera	Alteración fuerte

Tabla 47 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Barbadún.

Las estaciones E-M5 y E-M10 muestreadas en el Barbadún en 2011 presentan sedimentos ricos en arenas y bajos contenidos en limos.

Como ha sido habitual en los diferentes años de seguimiento, la riqueza específica de la estación E-M5, sigue siendo baja (10 *taxa* en 2011, máxima de todo el periodo de estudio). La diversidad para las abundancias (1,45 $bit \cdot ind^{-1}$) es de las más bajas de todo el seguimiento (Figura 9), debido a la dominancia en densidad del poliqueto *Hediste diversicolor* (61% de la densidad total).

La densidad de la comunidad de esta estación descendió progresivamente desde 1.267 $ind \cdot m^{-2}$ en 2002 a 108 $ind \cdot m^{-2}$ en 2006 y 111 $ind \cdot m^{-2}$ en 2007. En 2008, merced especialmente al grupo de los oligoquetos, la densidad aumentó a 3.269 $ind \cdot m^{-2}$ (máxima del periodo de estudio). Posteriormente, en 2009 se alcanzó el mínimo del seguimiento para la estación (16 $ind \cdot m^{-2}$) y, en 2010 y 2011 se registran valores intermedios, que rondan los 600 $ind \cdot m^{-2}$.

El *taxon* dominante es (como en 2003, 2006, 2007 y 2009) *H. diversicolor* (357 $ind \cdot m^{-2}$). Le siguen el isópodo *Cyathura carinata* (183 $ind \cdot m^{-2}$), las larvas de dípteros (19 $ind \cdot m^{-2}$) y el poliqueto *Streblospio shrubsolii* (13 $ind \cdot m^{-2}$).

La biocenosis de la segunda estación (E-M10), se caracteriza, como siempre (1995-2011), por sus bajos valores en los parámetros estructurales. Así, por ejemplo, en 2008 no se encontró ninguna especie, en 2003 únicamente una, y en 2001, 2002, 2006, 2007, 2009 y 2011 únicamente 2 especies. Las causas posiblemente estén relacionadas con la inestabilidad del sedimento debido al fuerte hidrodinamismo de la zona, que implica una importante inestabilidad del sedimento, así como al pequeño tamaño del estuario.

En relación al índice AMBI en la estación E-M5 (Figura 10), se observa una tendencia decreciente, indicando una mejoría en la calidad, al menos hasta el

año 2009. Así, desde 2009 el porcentaje de especies de grupo V (oportunistas de primer orden) es bajo, presentando la estación grado de alteración ligera (AMBI=3,07). Posiblemente la mejoría tenga que ver con el cierre del vertido de Petronor, a finales de los años 90. El empeoramiento puntual detectado en 2008 pudo estar relacionado con las obras de acondicionamiento de la zona previamente ocupada por los tanques de almacenamiento de la Compañía Logística de Hidrocarburos (CLH).

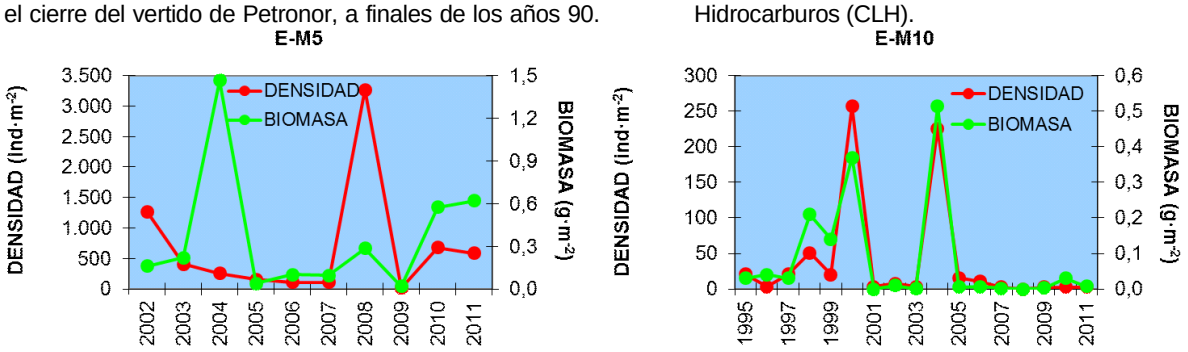


Figura 9 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-M5 y E-M10 (Barbadún).

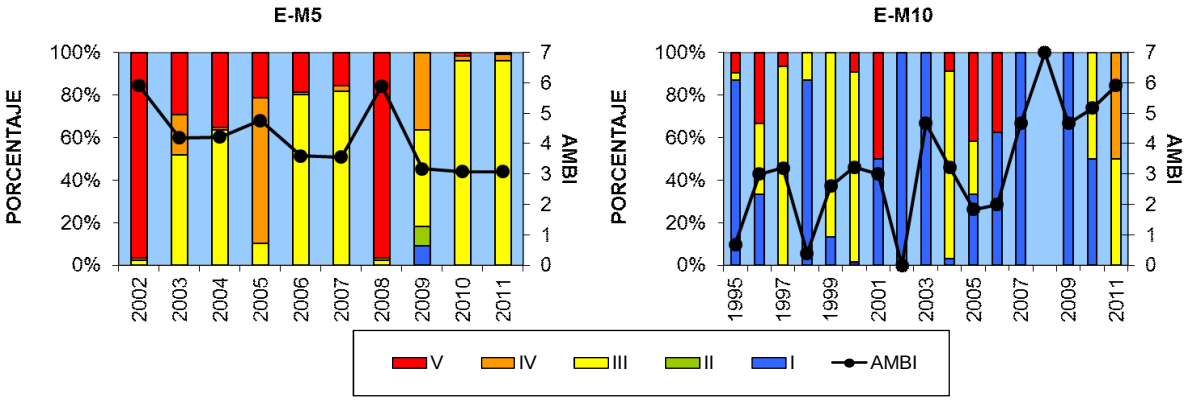


Figura 10 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-M5 y E-M10 de la masa de agua de transición del Barbadún.

En la segunda estación (E-M10), más próxima al mar, con un sedimento predominantemente arenoso y sometida a acción hidrodinámica, también se evidenció empeoramiento en 2008 (Figura 10). En los años más recientes, el hecho de que algunas de las réplicas hayan resultado ser azoicas hace que el índice AMBI estimado corresponda a comunidades moderadamente alteradas o con alteración fuerte (Tabla 47). Sin embargo, como ya se ha indicado, se trata de una zona extremadamente batida, con sedimentos muy inestables, en los que se desarrollan comunidades bentónicas con riquezas y densidades naturalmente bajas y, por tanto la interpretación del valor de AMBI debe de considerase teniendo en cuenta dichas características. En todo caso, en los últimos años, los pocos individuos de macrofauna que aparecen son del grupo I (sensibles a la contaminación) y grupo III (especies tolerantes a la contaminación), aunque destaca que en 2011 no se han encontrado especies sensibles a la contaminación, siendo reemplazadas por oportunistas de segundo orden.

2.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las dos estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

Por un lado, la estación E-M5 presenta un **Buen Estado** en la presenta campaña de 2011 (Figura 11), con una tendencia temporal positiva, aunque discontinua del EQR.

Por otro lado, la estación E-M10 presenta un **Deficiente Estado** en la presente campaña, con una tendencia temporal negativa del EQR (Figura 11). Sin embargo, se aprecia una ligera mejoría respecto al año 2008, cuya calificación fue de Mal Estado.

Estos últimos eventos de mejora en ambas estaciones podrían estar relacionados con la finalización en 2009 de las tareas de remoción de sedimentos y obras de vertido de aguas de drenaje llevadas a cabo en zonas próximas a la de estudio (Borja *et al*., 2009).

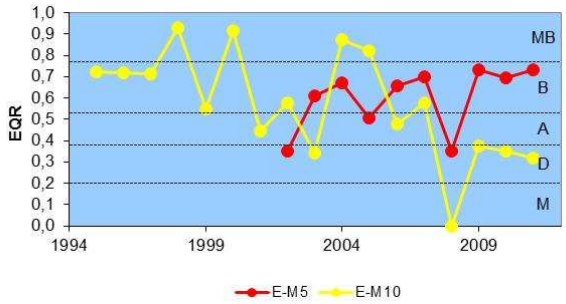


Figura 11 Evolución de EQR para las estaciones de la masa de agua de transición del Barbadún.

2.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

2.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Las muestras de fauna demersal fueron recogidas durante la campaña de campo de 2009. Por tanto, en este informe se reanalizan los datos obtenidos con anterioridad mediante la metodología actualizada que ha sido explicada en el Tomo 1.

En dicho año 2009 se encontraron un total de ocho taxones (cuatro crustáceos y cuatro peces) en las distintas estaciones del estuario, siendo todas ellas especies habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad, principal condicionante de la vida en estas zonas de transición

En este estuario existen datos del año 2003 y 2006 pertenecientes al estudio "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco" (Borja *et al.*, 2004; 2007). El total de especies identificadas en 2003 fue de trece, seis crustáceos y siete peces; en 2006, los taxones identificados fueron once, seis taxones de crustáceos y cinco de peces. A su vez, en este estuario existen también datos anteriores pertenecientes a los estudios realizados para el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia entre los años 1990 y 2003 (Franco *et al.*, 1997 - 2002).

En la Figura 12 se muestra la riqueza de taxones de peces y crustáceos encontrados entre los años 1990 y 2009. Los primeros cinco años de la década la riqueza total de taxones disminuye debido principalmente al descenso de la presencia de peces. Tras una recuperación moderada en 1995 (aumento de taxones de peces y crustáceos), la riqueza vuelve a decrecer de forma gradual hasta 1999, año en que tras la puesta en marcha de la EDAR y la retirada del vertido de Petronor en el estuario, esta aumenta de forma significante. Entre 1999 y 2002 el valor de la riqueza ha sido relativamente alto, oscilando su valor entre 10 y 13 taxones; no obstante, en 2009 la riqueza vuelve a decrecer hasta alcanzar un valor similar al obtenido durante los años 90, años en los que la masa de agua presentaba peor calidad.

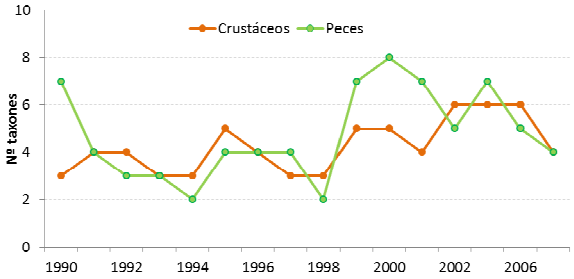


Figura 12 Evolución temporal del número de taxones decrustáceos y de peces en la masa de agua de transición del Barbadún. Se muestran los registros correspondientes a los estudios realizados para el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia (1990–2002) y a la Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de CAPV (2003, 2006 y 2009).

La disminución en 2009 podría deberse a diversos vertidos acaecidos a lo largo de los años 2008 y 2009 (desbordamiento de los tanques de agua de Petronor debido a las incesantes lluvias). Se debe añadir además, que las obras de regeneración y recuperación de las marismas de la zona ocupada anteriormente por CLH también podrían generar afecciones, sobre todo en el tramo exterior.

El número de especies distribuidas por todo el estuario fue de una única especie en 2009 (*Carcinus maenas),* tres especies menos que en 2006 (*Solea solea*, *Pomatoschistus sp., Carcinus maenas, Crangon crangon*) y cuatro especies menos que en 2003 (*Gobius niger*, *Pomatoschistus sp.*, *Carcinus maenas*, *Crangon crangon*, *Palaemon sp.*).

2.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica. Para ello, se han utilizado los datos obtenidos en las campañas realizadas en 2003, 2006 y 2009 para la "*Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco"* (Borja et al., 2004; 2007; 2009) y los obtenidos en las campañas de campo realizadas entre los años 1990 y 2002 para el Consorcio de Aguas Bilbao-Bizkaia (Franco *et al.*, 2003). La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1.

En la Tabla 48 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio en la red de calidad (años 2003, 2006 y 2009).

Estación/año	AME			AMM			AMI		
Parámetros	2003	2006	2009	2003	2006	2009	2003	2006	2009
Riqueza	3	5	3	3	3	3	5	3	1
Esp. Indicadoras contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Peces planos	1	1	1	1	3	1	1	3	1
Omnívoros	3	3	1	3	3	1	3	3	1
Piscívoros	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Especies residentes (nº)	5	5	3	5	3	3	5	3	3
Especies residentes (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTUACIÓN	29	31	25	29	29	25	31	29	23
AFI	0,56	0,61	0,44	0,56	0,56	0,44	0,61	0,56	0,39
CALIDAD BIOLÓGICA	B	B	A	B	B	A	B	B	A

Tabla 48 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica de peces demersales en cada una de las estaciones. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Mala (M): ≤ 0,17. Interna (AMI), media (AMM) y externa (AME). AFI: AZTI's Fish Index.

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, especies indicadoras de contaminación y salud piscícola son los que favorecen la calidad biológica, alcanzando los valores máximos. El indicador número de especies residentes alcanza el valor medio en todas las estaciones. A su vez, la presencia de peces planos obtiene un valor mínimo en todos los tramos del estuario.

La riqueza alcanza el valor mínimo en la estación interna y un valor medio en las otras dos. En cuanto a la composición trófica es similar en los distintos tramos del estuario, existiendo en las tres estaciones una relación equilibrada pero de valor mínimo en la relación entre omnívoros y piscívoros (valor porcentual de 1:1).

Según los rangos establecidos para la clasificación de la calidad, todos los tramos del estuario están en un nivel **'Aceptable'**. La pérdida de calidad respecto a 2006 se debe a la disminución de la riqueza y de la presencia de especies residentes y omnívoras en el tramo exterior, a la pérdida de la presencia de peces planos y omnívoros en el tramo medio, y al descenso en omnívoros, peces planos y riqueza en el tramo interior.

En este estuario existen datos anteriores de estudios realizados para el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia pertenecientes a los años 1990 a 2002 (Franco *et al.,* 1997 - 2003). En la Figura 13 se muestra la evolución temporal de la calidad biológica entre los años 1990 y 2009 para cada una de las estaciones.

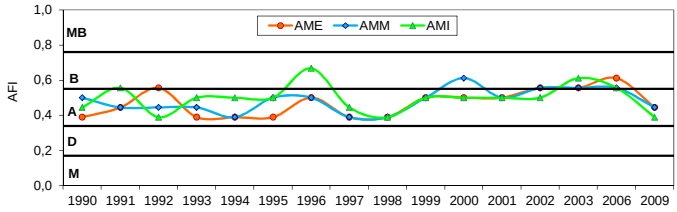


Figura 13 Valores de la calidad biológica obtenidos para cada estación entre los años 1990 y 2009. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interior (AMI), medio (AMM) y exterior (AME). AFI: AZTI's Fish Index.

La evolución de la calidad de los tres tramos del Barbadun muestra cómo, entre 1990 y 1998, los valores oscilan entre el límite superior e inferior de "Aceptable" (alcanzando estados de "Bueno" algunos años), para luego en 1999, empezar a obtener valores cercanos al límite superior "Aceptable" de forma continua e incluso llegar a alcanzar calificaciones de calidad biológica buena.

Este punto de inflexión coincide con la puesta en marcha del desvío de la tubería de Petronor que vertía directamente al estuario y la EDAR de la Muskiz (la eliminación de los vertidos de aguas residuales directamente al estuario genera un aumento de la calidad biológica), tal y como demuestran Uriarte y Borja (2009).

Para establecer la calidad biológica en peces de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1. La Figura 14 muestra la evolución de la calidad biológica en la masa de transición del Barbadun entre los años 1990 y 2009.

La calidad de la masa de agua correspondiente al Barbadun está en un nivel **'Aceptable'**. Como ya ha sido citado anteriormente, el descenso de la calidad apreciado en 2009 podría deberse a diversos vertidos ocurridos a lo largo del año 2009 (desbordamiento de los tanques de agua de Petronor debido a las incesantes lluvias), y en el caso del tramo exterior además, a las obras de regeneración y recuperación de las marismas de la zona ocupada anteriormente por CLH, en 2008 y 2009.

La eliminación de los vertidos de Petronor por el desvío de la tubería y la puesta en marcha de la EDAR de Muskiz generan que, año tras año, desde 1999 se produzca una mejora progresiva, alcanzando los años 2003 y 2006 el estado de 'Bueno'. Esta mejoría es coincidente con la del bentos, que se ha visto anteriormente, y la diferencia antes-después de suprimir los vertidos es significativa ($p<0,05$), siendo mejor tras la supresión (Uriarte y Borja, 2009). Sin embargo, la caída de la calidad en 2009 está relacionada con las obras de CLH y reboses en Petronor.

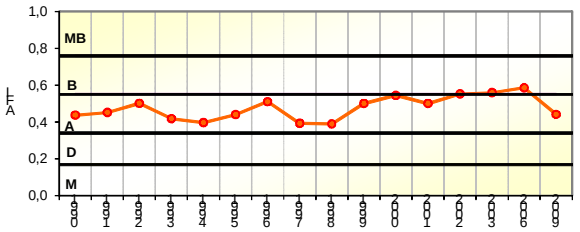


Figura 14 Valores de la calidad biológica obtenidos en la masa de transición del Barbadun entre los años 1990 y 2009. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

2.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

2.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En el estuario del Barbadún la concentración de clorofila se midió en dos estaciones, una situada en la zona superior (E-M5, clasificada como oligohalina), y otra en la desembocadura (E-M10, clasificada como polihalina). Las muestras se tomaron sólo en superficie.

Considerando todas las situaciones de muestreo (pleamar y bajamar, en cuatro épocas del año) se obtuvo un total de 16 muestras.

En 2011 se cubrió un gradiente de salinidad entre 3,2 y 35,7 USP. La concentración de clorofila "a" osciló entre 0,2 y 10,9 µg l^{-1} (Figura 15).

En invierno y en otoño la clorofila estuvo en valores mínimos (inferiores o cercanos a 1 µg l^{-1}). Este patrón se observó en muchos otros estuarios de la costa vasca. Las concentraciones máximas se registraron en primavera (~11 µg l^{-1}) y verano (6 µg l^{-1}). Aunque ambos máximos se midieron en la cabecera del estuario y en condiciones de pleamar, la salinidad mostró importantes diferencias. Así, en primavera el pico de clorofila estuvo asociado a aguas de carácter polihalino, mientras que en verano correspondió a aguas oligohalinas (Figura 15).

Durante el muestreo de primavera, la salinidad indicó condiciones de caudal fluvial muy bajo, que son muy propicias para el desarrollo de las comunidades fitoplanctónicas en la zona superior del estuario debido al aumento del tiempo de residencia del agua (Figura 15).

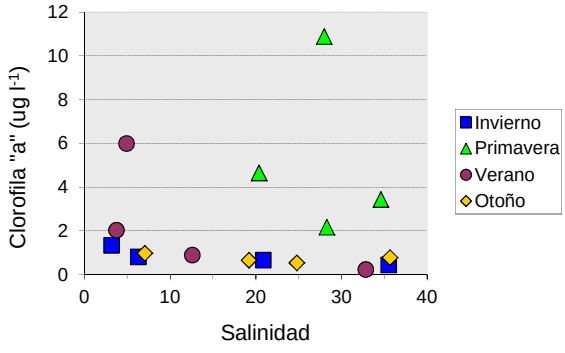


Figura 15 Variación de la concentración de clorofila a lo largo del gradiente salino del estuario del Barbadún en las cuatro épocas de estudio durante 2011. Los datos son de superficie, en pleamar y bajamar.

Los nutrientes indicadores de presión antropogénica (amonio y fosfato) en la estación E-M5 mostraron concentraciones relativamente altas en verano y durante la pleamar. Estas concentraciones supusieron 37 µM para el amonio y 2,5 µM para el fosfato. En la estación E-M10 el máximo de amonio fue 20 µM y el de fosfato 2,7 µM, ambos registrados también en el muestreo de verano, pero durante la bajamar. Estas concentraciones son intermedias entre las que representan muy buen estado físico-químico y las que representan mal estado físico-químico. Puede considerarse que están ligeramente por encima de la concentración recomendable. No obstante, se trata de ocasiones puntuales que no representan la situación media.

En resumen, al igual que lo observado en años recientes, durante 2011 la biomasa fitoplanctónica en el estuario del Barbadún puede es relativamente baja y coherente con la presión antropogénica, en el sentido de los aportes de nutrientes inorgánicos (N y P).

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en el estuario del Barbadún se ha calculado el valor del percentil 90. Este estadístico, en comparación con la media aritmética, tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton. El percentil se ha calculado con periodos móviles de seis años, tal y como se utiliza para la evaluación de la calidad biológica (ver apartados siguientes). En la estación E-M5 los muestreos de fitoplancton comenzaron en 2002, con lo cual, el estudio de la tendencia temporal es todavía algo limitado. La serie de datos es más extensa en la estación E-M10, ya que comienza en 1995.

Como puede apreciarse en la Figura 16, en la estación E-M5 (zona oligohalina), la concentración de clorofila presenta oscilaciones entre, aproximadamente, 5 y 8 µg l^{-1}.

En la estación E-M10 (zona polihalina) el percentil 90 es mucho más bajo (Figura 16). En esta zona se percibe un leve aumento a lo largo de los años. Así, en el primer periodo (1995-2000) se situaba en ~2 µg l^{-1}, y en el actual (2006-2011) está en ~3 µg l^{-1}.

En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino el valor del percentil 90 de la clorofila normalmente no supera los 8 µg l^{-1}. Por lo tanto, el Barbadún se encuentra dentro de los límites habituales para la biomasa fitoplanctónica.

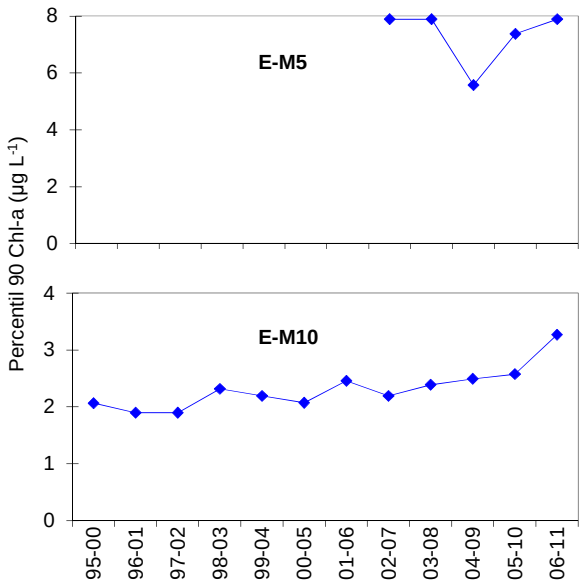


Figura 16 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Barbadún. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 49 se muestran las variables que describen a la comunidad de fitoplancton en el estuario del Barbadún, en primavera y verano de 2011.

Al igual que la concentración de clorofila, la densidad fitoplanctónica aumentó desde la zona más marina hacia la cabecera del estuario. Así, en la estación E-M5 fue del orden de 1-3 millones de células l^{-1}, mientras que en la zona exterior estuvo en torno al medio millón.

Estación	E-M5	E-M10
Fecha	23/05/2011	23/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	1.556	515
Diversidad (bit/cel)	3,0	2,3
Riqueza (Nºespecies)	17	17
Estación	E-M5	E-M10
Fecha	24/08/2011	24/08/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	3.388	393
Diversidad (bit/cel)	0,4	3,8
Riqueza (Nºespecies)	8	26

Tabla 49 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Barbadún. Los datos son de superficie, en pleamar.

En la estación E-M5, la muestra de primavera presentó una alta densidad de pequeñas diatomeas pennales, constituyendo aproximadamente el 50% de la abundancia total. En esta muestra también se encontró el dinoflagelado de tamaño relativamente grande *Kryptoperidinium foliaceum,* con una densidad cercana a las 100.000 células l^{-1}. Esta especie es habitual en el estuario del Barbadún, pudiendo formar mareas rojas (Iriarte *et al*., 1998). En la bibliografía se cita como causa de estrés en metabólico en bivalvos (ostras).

La muestra de verano estuvo casi totalmente compuesta por una euglenofita del género *Eutreptiella* ($3{,}1 \cdot 10^6$ células l^{-1}).

La estación E-M10 mostró una comunidad dominada por diatomeas en primavera (principalmente *Chaetoceros* spp.) y organismos no silíceos de pequeño tamaño en verano (principalmente *Chrysochromulina* spp. y flagelados sin identificar).

Además, en la estación E-M10, la diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp. (>3 µm) estuvo presente en primavera con 16.000 células l^{-1}. En verano, una especie de menor tamaño *Pseudo-nitzschia* spp. (<3 µm), también potencialmente tóxica, se encontró con una densidad de 64.000 células l^{-1}.

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en anteriores informes, el fitoplancton en la masa de agua de transición del Barbadún se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 17 se presenta el percentil 90 de la clorofila en cada una de las estaciones de muestreo, para el último periodo de estudio. En la estación E-M5, la métrica supone 7,88 µg l^{-1} (n=48) lo cual corresponde a un estado "Muy bueno", aunque cercano a "Bueno". En la estación E-M10, el resultado es 3,27 µg l^{-1} (n=48), lo cual indica un estado "Muy bueno". En la Figura 18 se muestra la frecuencia de blooms durante el último periodo de estudio. En la estación E-M5 es 50,0%, lo cual indica un estado "Aceptable". En la estación E-M10 es 8,3%, lo que corresponde a un estado "Muy bueno".

En la Tabla 50 se indica el estado del fitoplancton en cada una de las estaciones del Barbadún, integrando los resultados de ambos indicadores. El estado global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 se clasifica como "Bueno" en la estación E-M5 y como "Muy bueno" en la estación E-M10.

Finalmente, en la Tabla 51 se muestra la evolución del estado del fitoplancton a lo largo de periodos de seis años. No se han considerado periodos anteriores a 2002-2007, ya que contienen un número de datos mucho menor. En 2002 comenzó a estudiarse la abundancia fitoplanctónica. No obstante, las estaciones más interiores (de grado II) no se muestreaban todos los años. A partir de la campaña de 2008 ya se muestrean todas las estaciones de los estuarios anualmente para la abundancia fitoplanctónica.

El **estado del fitoplancton** en la masa de agua del **Barbadún** se clasifica como "**Muy bueno**" para toda la serie temporal (Tabla 51). La estación E-M10, clasificada hasta ahora con un estado "Muy bueno", representa un elevado porcentaje de la superficie del estuario (94%) y, por lo tanto, influye considerablemente en la clasificación del estado de esta masa de agua.

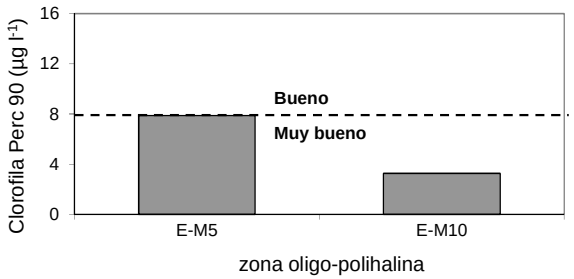


Figura 17 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Barbadún. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

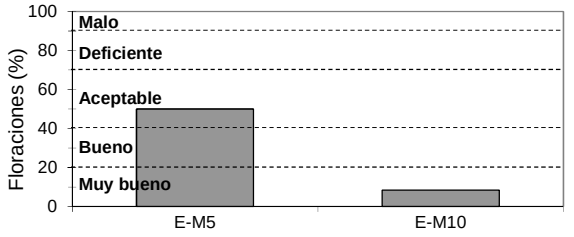


Figura 18 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Barbadún. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-M5	0,676	0,334	Bueno (0,505)
E-M10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)

Tabla 50 Estuario del Barbadún. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Barbadún	MB (0,967)	MB (0,970)	MB (0,976)	MB (0,972)	MB (0,970)
E-M5	B	B	B	B	B
E-M10	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 51 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Barbadún, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton en la masa de agua.

2.5.2 MACROALGAS

Para su estudio la masa de agua se dividió en 4 zonas tanto en 2003, como en 2006 y 2009, numeradas del 1 al 4 desde la desembocadura al interior. Estas 4 zonas representan dos tramos del estuario, que se pueden adscribir a las estaciones E-M10 (zonas 1 y 2) y E-M5 (zonas 3 y 4), desde la desembocadura al interior.

Así, en la Tabla 52 se observan los resultados obtenidos de aplicar el método explicado en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d) para la masa de agua en las tres campañas arriba indicadas.

La calificación obtenida en 2009 es de **'Estado Deficiente'** para el global de la masa de agua; el mismo que en 2003. En 2006 pasó a 'Mal Estado' debido a que disminuyó la riqueza en la zona M-EM2 y aumentó la cobertura de especies indicadoras en la zona M-EM4. Por el contrario, en 2009, el tramo exterior mejoró las calificaciones obtenidas en las campañas de 2003 y de 2006 debido, básicamente, a una reducción en la cobertura relativa de especies indicadoras de contaminación. Por otro lado, el tramo interior mantuvo la calificación obtenida en la campaña de 2006, debido a la baja riqueza y a la ausencia de especies que no son indicadoras ni del grupo de las algas verdes.

	E-M10	E-M5	GLOBAL
2003	D	D	D
2006	M	M	M
2009	A	M	D

Tabla 52 Calificación obtenida para cada uno de los tramos en que se divide la masa de agua (M-EM1 y M-EM2, se adscriben a E-M10; M-EM3 y M-EM4, se adscriben a E-M5) y para el global de la misma, en cada una de las campañas muestreadas (M=Mal Estado; D=Estado Deficiente; A=Estado Aceptable).

2.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

2.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En la Tabla 53 se muestra el promedio anual de las variables básicas analizadas en el año 2011 en los niveles de fondo y superficie, en ambas estaciones del estuario del Barbadún.

La temperatura media del agua varía entre 15.26 y 17.18 ºC entre los distintos puntos de muestreo.

A partir de los datos de salinidad puede calcularse el porcentaje relativo de agua dulce y marina en cada punto de muestreo. La estación E-M5, situada en la zona superior del estuario, presentó un porcentaje de agua de origen fluvial (entre 21 y 65%) mientras que en la estación E-M10, situada en la desembocadura, el agua dulce supuso un ~23%. En cuanto al grado de estratificación, se aprecian diferencias de salinidad en el eje vertical de la columna de agua del orden de 16 USP en la zona superior del estuario. La estación de la zona inferior del estuario (E-M10) se puede considerar prácticamente mezclada, con diferencias entre superficie y fondo que no superan 1 USP.

El valor del oxígeno disuelto desciende respecto al año 2010 y pasa de mostrar valores promedio próximos a a valores de saturación (84-98%), a presentar valores entre 61-77% en la cabecera y 88% en la desembocadura indicando que se dan situaciones con demanda de oxígeno elevada.

El promedio anual de los valores de pH varía muy poco entre las estaciones muestreadas (7.5-7.8) y se sitúa en el rango habitual de los estuarios.

Variables	Unidad	E-M5-S	E-M5-F	E-M10-S	E-M10-F
Temperatura	ºC	15,26	17,18	16,80	16,79
Salinidad	USP	12,31	28,02	27,46	27,39
Agua Fluvial	%	65,43	21,28	22,87	23,07
Saturación O_2	%	77,26	61,33	88,89	87,54
pH		7,67	7,57	7,82	7,80
Silicato	$\mu mol.dm^{-3}$	75,00		23,68	
Amonio	$\mu mol.dm^{-3}$	14,34		7,80	
Nitrito	$\mu mol.dm^{-3}$	1,89		0,78	
Nitrato	$\mu mol.dm^{-3}$	80,38		30,07	
Nitrógeno Total	$\mu mol.dm^{-3}$	141,50		58,03	
Fosfato	$\mu mol.dm^{-3}$	1,48		0,80	
Fósforo Total	$\mu mol.dm^{-3}$	2,39		1,33	
Carbono O. Total	$\mu mol.dm^{-3}$	137,80		98,97	

Tabla 53 Estuario del Barbadún. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico. F: fondo, S: superficie.

La concentración de los nutrientes en esta masa de agua sigue un patrón de dilución en el eje longitudinal del estuario, en respuesta al incremento de la proporción de agua marina hacia la zona de desembocadura. Así, las concentraciones de silicato, nitrito, nitrato, nitrógeno total, fosfato, fósforo total y carbono orgánico total decrecen con un factor de dilución similar (entre 1.3-3.1 veces) entre la estación E-M5 y la estación E-M10, lo cual evidencia el origen principalmente terrestre de estos nutrientes. En el caso de los nutrientes totales, que integran tanto la fracción particulada como la disuelta, podrían influir también los procesos de sedimentación de material a lo largo del estuario.

Así pues, los procesos de consumo, aporte y modificación a lo largo del estuario ejercen una influencia importante en la concentración y en el patrón de distribución de los nutrientes y la materia orgánica en la columna de agua. También las riadas modifican la carga aportada y la distribución de las concentraciones de nutrientes y materia orgánica, tanto cuando sus principales fuentes de procedencia son las aguas fluviales como cuando son aportados fundamentalmente por vertidos de aguas residuales. Igualmente afectan a la distribución de materiales relacionados con el sedimento o la propia biota del estuario, por ejemplo, forzando la exportación de plancton y material particulado a la zona costera.

Respecto a la importancia relativa de las formas inorgánicas respecto a las totales, el nitrógeno inorgánico disuelto (suma de nitrato, nitrito y amonio) supone aproximadamente el 68% del nitrógeno total y el fosfato el 61% del fósforo total en la zona de cabecera (E-M5). En la zona de la desembocadura (E-M10) la relación para el nitrógeno es similar a la de la estación de cabecera (66%) pero el fosfato supone el 60% del fósforo total. Proporciones muy altas de formas reducidas (amonio, así como, N y P orgánicos) indican aportes elevados de aguas residuales domésticas o industriales asimilables. En el estuario del Barbadún no se evidencia dicha situación en el año 2011, por las proporciones mencionadas y por el predominio del nitrato sobre el amonio.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En general, en las series de datos disponibles, dentro de la alta variabilidad característica de los estuarios y de fluctuaciones asociadas a la estacionalidad y a las diferentes condiciones hidrológicas, en cuanto a NID en la estación E-M5 se observan valores similares a los registrados en 2002-2004 en los que se superan casi los niveles de evaluación aplicables a las aguas oligoalinas para el NID (150 µmol l^{-1}). En la estación E-M10, de la cual se poseen más datos históricos, se muestra una tendencia a la disminución aunque en verano del 2007 y en otoño 2008 se registran los valores más altos de los últimos años. El fosfato, muestra una estabilidad en ambas estaciones (Figura 19).

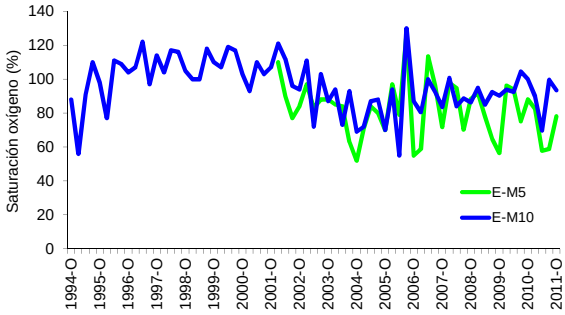


Figura 19 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en la estación E-M5 (cabecera) y E-M10 (desembocadura).O: otoño.

Según se observa en la Figura 20, el porcentaje de saturación de oxígeno en las estaciones del Barbadún (E-M5 y E-M10) ha disminuido levemente en el año 2011. En cuanto a la evolución, en el estuario del Barbadún se experimentó un aumento de la saturación de oxígeno entre 1994 y 1996, para luego permanecer en una situación de sobresaturación hasta finales de 2001, en que se da un período de descenso en la saturación (alcanzando medias del 60-80%) hasta comienzos de 2006 (Figura 20).

Posteriormente, los valores medios de saturación han oscilado entre 80 y 100%, indicando una leve mejoría del funcionamiento de la depuradora. Sin embargo, es de destacar que la estación de la cabecera (E-M5) presenta valores por debajo al 60% de saturación de oxígeno en primavera y verano del 2011.

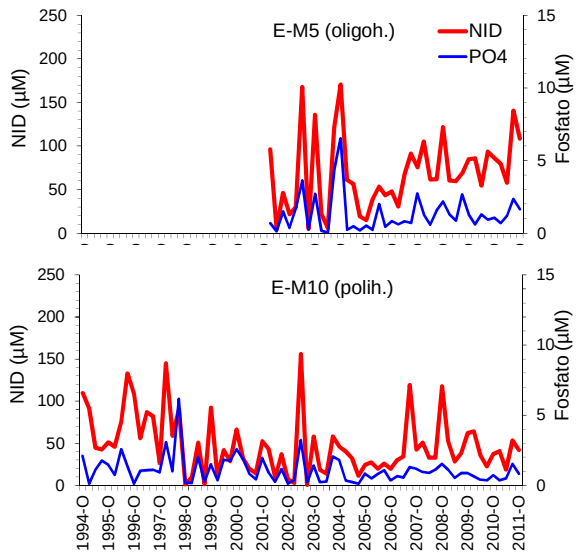


Figura 20 Porcentaje de saturación de oxígeno en la columna de agua en la zona inferior del estuario Barbadún (estaciones E-M5 y E-M10). Se muestra el promedio para cada época del año (invierno, primavera, verano y otoño) desde 1994 hasta 2011. La media se ha realizado con los datos tomados en superficie y fondo, y en dos situaciones de marea (pleamar y bajamar).

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie de las estaciones del estuario del Barbadún se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (3 y 0.3 µg·l^{-1}).

Por otra parte, en la Figura 21 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las dos estaciones de muestreo del estuario (E-M5 y E-M10) hasta el año 2006, a partir del 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar en superficie.

Para el caso del cadmio, históricamente, se venían registrando concentraciones muy cercanas o inferiores al límite de detección, pero, a partir del invierno de 2002, en la estación E-M10 (Pobeña), se empiezan a registrar concentraciones sustancialmente superiores. En la campaña 2011 se aprecia un ligero ascenso repecto al 2010 donde las concentraciones tanto de invierno como de verano superan el limite de detección (0.08 µg·l^{-1}) en las dos estaciones y superando el objetivo de calidad establecido (0.2 µg·l^{-1}) con un valor de 0.8 µg·l^{-1} en la estación E-M5 y 0.5 µg·l^{-1} en la estación E-M10 en la campaña de verano. El hierro y níquel, presentan tendencias similares y constantes a lo largo de los años. En la campaña de invierno de 2003 se observa un pico de concentración en ambas estaciones de muestreo, para hierro y níquel, pero sin llegar a superar en ningún caso los objetivos de calidad (1000 y 20 µg·l^{-1} de hierro y níquel, respectivamente) y volviendo a recuperarse, con valores cercanos al límite de detección (4 y 0,3 µg·l^{-1} de hierro y níquel, respectivamente), hasta el 2008 cuando se ha detectado un ligero aumento en la concentración del hierro. En las campañas de 2011 la concentración de hierro ha aumentado considerablemente en la campaña de verano en la estación E-M5 sin superar el objetivo de calidad. Los valores de níquel han subido ligeramente en las campañas de 2011 respecto al año anterior. Por el contrario, el plomo y manganeso presentan una tendencia bastante irregular a lo largo de los años. Este año se ha apreciado un claro aumento en la concentración de ambos metales en las dos estaciones y en la campaña de verano, solo supera el objteivo de calidad establecido para el plomo la estación E-M5 en verano con 15 µg·l^{-1}(7,2 µg·l^{-1} para el plomo y 120 µg·l^{-1} para el manganeso). En caso del cobre no se aprecia una tendencia definida durante los años de estudio, en ningún caso se a superado el objetivo de calidad establecido (25 µg·l^{-1}). Este año se aprecia un aumento respecto a 2010 y superando el objetivo establecido en la campaña de verano en la estación E-M10 con 40 µg·l^{-1}.

En el caso del zinc hay que mencionar, que con el cambio del objetivo de limite de calidad a 60 µg·l^{-1} solamente fue superado en la estación E-M5 en verano del 2002 y llegado al limite de calidad en la estación E-M10 en el 2000 y 2001. En los últimos años los valores se han mantenido entre 20 y 40 µg·l^{-1} sin demasiada oscilación. En el 2011 se supera el objetivo de calidad establecido en la campaña de verano en las dos estaciones con valores de 85 µg·l^{-1} y 65 µg·l^{-1} para las estaciones E-M5 y E-M10, respectivamente.

En general, como se indicaba en el informe correspondiente a 2005, las tendencias no aparecen bien definidas y se observan importantes oscilaciones en los valores puntuales. Así pues, se constata que el estuario del Barbadún es un sistema muy variable, oscilando entre situaciones en las que aparece muy influido por la descarga fluvial y otras en las que predomina netamente la dinámica mareal. La salinidad de cada caso, como índice de la dilución de los aportes generales, y la variabilidad del régimen hidrológico, en función del caudal puntual y del recientemente acumulado, generan una alta variabilidad en los resultados entre las distintas series de muestreos.

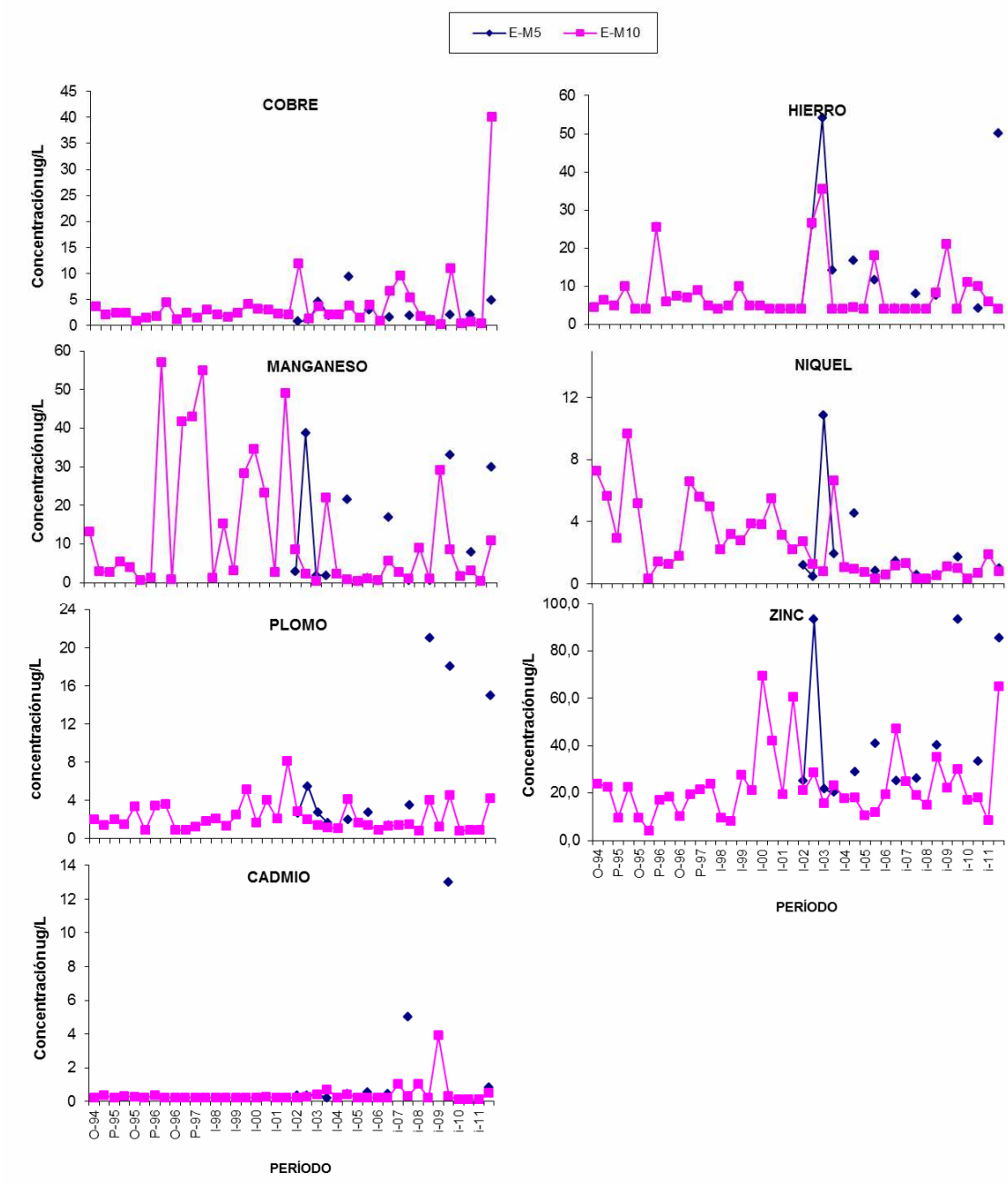


Figura 21 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Barbadun en el periodo que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2006, desde el año 2007 sólo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

Respecto a los contaminantes orgánicos estudiados se han encontrado concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección), de fenantreno, acenaftileno, acenafteno, pireno y naftaleno en la estación E-M10 y que no tienen objetivo de calidad establecido, excepto el naftaleno que no supera el objetivo de calidad establecido (1.2 µg l^{-1}).

2.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en la estación E-M10, se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado. La estación E-M5, situada en la parte interna del estuario, comenzó a ser muestreada en invierno de 2002. A partir de esta información, en la Figura 22 y Figura 23 se ha establecido una evolución temporal para ambas estaciones. Además, en la Tabla 54 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

De los datos obtenidos en la presente campaña, se observa que la estación de muestreo más interna (E-M5) presenta un sedimento predominantemente arenoso y limoso, con baja relación C/N.

La estación más externa (E-M10), presenta una granulometría predominantemente arenosa, elevado potencial redox y contenido en materia orgánica ligeramente inferior a la estación más interna.

En relación a la variabilidad espacial, la estación más externa (E-M10) presenta valores más altos de C/N que se corresponden con concentraciones bajas de NOP, de alrededor de 0,01 mol kg^{-1}, lo que indica una mayor actividad de degradación. Al contrario, los bajos valores de C/N (<20) se deben a concentraciones altas de NOP, más características de zonas internas, como sucede generalmente en la estación E-M5.

En cuanto a la evolución temporal, la estación de muestreo más exterior (E-M10) presenta poca variación en el contenido de arena, siendo ésta la fracción granulométrica dominante. Por el contrario, la muestra interna (E-M5) presenta un contenido en finos que varía a lo largo de las diferentes campañas de muestreo.

En relación al contenido en materia orgánica, se observa una tendencia descendente discontinua en ambas estaciones, especialmente en la estación más interna.

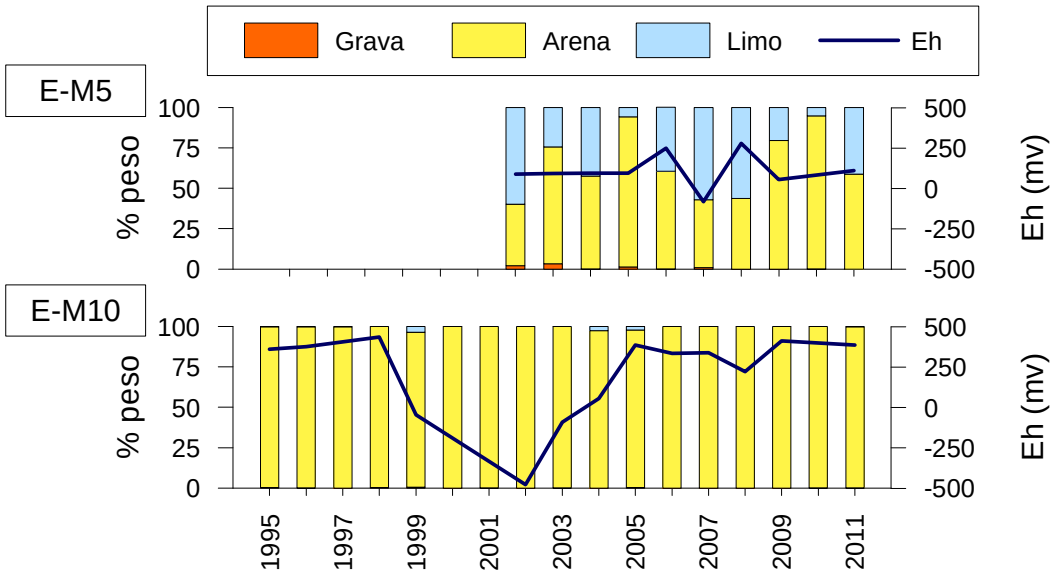


Figura 22 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos de la masa de agua de transición del Barbadún (muestreos de invierno).

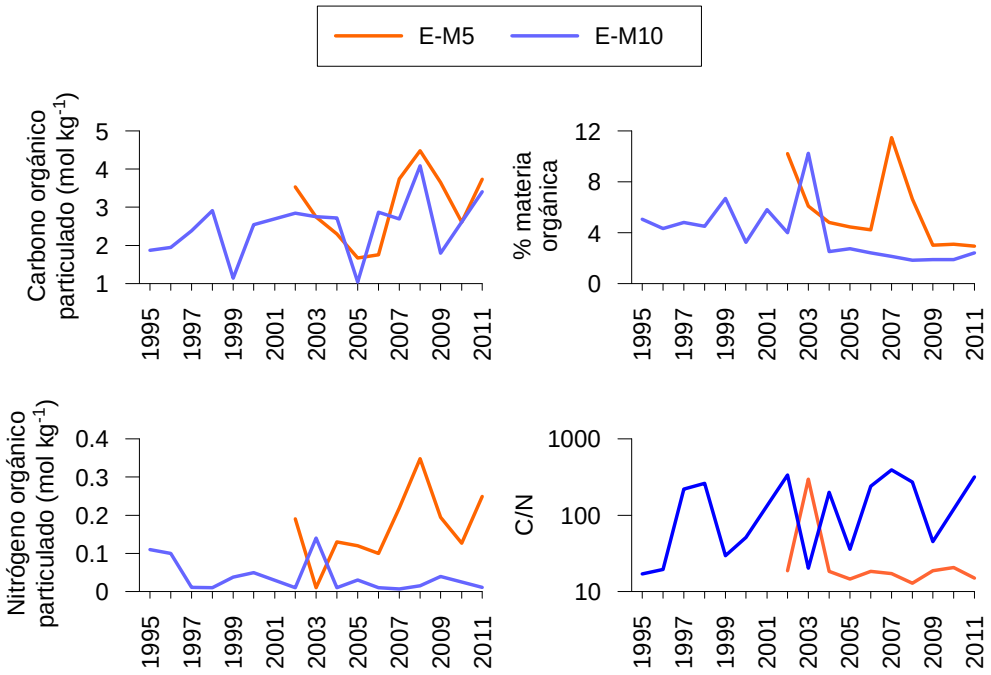


Figura 23 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos de la masa de agua de transición del Barbadún (muestreos de invierno).

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-M5	0,01	58,86	41,13	2,94	113	3,73	0,25	15
E-M10	0,22	99,58	0,20	2,43	387	3,41	0,01	316

Tabla 54 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno.

METALES PESADOS

La Tabla 55 recoge las concentraciones de metales analizados en la estación interna E-M5 en la campaña de invierno de 2011. En la Figura 24 se muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-M10, así como los datos de la estación E-M5 obtenidos desde el muestreo de invierno de 2002.

En la Figura 24 se muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-M10, así como los datos de la estación E-M5 obtenidos desde el muestreo de invierno de 2002.

En ambas estaciones, las concentraciones de Cd, Hg, Cr, Ni y Zn en las campañas más recientes se encuentran por debajo del umbral del nivel de fondo. En el caso del Cu, Mn, Pb y Fe se supera el nivel de fondo en una o ambas estaciones (al menos, en uno de los muestreos más recientes). Como en campañas anteriores, cabe destacar la evolución temporal paralela del Mn y el Fe.

Por otro lado, en la Figura 25 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. En la estación más interna (E-M5), durante la última campaña, todos los metales, presentan concentraciones superiores al valor TEL, indicando existencia de riesgo bajo de afección sobre la biota. En la estación más externa no se supera el valor TEL, indicando ausencia de posible efecto en la biota.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
E-M5	0,23	17	54	64.350	0,11	873	34	29	135
E-M10	0,17	13	47	79.587	0,11	1860	41	60	158
Media	0,20	15,0	50,3	71969	0,11	1367	37,1	44,2	146,9
Desv. est.	0,05	2,3	4,8	10775	0,01	698	5,0	22,1	16,3

Tabla 55 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

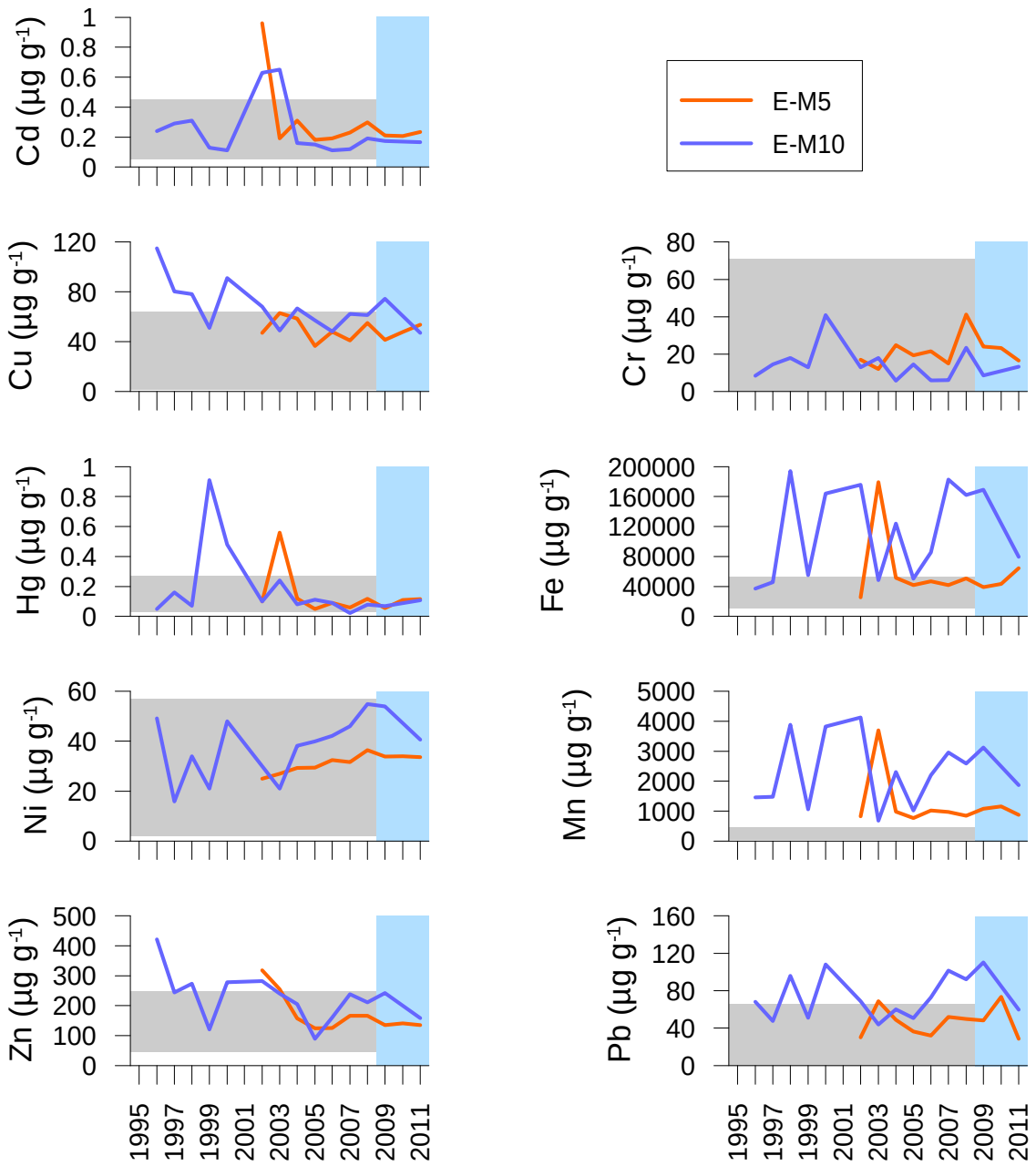


Figura 24 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento de las estaciones E-M10 (desde 1995) y E-M5 (desde 2002) (muestreos de invierno). La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

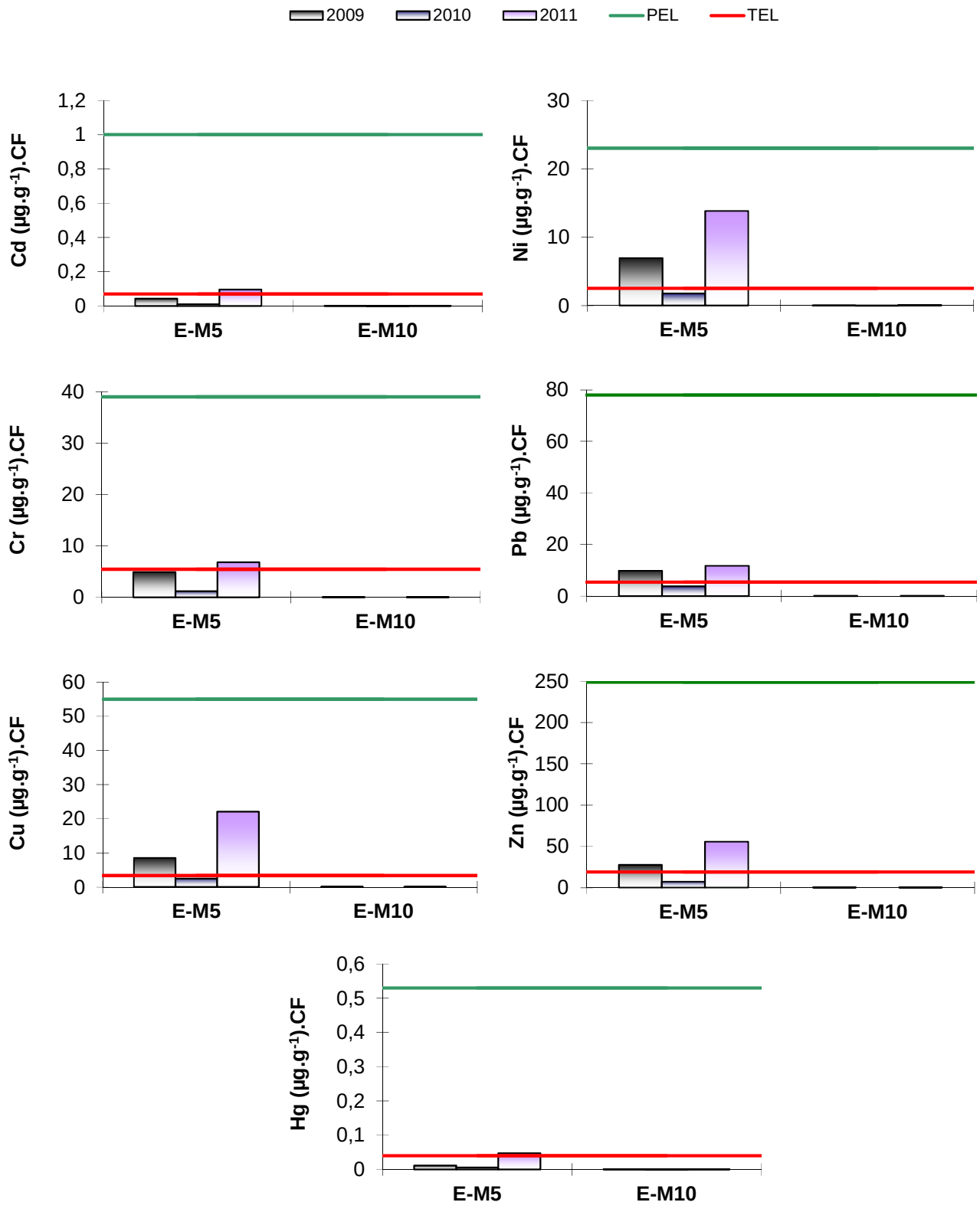


Figura 25 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Barbadun, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por el contenido en la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 56 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las dos estaciones consideradas. La Figura 26 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados en la estación E-M10 (desde 1995) y la estación E-M5 (desde 2002).

Durante las últimas campañas, en ambas estaciones, las concentraciones de DDT y sus derivados, Aldrín, Dieldrín y el sumatorio de policlorobifenilos (PCBs) (excepto en 2008, al superarse en la estación E-M5 puntualmente el valor Effect Range Median o ERM para el sumatorio de PCBs, *i.e.*,180 ng g^{-1}), han sido inferiores al límite de determinación analítico.

Por el contrario, el sumatorio de hidrocarburos poliaromáticos (PAHs) es superior al límite de determinación analítico en ambas estaciones, aunque sin superar el objetivo de calidad (44792 ng g^{-1}). Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos en ambas estaciones no implican efectos negativos sobre la biota.

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-M5	<0,30	<0,30	<0,30	1,95	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	28	625
E-M10	<0,30	<0,30	<0,30	0,46	<1,00	<1,00	<2,00	0,22	22	41

Tabla 56 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

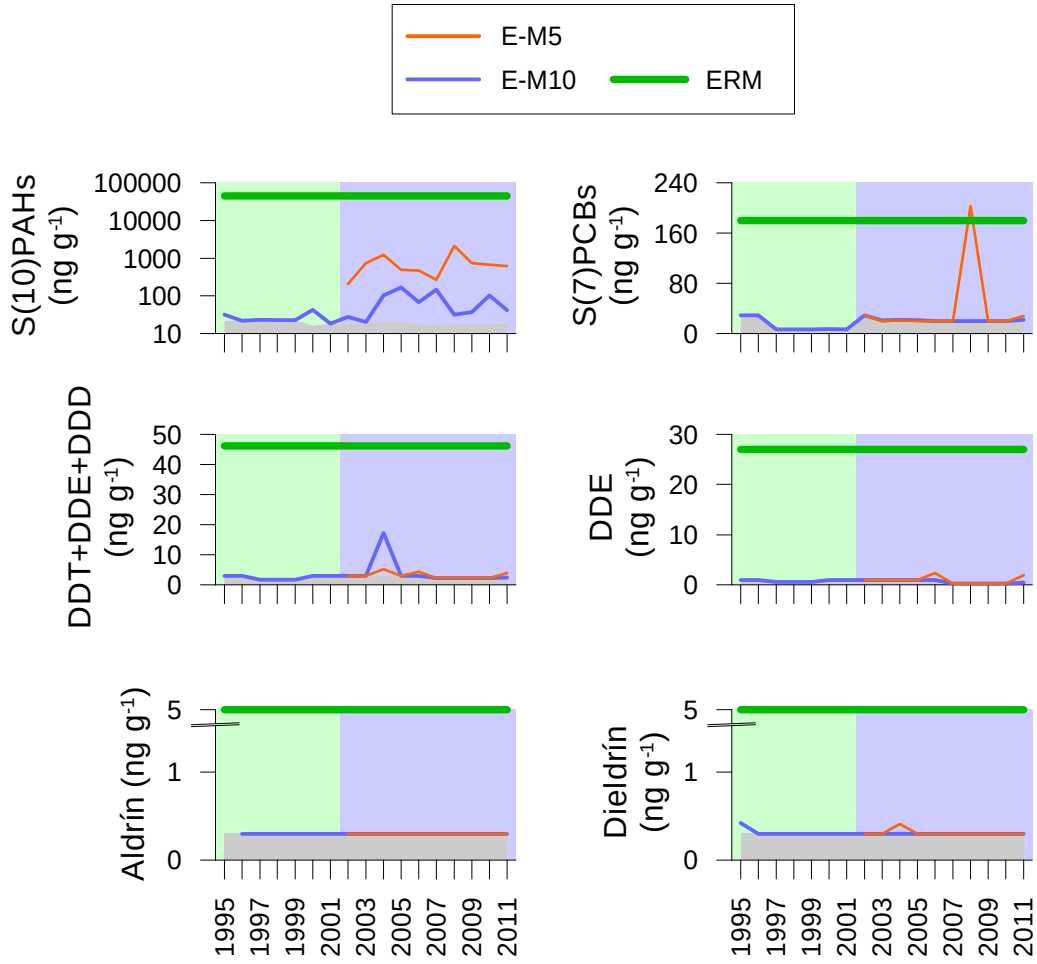


Figura 26 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAHs por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long *et al.*, 1995).

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 57 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Barbadun, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Según los valores de ICC globales, la estación interna E-M5 presenta contaminación ligera. Tal y como ocurrió en la campañas recientes, el Mn continua siendo el metal que más contribuye al peso del ICC global.

En la Figura 27 se presenta la evolución del ICC global para la estación E-M10 desde invierno de 1995, y en la estación E-M5 desde 2003. Se observa que en ambas estaciones no se supera el valor de ICC de contaminación media (*i.e.*, ICC < 3).

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-M5	NC	NC	CL	CL	NC	C	CL	NC	NC	CL
E-M10	NC	NC	CL	CL	NC	C	CL	CL	CL	CL
Total	NC	NC	CL	CL	NC	C	CL	CL	NC	CL

Tabla 57 Clasificación de la contaminación en los sedimentos del Barbadún en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado; Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

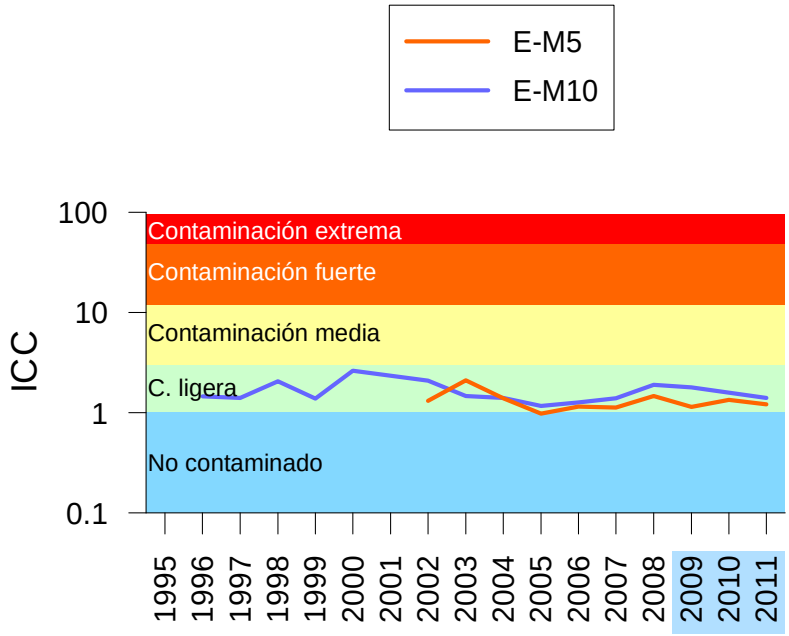


Figura 27 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

En cuanto a los compuestos orgánicos, siguiendo los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, se deduce que ambas estaciones presentan contaminación global ligera por compuestos orgánicos debido a la presencia de HCB, PCBs y PAHs.

TOXICIDAD EN SEDIMENTOS

La muestra de sedimento de la estación estuárica del Barbadun (E-M5) fue tomada el 25 de enero de 2011 y directamente congelada, manteniéndose a -20 ℃ dura nte 4 meses. Al cabo de este tiempo se descongeló y se tamizó (< 1 mm). Los ensayos ecotoxicológicos con anfípodos (*Corophium multisetosum*) se iniciaron dentro

de la semana posterior a la descongelación de la muestra.

De esta manera, se siguieron las recomendaciones sobre conservación de muestras de sedimento que figuran en los protocolos y en la literatura científica (USEPA/USACE, 1998; Geffard *et al*., 2004). Estos trabajos indican que, a ser posible, las muestras han de mantenerse refrigeradas para realizar su análisis dentro de las cuatro primeras semanas, con un tiempo de almacenamiento máximo de dos meses, y que, si se prevé que no pueden realizarse los ensayos ecotoxicológicos en ese plazo, las muestras deberán congelarse. En este caso, se decidió congelar las muestras debido a que los anfípodos de la especie *Corophium multisetosum*, necesarios para los bioensayos de toxicidad, no estaban disponibles en el campo en la época del muestreo de sedimentos.

Test de anfípodos

La toxicidad de los sedimentos del estuario del Barbadun se analizó mediante dos bioensayos con anfípodos: uno agudo (10 días de duración) y otro crónico (28 días). Ambas pruebas se iniciaron el 27 de mayo de 2011, acabándose la primera el 6 de junio y la segunda el 24 de junio. Se utilizaron individuos de la especie *Corophium multisetosum* recogidos el 16 de mayo en la zona interna del estuario del Bidasoa. El sedimento control utilizado (C.B.) corresponde a la zona donde habitan los anfípodos empleados en el test.

Bioensayo agudo:

El sedimento control presentó un porcentaje medio (± desviación típica) de mortalidad del 11% (± 6,5). La mortalidad de anfípodos en el sedimento del Barbadun correspondiente a la estación del estuario fue ligeramente superior a la del control (20%) pero sin llegar a superar la diferencia del 20% (Figura 28). Por otro lado, dicha diferencia no fue estadísticamente significativa ($p \geq 0,05$).

Siguiendo el criterio de diversas normativas basadas en el test de anfípodos (EEUU, Holanda, Hong Kong, España) para clasificar un sedimento en la categoría de tóxico, la mortalidad de los anfípodos en las muestras de sedimento debe superar a la de la muestra control en más de un 20% y, además, dicha diferencia debe ser estadísticamente significativa (Belzunce y Castro, 2004). De acuerdo con este criterio, el bioensayo de anfípodos realizado indica la ausencia de toxicidad en el sedimento de estudio del estuario del Barbadun (E-M5 situado en la zona interna).

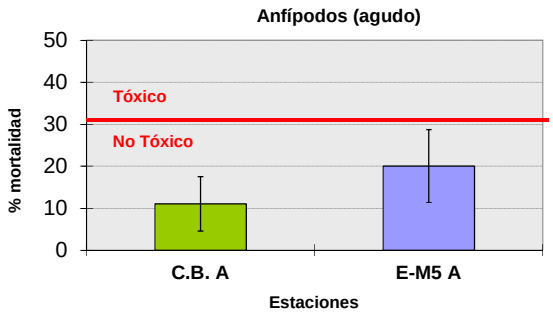


Figura 28 Porcentaje de mortalidad de anfípodos (*Corophium multisetosum*) en sedimentos del estuario del Barbadun (E-M5) y en una muestra control procedente de la zona de recogida de los anfípodos en el estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras indican la desviación típica. La línea roja señala el umbral por encima del cual puede considerarse una muestra tóxica. La letra A identifica las muestras del test agudo.

Bioensayo crónico:

El sedimento control presentó un porcentaje medio (± desviación típica) de mortalidad del 17% (± 6,2). La mortalidad de anfípodos en el sedimento del Barbadun correspondiente a la estación del estuario fue ligeramente superior y cercana a la del control (20%) y, por tanto, no superó la diferencia del 20% (Figura 29). Por otro lado, dicha diferencia no fue estadísticamente significativa ($p \geq 0,05$).

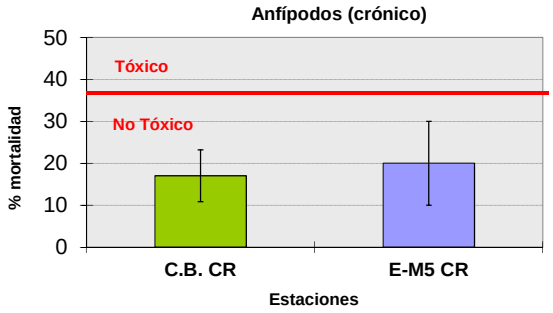


Figura 29 Porcentaje de mortalidad de anfípodos (*Corophium multisetosum*) en sedimentos del estuario del Barbadun (E-M5) y en una muestra control procedente de la zona de recogida de los anfípodos en el estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras indican la desviación típica. La línea roja señala el umbral por encima del cual puede considerarse una muestra tóxica. Las letras CR identifican las muestras utilizadas en el test crónico.

En cuanto al crecimiento en peso presentado por los anfípodos en el sedimento de estudio, ha sido distinto con respecto al sedimento control (Figura 30): en el control (CB) la diferencia de peso individual entre el inicio y el final del bioensayo ha sido de 0,00133 g y en E-M5 de 0,00203 g. Es decir, en el control se ha observado un menor crecimiento que en la muestra de estudio (habiendo aumentado los anfípodos en 1,40 y 1,56 veces su peso corporal, respectivamente). Los análisis estadísticos determinan que, desde un mismo punto de

partida (al inicio, las 2 muestras no son significativamente diferentes (p=0,05)), el resultado obtenido al final del bioensayo en la muestra del Barbadun es significativamente superior al del control (p<0,05).

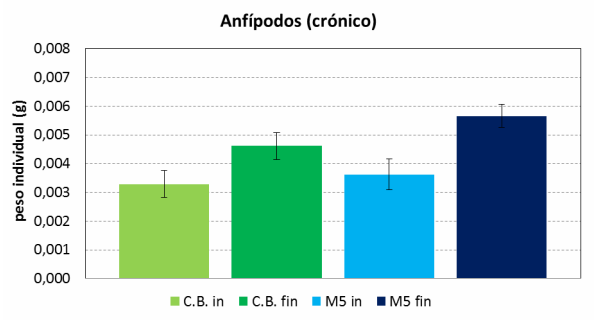


Figura 30 Test crónico con anfípodos: crecimiento en peso (g). Peso medio individual de los anfípodos en muestras del estuario del Barbadun (E-M5) y del control del estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras corresponden a la desviación típica. 5 réplicas en C.B. y 3 en E-M5.

Del mismo modo que se observó en el peso, el crecimiento en tamaño corporal experimentado por los anfípodos ha sido distinto en el sedimento de estudio con respecto al control (Figura 31). En el control (CB) dicho crecimiento ha sido claramente inferior al observado en la muestra del Barbadun (E-M5): las diferencias de los promedios de longitud han sido, respectivamente, de 0,54 y 1,03 mm. Los análisis estadísticos ofrecen los mismos resultados que en el caso del peso: las 2 muestras no son significativamente diferentes (p=0,05) al inicio del bioensayo, mientras que al final, la muestra del Barbadun es significativamente diferente con respecto al control (p=0,05), es decir, el crecimiento experimentado en las muestra E-M5 ha sido significativamente superior al observado en el control.

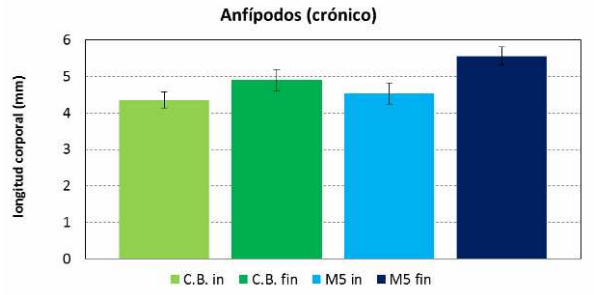


Figura 31 Test crónico con anfípodos: crecimiento en tamaño (mm). Longitud corporal media de los anfípodos en muestras del estuario del Barbadun (E-M5) y del control del estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras corresponden a la desviación típica. 5 réplicas en C.B. y 3 en E-M5.

En este bioensayo crónico, si bien el porcentaje de mortalidad de anfípodos no indica toxicidad (al igual que en el agudo), el crecimiento (peso, longitud corporal) en E-M5 sí ha mostrado diferencias significativas con el control.

Discusión

Uno de los parámetros a tener en cuenta como responsable de posibles efectos en los resultados del bioensayo es el amonio. En el caso del bioensayo agudo, el amonio fue medido en el agua sobrenadante al inicio y al final del test; en el caso del bioensayo crónico, además de al inicio y al final, también se midió en el tiempo intermedio (día 10). Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 32, en la que se observa un aumento de la concentración de amonio desde el inicio al final del bioensayo, aunque en todos los casos la concentración de amonio en el agua fue inferior a 20 mg/l TAN (Nitrógeno Total de Amonio), umbral a partir del cual se considera que puede haber interferencia con el test (Ferreti *et al*., 2000). Por tanto, en principio, se podría descartar la interferencia del amonio en el resultado final del bioensayo. La disminución en la concentración de amonio observada en E-M5 CR en la fase final del bioensayo con respecto a la fase intermedia, así como los valores inferiores medidos en el bioensayo crónico comparado con el agudo en el día 10, se debe al efecto de la renovación del agua llevada a cabo cada 3 días durante el bioensayo crónico.

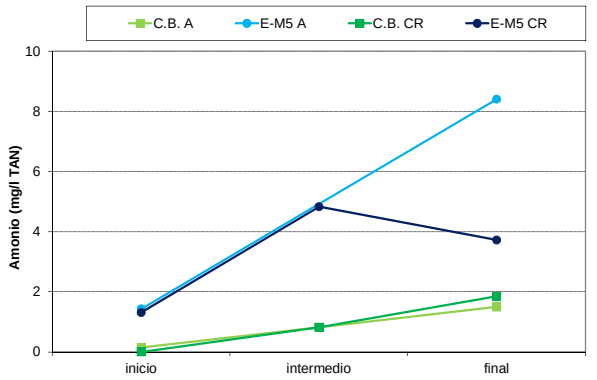


Figura 32 Contenido en amonio (mg/l TAN, en inglés Total Ammonia Nitrogen) de las muestras de agua expuestas a los anfípodos en el bioensayo agudo (A) y crónico (CR), al inicio (día 0), tiempo intermedio (día 10, solo en el caso del crónico) y al final (día 10 en el agudo; día 28 en el crónico).

Otro parámetro a tener en cuenta como factor de confusión en los resultados de toxicidad es la composición granulométrica del sedimento. La estación del Barbadun analizada presenta un mayor contenido en finos que el sedimento procedente del hábitat natural del anfípodo (C.B.) (Figura 33). Sin embargo, a pesar de ello, esta diferencia no parece afectar negativamente ya que la mortalidad de los anfípodos en E-M5 no es significativamente diferente a la del control.

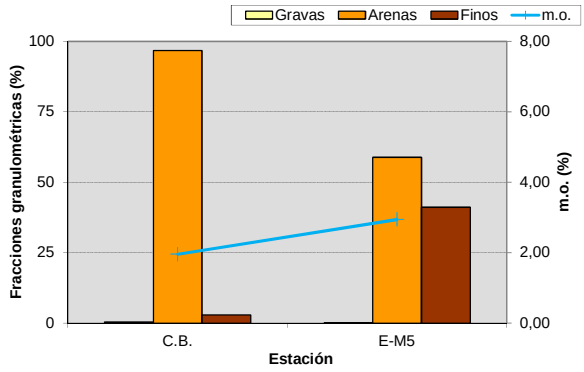


Figura 33 Composición granulométrica (% de gravas, arenas y finos) y contenido en materia orgánica (m.o.) del sedimento control de Bidasoa (C.B.) y de los sedimentos recogidos en 2011 en la estación E-M5 del estuario del Barbadun).

Respecto a la carga contaminante, el sedimento de E-M5 ha sido considerado como ligeramente contaminado, por la contribución principal del manganeso, y también por cobre, hierro y níquel. No obstante, aunque superan el valor TEL (*Threshold Effect Level*), en ningún caso llegan al valor PEL (*Probable Effect Level*). Del mismo modo, este sedimento también presenta una contaminación global ligera por compuestos orgánicos: principalmente por PCBs (que supera el ERL o *Effects Range Low*), y también por PAHs (aunque no llega al ERL) que en ningún caso llegan al ERM (*Effects Range Median*).

En los años 2006 y 2009 también se realizó un bioensayo agudo con anfípodos en sedimentos recogidos en esta misma estación E-M5 del estuario del Barbadun, habiéndose caracterizado como no tóxica en 2006 y como tóxica en 2009 (Borja *et al*., 2007b; 2010c). En 2011, los resultados de mortalidad de anfípodos en los bioensayos agudo y crónico no indican toxicidad. No obstante, el crecimiento de los organismos reflejado en el bioensayo crónico muestra resultados reseñables. A la hora de detectar los posibles efectos subletales en sedimentos potencialmente contaminados, se espera hallar uno de los dos tipos de respuestas: a) no diferente con respecto al control; b) diferente con respecto al control. En el primer caso se descarta la presencia de toxicidad en el sedimento y en el segundo caso se acepta su efecto. Además, este efecto suele estar representado por una respuesta negativa (menor crecimiento que en el control) (Scarlett *et al*., 2007). Sin embargo, en este caso, se han obtenido respuestas positivas, es decir, el crecimiento experimentado en los sedimentos de estudio ha sido diferente al del control, y además, mayor. Para responder a esta situación se baraja la hipótesis de una mayor disponibilidad de alimento en los sedimentos del Oka que conlleve una mayor ingestión y, por tanto, mayor crecimiento. Al respecto, Bridges *et al.* (1997) y Winner *et al*. (1977) señalan que la cantidad y calidad del alimento pueden influir en el resultado de los bioensayos crónicos, por lo que es muy importante el régimen de alimentación planificado para el desarrollo de este tipo de bioensayos (McGee *et al*., 2004). En este sentido, todas las muestras analizadas cumplieron el mismo calendario de suministro de alimento, pero además el sedimento del Barbadun presentó un mayor contenido en materia orgánica (Figura 33) que en el control, lo cual podría haber contribuido a una mayor disponibilidad de alimento.

En definitiva, el bioensayo crónico, por un lado, ha confirmado el resultado del bioensayo agudo (en lo referente a la mortalidad) clasificando el sedimento del E-M5 como no tóxico; y, por otro lado, ha introducido un matiz o un mayor detalle que evidencia la diferencia existente entre el sedimento de estudio y el sedimento control, probablemente debido, en gran medida, a la mayor disponibilidad de alimento (mayor contenido de materia orgánica) en E-M5 que en el control. Sin embargo, es un poco prematuro llegar a una conclusión definitiva, pues se necesitan más estudios de este tipo que avalen la hipótesis que se maneja.

2.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

El 2 de noviembre de 2011 se recolectaron mejillones a la altura de Pobeña (I-M10), en el estuario del Barbadún. Los datos correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos (campaña de otoño de 2011) se estudian en este apartado.

BACTERIOLOGÍA

La evolución de las concentraciones de bacterias en el estuario del Barbadún se representa en la Figura 34; se han resaltado con fondo azul los tres últimos años de seguimiento. En 2011 se ha observado un aumento de la concentración en los tres grupos de bacterias analizados.

La concentración de coliformes fecales en 2011 (850 NMP 100 ml^{-1}) es superior al valor observado en 2010 (200 NMP 100 ml^{-1}). Suponiendo que se tratase de una zona de producción de moluscos, la concentración observada en la campaña de otoño de 2011 se encuentra dentr del rango 300-6000 NMP 100 ml^{-1}, valor establecido en el derogado Real Decreto 571/1999 para la clasificación de las Zonas tipo B, es decir, aquellas zonas que se consideraban aptas para el marisqueo con

depuración previa a la puesta en el mercado de los moluscos recolectados, hasta la derogación de dicha norma.

En cuanto a los estreptococos fecales, la concentración en otoño de 2011 (1700 NMP 100 ml^{-1}) disminuye con respecto a las observadas en 2009 (850 NMP 100 ml^{-1}) y en 2010 (390 NMP 100 ml^{-1}).

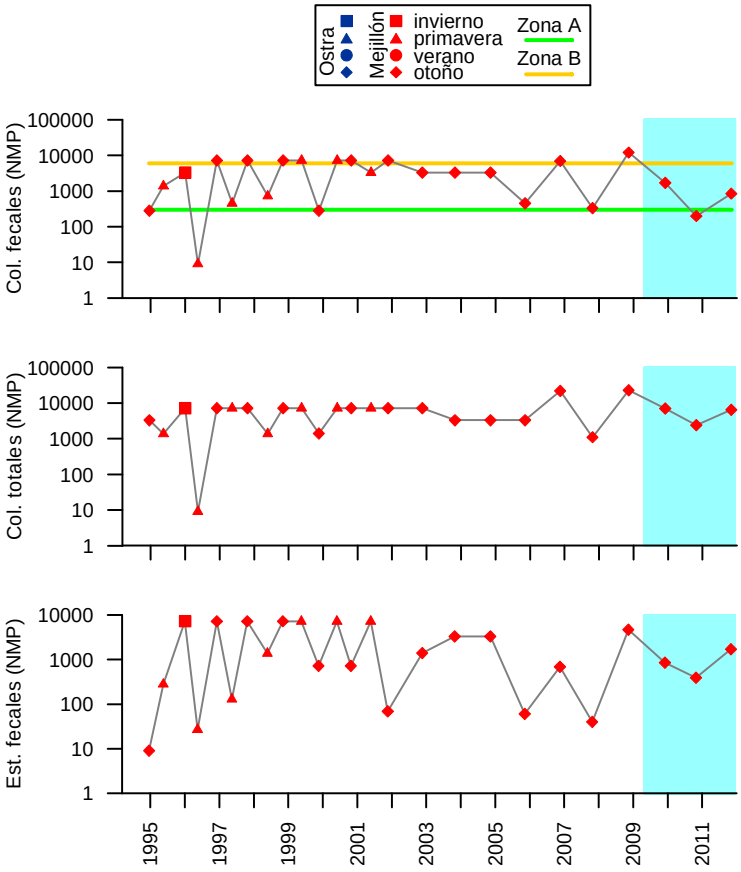


Figura 34 Evolución de la concentración de bacterias (Col. fecales: coliformes fecales; Col. totales: coliformes totales; Est. Fecales: estreptococos fecales) en la estación I-M10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 35 se muestra la evolución de la concentración de los distintos metales estudiados desde 1994 (se han destacado con fondo azul los tres últimos años de seguimiento).

En 2011, la concentración de cadmio (0,11 mg kg^{-1}) es próxima al promedio de los valores de Cd medidos en esta estación desde 1994 (0,13 mg kg^{-1}). En la Figura 35 se observa que la tendencia del cadmio es a aumentar hasta la primavera de 1999 y, aunque luego disminuye, a partir de la primavera de 2001 vuelve a aumentar hasta otoño de 2004, campaña en la que se observa el máximo valor de cadmio en esta estación (0,42 mg kg^{-1}). Todas las concentraciones observadas son inferiores al objetivo de calidad considerado (1,0 mg kg^{-1}), que se corresponde con el valor establecido como contenido máximo permitido de este metal en los productos alimenticios.

El cobre presenta en otoño de 2011 una concentración de 0,71 mg kg^{-1}, valor inferior al promedio de los valores registrados desde otoño de 1994 (1,64 mg kg^{-1}). La concentración máxima se observó en otoño de 1998 (2,73 mg kg^{-1}), pero en ningún caso se superan los 20 mg kg^{-1}, límite legal (actualmente no vigente) para el cobre en los mejillones.

La concentración de cromo presenta un elevado rango de variación en esta estación sin mostrar un patrón de variación dominante. En ningún caso se superan los 1,8 mg kg^{-1} contemplados para el cromo en la legislación (actualmente no vigente).

En cuanto al mercurio, la concentración observada en otoño de 2011 es de 0,015 mg kg^{-1}, inferior al valor medio de los observados desde 1994 (0,05 mg kg^{-1}). A lo largo del periodo de estudio, el máximo (0,18 mg kg^{-1}) se observó en otoño de 1998, sin embargo, en ningún caso se ha superado el límite legal para consumo, 0,5 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 60% de los casos se ha superado la norma de calidad ambiental (20 µg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

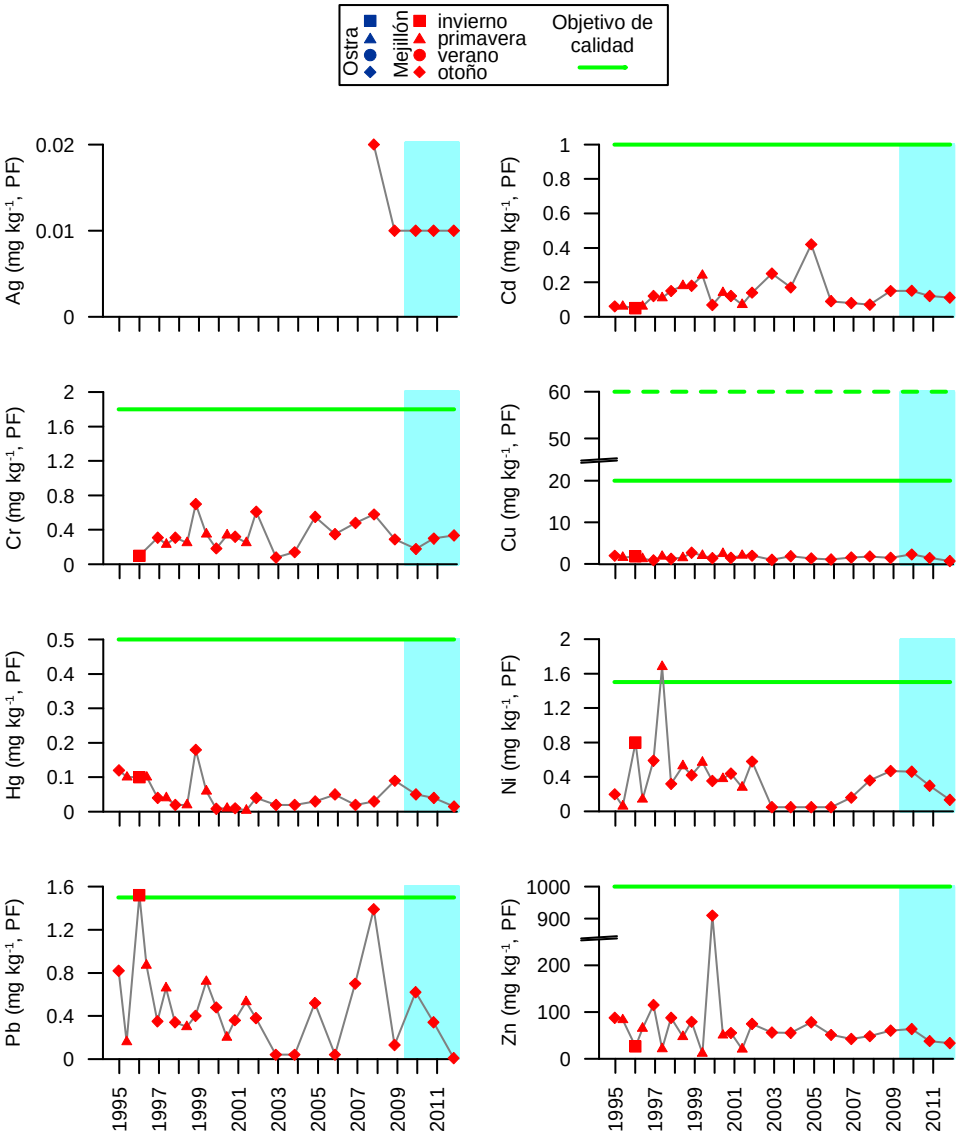


Figura 35 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-M10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

El níquel muestra en 2011 (0,13 mg kg^{-1}) una concentración inferior a la observada en 2010 (0,30 mg kg^{-1}). Aunque para el níquel no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. Este valor sólo se ve superado por la concentración máxima observada en primavera de 1997 (1,68 mg kg^{-1}).

La concentración de plomo presenta una elevada variabilidad temporal en esta estación sin presentar una tendencia dominante. En otoño de 2011 se observa una concentración de 0,007 mg kg^{-1}, la mínima desde 1994. Sólo la concentración observada en invierno de 1996 (1,52 mg kg^{-1}) supera el límite legal establecido para el consumo (1,5 mg kg^{-1}).

En cuanto al zinc, la concentración observada en otoño de 2011 (34 mg kg^{-1}) es inferior al promedio del período 1994-2011 (91 mg kg^{-1}). Dado que la máxima concentración de zinc se observó en otoño de 1999 (910 mg kg^{-1}), a lo largo del seguimiento en ningún caso se ha superado el límite legal (1.000 mg kg^{-1}, actualmente no vigente), pero sí el valor de referencia dado por el CIEM, 600 mg kg^{-1}.

La concentración de plata, se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007. En 2011 la concentración observada es inferior al límite de detección (0,01 mg kg^{-1}).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener unos objetivos de calidad.

En el caso de los policlorobifenilos (PCBs) se han sumado los 7 congéneres analizados, con objeto de poder compararlos con otros lugares. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las comparaciones son difíciles de realizar, debido a que el número de congéneres analizados no es constante en los estudios realizados en otras zonas geográficas.

En la Figura 36 se observa que la concentración de PCBs en los moluscos ha descendido desde el año 2005, encontrándose en los últimos años en niveles próximos al límite de determinación. Los valores guías que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 a 5 ppm. Si setoma como valor límite 2 ppm (2000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs medidas a lo largo del periodo de estudio (máximo de 173 µg kg^{-1} en 1994) están muy alejadas de este valor.

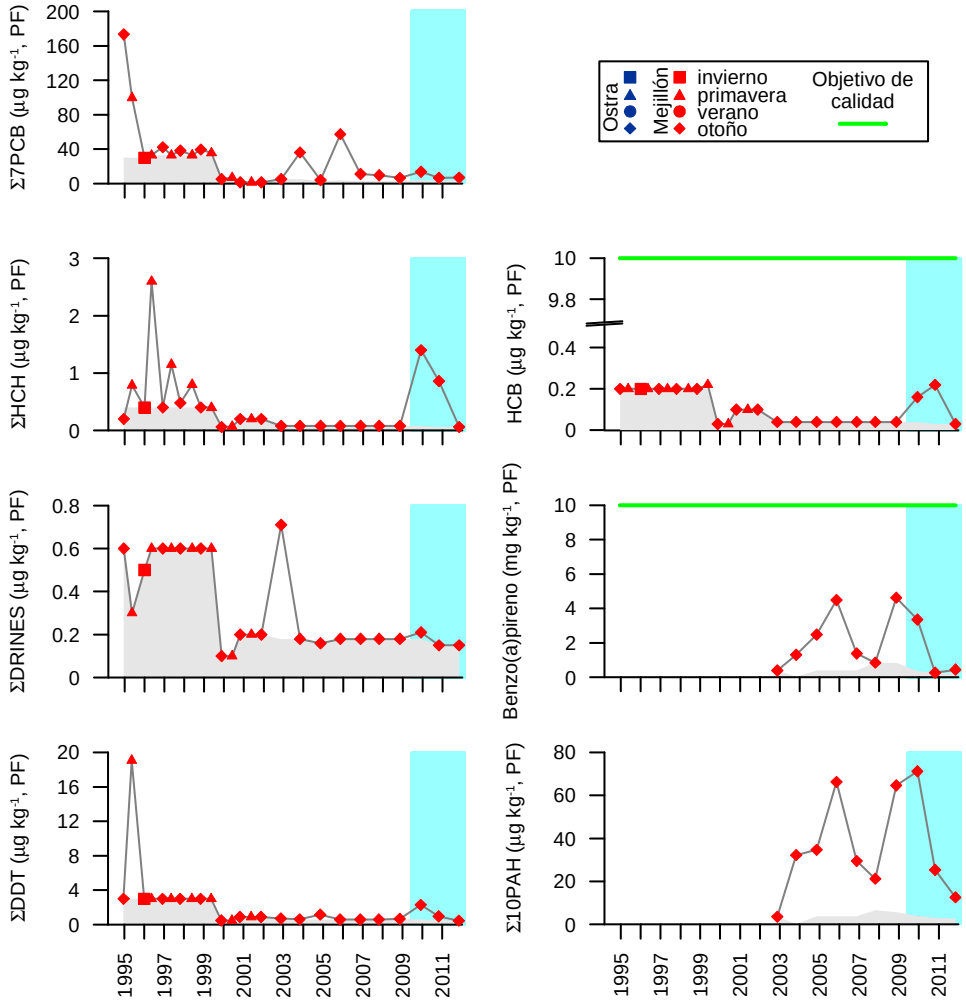


Figura 36 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-M10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de DDT corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). En los últimos años las concentraciones observadas se encuentran próximas a los límites de detección o por debajo de ellos. A lo largo del periodo de estudio la concentración de DDT más elevada se dio en primavera de 1995, cuando se alcanzó el valor de 19 µg kg^{-1}. Así, las concentraciones determinadas en esta estación son muy inferiores al objetivo de calidad considerado (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}).

La concentración de HCH corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). Tanto en 2009 (1,36 µg kg^{-1}) como en 2010 (1,36 µg kg^{-1}) el lindano ha superado los límites de detección correspondientes, alcanzando concentraciones superiores a las de años anteriores; sin embargo, en 2011 la concentración observada en esta estación es inferior al límite de detección. La concentración más elevada de HCH en el estuario del Barbadún se midió en primavera de 1996: 2,6 µg kg^{-1}. Teniendo en cuenta que el objetivo de calidad -sólo para el lindano- es 200 µg kg^{-1}, las concentraciones medidas

en esta estación se encuentran muy por debajo de dicho límite.

Las variaciones observadas en la concentración de HCB a lo largo del periodo de estudio se deben, en general, al cambio en el límite de detección. Así, sólo en la primavera de 1999, en otoño de 2009 y en otoño de 2010 se superan los límites de detección correspondientes y se alcanzaron los valores de 0,22, 0,16 y 0,22 µg kg^{-1}, respectivamente. Estos valores son inferiores al objetivo de calidad propuesto para este compuesto, 10 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones de los drines (aldrín, dieldrín, e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, el sumatorio de (10) PAHs muestra una elevada variabilidad temporal, pero sin un patrón definido. La concentración de benzo(a)pireno en la campaña de 2011 (0,45 µg kg^{-1}) está próxima al límite de detección y es inferior al máximo permitido para el consumo (10 µg kg^{-1} peso freso) según el Reglamento (CE) n°1881/2006.

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación podría ser de Zona tipo B (apta para marisqueo destinado a depuración), según el derogado Real Decreto 571/1999.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al*., 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (Borja *et al*., 2003). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en el estuario del Barbadún la clasificación general sería de no contaminado. Se puede considerar que existe contaminación ligera por cromo.

La concentración de PCBs y otros compuestos orgánicos estudiados rara vez superan de forma destacada los límites de detección, por lo que se puede considerar que, en general, los moluscos del estuario del Barbadún no están contaminados por estos compuestos.

2.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

De acuerdo con la metodología expuesta en el Tomo 1, las estaciones E-M10 y E-M5 en 2011 están en 'Muy Buen Estado' físico-químico. Así, entre 1994 y 2011 la estación E-M10 presenta una tendencia estadísticamente significativa a la mejora ($p<0,05$). En el caso de la E-M5 también se observa cierta tendencia, en este caso al empeoramiento, la cual es significativa entre 2005 y 2011 (Figura 37). En cualquier caso, a pesar de la tendencia observada en esta estación, el estado físico-químico se ha mantenido en muy buen estado dentro del periodo anteriormente señalado.

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, los valores medios de todas las variables medidas en las estaciones E-M5 y E-M10, cumplen en 2011.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias, es aceptable para la estación E-M5 y bueno para la estación E-M10 (Tabla 58).

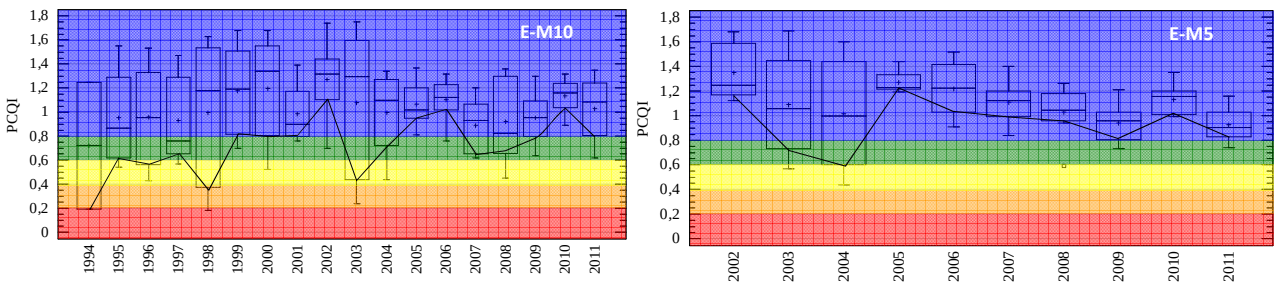


Figura 37 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-M10 y E-M5 de la masa de agua de transición del Barbadun. La línea negra representa el percentil 25 del PCQI para cada año. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-M5	E-M10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	0,0053	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,8	0,195	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,8	0,5	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,10	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	15	2,8	No cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,047	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1	0,75	Cumple
Estado Quimico				No alcanza	Bueno	No alcanza
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	85,0	27,600	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	4,8	10,35	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Aceptable	Bueno	Aceptable

Tabla 58 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Barbadún en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011, en esta masa de agua no se alcanza el buen estado químico (Tabla 43) por presencia de plomo en agua, volviendo al estado de incumplimiento observado en 2008 y 2009 por plomo en aguas (Tabla 59).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	No alcanza buen estado	Pb
2009	No alcanza buen estado	Pb
2010	Bueno	-
2011	No alcanza buen estado	Pb

Tabla 59 Estado químico de la masa de agua de transición Barbadún en los años 2004-2011.

2.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

En este estuario en 2008-2009 se han estado realizando obras de restauración de la zona de CLH, sin embargo, en estos años la actuación no ha alterado de manera significativa su morfología ni el intercambio de agua entre el estuario y la zona marina, ni las corrientes o mareas, por lo que su situación puede calificarse de Muy Buena (cumple), para este elemento.

En todo caso, conviene recordar (ver informe de presiones e impactos, Borja et al., 2004e) que este estuario perdió mucha de su superficie original debido a los terrenos ganados al mar por Petronor y CLH, por lo que la recuperación de parte de estos terrenos a la marisma podría mejorar su funcionalidad.

De hecho, a lo largo de 2007-2009 se han ido eliminando estructuras de esta empresa, que en el futuro darán lugar a la recuperación de la zona, aunque en 2008-2009 han producido alteraciones en la biota.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 3 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL NERBIOI INTERIOR

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 3 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL NERBIOI INTERIOR 77

3.1 Resumen estado ecológico. Nerbioi interior 79

3.2 Estaciones de muestreo 82

3.3 Macroinvertebrados bentónicos 83
3.3.1 Parámetros estructurales 83
3.3.2 Calidad biológica 85

3.4 Fauna ictiológica 86
3.4.1 Estructura y composición de la comunidad 86
3.4.2 Calidad biológica 87

3.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 88
3.5.1 Fitoplancton 88
3.5.2 Macroalgas 92

3.6 Indicadores fisicoquímicos 92
3.6.1 Caracterización físico-química en aguas 92
3.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 98
3.6.3 Evaluación del estado 104

3.7 Indicadores hidromorfológicos 107

3.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. NERBIOI INTERIOR

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta masa de agua.

La presión directa ejercida por la población es destacable en el caso del estuario del Ibaizabal, ya que recibe la influencia directa de 833.395 habitantes que residen en los términos municipales por los que pasa, los cuales ocupan una superficie de 230 km^2. Esto supone el 73% de la población total vizcaína y el 39% de la población de la CAPV (que vive en un área que representa tan sólo el 10% del territorio). El 42% de la población adscrita a esta masa de agua (353.078 habitantes) se encuentra empadronada en Bilbao (41 km^2).

Respecto a la actividad industrial, la masa de agua del estuario del Ibaizabal es la que cuenta con mayor número de establecimientos (65.337; 38% de la CAPV y 75% de Bizkaia) y de empleos (288.198; 36% de la CAPV y 71% de Bizkaia). Más de la mitad de los establecimientos (33.579) y de los empleos (150.696) corresponden al municipio de Bilbao. Por sectores, se repite la tónica general: comercio, hostelería y transportes representan más del 45% de los establecimientos, mientras que industria y energía no llegan al 10%. Respecto a los establecimientos industriales, hay que destacar la industria química y siderúrgica, junto con los astilleros.

Respecto a actividad portuaria, debe destacarse que el puerto de Bilbao se encuentra situado en parte la masa de agua correspondiente Nerbioi interior, si bien los mayores impactos se dan en la parte exterior.

Respecto a la ocupación por suelo no urbanizado ni industrial, destaca la correspondiente al estuario del Ibaizabal con 23.171 Ha, de las que el 34% (7.851 Ha) corresponde a suelo improductivo y el 25% a suelo forestal con arbolado denso. La capital Bilbao, es precisamente la principal responsable de tal superficie de suelo improductivo, con 1.863 Ha.

Los aliviaderos de tormentas suponen la presión más importante en número (118 aliviaderos; 24% de las presiones identificadas para la masa de agua). A los aliviaderos les siguen, en número, las estructuras de regulación del cauce (diques y escolleras, principalmente) con 85 tramos identificados (17%) y, por supuesto, los asentamientos portuarios (84 presiones; 17%). En este sentido, hay que recordar que prácticamente todo el estuario del Ibaizabal funciona como un gran puerto, con todas las presiones que conlleva tal asentamiento: amarres, fondeaderos, señalizaciones, canalizaciones, obras, dragados y vertidos del material dragado, etc. También son importantes en número, aunque su abundancia relativa no es tan alta, algunas infraestructuras (59), vertidos de aguas residuales urbanas (34), astilleros, rampas y varaderos (33), zonas de almacenamiento (28), vertidos de origen industrial (19) y algunas tomas de agua (14).

Globalmente la presión en la masa de agua es alta. Esta masa de agua es la que más presiones recibe de todo tipo en el País Vasco, aunque fundamentalmente provienen de:

- Elevado desarrollo industrial (de carácter diverso, con plantas químicas, siderúrgicas, energéticas, de alimentación, etc.), que produce vertidos ocasionales y permanentes en el estuario (un total de 19 identificados, con un volumen del 56,2% de los 225,6 10^6 m^3 a^{-1} que se vierten a la masa de agua). Esto produce zonas con sedimentos altamente contaminados. Hay que hacer notar que estos volúmenes se han ido reduciendo progresivamente en los últimos años, tras la realización del estudio de presiones.
- De la gran presión urbana, que se traduce en canalización del cauce y vertidos importantes de la depuradora de Galindo (así como otros 33 más). El volumen de vertido urbano representa el 43,7% del total, si bien se ha ido reduciendo progresivamente en los últimos años. Además, a partir de 2000 se cuenta con una depuración biológica, que se ha traducido en mejoras importantes en elementos biológicos (como el bentos) y en concentración de contaminantes, nutrientes, etc.; y
- De la presencia de 5 puertos (en realidad todos ellos contenidos en el puerto de Bilbao, y la mayoría en la masa de agua del Nerbioi exterior), que conlleva canalización, sedimentos dragados, introducción de especies alóctonas, etc.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE) determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, no se alcanza el buen estado químico en ninguna de las estaciones (Tabla 60). De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los más recientes, así desde 2004 de forma global no se ha alcanzado el buen estado químico (Tabla 61).

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección materiales y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los tres puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en las sustancias prioritarias y especificas, es aceptable en las tres estaciones (Tabla 60). En cambio, el estado físico-químico, basado en los elementos de soporte de los biológicos, es bueno en E-N10, deficiente en E-N15 y malo en E-N17 (Tabla 62).

En la Tabla 62 se observa el resumen y diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Nerbioi interior.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-N10	E-N15	E-N17	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,017	0,014	0,02	No cumple
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,017	0,01	0,05	No cumple
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}	<LC	0,0014	<LC	Cumple
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}	<LC	0,0014	0,002	Cumple
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,021	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,025	No cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,003	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,007	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,0023	0,005	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,0023	0,010	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,4	0,233	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,09	0,4	0,5	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,38	1,36	1,09	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,5	0,7	1,0	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,1	1,5	16,038	No cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,6	1,3	1,075	Cumple
Estado Quimico				No alcanza	No alcanza	No alcanza	No alcanza
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	25	15	27	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,7	1,4	1,15	Cumple
Estado Físico-Químico (Contaminantes específicos)				Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Tabla 60 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Nervión Interior en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	HCH
2005	No alcanza buen estado	Pentaclorobenceno, Cd(sedimento), Hg (sedimento)
2006	No alcanza buen estado	Pentaclorobenceno, HCH, Cd(sedimento), Hg (sedimento)
2007	No alcanza buen estado	HCH, Cd(sedimento), Hg (sedimento)
2008	No alcanza buen estado	HCH, Pb, Cd(sedimento), Hg (sedimento)
2009	No alcanza buen estado	HCH, Cd(sedimento), Hg (sedimento)
2010	No alcanza buen estado	HCH
2011	No alcanza buen estado	HCH, Hg(sedimentos), ∑(Benzo(g,h,i)perileno y Indeno(1,2,3-cd)pireno)

Tabla 61 Estado químico de la masa de agua de transición Nerbioi Interior en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-N10	B	M	MB	A	D	B	Sí	Sí	B	D	4	0.38	1.52	4
E-N15	B	M	MB	M	D	D	Sí	Sí	A	D	4	0.31	1.24	
E-N17	B	M	MB	D	D	M	Sí	Sí	A	D	4	0.31	1.24	

Tabla 62 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Nerbioi interior en 2011. Arriba, incluyendo las microalgas en el análisis, abajo, sin incluirlas.

En la masa de agua del Nerbioi interior, en la parte más interna (estación E-N10 en Deusto) la clasificación de contaminación extrema se mantenía desde el inicio de la red. En 2002, sin embargo, aparecieron organismos bentónicos de sustrato blando en el sedimento y en el 2003 se confirmó la tendencia hacia la recuperación. El estado ecológico es deficiente, al igual que ocurre en las estaciones E-N15 y E-N17. Las comunidades bentónicas indican una calidad que va mejorando en los últimos años, debido al saneamiento, especialmente tras la entrada en funcionamiento de la depuración biológica en 2001. De hecho, en 2011, todas las estaciones presentan el bentos en muy buen estado. Pero, por otro lado, tanto el estado de las comunidades de macroalgas como la presencia de contaminantes específicos, y las alteraciones morfológicas relevantes provoca que el estado ecológico sea deficiente en todo el tramo interior, aguas arriba del puente colgante. En algunos casos la calidad biológica no es tan mala como sería esperable, posiblemente debido a que el agua de mar que entra por fondo hace que los sedimentos en la zona no sean reductores (como correspondería por la situación que ocupa en la zona), sino oxidantes.

Toda esta parte interior del Nerbioi mantiene una calidad deficiente, a pesar de la evolución positiva, experimentada en los últimos años. Hay que hacer notar que esta masa de agua está calificada de Muy Modificada, por lo que habría que evaluar el Potencial Ecológico (Borja y Elliott, 2007), basado en condiciones de referencia diferentes. En este sentido, hay elementos biológicos que posiblemente no van a poder presentar nunca un buen estado, como las macroalgas, debido a la ausencia de sustratos adecuados, por lo que quizá hubiera que considerar su eliminación como elemento de control en las masas de agua muy modificadas.

En este sentido, en la Tabla 62 se incluye la valoración quitando las macroalgas, viéndose que ésta pasa de Deficiente a Aceptable. Además, desde el punto de vista químico esta parte interna es la que presenta un estado peor, tanto en aguas como en sedimentos (aunque ha mejorado en la físico-química, debido al saneamiento).

En definitiva, en el interior del estuario la calidad del bentos oscila entre deficiente y buena. El hecho de que el fitoplancton analizado en 2011 suponga un estado bueno no quiere decir que este sistema esté bien desde el punto de vista de la eutrofización o la presencia de elevadas concentraciones de fitoplancton tóxico o nocivo. De hecho, tales situaciones se suelen registrar en este estuario, si bien no es fácil que dos muestreos anuales coincidan con una situación como la señalada.

Los contaminantes presentes en aguas y sedimentos tienen algunas de las concentraciones más elevadas del País Vasco. En aguas no cumplen las normas las tres estaciones, debido a la presencia de aHCH. En el resto de estaciones ocasionalmente hay un parámetro que supera los objetivos de calidad, pero parece que en general la tendencia es positiva. Los datos obtenidos en el estuario están en consonancia con lo que sucede también en los tributarios principales, como el Ibaizabal. Sin embargo, en sedimentos no cumple Cd, Cr, Hg, Cu y Zn en E-N15 y PAH en E-N17.

Resulta interesante el hecho de que no haya una clara concordancia entre la calidad físico-química (incluida la calidad química de aguas y sedimentos) y la calidad biológica. Ésta tiende a ser mejor de lo que los valores de contaminación sugieren. Como se ha dicho antes, posiblemente se deba a la entrada de agua por fondo. En todo caso, el saneamiento y la entrada en funcionamiento de la depuración biológica han representado una importante mejoría en la calidad biológica.

En general, en esta masa de agua, se observa que toda ella está en un Estado Ecológico Deficiente (Figura 38, Tabla 62).

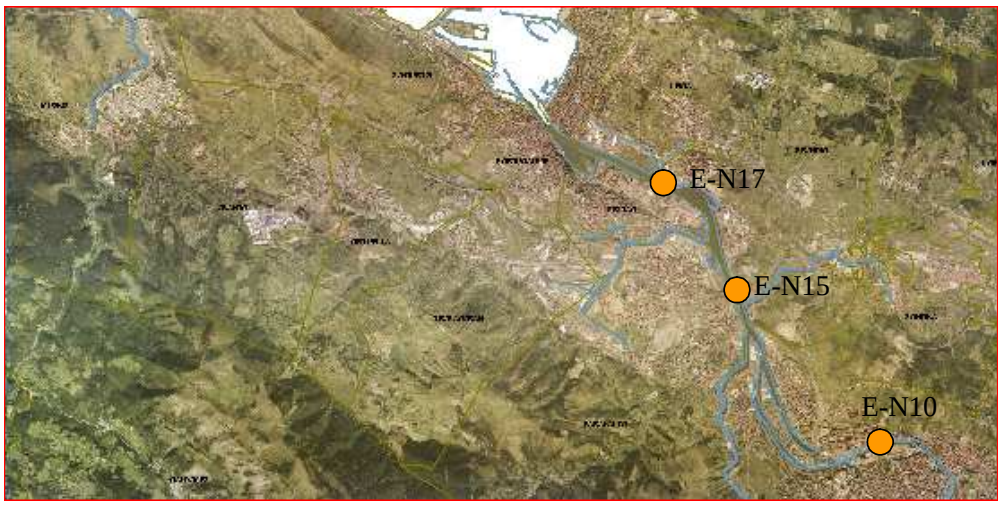


Figura 38 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la masa de agua del Nerbioi interior: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

3.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Nerbioi interior se analiza anualmente un total de 3 estaciones estuáricas. Por otro lado, en 2003, se analizaron dos estaciones para vida piscícola y 8 para macroalgas estuáricas, que se han vuelto a muestrear en 2006 y 2009. Sus posiciones y denominación pueden verse en la Tabla 63.

Código Estación	Estación	Cod_Tipo	UTMX	UTMY
E-N10	Bilbao (puente de Deusto) (Ibaizabal)	Estuarios	505054,41	4790970,69
E-N15	Barakaldo (puente de Rontegi)(Ibaizabal)	Estuarios	502217,26	4793791,78
E-N17	Leioa (Lamiako)(Ibaizabal)	Estuarios	500291,27	4796070,05
ANI	Ibaizabal (Arrastre zona interior estuario)	Estuarios (Vida piscícola)	502654,00	4792296,00
ANM	Ibaizabal (Arrastre zona media estuario)	Estuarios (Vida piscícola)	501622,02	4795327,70
ANE	Ibaizabal (Arrastre zona exterior estuario)	Estuarios (Vida piscícola)	498379,00	4797549,00
M-EN2	Ibaizabal Zona 02. Estuario Macroalgas	Estuarios (Macroalgas)	499351,71	4796417,91
M-EN3	Ibaizabal Zona 03. Estuario Macroalgas	Estuarios (Macroalgas)	500393,79	4796150,15
M-EN4	Ibaizabal Zona 04. Estuario Macroalgas	Estuarios (Macroalgas)	501602,31	4795520,56
M-EN5	Ibaizabal Zona 05. Estuario Macroalgas	Estuarios (Macroalgas)	501262,18	4794854,79
M-EN6	Ibaizabal Zona 06. Estuario Macroalgas	Estuarios (Macroalgas)	501833,88	4794391,65
M-EN7	Ibaizabal Zona 07. Estuario Macroalgas	Estuarios (Macroalgas)	502658,86	4793653,51
M-EN8	Ibaizabal Zona 08. Estuario Macroalgas	Estuarios (Macroalgas)	502420,05	4792517,36
M-EN9	Ibaizabal Zona 09. Estuario Macroalgas	Estuarios (Macroalgas)	503614,09	4790483,86

Tabla 63 Estaciones de muestreo en la masa de agua de transición del Nerbioi Interior.

3.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

3.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Nerbioi Interior, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 64.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN		
		E-N10	E-N15	E-N17
Densidad	ind·m^{-2}	1.510	4.737	7.580
Biomasa	g·m^{-2}	3,190	50,077	23,959
Riqueza	nº taxa	15	40	48
Diversidad número	bit·ind^{-1}	1,94	3,61	2,78
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	3,01	2,87	3,63
Equitabilidad número		0,50	0,68	0,50
Equitabilidad biomasa		0,77	0,54	0,65
Diversidad máxima	bits	3,91	5,32	5,58
AMBI		4,154	4,215	4,354
Clasificación AMBI		Alteración Moderada	Alteración Moderada	Alteración Moderada

Tabla 64 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Nerbioi Interior.

Las tres estaciones muestreadas presentan comunidades relativamente homogéneas, constituidas por especies que, en su mayoría, pertenecen a una de las biocenosis más características y mejor representadas de los estuario y medios afines de las costas atlánticas europeas: comunidad reducida de *Macoma* (Borja *et al.*, 2004).

La estación E-N10 es la más interna de las muestreadas en el estuario del Nerbioi, con sedimento fangoso-arenoso y valores en materia orgánica moderados (2,9%). Desde 1995 hasta 2001 no se muestrearon especies pertenecientes al macrobentos. Sin embargo, en 2002 se observó una recuperación de la macrofauna en la estación, ratificada en muestreos de años sucesivos. Así, la estación pasó de ser una zona azoica (situación anterior a 2002), a una zona de recuperación ocupada por especies oportunistas y/o características de la comunidad reducida de *Macoma.*

Las densidades registradas a lo largo de los diferentes años muestran variaciones importantes. A excepción de 2004 (5.808 ind·m^{-2}) y 2008 (2.180 ind·m^{-2}), el resto de los años las densidades presentan siempre valores inferiores a 121 ind·m^{-2}, aunque en la presente campaña de 2011 la densidad registrada es relativamente alta (1.510 ind·m^{-2}). Así mismo en, la riqueza específica presenta un valor alto (máximo de la serie) para esta estación (15 *taxa*; la media del periodo 2002-2011 es de 7 *taxa*). También la diversidad para las abundancias en relativamente alta: 1,94 bit·ind^{-1} (la media del periodo 2002-2011 es de 1,79 bit·ind^{-1}).

En la presente campaña de 2011 dominan los poliquetos *Polydora cornuta* (930 ind·m^{-2}), *Streblospio shrubsolii* (233 ind·m^{-2}), *Capitella capitata* (120 ind·m^{-2}) y *Pseudopolydora paucibranchiata* (103 ind·m^{-2}). Tres de estas especies se citan en numerosas publicaciones como especies indicadoras de polución por materia orgánica (Bellan, 1967; Grassle y Grassle, 1974; Hily, 1984; Planas, 1986; Reich, 1972, 1980; Warren, 1977) y son habituales en esta estación, especialmente *C. capitata* y *P. cornuta*.

Por otro lado, el valor estimado para AMBI (Tabla 64) es de 4,15 en 2011 (alteración moderada), con dominancia de los grupos ecológicos IV y III. Desde el inicio del seguimiento el 1995, el cambio en la calificación de la alteración medida en la estación es claro. Así, se pasa de sedimentos azoicos a presentar una comunidad moderadamente alterada a partir de 2002 (Figura 40), aunque con algunas regresiones puntuales (en 2006 y 2008, presentado valores de AMBI de alteración fuerte). Sin embargo, una vez comenzada la recolonización, la situación parece haberse estabilizado en términos de AMBI. Como ya se viene indicando en informes previos (ver Borja *et al.*, 2008), un nuevo cambio en el reparto de los grupos ecológicos, que permitiera una nueva disminución de los valores de AMBI sería una señal inequívoca del éxito de los planes de saneamiento que se están incorporando en el estuario del Nerbioi. Esto ya se ha detectado en el seguimiento que se realiza para el Consorcio de Aguas (Borja *et al.,* 2009d).

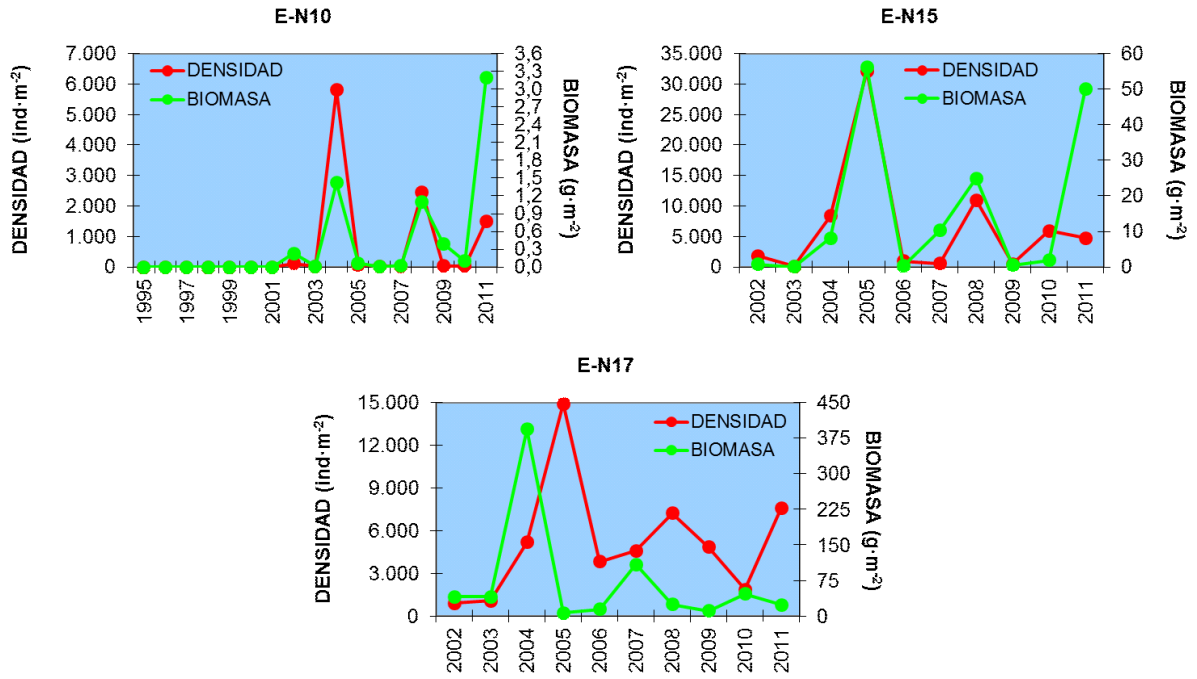


Figura 39 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-N10, E-N15 y E-N17 (Nerbioi Interior).

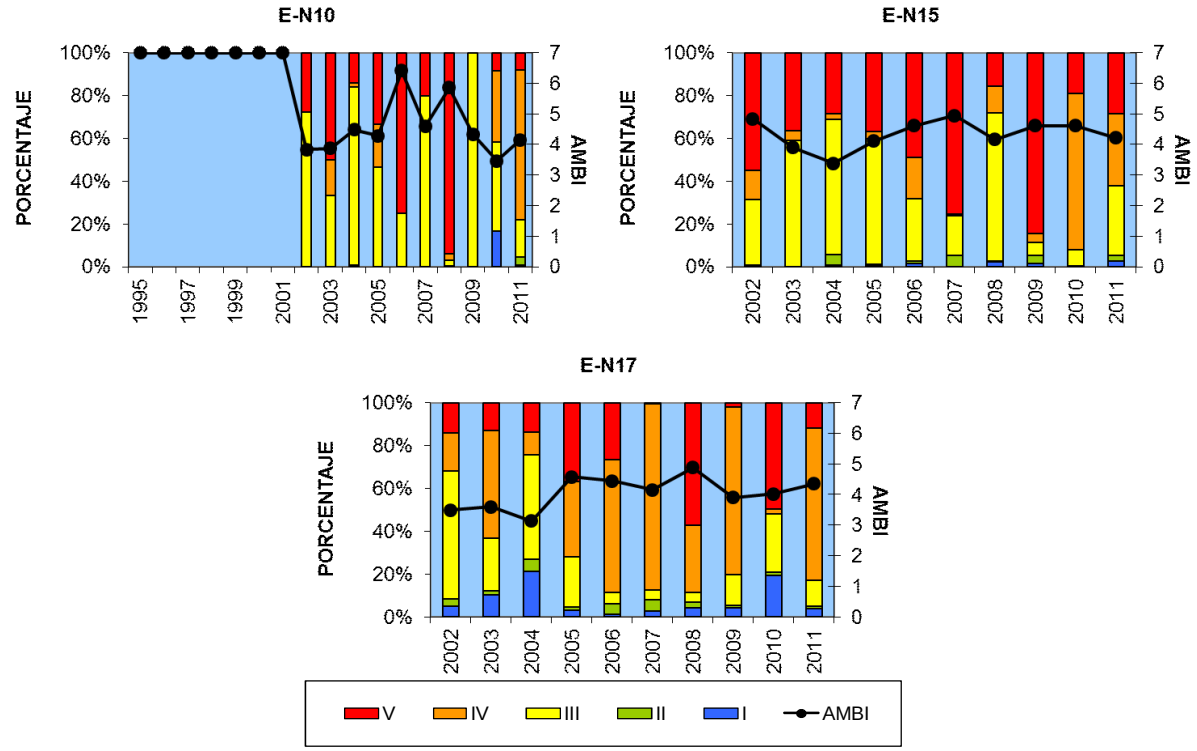


Figura 40 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-N10, E-N15 y E-N17 del Nerbioi Interior.

La siguiente estación (E-N15), relativamente próxima a la anterior, presenta sedimentos con alto contenidos en limos y arcillas y contenidos moderdos en arenas. El porcentaje en materia orgánica es mayor que en la estación anterior (6,0%).

La comunidad de esta estación está más estructurada que la estación analizada anteriormente. Tanto la densidad (4.737 ind·m^{-2}; máxima en 2005 con 28.848 ind.m^{-2}) como la riqueza específica (40 *taxa*) son superiores a los de la estación E-N10 (Tabla 64, Figura 39). Esta riqueza específica es la más alta de todo el periodo de seguimiento (el anterior máximo fue de 36 *taxa* en 2008, con una riqueza media para todo el periodo de estudio de 18 *taxa*).

Destacan por sus abundancias el poliqueto propio de medios enriquecidos en materia orgánica *C. capitata* (1.320 ind·m^{-2}), el grupo de los nematodos (520 ind·m^{-2}), *Chaetozone gibber* (497 ind·m^{-2}), *P. cornuta* (480 ind·m^{-2}), *S. shrubsolii* (410 ind·m^{-2}), *Corbula gibba* (303 ind·m^{-2}) y *Abra prismatica* (240 ind·m^{-2}).

La biomasa es muy alta (50,1 g·m^{-2}) debido a la aportación a la misma de las especies *Venerupis decussata* (17,6 g·m^{-2}), *Cerastoderma edule* (11,7 g·m^{-2}) y *Venerupis philippinarum* (6,1 g·m^{-2}).

Dado el buen reparto de abundancias de las especies dominantes, la diversidad para este parámetro adquiere valores altos (3,61 bit·ind^{-1}; media del periodo 2002-2011, 1,96 bit·ind^{-1}), como la equitabilidad (0,68).

La codominancia de los grupos ecológicos III, IV y V hace que la estación quede clasificada como moderadamente alterada (AMBI=4,22). En este caso, la tendencia de la estación a largo plazo no es clara, ya que tras una progresiva disminución de los valores de AMBI entre 2002 y 2004, se detecta un nuevo incremento hasta alcanzar en 2009 y 2010 valores de AMBI similares a los del inicio del seguimiento (Figura 40). Sin embargo, se mantiene la calificación de alteración moderada a lo largo de todo el seguimiento.

La estación E-N17, tercera de las muestreadas en el estuario del Nerbioi, está localizada más cerca de la desembocadura que la anterior. Presenta un sedimento fangoso con altos contenidos en materia orgánica (7,8%).

La comunidad que habita en ella presenta a lo largo de todo el periodo de estudio (*i.e.*, desde 2002) una riqueza específica alta. En dicha estación se encuentran algunas de las especies encontradas en las dos estaciones anteriores (E-N10 y E-N15), además de otras especies que no aparecían en las mismas, mostrándose una complejización paulatina de la estructura de la biocenosis a medida que se avanza hacia la desembocadura.

Así, la riqueza específica registrada en 2011 (Tabla 64) es la máxima de todo el periodo de estudio (48 *taxa*; media del periodo 2002-2011, 33 *taxa*) y la diversidad para las abundancias es relativamente alta en comparación con las campañas previas y con otras estaciones estuáricas (2,78 bit·ind^{-1}; media del periodo 2002-2011, 2,52 bit·ind^{-1}).

La densidad de la comunidad es de 7.580 ind·m^{-2} (máxima, 13.184 ind·m^{-2} en 2005; mínima, 896 ind·m^{-2} en 2002) y la biomasa, de 24,0 g·m^{-2} (máxima, 393,5 g·m^{-2} en 2004; mínima, 896 ind·m^{-2} en 2002) (Tabla 64).

En E-N17 domina el anélido poliqueto *P. cornuta* (3.880 ind·m^{-2}), propio de medios contaminados por materia orgánica. También muestran densidades altas el grupo de los oligoquetos (783 ind·m^{-2}), los poliquetos indicadores de enriquecimiento orgánico *P. paucibranchiata* (660 ind·m^{-2}) y *Polydora* sp. (587 ind·m^{-2}), el anfípodo *Monorophium acherusicum* (253 ind·m^{-2}) y el isópodo *Cyathura carinata* (237 ind.m^{-2}), entre otras especies.

Como ha ocurrido otros años, en esta estación todos los grupos tróficos están representados, lo que puede considerase un indicio de un buen aprovechamiento de los recursos que presenta el ecosistema de la estación.

A partir de 2004, se detecta en esta estación un incremento de la densidad relativa de especies adscritas al grupo ecológico IV (oportunistas de segundo orden), que pasan de representar el 11% de la comunidad al 87% en 2007 (Figura 40). Este incremento se produjo principalmente a costa del grupo ecológico III, pero también a costa de especies oportunistas de primer orden (grupo ecológico V), lo cual permitió que, tras un primer incremento de AMBI (de 3,1 a 4,6 entre 2004 y 2005), se observara una estabilización con valores próximos a 4 en los años siguientes. A partir de 2007, el reparto entre grupos ecológicos ya no es constante y las dominancias van cambiando entre el GE IV y el GE V, sucesivamente. Así, la presente campaña vuelve a dominar el GE IV (71% de los efectivos de la estación), reemplazando al GE V, que dominó en 2010.

Por tanto, sería importante mantener la vigilancia en la estación para tratar de determinar si existe alguna nueva presión que justifique esta inestabilidad o si, por el contrario, en un futuro próximo se fija un nuevo reparto entre GEs más estable.

3.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las tres estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

La estación E-N10 presenta **Muy Buen Estado**, con una tendencia temporal positiva desde el inicio del seguimiento (Figura 41). Esta tendencia respalda la clasificación por juicio de experto del estado ecológico del bentos en las campañas de 2003 a 2005, modificando el Buen Estado o Muy Buen Estado (según los valores de M-AMBI), por el Mal Estado a Estado Aceptable definitivo.

La estación E-N15 presenta también **Muy Buen Estado**, con una evolución temporal irregular desde el inicio del seguimiento en 2002. Con respecto a las campañas de 2009 y 2010 se aprecia una clara mejora, por la que la estación pasa de Estado Aceptable (en el límite con Estado Deficiente en 2009) a Muy Buen Estado

en la actual campaña de 2011 (Figura 41). Como ya se indicó en el informe correspondiente a la pasada campaña de 2010, no se observa una tendencia temporal clara, ya que la estación mantenía la misma calificación desde el inicio del seguimiento en 2002 hasta 2007, salvo por los incrementos de M-AMBI en 2004, 2005 y 2008, que permitieron clasificar la estación en Buen Estado y el incremento de la presente campaña de 2011. Por ello, se considera conveniente esperar a disponer de los resultados de la próxima campaña de 2012 antes de poder concluir si efectivamente el incremento actual del valor de M-AMBI responde a una mejora en las condiciones ambientales del compartimento bentónico o si, por el contrario, se trata de un nuevo incremento puntual del valor de M-AMBI debido a la propia variabilidad del sistema o a algún artefacto del muestreo y el análisis posterior de las comunidades.

Por último, la estación E-N17 presenta **Muy Buen Estado** (Figura 41). La estación mantuvo la calificación de Buen Estado desde el inicio de su seguimiento en 2002 hasta la pasada campaña de 2010, con momentos puntuales en los que la calificación alcanzó valores de M-AMBI de Muy Buen Estado (campaña de 2004) o cercanos a éste, como ocurriera en la campaña de 2009. Excepcionalmente en 2007 se registraron valores de M-AMBI de 0,54, en el límite con Estado Aceptable. Así pues, al igual que se ha comentado para la estación E-N15, resulta aconsejable esperar a los resultados de la próxima campaña de 2012 antes de asegurar que se esté produciendo una mejora real de la calidad de la comunidad bentónica de la estación.

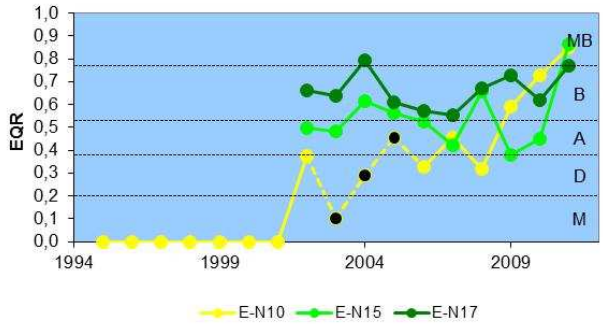


Figura 41 Evolución de M-AMBI para las estaciones estuáricas de la masa de agua de transición del Nerbioi Interior. En negro, los casos en los que se aplica juicio de experto.

3.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

3.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Desde el año 2007, el informe de la Red de Vigilancia y Control de las Aguas del País Vasco introduce una novedad: el análisis y el estudio se hace por tipo de masa de agua y no por cuenca hidrográfica como se venía haciendo los años anteriores. Así, el estuario del Nerbioi se analiza de manera separada en dos masas de agua de transición diferenciadas: por un lado, la masa de agua de transición del Nerbioi exterior, y por otro lado, la masa de agua de transición del Nerbioi interior (estación exterior (ANEr), media (ANM) e interior (ANI)).

Las muestras de fauna demersal fueron recogidas durante la campaña de campo del 2009. Por tanto, en este informe se reanalizan los datos obtenidos con anterioridad mediante la metodología actualizada que ha sido explicada en el Tomo 1 (cambios establecidos en relacióna a las tipologías: en las masas de agua de Tipología III el análisis tempora se hará en función de los peces, excluyendo los crustáceos).

A su vez, en esta masa de agua existen datos obtenidos en muestreos de años anteriores. En concreto, datos de los años 2003 y 2006 pertenecientes al estudio "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco" (Borja *et al.*, 2004; 2007), así como datos pertenecientes al Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia (estaciones complementarias a la red de calidad) obtenidos entre los años 1989 y 2010 (Franco *et al.,* 2011) y 2011 (datos aún sin publicar).

El total de especies identificadas en los muestreos de la Red de Calidad fue de cuatro taxones en 2009, seis en 2006 y siete en 2003, siendo todas ellas especies habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad.

A su vez, el total de especies registradas en los muestreos realizados para el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia fue de valores mínimos a principios de los años 90 (tres especies en 1989, dos en 1990, uno en 1994 (el mínimo)), valores medios entre 1999 y 2002 (entre siete y nueve especies) y desde 2003 en adelante, un aumento progresivo y significativo de la riqueza de especies (más de 11 taxones, con máximos de 17 en 2008 y 2010).

Destaca el hecho de que en 2009, ninguna especie presenta una distribución total por toda la masa de agua. En los muestreos de 2003 y 2006, el único taxón distribuido a lo largo de toda la masa de agua fue *Pomatoschistus* sp. (cabuxino).

Por último, en cuanto a la evolución de los parámetros estructurales (diversidad, abundancia, densidad, riqueza) se observa que en la estación media (ANM) estos decrecen gradualmente y que el tramo exterior (ANEr) vuelve a obtener valores bajos similares a 2003. En el caso del tramo interior (ANI), el valor del número de individuos y densidad en 2009 es el más bajo de los tres años de estudio, la riqueza se mantiene igual a 2006 y la diversidad muestra una ligera mejoría.

3.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica. Para ello, se han utilizado los datos obtenidos en las campañas realizadas en 2003, 2006 y 2009 para la Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco (Borja *et al*., 2004; 2007; 2010)

En la Tabla 65 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio en la red de calidad (años 2003, 2006 y 2009).

Estación/año	ANEr			ANM			ANI		
Parámetros	2003	2006	2009	2003	2006	2009	2003	2006	2009
Riqueza	1	1	1	3	1	-	3	3	3
Esp. Indicadoras contaminación	5	5	5	5	5	-	5	5	5
Especies introducidas	5	5	5	5	5	-	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	-	5	5	5
Peces planos	1	1	1	3	3	-	1	1	5
Omnívoros	1	1	1	1	1	-	5	1	1
Piscívoros	1	1	1	1	1	-	1	1	1
Especies residentes (nº)	1	3	1	3	3	-	3	3	3
Especies residentes (%)	1	1	1	1	1	-	1	1	1
PUNTUACIÓN	21	23	21	27	25	9	29	25	29
AFI	0,33	0,39	0,33	0,50	0,44	0	0,56	0,44	0,56
CALIDAD BIOLÓGICA	D	A	D	A	A	M	B	A	B

Tabla 65 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica de peces demersales en cada una de las estaciones. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno: ≥ 0,76; Bueno: 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55; Deficiente: 0,17-0,34; Malo: ≤ 0,17. Interna (ANI) y media (ANM). AFI: AZTI's Fish Index.

En 2009, en el tramo medio (ANM) todos lo valores son nulos (no hubo captura alguna). Los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, especies indicadoras de la contaminación y salud piscícola son los que favorecen la calidad biológica, alcanzando los valores máximos en la estación externa (ANEr) e interna (ANI). La riqueza y el número de especies residentes alcanzan los valores mayores en el tramo interior (valor medio).

La presencia de peces planos también alcanza el valor mayor en el tramo interior (con un 5). El porcentaje de especies residentes es mínimo en los dos tramos del estuario. La composición trófica de peces demersales (relación entre omnívoros y piscívoros) alcanza valores bajos en todos los tramos del estuario (valor porcentual 1:1).

Según los rangos establecidos para la clasificación de la calidad, el tramo exterior está en un nivel **'Deficiente'**, el tramo medio en un nivel **'Malo'** y el tramo interno en un **'Aceptable'**. En el tramo exterior, el estado de la calidad biológica piscícola alcanzado en 2009 presenta un valor inferior al obtenido en 2006 y similar al de 2003. En el caso del tramo medio, en 2009 no hubo capturas por lo que el valor obtenido en 2009 es el peor de los tres años de estudio. Por último, en la estación interna también se produce una mejora de la calidad respecto a 2006, alcanzando el valor de 2003.

La Figura 42 muestra la evolución temporal de la calidad biológica en los diferentes tramos de la masa de agua.

El dragado del estuario a lo largo del año y el transporte del gasero en construcción de La Naval (de la zona de Lamiako a La Naval) llevado a cabo el mismo día del muestreo (transportado mediante siete remolcadores) ha afectado seriamente a la calidad, principalmente en la estación media (frente a La Naval). El descenso de la calidad es un claro ejemplo de respuesta ante la presión ejercida sobre el medio, aunque sea puntualmente

Para establecer la calidad biológica en peces de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1.

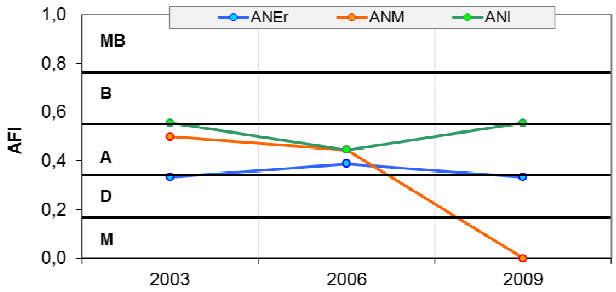


Figura 42 Valores de la calidad biológica obtenidos para cada estación entre los años 2003, 2006 y 2009. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno: ≥ 0,76; Bueno: 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55; Deficiente: 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Tramo exterior (ANEr), medio (AMN) e interno (ANI). AFI: AZTI's Fish Index.

La Figura 43 muestra la evolución de la calidad biológica en la masa de transición del Nerbioi interior entre los años 2003 y 2009. Según los rangos establecidos para la clasificación de la calidad, en 2009 el Nerbioi interior está en un nivel "**Deficiente**". La gráfica muestra una evolución desfavorable, con una pérdida gradual en la calidad desde 2003 a 2009. En 2003 y 2006 se alcanzó la calidad de "Aceptable", pero el valor alcanzado en 2003 fue superior al de 2006.

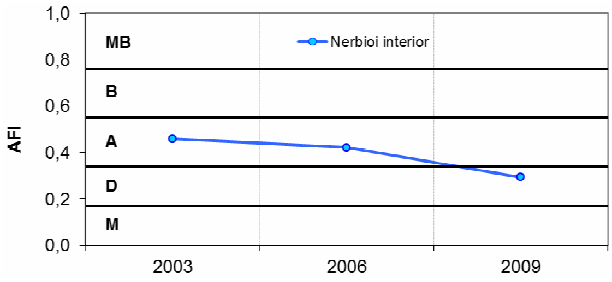


Figura 43 Valores de la calidad biológica de peces demersales obtenidos en el Nerbioi interior entre 2003 y 2009. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

3.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

3.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En el estuario del Nerbioi se midió la concentración de clorofila en cinco estaciones, en superficie y fondo. Los muestreos se realizaron en pleamar y en bajamar, con lo cual se obtuvo un total de 80 datos en 2011. Las estaciones de muestreo corresponden a dos masas de agua de transición diferenciadas: la zona interior (48 datos) y la zona exterior del estuario (32 datos). Este capítulo hará especial mención a la zona interior del estuario, el canal, donde se localizan las estaciones E-N10, E-N15 y E-N17 (situadas en este orden en dirección cabecera-desembocadura).

En la Figura 44a se muestran los datos de clorofila y salinidad obtenidos en el Nerbioi Interior. La salinidad abarcó desde 16,6 hasta 35,2 USP. Por lo tanto, el rango no fue tan amplio como en el año 2010, cuando los valores mínimos en el Nerbioi Interior fueron cercanos a los de agua dulce. Las concentraciones de clorofila (entre 0,4 y 3,6 µg l^{-1}) se encontraron en el rango habitual medido en los últimos años en esta masa de agua.

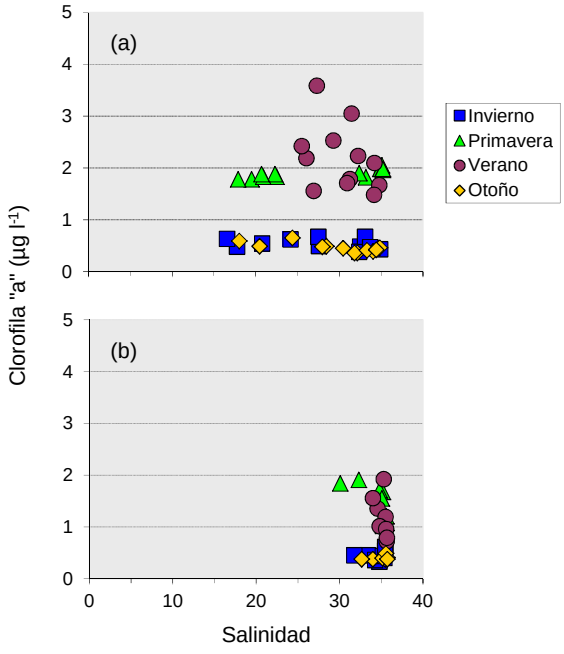


Figura 44 Variación de la concentración de clorofila con la salinidad en el estuario del Nerbioi, en las cuatro épocas de estudio durante 2011 (a) Nerbioi Interior (b) Nerbioi Exterior. Los datos son de superficie y fondo, en pleamar y bajamar

Tanto en la masa de agua interior (Figura 44a), como en la exterior (Figura 44b), la clorofila en invierno y en otoño se mantuvo en valores muy bajos (<1 µg l^{-1}).

En el Nerbioi Interior (Figura 44a), los máximos de clorofila se observaron en verano, en superficie, en las estaciones E-N15 y E-N17 (con salinidad comprendida entre 25 y 31 USP). Ello coincidió con concentraciones relativamente altas de amonio (35 µM) y fosfato (5-6 µM), características de mal estado físico-químico para aguas de dicha salinidad (Bald, 2005).

Los datos de la Figura 44 atañen tanto a las aguas de superficie, como a las de fondo. En el conjunto de los datos del Nerbioi Interior, las aguas de superficie y fondo manifestaron diferencias de salinidad (en promedio 10 UPS, y nunca menos de 3 UPS). Tales diferencias reflejan un alto grado de estratificación vertical en la columna de agua. En verano, la concentración de clorofila fue algo más alta en las aguas de superficie, que están más influidas por los aportes de agua dulce.

Para estudiar la evolución a largo plazo de la concentración de clorofila se ha calculado el valor del percentil 90 para periodos móviles de seis años (Figura 45). Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton. En las estaciones E-N15 y E-N17 se dispone únicamente de periodos completos de seis años desde 2002.

Como puede apreciarse en la Figura 45, en la estación de cabecera, E-N10 (oligohalina), el percentil presentó una tendencia de aumento desde el comienzo de la serie, en el periodo 1995-2000 (8 µg l^{-1}), hasta el periodo 1999-2004 (17 µg l^{-1}). En el periodo 2000-2005 se aprecia un brusco descenso hasta los niveles iniciales (7 µg l^{-1}). Desde entonces, se ha producido un progresivo descenso, que lo sitúa en el periodo actual en valores cercanos a 3 µg l^{-1}. En la zona media del estuario, estaciones E-N15 (polihalina) y E-N17 (euhalina), el percentil 90 de la clorofila se ha mantenido estable en valores de 4,4 y 3,6 µg l^{-1}, respectivamente (Figura 45). En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas oligo-, meso- o polihalinas este estadístico normalmente no supera los 8 µg l^{-1}. En las zonas euhalinas suele ser inferior a 4 µg l^{-1}.

La tendencia global de la clorofila en la cabecera del estuario (E-N10) es de disminución (Figura 45). Esto resulta acorde con los procesos de saneamiento de la cuenca y es similar a lo observado en las estaciones del Nerbioi Exterior (E-N20, E-N30) y en las costeras (L-N10, L-N20). Sin embargo, el incremento que se produce en la clorofila en la estación de cabecera, al comienzo de la serie, no se aprecia en aquellas otras (Figura 45).

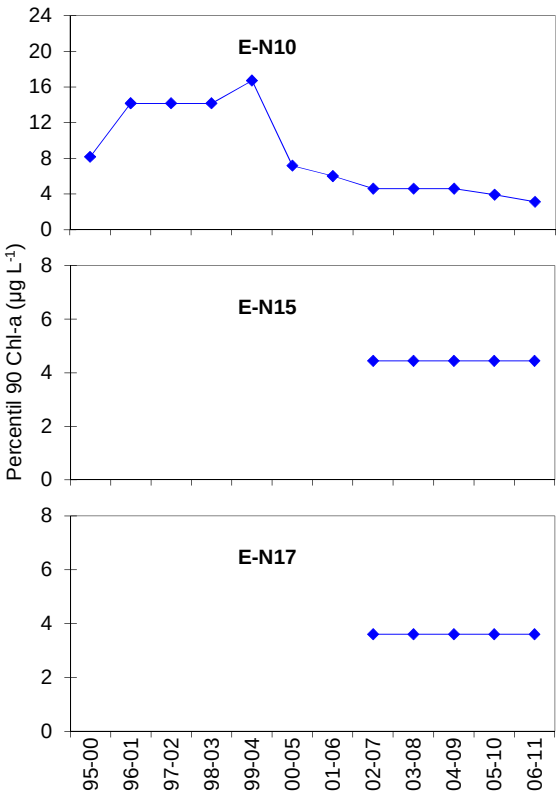


Figura 45 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Nerbioi Interior. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

En la estación de cabecera, el aumento de la clorofila al comienzo de la serie puede explicarse por la secuencia en la que se llevó a cabo el saneamiento del estuario. A partir del año 1990, aproximadamente, comenzó el tratamiento primario que produjo una mejora substancial en las condiciones ópticas de la columna de agua (aumento de la transparencia). Esto explicaría que la clorofila aumentara en la estación E-N10, donde el crecimiento fitoplanctónico habría estado antes limitado por la turbidez. El brusco descenso observado en la clorofila en el periodo 2000-2005, en la cabecera, coincide con la puesta en marcha del tratamiento biológico, que elimina buena parte del amonio (aproximadamente entre los años 2000 y 2002). En la zona exterior del estuario y en el litoral la respuesta de la clorofila a la reducción de la carga de nutrientes fue más temprana, debido probablemente a que en dichas estaciones, de carácter más marino, la biomasa fitoplanctónica se encontraba más limitada por los nutrientes que por la luz.

Hay que señalar que, aunque se aprecia una tendencia general a la mejoría en las condiciones de

eutrofia del estuario (al igual que en muchos otros aspectos de calidad ambiental), en la actualidad las condiciones ópticas son favorables para el crecimiento fitoplanctónico durante buena parte del año. Esto supone un riesgo en caso de que se produzcan vertidos ocasionales de aguas ricas en nutrientes, ya que podrían causar episodios de floraciones de alta intensidad.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 66 se muestran las variables que describen la comunidad fitoplanctónica. Las estaciones más interiores (E-N10 y E-N15) se muestrearon únicamente en primavera y verano. La estación E-N17 se muestreó en las cuatro épocas del año. A la hora de diseñar esta estrategia se tuvo en cuenta el carácter euhalino de la estación E-N17, que implica características más similares a las aguas del litoral, donde las poblaciones de fitoplancton pueden mantenerse en invierno y otoño, al estar menos influidas por la turbidez y los arrastres fluviales.

La abundancia fitoplanctónica en el Nerbioi Interior mostró una fuerte estacionalidad y una marcada variabilidad espacial. En invierno y otoño se midieron los valores mínimos (<300.000 células l^{-1}). En primavera y verano la densidad estuvo comprendida entre 2 y 13 millones de células por litro. Los valores máximos se midieron en las estaciones de la zona media (E-N15 y E-N17).

Estación			E-N17
Fecha			16/02/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})			271
Diversidad (bit/cel)			2,8
Riqueza (Nºespecies)			14
Estación	E-N10	E-N15	E-N17
Fecha	30/05/2011	30/05/2011	30/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	3.536	12.574	8.666
Diversidad (bit/cel)	2,8	2,9	3,1
Riqueza (Nºespecies)	16	18	21
Estación	E-N10	E-N15	E-N17
Fecha	13/09/2011	13/09/2011	13/09/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	2.071	11.087	9.303
Diversidad (bit/cel)	1,2	2,0	1,9
Riqueza (Nºespecies)	14	23	13
Estación			E-N17
Fecha			16/11/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})			127
Diversidad (bit/cel)			3,0
Riqueza (Nºespecies)			10

Tabla 66 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Nerbioi Interior. Los datos son de superficie, en pleamar.

Las comunidades de invierno y otoño (sólo estudiadas en la estación E-N17) fueron bastante heterogéneas en composición. Los organismos con mayor abundancia (del orden de 10^4 células l^{-1}) fueron diatomeas pennales, criptofitas (*Teleaulax* spp.), así como formas flageladas y cocoides no identificadas.

En primavera se observaron floraciones de carácter mixto en las estaciones E-N15 y E-N17. Así, destacaron con abundancias ≥1 millón de células: clorofitas (*Chlamydomonas* cf. *cocoides*), diatomeas de pequeño tamaño (*Skeletonema* spp.) y criptofitas (*Hemiselmis* spp.). En la estación de cabecera dominaron las criptofitas de los géneros *Hemiselmis* y *Teleaulax*, junto con diatomeas centrales de pequeño tamaño (hasta 15 µm).

En verano, las diatomeas (también de pequeño tamaño celular) fueron el grupo dominante en las tres estaciones del Nerbioi Interior (80% de la abundancia total). Un taxón de 4-5 µm sin identificar presentó densidades entre 1 y $5{\cdot}10^6$ células l^{-1}. Además, *Leptocylindrus minimus* estuvo en densidades de 4 a $5{\cdot}10^6$ células l^{-1} en las estaciones E-N15 y E-N17.

En general los taxones dominantes en 2011 se habían identificado también en densidades relativamente altas durante el año anterior en esta masa de agua.

Hay que señalar que la diatomea *Leptocylindrus minimus* presenta estructuras silíceas que dañan las agallas de los peces si se encuentra en densidades muy elevadas. En la campaña de verano de 2010 la concentración de esta diatomea fue cercana a $3{\cdot}10^6$ células l^{-1} en las estaciones E-N10 y E-N17, y supuso $0{,}6{\cdot}10^6$ células l^{-1} en la estación E-N15.

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en anteriores informes, el fitoplancton en la masa de agua de transición del Nerbioi Interior se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 46 se muestra el valor del indicador calculado con los datos de clorofila (percentil 90, n=48). En la estación E-N10 (oligohalina) el valor resultante para este indicador en el último periodo de evaluación es 3,10 µg l^{-1}. En la estación E-N15 (polihalina) es 4,44 µg l^{-1} y en la estación E-N17 (euhalina) es 3,60 µg l^{-1}. En todas ellas, el estado en base a la concentración de clorofila se considera “Muy bueno”.

En la Figura 47 se muestra el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (frecuencia de blooms). La frecuencia en la estación E-N10 es 50,0%, en la estación E-N15 es 58,3% y en la E-N17 es 60,0%. Por lo tanto, en

las tres estaciones el estado es “Aceptable” en base a este indicador.

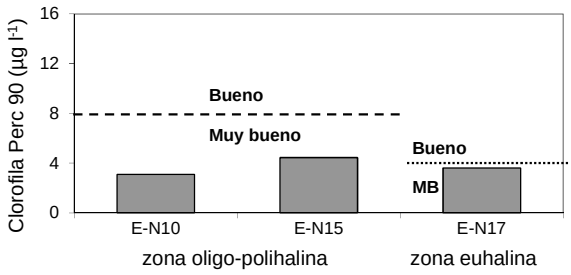


Figura 46 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Nerbioi Interior. Los datos son de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

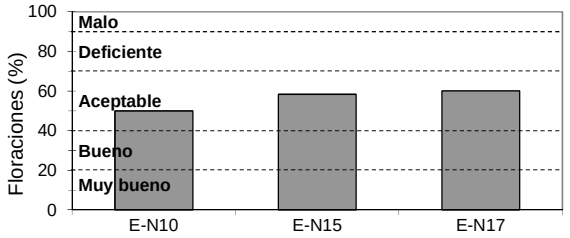


Figura 47 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Nerbioi Interior. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

Hay que señalar que el estuario del Nerbioi Interior se considera una masa de agua muy modificada debido a las alteraciones hidromorfológicas a que se ha sometido (principalmente su canalización, que ha eliminado casi la totalidad de las zonas intermareales).

Las modificaciones hidromorfológicas influyen evidentemente sobre el potencial ecológico de elementos como las macroalgas y angiospermas, pero no se conoce cómo pueden influir sobre el fitoplancton. Como hipótesis, cabe pensar que la eliminación de zonas intermareales y la profundización del cauce conducirían a un menor consumo por parte de los filtradores bentónicos, que podría llevar a un aumento de la abundancia y biomasa fitoplanctónicas. También, esas modificaciones hidromorfológicas podrían conducir a una estratificación más acentuada de la columna de agua, lo cual sería un obstáculo para que las aguas de superficie (de origen fluvial y ricas en nutrientes) se diluyeran con las de fondo (de carácter más marino y pobre). La estratificación, por lo tanto, fomentaría la producción fitoplanctónica en las aguas de superficie. Pero, también cabe pensar en tiempos de residencia del agua más cortos para la capa de superficie que, por lo tanto, favorecerían el transporte de las partículas (entre ellas el fitoplancton) hacia la costa e impedirían la acumulación de biomasa fitoplanctónica en el estuario.

Por lo tanto, de forma cautelar y ante la falta de evidencia de una relación entre el aumento del fitoplancton y las alteraciones hidromorfológicas en los estuarios, el potencial ecológico del fitoplancton podría evaluarse de forma similar al estado ecológico. En todo caso, de realizarse algún tipo de corrección disminuyendo la exigencia de las condiciones de referencia en cada indicador, se recomienda que sea como máximo un 10%.

En la Tabla 67 se indica el estado del fitoplancton en cada una de las estaciones del Nerbioi Interior, integrando los resultados de ambos indicadores. Se indican también los valores de EQR.

El estado global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 se clasifica como “Bueno” en todas las estaciones de esta masa de agua (Tabla 67).

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-N10	1,000	0,334	B (0,667)
E-N15	1,000	0,286	B (0,643)
E-N17	0,742	0,278	B (0,510)

Tabla 67 Estuario del Nerbioi Interior. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

Finalmente, en la Tabla 68 se muestra la evolución del estado del fitoplancton a lo largo de periodos de seis años, comenzando en el año 2002. Durante esta serie de años el **estado del fitoplancton** en el **Nerbioi Interior** es “**Bueno**”. No obstante, se detecta un ligero descenso en el valor del EQR de la masa de agua. Esto se debe a un aumento la frecuencia de las floraciones fitoplanctónicas.

Si la evaluación se hubiera realizado con un criterio menos exigente en las condiciones de referencia (aumentándolas un 10%), para el **potencial ecológico** del fitoplancton en el periodo **2006-2011** se obtendría también una calificación de **“Bueno”** y un valor numérico bastante similar (0,638).

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Nerbioi interior	B (0,671)	B (0,662)	B (0,659)	B (0,657)	B (0,611)
E-N10	MB	B	B	B	B
E-N15	B	B	B	B	B
E-N17	B	B	B	B	B

Tabla 68 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el Nerbioi Interior, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

3.5.2 MACROALGAS

Para su estudio la masa de agua se dividió en 8 zonas tanto en 2003, como en 2006 y 2009, numeradas del 2 al 9 desde la desembocadura al interior. Estas 8 zonas representan tres tramos del estuario, que se pueden adscribir a las estaciones E-N17 (zonas 2 a 5), E-N15 (zonas 6 y 7) y E-N10 (zonas 8 y 9), desde la desembocadura al interior.

Así, en la Tabla 69 se observan los resultados obtenidos de aplicar el método explicado en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d) para la masa de agua en las tres campañas arriba indicadas.

La calificación obtenida en 2009 es de **'Mal Estado'** para el global de la masa de agua; el mismo que en 2003 y 2006. Sin embargo, se aprecia un empeoramiento de la calidad en la zona más interior, que pasa de Estado Deficiente en 2003 y 2006 a Mal Estado en 2009 debido, básicamente, a un aumento en la cobertura relativa de especies indicadoras de contaminación.

En general, a lo largo de toda la masa de agua, destaca la baja riqueza y la ausencia de especies que no son indicadoras de alteración.

	E-N17	E-N15	E-N10	GLOBAL
2003	M	M	D	M
2006	M	M	D	M
2009	M	M	M	M

Tabla 69 Calificación obtenida para cada uno de los tramos en que se divide la masa de agua (M-EN2 a M-EN5, se adscriben a E-N17; M-EN6 y M-EN7, se adscriben a E-N15; y M-EN8 y M-EN9, se adscriben a E-N10) y para el global de la misma, en cada una de las campañas muestreadas (M=Mal Estado; D=Estado Deficiente).

3.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

3.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En la Tabla 70 se recogen los datos medios anuales para las diferentes variables básicas analizadas en la masa de agua del Nerbioi interior, en la superficie y el fondo de la columna de agua.

En el año 2011, la temperatura media del agua se sitúa entre 16,3 y 17,07° C. La diferencia entre su perficie y fondo es mayor en el interior que en el exterior debido a la influencia de la profundidad en el grado de la estratificación térmica. Recíprocamente, la diferencia de la salinidad entre superficie y fondo se reduce hacia el exterior del estuario.

Variable	Unidad	E-N10-S	E-N10-F	E-N15-S	E-N15-F	E-N17-S	E-N17-F
Temperatura	℃	16,70	17,07	16,36	16,84	16,61	16,84
Salinidad	USP	22,58	32,09	22,77	33,84	26,51	34,65
Agua fluvial	%	36,58	9,85	36,04	4,94	25,55	2,66
Saturación O_2	%	65,48	58,14	79,23	83,31	83,09	89,56
pH		7,89	7,88	8,01	8,10	8,04	8,17
Silicato	µmol.dm^{-3}	65,50		47,34		35,11	
Amonio	µmol.dm^{-3}	17,54		26,83		24,21	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	3,15		3,28		2,68	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	100,25		114,50		93,88	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	184,50		233,13		189,00	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	2,80		7,93		7,61	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	5,10		11,99		11,45	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	197,95		259,18		186,12	

Tabla 70 Masa de agua del Nerbioi interior. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico y presencia de agua de origen fluvial (F: fondo, S: superficie) en 2011.

A partir de los datos de salinidad obtenidos en la serie de muestreos del año 2011 puede observarse que la proporción de agua de origen fluvial, en superficie, disminuye desde la estación E-N10 (36,58%) hasta la E-N17 (25,55%). En las aguas del fondo también se observa una disminución de la proporción de agua dulce desde la cabecera hasta la desembocadura (de un 9,85 hasta un 2,66%). Con el incremento de la proporción de agua de mar disminuye la concentración de silicato, sustancia relacionada con los aportes terrestres, mientras que aumenta el porcentaje de saturación de oxígeno. En otras sustancias disueltas no se observa el mismo gradiente entre las aguas fluviales y marinas, e incluso se invierte la tendencia a la dilución debido a aportes

adicionales. Tal es el caso del incremento de concentraciones de amonio, nitrito, nitrato, fosfato y carbono orgánico total frecuente en el entorno de las estaciones E-N15 y E-N17. La zona cercana a la desembocadura del Galindo, refleja los aportes de la planta depuradora de las aguas residuales urbanas.En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de las fluctuaciones en el caudal. También se aprecia la influencia del estado de la marea.

Dependiendo de las condiciones de cada muestreo, las aguas de superficie aparecen mejor oxigenadas cuando se da una activación de la circulación estuárica por incremento de caudal de los afluentes, sobre todo en situaciones de fuertes avenidas.

En las masas de agua del fondo, el balance entre producción de oxígeno por fotosíntesis y consumo de oxígeno por mineralización suele ser menos favorable que en los niveles superficiales y ello da lugar a que, en ocasiones, se den valores de saturación de oxígeno disuelto inferiores (E-N10). Hay que recordar que las masas de agua del fondo se encuentran en contacto con sedimentos muy ricos en materia orgánica, lo cual conlleva una alta demanda de oxígeno, y además, la luz es atenuada por la profundidad y la turbidez de la propia columna de agua, lo cual limita la fotosíntesis. Las diferencias entre superficie y fondo en el porcentaje de saturación de oxígeno se acentúan hacia la cabecera del estuario, y se relacionan con el grado de modificación y la tasa de renovación de las aguas de fondo. Por ejemplo, en la estación E-N10 con una diferencia de aproximadamente 10 unidades de salinidad entre superficie y fondo se aprecia un valor de 65% de saturación de oxígeno en las aguas de mayor influencia fluvial (superficie) y de 58% en las aguas de mayor influencia marina (fondo).

En cuanto a la proporción entre los nutrientes, en este estuario se suele apreciar la variación en la proporción de las formas oxidadas y reducidas del nitrógeno en función de los aportes mencionados y de la concentración de oxígeno disuelto, siendo frecuente el predominio del amonio sobre el nitrato. Sin embargo, en 2011, como en años precedentes, el nitrato ha sido la forma predominante en todas las estaciones. A medida que los aportes de aguas residuales y fluviales se van diluyendo con el agua marina, la concentración de ambos nutrientes tiende a equipararse, pero, además de la dilución, en estuarios con tiempo de residencia no muy bajo también influyen procesos biológicos, como la asimilación por parte del microplancton y la nitrificación, que estará favorecida por una mayor disponibilidad de oxígeno.

En general, se observa también un exceso relativo del nitrógeno inorgánico disuelto (NID o suma de amonio, nitrito y nitrato) respecto al fosfato, sobre todo en la estación de E-N10. Este exceso de nitrógeno respecto a la relación de Redfield resulta también frecuente en otros estuarios de la costa vasca y en las aguas costeras (estaciones litorales).

En el año 2011 las concentraciones promedio de carbono orgánico total (186-259 µmol dm^{-3}) se encuentran en un rango levemente superior al registrado en la mayoría de los estuarios. La moderación de las concentraciones de carbono orgánico en el estuario del Ibaizabal refleja el efecto positivo del sistema de saneamiento sobre la calidad del agua.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles, en general, predominan las situaciones alternantes, con una distribución de tipo “dientes de sierra” en la que se observa la incidencia de la estacionalidad y de las condiciones hidrológicas.

No obstante, pueden señalarse ciertas tendencias que denotan la mejoría de la calidad físico-química de las aguas del estuario a lo largo de los últimos 16 años, pareja a las acciones realizadas en el saneamiento en la cuenca, y que ya han sido detectadas también en los estudios que se hacen para el Consorcio de Aguas (Borja *et al.,* 2009d).

En la estación más interior del estuario (E-N10) situada a la altura del puente de Deusto, la evolución temporal de las concentraciones de NID y fosfato representan claramente la respuesta a la supresión de vertidos urbanos directos en dicho tramo. Así, las concentraciones de NID, que al comienzo de la serie superaban en ocasiones el valor de 400 µmol L^{-1}, son siempre inferiores a 200 µmol L^{-1} a partir del año 2000. El fosfato, de modo similar a lo observado para la fracción del NID constituida por el amonio, muestra una tendencia descendente acorde con la disminución de los vertidos urbanos directos a la cuenca y al estuario (Figura 48). Esta tendencia es acorde con la desviación, casi total, de los aportes que recibía el estuario, a su paso por los núcleos urbanos, mediante un sistema de colectores hacia la planta depuradora de Galindo. En las estaciones E-N15 y E-N17 esta tendencia no es tan clara. Es más, destaca un aumento de aportes de fosfato a lo largo de la serie histórica (Figura 48).

En términos generales, cabe señalar que se ha reducido el número de situaciones en las que se registraban concentraciones muy elevadas de nutrientes. Estas situaciones destacaban por los elevados valores de concentración de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo total y el neto predominio del amonio frente al nitrato en las formas del NID. Los valores de las últimas series indican una reducción importante de las concentraciones totales y un mayor equilibrio entre las formas oxidadas y reducidas del NID, habiendo desaparecido prácticamente las situaciones indicadoras de desnitrificación. Los trabajos de seguimiento ambiental que realiza el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia también ponen de manifiesto esta tendencia decreciente de las concentraciones de nitrógeno en el estuario. Todos estos cambios están asociados a la reducción de vertidos directos por la puesta en marcha de las nuevas fases del Plan de Saneamiento.

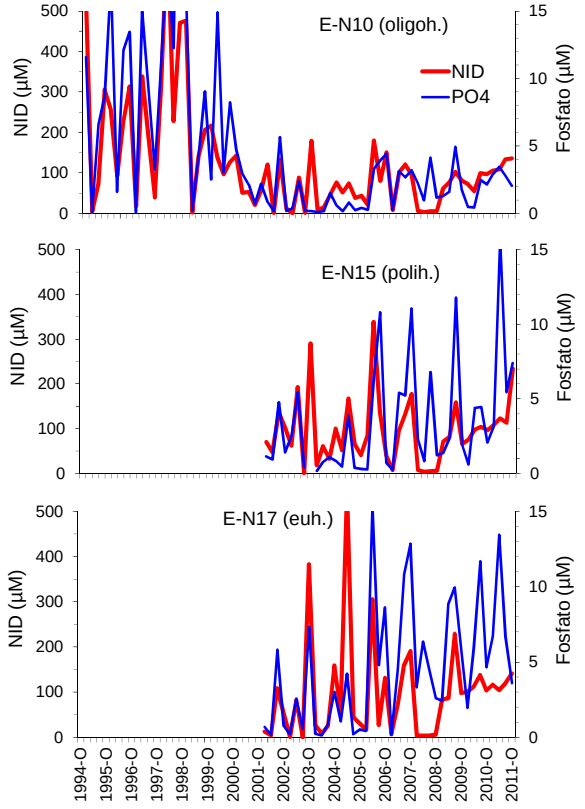


Figura 48 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en µmol L^{-1}, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en las estaciones del Nerbioi interior. O: otoño.

Asimismo, la recuperación del oxígeno se aprecia claramente en el Nerbioi interior (Figura 49). Los valores de oxígeno disuelto aumentan en las tres estaciones, si bien es cierto que la estación E-N10, situada en la cabecera del río, lo hace de manera más moderada. En los últimos años la saturación de oxígeno de las estaciones de la zona intermedia E-N15 y E-N17 ronda el 80% (Figura 49). El incremento del grado de oxigenación de la columna de agua en el estuario del Ibaizabal ha sido claramente observado en los trabajos de seguimiento ambiental realizados por AZTI para el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia (Franco *et al.,* 2003) y, si bien se trata de una tendencia constatada desde mediados de los años 90, se ha hecho mucho más evidente a partir del año 2001, tras la entrada en funcionamiento del sistema biológico en la depuradora de Galindo (ver también Borja *et al.,* 2006). Así, los episodios de hipoxia severa e incluso de anoxia, que eran frecuentes en este sistema hasta hace una década, resultan en los últimos años más ocasionales y menos intensos.

Sin embargo, en los tres últimos años se observa un descenso en los valores de oxígeno disuelto, especialmente en la estación E-N10, donde se han registrado valores inferiores al 60% de saturación.

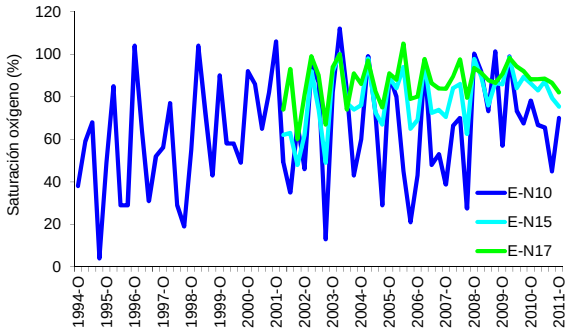


Figura 49 Porcentaje de saturación de oxígeno en la columna de agua en el Nerbioi interior (estaciones E-N10, E-N15 y E-N17). Se muestra el promedio para cada época del año (O: otoño) desde 1994 hasta 2011. La media se ha realizado con los datos tomados en superficie y fondo, y en dos situaciones de marea (pleamar y bajamar).

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie de las estaciones de la masa de transición interior del estuario del Nerbioi se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (2, 3 y 0.3 µg·l^{-1}).

En la Figura 50 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2008. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las estaciones de muestreo del estuario de la transición del Nerbioi interior (E-N10, E-N15, E-N17), hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

Las concentraciones de metales de la parte interior del estuario son ligeramente superiores a la parte exterior posiblemente debido a las actividades industriales concretas de la zona central del estuario (puente de Rontegui y Lamiako).

En la masa interior del Nerbioi no se observan tendencias bien definidas en la evolución de las concentraciones de los distintos metales. Este año 2011 en terminos generales la concentración de los metales en las estaciones E-N15 y E-N17 han subido ligeramente mientras que en la estación E-N10 se mantienen respecto al año anterior. Solamente supera el objetivo de calidad el cadmio (0,2 µg l^{-1}) en las estaciones E-N15 y E-N17 en las campañas de invierno y verano.

Con el cambio de los limites de calidad por la nueva ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en el caso del zinc donde años anteriores se consideraba que se superaba el limite estipulado entonces (30 µg.l^{-1}) ahora se podría decir que no superan esos limites en el caso de la estación E-N15 en los veranos de 2002, 2003 y 2005 (nuevo limite de calidad establecido 60 µg.l^{-1}). En los últimos años las concentraciones de zinc se podría decir que se mantienen en un rango de 15-50 µg.l^{-1} en la transición del Nerbioi interior. Este año se ha dado una subida en la estación E-N10 y E-N17, mientras que en la estación E-N15 la concentración se ha mentenido respecto al año anterior.

El Nerbioi es una de las masas de agua más importantes del País Vasco que ha sufrido importantes cambios en su morfología, pero también ha recibido importantes vertidos de contaminantes (Borja *et al.,* 2006a; Cearreta *et al.,* 2004), estando clasificada como 'masa de agua con presión muy alta'. En este estuario se han llevado a cabo importantes programas de tratamiento de aguas (Nerbioi 1990-2001) (Garcia-Barcina *et al.,* 2006).

Con objeto de ilustrar la incidencia que el saneamiento en la cuenca vertiente y en el estuario, ha tenido en la evolución de la contaminación en estas masas de agua, en la Figura 51 se muestra la evolución de la concentración de Mn y Zn en las aguas estuarinas del Nerbioi interior (estaciones E-N15 y E-N17), y en las aguas de algunos afluentes del Nerbioi (Asua, Kadagua, Gobelas y Galindo). Estos últimos datos han sido proporcionados por la Agencia Vasca del Agua para este informe. La evolución de la concentración de estos metales, en las aguas del río y en las del estuario, resultan paralelas, mostrando que el programa de tratamiento de aguas, llevado a cabo en toda la cuenca hidrográfica (García-Barcina *et al.,* 2006), es el responsable de la disminución de la concentración de estos metales.

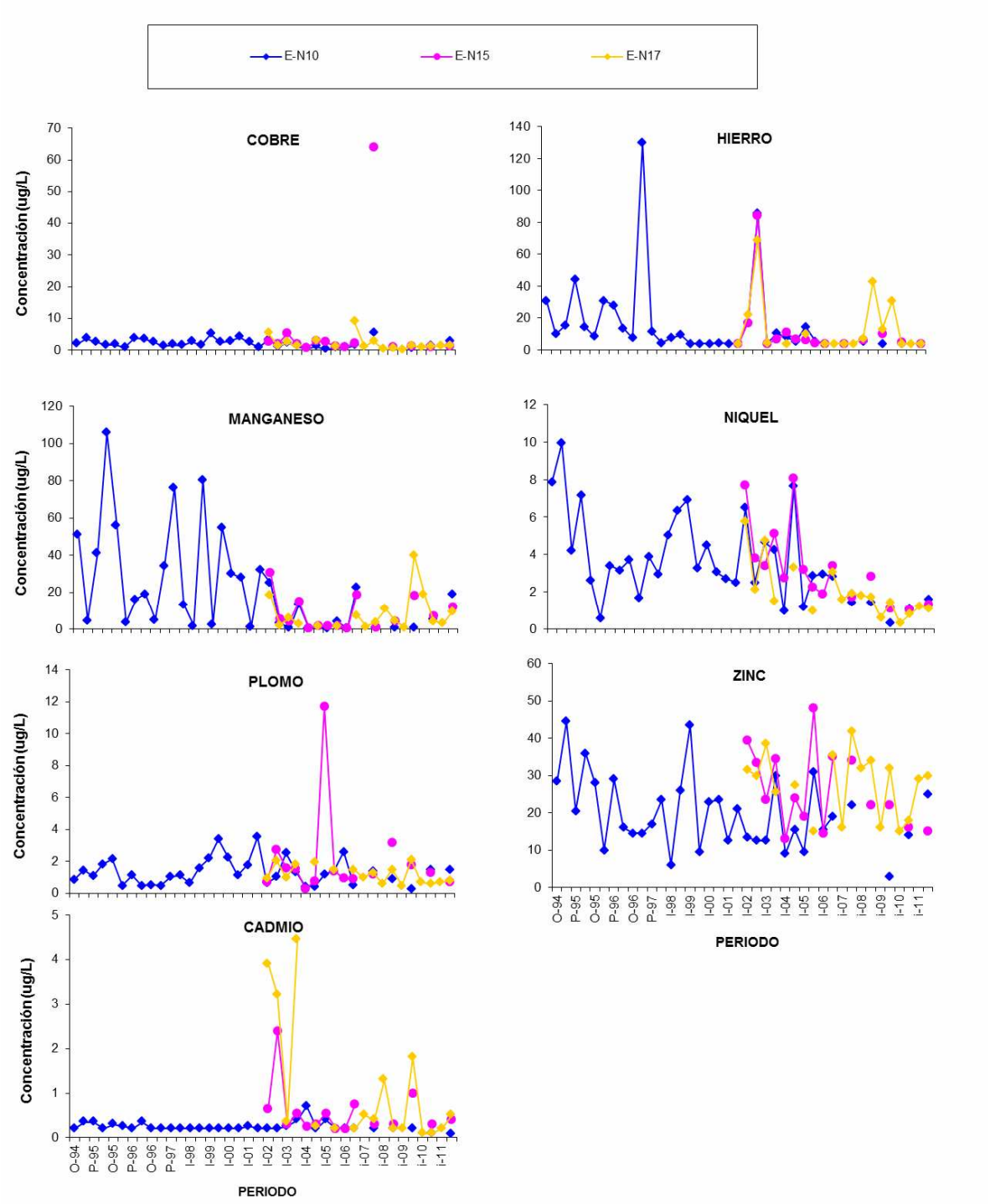


Figura 50 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones de la masa de agua de transición del Nerbioi Interior en el periodo que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2006; desde el año 2007 sólo se han tenido en cuenta los datos de bajamar.

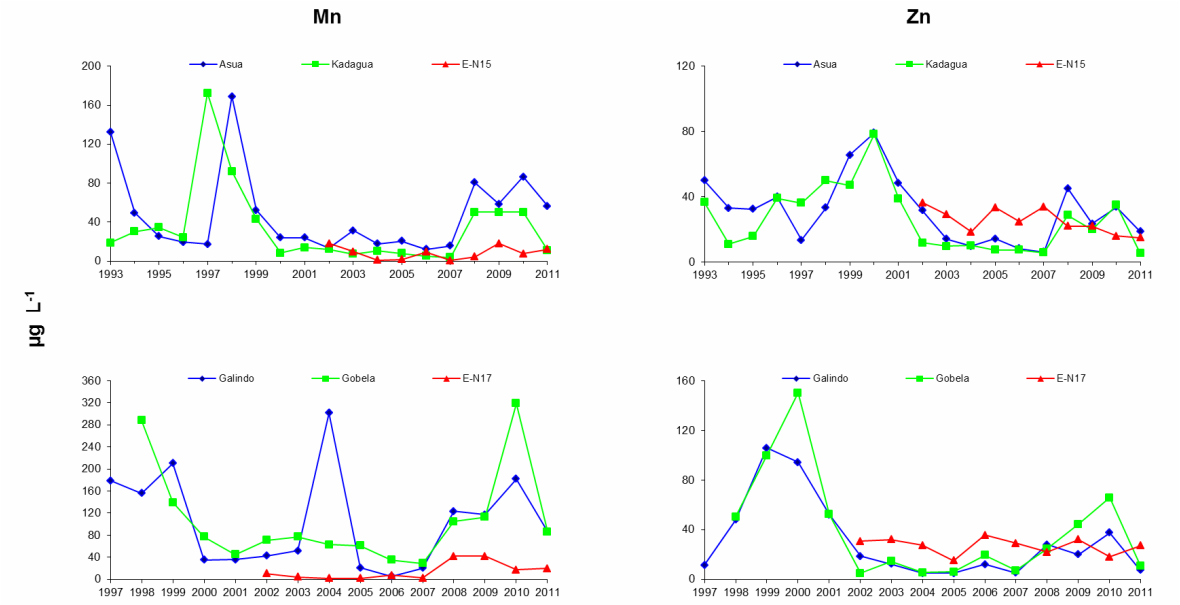


Figura 51 Comparación de la concentración media anual para Mn y Zn en aguas del estuario del Nerbioi interior y de los afluentes Asua, Kadagua, Gobelas y Galindo. Los datos de los ríos han sido proporcionados por la Agencia Vasca del Agua.

Muestreos mensuales

Se ha estudiado la evolución de la concentración de mercurio, cadmio, níquel y plomo durante todos los meses del año 2011, en la estación E-N17 correspondiente a la masa de agua de la transición interior del Nerbioi.

En la Figura 52 se puede observar la evolución mensual del año 2011 en la estación descrita anteriormente. Se han observado concentraciones de mercurio por debajo del límite de detección (0,3 µg·l^{-1}).

En el caso del cadmio se sobrepasa el objetivo de calidad (0,2 µg·l^{-1}) en todos los meses excepto en abril, mayo, agosto, octubre, noviembre y diciembre. No se observa una tendencia definida, pero los valores significativamente más altos se encuentran en la campaña de verano.

En el caso del plomo se observa una ligera subida en primavera, pero sin ninguna tendencia definida. Las medias anuales, al contrario que el cadmio, se encuentran por debajo del objetivo de calidad (7,2 µg·l^{-1}).

Respecto al níquel, se observa una tendencia ascendente en primavera y otoño sin superar el objetivo de calidad (20 µg·l^{-1}).

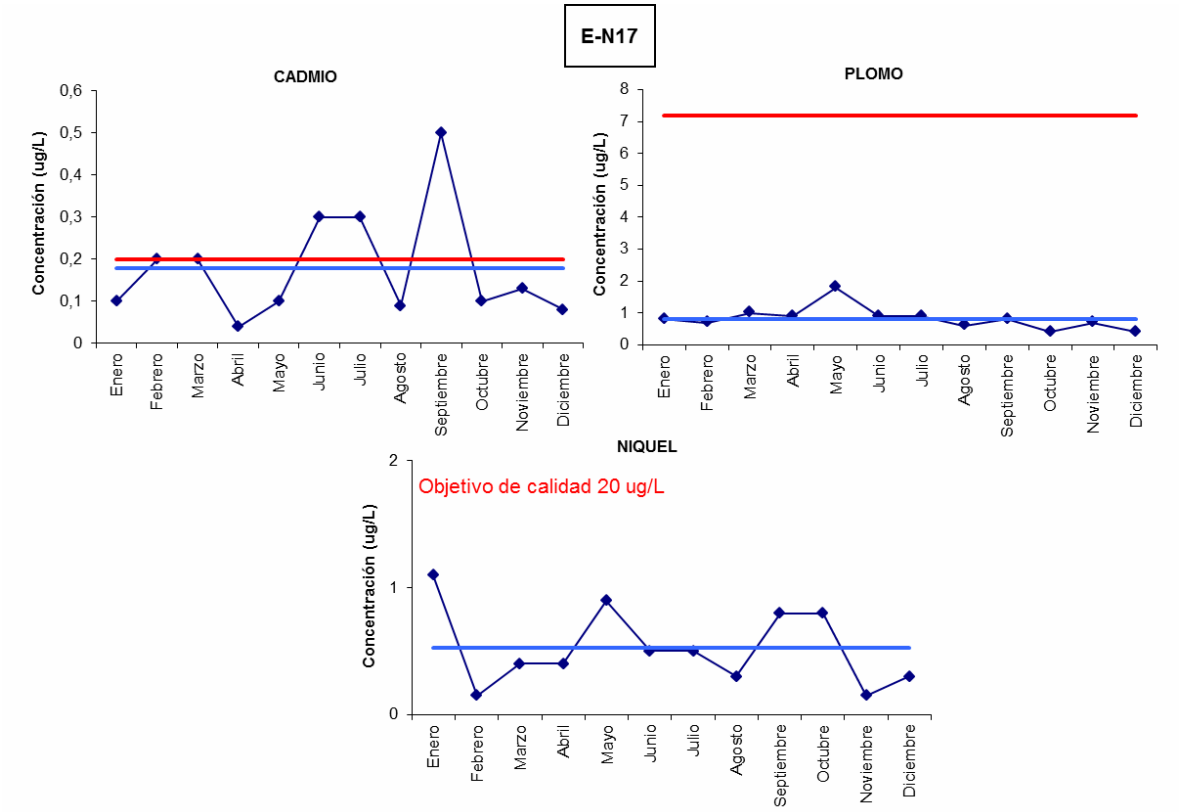


Figura 52 Evolución mensual del 2011 de la estación E-N17 para el cadmio, plomo y níquel. Donde la línea roja indica el objetivo de calidad para cada metal y la azul la media anual de los datos obtenidos.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

Este año se observan concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) para el grupo de contaminantes *PAHs*, en general para todos los congéneres estudiados de manera puntual en la estación E-N15 y de manera continuada en la estación E-N17, donde se superan el objetivo de calidad establecido en el sumatorios de Benzo(g,h,i)perileno y Indeno(1,2,3-cd)pireno.

El hexaclorociclohexano supera el límite de detección y el objetivo de calidad establecido para este compuesto (0.002 µg l^{-1}) en todas las estaciones.

Muestreos mensuales

De los resultados obtenidos de los compuestos organoclorados analizados mensualmente en la estación E-N17, el compuesto alfa- hexaclorociclohexano no cumple en ningun mes el objetivo de calidad establecido (0.002 µg·l^{-1}. La suma de los compuestos DRIN (Aldrin, Isodrín y Dieldrín) y el p-p'-DDT estan por debajo del objetivo de calidad establecido durante todo el año (0.005. y 0.010 µg l^{-1}, respectivamente).

3.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en la estación E-N10, y desde 2002 en las estaciones E-N15 y E-N17, se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado. A partir de esta información, en la Figura 53 y Figura 54 se ha establecido una evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 71 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En cuanto a la varibilidad espacial, en las campañas más recientes, la estación más interna (E-N10) presenta un sedimento con elevada variabilidad temporal en el contenido en limos, arenas, materia orgánica, y carbono y nitrógeno particulados. Por el contrario, las otras dos estaciones (E-N15 y E-N17) presentan generalmente sedimentos limosos más reducidos (valores de potencial redox más negativos) y con mayor contenido en materia orgánica.

En relación a la evolución temporal, tanto la concentración de carbono orgánico particulado (COP) como la de nitrógeno orgánico particulado (NOP) presentan una gran variabilidad temporal. Tampoco se observan patrones temporales dominantes en la relación C/N. En cuanto al contenido en materia orgánica, se aprecia una tendencia descendente discontinua.

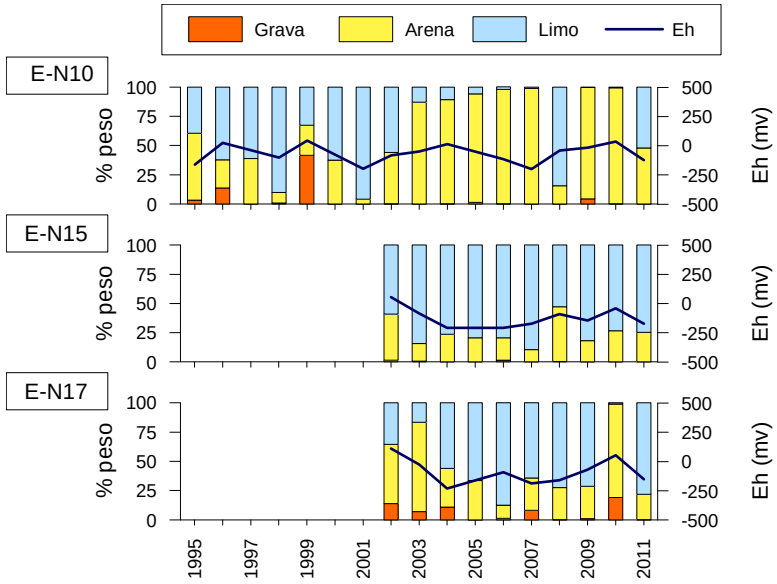


Figura 53 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos de la masa de agua de transición del Nerbioi interior (muestreos de invierno).

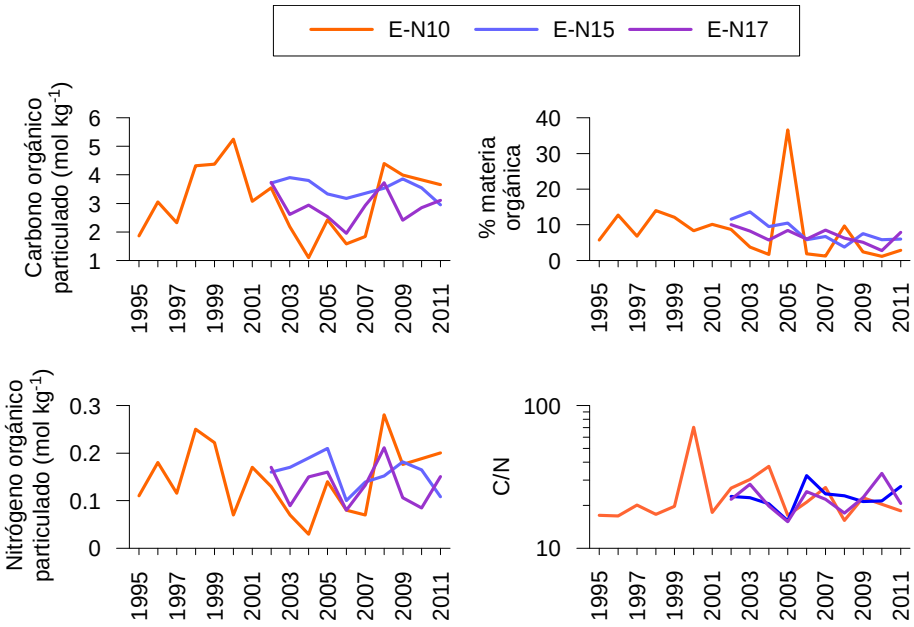


Figura 54 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos de la masa de agua de transición del Nerbioi interior (muestreos de invierno).

Estación	Grava	Arena	Limo	M.O.	Eh	C.O.P.	N.O.P.	C/N
	(%)	(%)	(%)	(%)	(mV)	(mol kg^{-1})	(mol kg^{-1})	(mol/mol)
E-N10	0,01	48,01	51,98	2,88	-122	3,67	0,20	18,3
E-N15	0,14	25,17	74,69	5,97	-171	2,95	0,11	27,1
E-N17	0,14	21,62	78,24	7,85	-151	3,10	0,15	20,6

Tabla 71 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

METALES PESADOS

En la Tabla 72 se recogen las concentraciones de metales analizados en la campaña de invierno de 2011. La estación E-N17 presenta los valores máximos de todos los metales analizados excepto Cd y Ni, cuyos máximos se localizan en la estación E-N15.

La Figura 55 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-N10, desde 1995, y en las estaciones E-N15 y E-N17, desde 2002.

El Cd, Cr y Pb presentan concentraciones promedio en las tres estaciones generalmente superiores al nivel de fondo. El Cd en la estación más interna (E-N10) muestra concentraciones inferiores a las estaciones E-N15 y E-N17, y con menor variación temporal.

La concentración de Cu y Hg presenta una notable variabilidad temporal en la estación E-N17, con promedios superiores a las otras dos estaciones. La concentración de Hg en 2011 corresponde al máximo registrado en esta masa de agua.

El Hg y el Ni presentan concentraciones promedio en los muestreos más recientes superiores al nivel de fondo en la estación E-N17 y en la estación E-N10.

El Zn presenta concentraciones promedio en los muestreos más recientes superiores al nivel de fondo en las estaciones E-N15 y E-N17.

Tal y como se indicaba en la campaña anterior, en esta masa de agua es notoria la evolución temporal paralela del Mn y el Fe. Ambos metales muestran concentraciones promedios superiores al nivel de fondo en las estaciones E-N10 y E-N17.

De forma generalizada, la estación E-N17 presenta menor variabilidad temporal en el contenido en metales (excepto Cr, Fe y Mn), con respecto a las otras dos estaciones. Aquellos metales con concentraciones promedio superiores a los niveles de fondo, no presentan una tendencia temporal dominante en ninguna de las estaciones muestreadas.

Por otro lado, en la Figura 25 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. Se observa que el Cd, Ni, Cr, Pb, Cu, Zn y Hg presentan concentraciones que superan el valor TEL (Threshold Effect Level) en la estación E-N15 y/o E-N17, indicando probilidad media de efectos negativos en la biota.

Estación	Cd ($\mu g\ g^{-1}$)	Cr ($\mu g\ g^{-1}$)	Cu ($\mu g\ g^{-1}$)	Fe ($\mu g\ g^{-1}$)	Hg ($\mu g\ g^{-1}$)	Mn ($\mu g\ g^{-1}$)	Ni ($\mu g\ g^{-1}$)	Pb ($\mu g\ g^{-1}$)	Zn ($\mu g\ g^{-1}$)
E-N10	0,72	51	58	34211	0,22	278	37,7	58	241
E-N15	1,81	85	108	26913	1,98	279	41,6	292	440
E-N17	1,39	164	832	92573	20,50	892	6,7	1608	1513
Media	1,31	100,02	332,79	51232	7,57	483	28,68	652,82	731,64
Desv. est.	0,55	57,98	433,13	35988	11,23	354	19,16	835,60	684,39

Tabla 72 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

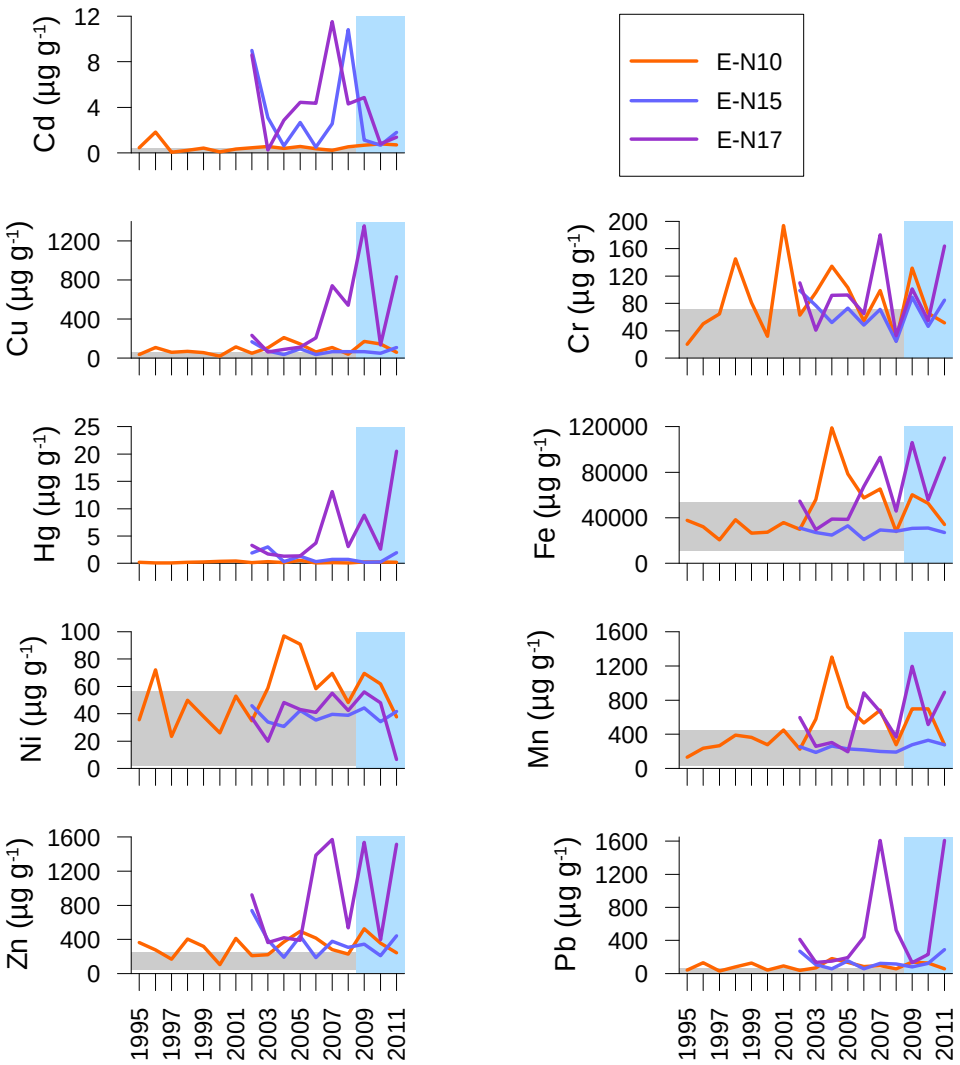


Figura 55 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento de las estaciones del Nerbioi interior. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

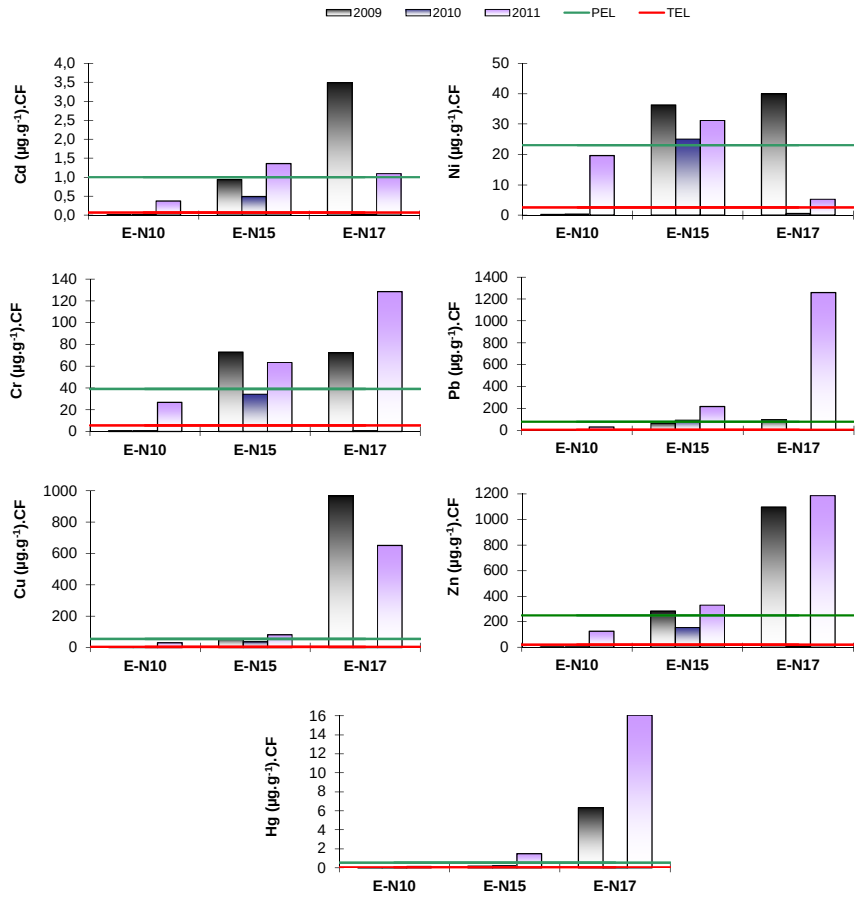


Figura 56 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Nerbioi interior, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 73 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las tres estaciones de estudio. La Figura 26 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados en la estación E-N10 (desde 1995) y la estación E-N15 y E-N17 (desde 2002).

En los años más recientes, el Aldrín y el Dieldrín muestran concentraciones próximas al nivel de determinación analítico, o inferiores a él.

Por el contrario, el DDT y sus derivados son superiores al límite de determinación analítico, pero sin superar el objetivo de calidad (*i.e.*, 46 ng g^{-1}), excepto en la estación E-N15 en la última campaña.

En el caso de los compuestos policlorobifenilos (PCBs), se observa una tendencia ascendente discontinua en las tres estaciones desde 2004, superándose puntualmente el objetivo de calidad (*i.e.*, 180 ng g^{-1}).

En relación al sumatorio de hidrocarburos poliaromáticos (PAHs), en la última campaña, ninguna estación muestra valores superiores el objetivo de calidad (44792 ng g^{1}). Además, las tres estaciones muestran una variabilidad temporal elevada, sin mostrar un patrón temporal dominante.

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-N10	<0,30	<0,30	<0,30	1,76	<1,00	<1,00	<2,00	1,17	45	407
E-N15	<0,30	<0,30	<0,30	6,15	37,13	14,36	428,32	2,94	318	4975
E-N17	<0,30	<0,30	<0,30	20,85	17,41	<1,00	162,38	35,87	633	28084

Tabla 73 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

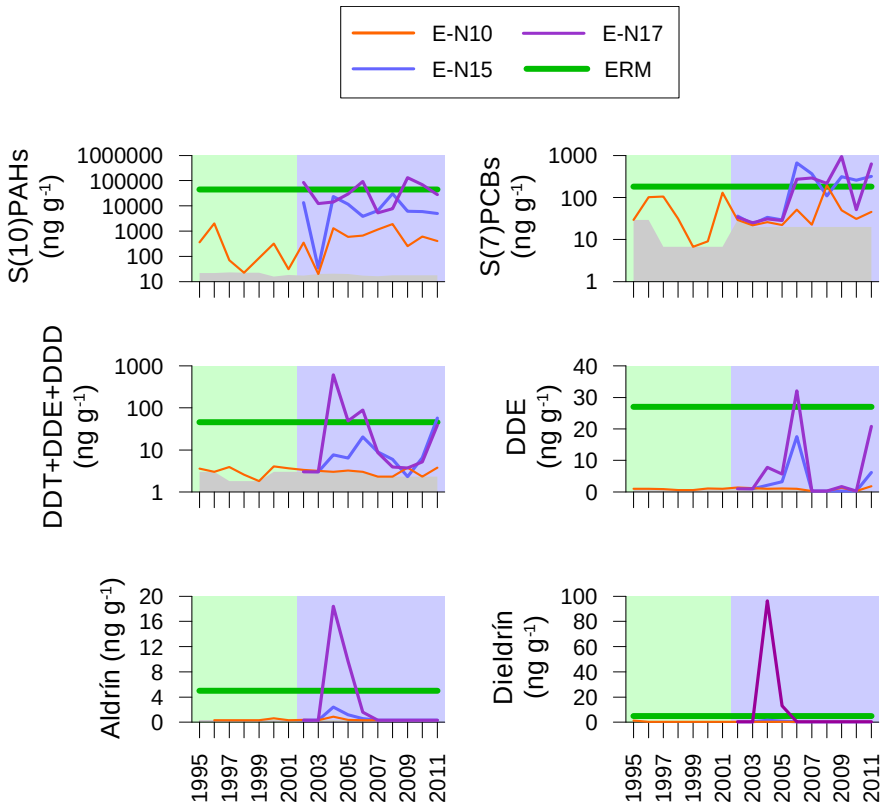


Figura 57 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAHs por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long et al., 1995).

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación en metales de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 74 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Nerbioi interior, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Según los valores de ICC globales, la estación E-N10 presenta contaminación ligera, mientras que la estación E-N15 y la E-N17 contaminación media, siendo el Cu, Hg y Pb los metales que más contribuyen al peso del ICC global.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-N10	C	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
E-N15	C	C	C	NC	CF	CL	CL	C	CL	C
E-N17	C	C	CF	CL	CE	C	NC	CE	C	C
Total	C	C	C	CL	CF	CL	NC	C	C	C

Tabla 74 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

En la Figura 58 se presenta la evolución del ICC global para la estación E-N10 desde invierno de 1995, y en las estaciones E-N15 y E-N17 desde 2003. Se observa que la estación E-N10 no se supera el valor de ICC de contaminación media (*i.e.*, ICC = 3), mientras que la estación E-N15 lo supera puntualemnte en la última

campaña. Por el contrario, la estación E-N17 generalmente supera dicho valor.

En cuanto a los compuestos orgánicos, siguiendo los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, se deduce que la estación E-N10 presenta contaminación ligera y las otras dos estaciones contaminación media.

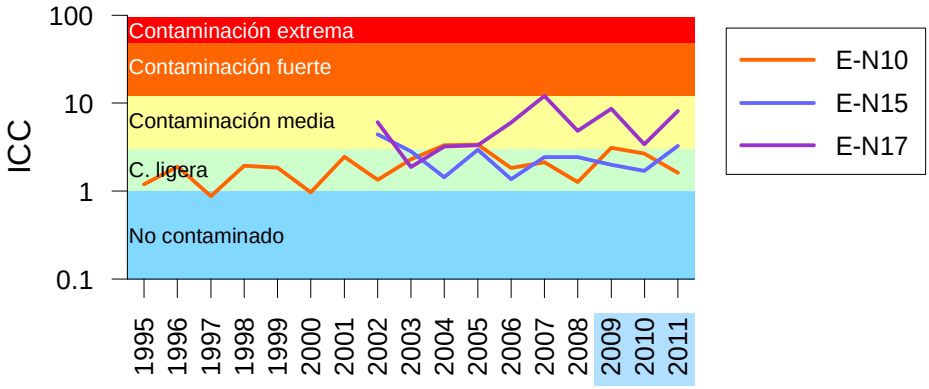


Figura 58 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

3.6.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

De acuerdo con la metodología expuesta en el Tomo 1, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como: 'Buena' en E-N10, "Deficiente" en E-N15 y 'Mala" en E-N17. Estas última estación, aunque no presenta una tendencia estadísticamente significativa, si parece mostrar cierta tendencia al empeoramiento (Figura 59). La tendencia al empeoramiento observada por Borja *et al*. (2009) en la estación E-N15 entre 2002 y 2009 ya no se observa con los datos obtenidos en 2010 y 2011. En el caso de la estación E-N10, entre 1994 y 2011 presenta una tendencia significativa a la mejora del estado físico-químico, a pesar de que a partir de 2004 se observó un ligero empeoramiento que se ha recuperado entre 2008 y 2011 (Figura 59).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, las medias de 2011 de la estación E-N10 no cumple para el porcentaje de saturación de oxígeno, mientras que las estaciones E-N15 y E-N17 no cumplen para ninguno de los nutrientes.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección materiales y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los tres puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en las sustancias prioritarias, es aceptable en las tres estaciones de muestreo (Tabla 75).

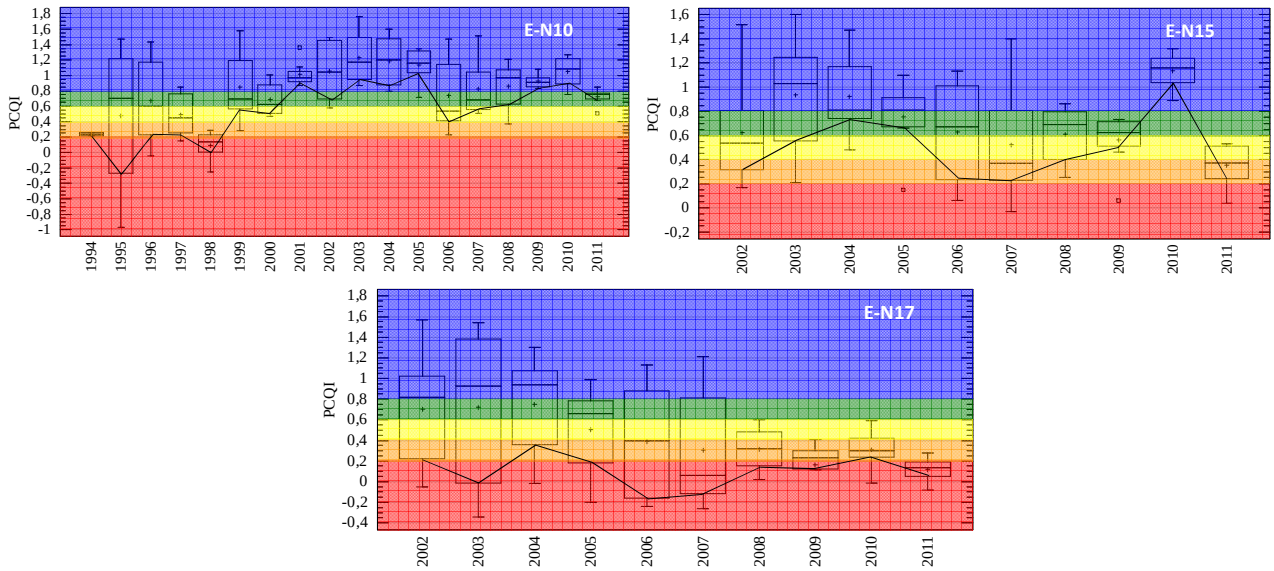


Figura 59 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-N10, E-N17 y E-N15 de la masa de agua de transición del Nervión interior. La línea negra representa el percentil 25 del PCQI para cada año en la estación de muestreo correspondiente. Se indican los rangos de calidad: azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Estado Químico

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE) determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, no se alcanza en buen estado químico (Tabla 75) en ninguna de las estaciones por presencia de hexaclorociclohexano y ∑(Benzo(g,h,i)perileno y Indeno(1,2,3-cd)pireno) en agua y Hg en sedimentos. De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los más recientes, así desde 2004 de forma global no se ha alcanzado el buen estado químico (Tabla 76).

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-N10	E-N15	E-N17	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Plaguicidas de tipo ciclodieno Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,017	0,014	0,02	No cumple
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,017	0,01	0,05	No cumple
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}	<LC	0,0014	<LC	Cumple
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}	<LC	0,0014	0,002	Cumple
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,021	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,025	No cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,003	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,007	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,0023	0,005	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,0023	0,010	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,4	0,233	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,09	0,4	0,5	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,38	1,36	1,09	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,5	0,7	1,0	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,1	1,5	16,038	No cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,6	1,3	1,075	Cumple
Estado Quimico				No alcanza	No alcanza	No alcanza	No alcanza
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	25	15	27	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,7	1,4	1,15	Cumple
Estado Físico-Químico (Contaminantes específicos)				Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Tabla 75 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Nervión Interior en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	HCH
2005	No alcanza buen estado	Pentaclorobenceno, Cd(sedimento), Hg (sedimento)
2006	No alcanza buen estado	Pentaclorobenceno, HCH Cd(sedimento), Hg (sedimento)
2007	No alcanza buen estado	HCH Cd(sedimento), Hg (sedimento)
2008	No alcanza buen estado	HCH, Pb Cd(sedimento), Hg (sedimento)
2009	No alcanza buen estado	HCH Cd(sedimento), Hg (sedimento)
2010	No alcanza buen estado	HCH
2011	No alcanza buen estado	HCH, Hg(sedimentos), ∑(Benzo(g,h,i)perileno y Indeno(1,2,3-cd)pireno)

Tabla 76 Estado químico de la masa de agua de transición Nerbioi Interior en los años 2004-2011.

3.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Este estuario es, junto al del Oiartzun, uno de los que su configuración morfológica ha cambiado drásticamente a lo largo de los dos últimos siglos. En muchos aspectos es más una 'masa de agua modificada', en el sentido de la Directiva de Aguas, que un estuario funcional, puesto que difícilmente podrán darse todos los procesos que tienen lugar en un estuario, al no disponer prácticamente de superficies intermareales, marismas, etc.

En este sentido, en los últimos años (incluido el año 2011, coincidiendo con alguno de los muestreos realizados) el Nerbioi interior se ha visto sometido a algunos dragados, por lo que respecto a los indicadores hidromorfológicos esta masa la calificamos como de 'Aceptable'.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 4 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL NERBIOI EXTERIOR

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 4 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL NERBIOI EXTERIOR 109

4.1 Resumen estado ecológico. Nerbioi exterior 111

4.2 Estaciones de muestreo 114

4.3 Macroinvertebrados bentónicos 114
4.3.1 Parámetros estructurales 114
4.3.2 Calidad biológica 115

4.4 Fauna ictiológica 116
4.4.1 Estructura y composición de la comunidad 116
4.4.2 Calidad biológica 116

4.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 118
4.5.1 Fitoplancton 118
4.5.2 Macroalgas 121

4.6 Indicadores Fisicoquímicos 122
4.6.1 Caracterización físico-química en aguas 122
4.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 126
4.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 131
4.6.4 Evaluación del estado 137

4.7 Indicadores hidromorfológicos 139

4.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. NERBIOI EXTERIOR

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en la masa de agua del Nerbioi exterior.

La presión directa ejercida por la población es destacable en el caso del estuario del Ibaizabal, ya que recibe la influencia directa de 833.395 habitantes que residen en los términos municipales por los que pasa, los cuales ocupan una superficie de 230 km^2. Esto supone el 73% de la población total vizcaína y el 39% de la población de la CAPV (que vive en un área que representa tan sólo el 10% del territorio). El 42% de la población adscrita a esta masa de agua (353.078 habitantes) se encuentra empadronada en Bilbao (41 km^2).

Respecto a la actividad industrial, la masa de agua del estuario del Ibaizabal es la que cuenta con mayor número de establecimientos (65.337; 38% de la CAPV y 75% de Bizkaia) y de empleos (288.198; 36% de la CAPV y 71% de Bizkaia). Más de la mitad de los establecimientos (33.579) y de los empleos (150.696) corresponden al municipio de Bilbao. Por sectores, se repite la tónica general: comercio, hostelería y transportes representan más del 45% de los establecimientos, mientras que industria y energía no llegan al 10%. Respecto a los establecimientos industriales, hay que destacar también el refino de petróleo, con establecimientos en Zierbana, así como la industria energética.

Respecto a actividad portuaria, debe destacarse que el puerto de Bilbao se encuentra situado en su mayor parte la masa de agua correspondiente al Nerbioi exterior. El impacto económico del transporte de mercancías a través de dicho puerto supone 419 millones de euros del PIB de la CAPV y cerca de 9.286 empleos. Presenta 286 Ha de superficie terrestres y 1.699 Ha de superficie de flotación, con 18 km de muelles y 236 Ha de superficie de almacenamiento. En cuanto a las estadísticas generales en 2003 pasaron por el puerto 3.485 buques (5% menos que en 2002), con 47.833 pasajeros embarcados (21% menos que en 2002) y 64.011 desembarcados (17% menos que en 2002). Se cargaron 7.833.816 t de mercancías (12% más que en 2002) y se descargaron 20.551.161 t (10% más que en 2002). Además, hay que mencionar los puertos deportivos existentes.

Los aliviaderos de tormentas suponen la presión más importante en número (118 aliviaderos; 24% de las presiones identificadas para la masa de agua). A los aliviaderos les siguen, en número, las estructuras de regulación del cauce (diques y escolleras, principalmente) con 85 tramos identificados (17%) y, por supuesto, los asentamientos portuarios (84 presiones; 17%). En este sentido, hay que recordar que prácticamente toda la masa de agua funciona como un gran puerto, con todas las presiones que conlleva tal asentamiento: amarres, fondeaderos, señalizaciones, canalizaciones, obras, dragados y vertidos del material dragado, etc. También son importantes en número, aunque su abundancia relativa no es tan alta, algunas infraestructuras (59), vertidos de aguas residuales urbanas (34), astilleros, rampas y varaderos (33), zonas de almacenamiento (28), vertidos de origen industrial (19) y algunas tomas de agua (14).

Globalmente la presión en la masa de agua es alta. Esta masa de agua es la que más presiones recibe de todo tipo en el País Vasco, aunque fundamentalmente provienen de:

- Elevado desarrollo industrial (de carácter diverso, con plantas químicas, siderúrgicas, energéticas, de alimentación, etc.), que produce vertidos ocasionales y permanentes en el estuario (un total de 19 identificados, con un volumen del 56,2% de los 225,6 10^6 m^3 a^{-1} que se vierten a la masa de agua). Esto produce zonas con sedimentos altamente contaminados. Hay que hacer notar que estos volúmenes se han ido reduciendo progresivamente.
- De la gran presión urbana, que se traduce en canalización del cauce y vertidos importantes de la depuradora de Galindo (así como otros 33 más). El volumen de vertido urbano representa el 43,7% del total, si bien se ha ido reduciendo progresivamente en los últimos años. Además, a partir de 2000 se cuenta con una depuración biológica, que se ha traducido en mejoras importantes en elementos biológicos (como el bentos) y en concentración de contaminantes, nutrientes, etc.; y
- De la presencia de 5 puertos (en realidad todos ellos contenidos en el puerto de Bilbao), que conlleva canalización, sedimentos dragados, introducción de especies alóctonas, etc.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, no se alcanza en buen estado químico (Tabla 77). De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más

recientes, así desde 2004 de forma global no se ha alcanzado el buen estado químico por diversas sustancias excepto en 2007 que cumplió el buen estado químico (Tabla 78).

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en sustancias prioritarias y especificas, es aceptable (Tabla 77), mientras que los elementos físico-químicos de soporte a los biológicos oscilan entre aceptable y bueno (Tabla 79)

En la Tabla 79 se observa el resumen y diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Nerbioi exterior.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-N20	E-N30	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}	0.006	<LC	Cumple
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,01	0,004	No cumple
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,03	0,004	Cumple
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+I ndeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	0,009	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,004	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,006	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	0,003	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,2	0,4	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,4	0,4	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,61	0,01	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,8	1,1	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1}/ CF	0,007 µg g-1	0,50	0,04	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,5	0,6	Cumple
Estado Quimico				No alcanza	No alcanza	No alcanza
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	14,4	13	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,53	1,7	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Aceptable	Aceptable	Aceptable

Tabla 77 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Nerbioi Exterior en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	Cd y Hg (sedimento)
2005	No alcanza buen estado	Hg (sedimento)
2006	No alcanza buen estado	HCH y Hg (sedimento)
2007	Bueno	-
2008	No alcanza buen estado	HCH
2009	No alcanza buen estado	HCH, Σ(Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno y Cd(sedimento)
2010	No alcanza buen estado	HCH
2011	No alcanza buen estado	HCH

Tabla 78 Estado químico de la masa de agua de transición Nerbioi Exterior en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-N20	B	D	MB	B	A	A	Sí	Sí	A	A	6	0.2	1.2	6
E-N30	B	B	MB	MB	B	B	Sí	Sí	A	A	6	0.8	4.8	

Tabla 79 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Nerbioi exterior en 2011.

En el Abra interior (estación E-N20) sin duda la evolución biológica inicial positiva tiene que ver con el cierre de Altos Hornos y la reducción de vertidos al estuario, junto con la mencionada depuración biológica. Ello no obsta para que ocasionalmente (1998, 1999 y 2001) puedan darse empeoramientos transitorios, asociados a otras fuentes de impacto: las obras del puerto deportivo (que pudieron modificar los fondos de los alrededores) o la progresiva concentración de vertidos de la depuradora de Galindo, que quizá pudieran llegar a esta área relativamente cercana.

En el Abra exterior la evolución puede ir ligada a eventos que están teniendo lugar en este estuario, como la progresiva entrada en funcionamiento de las fases de saneamiento y el cierre de vertidos muy contaminantes (p.ej. AHV). Por el contrario, el empeoramiento del Abra exterior a partir de 1997 puede deberse a los trabajos que se hicieron para la construcción del puerto y que ya en 1998 había adquirido su forma definitiva. Sin embargo, en 2001 tuvieron lugar los dragados para relleno del puerto, lo que ocasionó impactos perceptibles en el bentos y los peces.

En definitiva, en esta parte del estuario la calidad del bentos ha mejorado mucho. El hecho de que el fitoplancton analizado en 2009-2011 suponga un buen estado no quiere decir que este sistema esté bien desde el punto de vista de la eutrofización o la presencia de elevadas concentraciones de fitoplancton tóxico o nocivo. De hecho, tales situaciones se suelen registrar en este estuario, si bien no es fácil que dos muestreos anuales coincidan con una situación como la señalada.

Los contaminantes presentes en aguas, sedimentos y biota tienen algunas concentraciones elevadas, que hace que no cumpla por cadmio y HCH en aguas la estación E-N20 o que haya problemas de superación de objetivos de calidad en sedimentos.

En general, en esta masa de agua, se observa una gradación en el Estado Biológico desde aceptable-deficiente en la parte interna del estuario, a aceptable-buena en la parte externa (Tabla 79) En cambio, el empeoramiento de algunas variables químicas en 2009-2011 ha hecho que la valoración del Estado Ecológico baje a aceptable estos años (Figura 60). Al igual que para el Nerbioi interior, hay que hacer notar que esta masa de agua está calificada de Muy Modificada, por lo que habría que evaluar el Potencial Ecológico (Borja y Elliott, 2007), basado en condiciones de referencia diferentes. Al contrario que en la otra masa de agua, en ésta aún quedan escasos sustratos naturales donde pueden crecer las algas, por lo que quizá sirvan como elementos de control. De hecho, aunque se eliminen los datos de algas, no cambiaría la calificación final de esta masa de agua en 2011. Su gran profundidad y la renovación de la masa de agua, hace que, a pesar de sus modificaciones morfológicas, la calidad pueda llegar a ser buena permanentemente, exceptuando partes concretas de la zona portuaria.

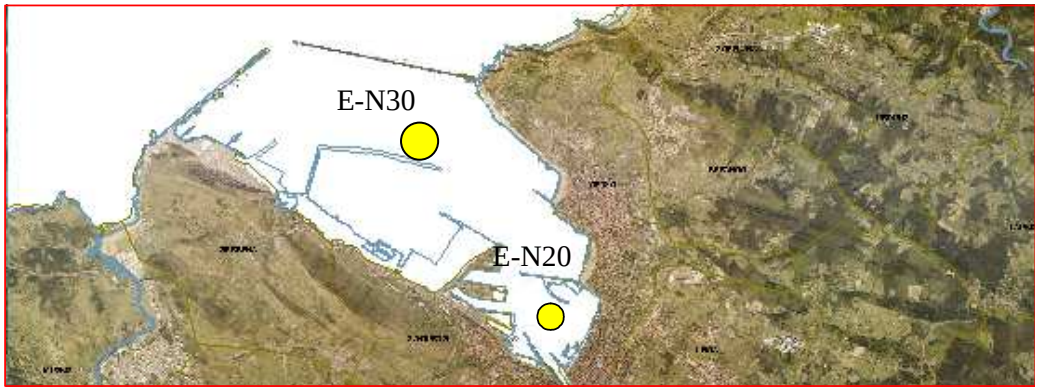


Figura 60 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la Masa de agua Ibaizabal: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

4.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Nerbioi exterior se analiza anualmente un total de 2 estaciones estuáricas y 2 estaciones de moluscos. Por otro lado, en 2003, se analizaron una estación para vida piscícola y una para macroalgas estuáricas, que se han vuelto a muestrear en 2006 y 2009. Sus posiciones y denominación pueden verse en la Tabla 80.

Código Estación	Estación	Cod_Tipo	UTMX	UTMY
E-N20	Abra Interior (Ibaizabal)	Estuarios	497919,41	4798585,74
E-N30	Abra Exterior (Ibaizabal)	Estuarios	496434,56	4801048,16
I-N10	Zierbena (Ibaizabal)	Estuarios (Moluscos)	493630,67	4800287,21
I-N20	Getxo (Ibaizabal)	Estuarios (Moluscos)	498242,23	4798838,30
ANE	Ibaizabal (Arrastre Abra exterior)	Estuarios (Vida piscícola)	493302,00	4802797,00
ANB	Ibaizabal (Arrastre Abra interior)	Estuarios (Vida piscícola)	497912,72	4798773,27
M-EN1	Ibaizabal Zona 01. Estuario Macroalgas	Estuarios (Macroalgas)	498049,11	4797785,63

Tabla 80 Estaciones de muestreo en la masa de agua de transición del Nerbioi exterior.

4.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

4.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Nerbioi Exterior, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 81.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN	
		E-N20	E-N30
Densidad	ind·m^{-2}	6.723	163
Biomasa	g·m^{-2}	42,711	1,112
Riqueza	nº taxa	73	14
Diversidad número	bit·ind^{-1}	3,90	2,91
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	3,26	1,81
Equitabilidad número		0,63	0,77
Equitabilidad biomasa		0,53	0,48
Diversidad máxima	bits	6,19	3,81
AMBI		3,15	0,69
Clasificación AMBI		Alteración Ligera	Alteración Nula

Tabla 81 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Nerbioi Exterior.

Las estaciones de la masa de agua de transición del Nerbioi Exterior presentan un conjunto de especies características de los medios marinos, lo que indica que los factores determinantes del desarrollo de tales biocenosis dependen más de las influencias marinas que de las condiciones estuáricas o fluviales.

La estación E-N20, se localiza en una zona del Abra interior. Esta estación muestra una comunidad cuya composición es característica de un ecosistema de transición entre una zona típicamente estuárica a otra con especies más características de los medios marinos. Destaca por su abundancia el poliqueto *Mediomastus fragilis* (2.107 ind·m^{-2}) que también fue la especie dominante en varios muestreos realizados en 1997, 1998, 2003, 2006 y 2007. Le siguen en dominancia los poliquetos *Notomastus latericeus* (1.123 ind·m^{-2}), dominante en las últimas campañas, y *Caulleriella killariensis* (621 ind·m^{-2}), entre otros.

La comunidad de esta estación (E-N20) muestra una densidad alta, la segunda máxima de todo el periodo de estudio (6.723 ind.m^{-2}; el máximo se registró en 2009, con 8.800 ind·m^{-2}) (Figura 61). La biomasa de la estación también es muy alta (42,7 g·m^{-2}; mínima, 0,39 g·m^{-2} en 2001; máxima, 118,8 g·m^{-2} en 2007). A nivel general, se puede observar una tendencia hacia el aumento de estos dos parámetros desde el mínimo registrado en 2001.

La riqueza específica (73 *taxa*) es muy alta en relación con otras estaciones pertenecientes a otros estuarios, así como con las registradas en años anteriores para esta misma estación (mínima, 18 *taxa* en 2001; máxima, 77 *taxa* en 2007). La diversidad para las abundancias (3,90 bit·ind^{-1}) es alta, como es habitual para esta estación.

La riqueza en los parámetros citados es indicadora de la alta estructuración de la comunidad, hecho que también queda reflejado en la composición de los grupos tróficos, todos ellos representados.

Según el índice AMBI (Tabla 81) la estación E-N20 presenta alteración ligera (3,15), con dominancia de especies tolerantes al enriquecimiento orgánico y oportunistas de segundo orden (Figura 62). La estación no presenta tendencia temporal: mantiene valores de AMBI ligeramente superiores a 3 a lo largo de todo el seguimiento, con dominancia de los grupos ecológicos III y IV.

La estación más cercana al mar de las muestreadas en el estuario (E-N30), se ha caracterizado habitualmente

por la presencia de una biocenosis más propia de los medios marinos que de los estuáricos. Como en otros muestreos, faltan aquellas especies, que se han señalado como características o típicas de estos medios (por ejemplo, *Scrobicularia plana*, *Hediste diversicolor*, *Cyathura carinata*, *Peringia ulvae*, *Streblospio shrubsolii*, *Corophium multisetosum*, etc.). En su lugar aparecen otras especies, típicamente marinas, muchas de las cuales se encuentran en las estaciones litorales de este estudio.

La densidad de la biocenosis de E-N30 (163 ind·m^{-2}) está en el rango de valores previos determinados en esta estación (36-3.268 ind·m^{-2}) (Figura 61).

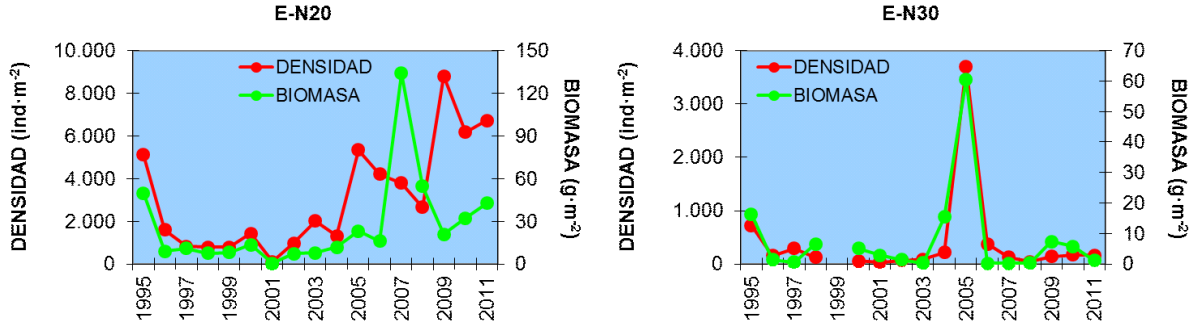


Figura 61 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-N20 y E-N30 (Nerbioi Exterior).

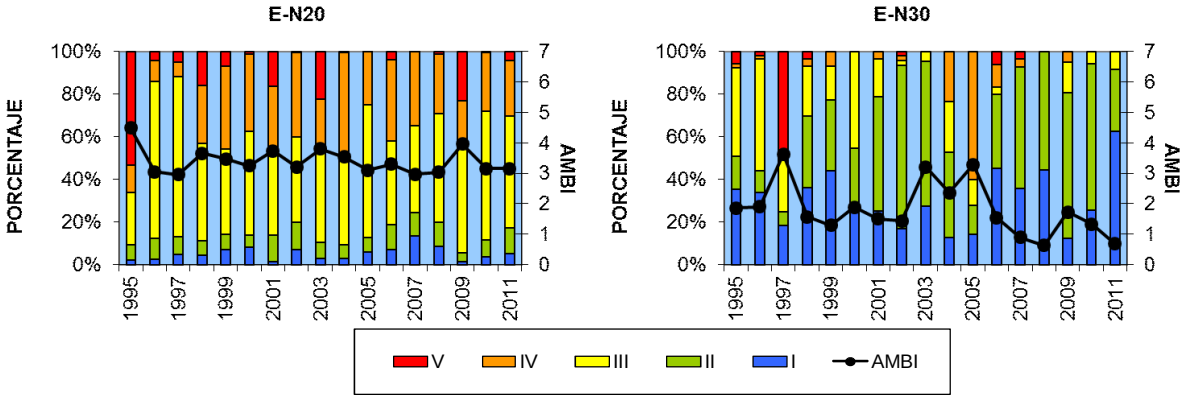


Figura 62 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-N20 y E-N30 del Nerbioi Exterior.

La riqueza específica (14 *taxa*) es muy baja en relación a los primeros años de muestreo (máxima 68 *taxa* en 2005), y la diversidad para las abundancias es moderada (2,91 bit·ind^{-1}). Por otro lado, la biomasa registrada es baja (1,1 g·m^{-2}).

La estación presenta, en función de AMBI, alteración nula (0,69) con dominancia de especies sensibles a la alteración del medio e indiferentes (Figura 62). Como la anterior, se trata de una estación con valores relativamente estables de AMBI, próximos a 1,0-1,5, en la que casi siempre han dominado los grupos ecológicos I y II, aunque parece detectarse cierta tendencia negativa (en el sentido en que los valores de AMBI son cada vez menores, por lo que la comunidad bentónica se encuentra cada vez menos alterada) a largo plazo. Destacan los picos detectados en 1997 (debido a un incremento de la abundancia relativa de oportunistas de primer orden), en 2003 (una de las réplicas resultó azoica, probablemente debido a un error en el muestreo) y en 2004-2005 (por un incremento en la abundancia de oportunistas de segundo orden).

4.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las dos estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

Por un lado, la estación E-N20 presenta **Muy Buen Estado** (Figura 63). En general, la estación mantiene dicha calificación desde el inicio de su seguimiento en 1995, aunque parece detectarse un ligero incremento de los valores de M-AMBI a partir de la campaña de 2001.

Por otro lado, la estación E-N30 presenta también **Muy Buen Estado** (Figura 63). Desde el comienzo del seguimiento de dicha estación, en la mayoría de los casos, los valores de M-AMBI se han mantenido entre Muy Buen Estado y Buen Estado. Excepcionalmente, entre 1995 y 2002 los valores presentaron una clara

tendencia negativa, periodo en que se pasó de Muy Buen Estado a Estado Deficiente (de EQR=1,0 a EQR=0,27). Tal y como se comentó en informes anteriores esta situación pudo estar relacionada con actividades intensas de dragado en la zona para el relleno del puerto exterior. De manera que, una vez finalizadas las obras, a partir de 2004, la situación comenzó a mejorar hasta alcanzar valores de Muy Buen Estado. A partir de 2007 la calificación bajó ligeramente hasta valores de Buen Estado, como consecuencia posiblemente de las obras llevadas a cabo en el puerto exterior. La actual situación de Muy Buen Estado y de ligera mejora con respecto a la pasada campaña, se deberá confirmar en próximos muestreos.

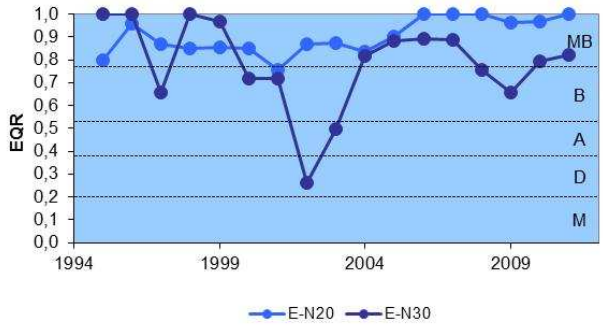


Figura 63 Evolución de M-AMBI (EQR) para las estaciones estuáricas de la masa de agua de transición del Nerbioi Exterior.

4.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

4.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Desde el año 2007, el informe de la red de vigilancia y control de las aguas del País Vasco introduce una novedad: el análisis y el estudio se hace por tipo de masa de agua y no por cuenca hidrográfica como se venía haciendo los años anteriores. Así, el estuario del Nerbioi se analiza de manera separada en dos masas de agua de transición diferenciadas: por un lado, la masa de agua de transición del Nerbioi exterior, y por otro lado, la masa de agua de transición del Nerbioi interior. En la masa exterior se localizan las dos estaciones de muestreo de la "Red de Seguimiento del estado de la calidad de las aguas de transición": estación del Abra exterior (ANE), y estación del Abra interior (ANB).

El estudio de esta masa de agua del Nerbioi exterior se realizará procesando y analizando los datos obtenidos en la campaña realizada por el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia el 4 de octubre de 2011, campaña que se realiza anualmente dentro del proyecto de *Evaluación del estado de calidad del estuario del Nervión y su evolución con las actuaciones enmarcadas en el Plan de Saneamiento*. Estos estudios contemplan tanto el componente físico-químico, como biológico y, por extensión, ofrecen una perspectiva ecológica.

Las muestras de fauna demersal se analizan mediante la metodología actualizada que ha sido explicada en el Tomo 1 (en las masas de agua de Tipología III el análisis tempora se hará en función de los peces, excluyendo los crustáceos).

En 2011 solamente se ha muestreado la estación ANB correspondiente a esta masa de agua, donde se ha registrado un total de 14 taxones siendo todas ellas especies habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad, principal condicionante de la vida en estas zonas de transición. Hasta la fecha, en el seguimiento que el Consorcio de Aguas Bilbao-Bizkaia realiza en este estuario anualmente desde el año 1989, se han encontrado entre tres y diecisiete especies. Como se aprecia en la Figura 64, aunque en los dos últimos años haya bajado ligeramente el número de taxones, teniendo en cuenta toda la serie temporal, parece que este número tiende a aumentar.

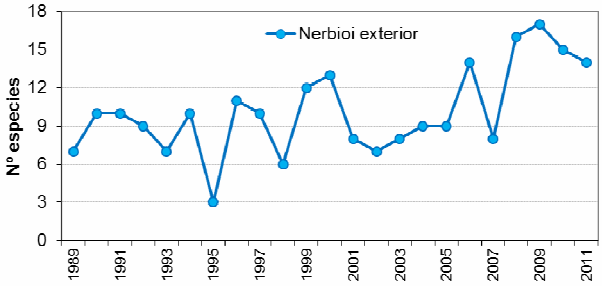


Figura 64 Evolución del número de taxones registrados en la masa de agua del Nerbioi exterior entre los años 1989 y 2011.

El descenso de la riqueza específica se debe a que en 2011 solamente se ha muestreado un transecto, en lugar de los dos que se venían realizando. En realidad, la riqueza de peces en el Abra interior ha aumentado ligeramente con respecto al año anterior, ya que se ha pasado de 13 a 14. Por otro lado, la diversidad ha aumentado, alcanzándose el valor más alto de toda la serie (2,6).

4.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica. Para ello, se han utilizado los datos obtenidos en los muestreos realizados por el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia entre los años 1989 y 2011 (Franco *et al.,* 2011) y 2011 (datos aún sin publicar), lo que permite establecer una comparación. La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1. En la Tabla 82 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio.

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, especies indicadoras de la contaminación y salud piscícola son los que favorecen la calidad biológica, alcanzando los valores máximos. La riqueza específica, el porcentaje de especies residentes y los piscívoros también alcanzan el valor máximo en el Abra interior.

En cuanto a la composición trófica de peces demersales se mantiene el del año anterior, existiendo una relación no equilibrada en la relación entre omnívoros y piscívoros (valor porcentual de 1:5). La evaluación final obtenida es que esta masa de agua presenta una calidad **'Muy Buena'** en cuanto a peces demersales se refiere.

Estación/año	ANB
Parámetros	2011
Riqueza	5
Esp. Indicadoras contaminación	5
Especies introducidas	5
Salud piscícola	5
Peces planos	3
Omnívoros	1
Piscívoros	5
Especies residentes (nº)	3
Especies residentes (%)	5
PUNTUACIÓN	37
AFI	0,78
CALIDAD BIOLÓGICA	MB

Tabla 82 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica de peces demersales en la estación ANB. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno: ≥ 0,76; Bueno: 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55; Deficiente: 0,17-0,34; Malo: ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

Sin embargo se debe recordar que este año ha habido una modificación en la metodología: solamente se ha muestreado una zona (ANB), cuando en años anteriores se venían muestreando dos zonas (ANB y ANE). Por tanto, tal vez, la mejoría observada en la calidad de esta zona es debida a este cambio, ya que, en realidad, esta estación ha obtenido la misma puntuación que el año pasado (0,78-Muy Bueno). En 2011, no ha sido necesario ponderar la puntuación obtenida en la estación ANB, al contrario de lo que ocurrió en 2010, cuando, tras la ponderación, el valor final descendió a 0,72 (Bueno).

Como se aprecia en la Figura 65, la evolución de la calidad de las estaciones ANB y ANE a lo largo de toda la serie de datos muestra una mejoría gradual continuada, con una disminución en las oscilaciones. En la estación ANE (Abra exterior) la calidad se mantiene en '**Bueno**' la mayoría de los años (excepto 1993, 1995 y 2003 que fue catalogada como 'aceptable'), manteniendo un valor constante los últimos años

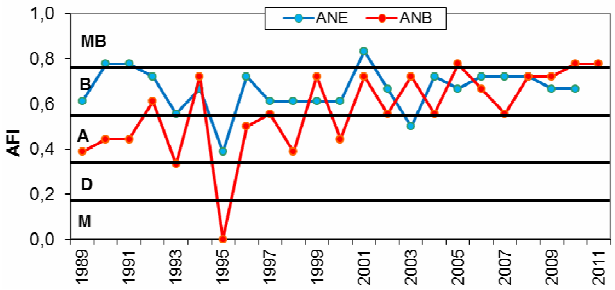


Figura 65 Valores de la calidad piscícola obtenidos para cada estación entre los años 1989 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno: ≥ 0,76; Bueno: 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55; Deficiente: 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Tramo exterior ANE (en azul) y tramo interior ANB (en rojo). AFI: AZTI's Fish Index.

En la estación ANB (Abra interior) los valores de la calidad biológica oscilan continuamente, no obstante, estas oscilaciones son cada vez de menor amplitud llegando a clasificarse los dos últimos años como '**Muy Bueno**'.

Para establecer la calidad biológica de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1. En el caso del Nerbioi exterior la masa de transición engloba dos estaciones (ANE, ANB), excepto en este año 2011 cuando solamente se considera la estación ANB.

En la Figura 66 se resume cómo ha variado la calidad biológica en la masa de agua del Nerbioi exterior entre los años 1989–2011. Tras un estado inicial con una calidad buena, la calidad de la masa de agua desciende a mediados de los 90 (alcanzando incluso el valor de deficiente). La calidad recupera su valor en 1996 y vuelve a decaer en 2003, tras lo cual se vuelve a recuperar alcanzando la calidad de bueno. Desde entonces se aprecia una tendencia clara al equibilibrio en la masa de agua del Nerbioi exterior hasta el 2011, cuando su calidad asciende a **'Muy Bueno'**. Debe mencionarse, de nuevo, que en este último valor únicamente se ha considerado la estación ANB, que en años anteriores ya mostraba una buena calidad en su fauna piscícola.

La mejoría detectada a lo largo de todos los años se debe principalmente al cierre de Altos Hornos, la

progresiva entrada en funcionamiento de distintas fases del saneamiento y la reducción generalizada de vertidos contaminantes. No obstante, dicha mejora se ha visto empañada puntualmente por los empeoramientos detectados en 1995, 1998, 1999, 2001-2005 y 2007, años en los que la construcción del puerto exterior (dragados, asentamientos, etc.), puerto deportivo, dragados generalizados en el Abra exterior o la progresiva concentración de vertidos de la depuradora de Galindo (que quizá pudieran llegar a esta área relativamente cercana) generaron un impacto significativo sobre la fauna piscícola.

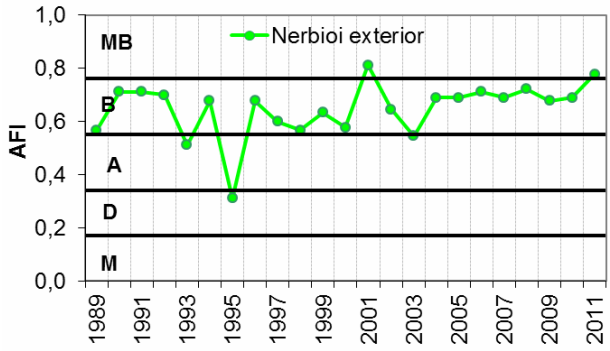


Figura 66 Valores de la calidad biológica de peces demersales obtenidos para la masa de agua Nerbioi exterior entre 1989 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

4.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

4.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En el estuario del Nerbioi se midió la concentración de clorofila en cinco estaciones, en superficie y fondo. Los muestreos se realizaron en pleamar y en bajamar, con lo cual se obtuvo un total de 80 datos. Las estaciones de muestreo corresponden a dos masas de agua de transición diferenciadas: la de la zona interior (el canal) y la de la zona exterior del estuario (el Abra). Este capítulo hará especial mención al Nerbioi Exterior, en la cual se sitúan las estaciones E-N20 y E-N30.

En la Figura 67 se muestran los datos de clorofila y salinidad medidos en 2011 en el estuario del Nerbioi. En comparación con otros estuarios de la costa vasca, la concentración de clorofila se mantuvo en niveles relativamente bajos, incluso en las campañas de primavera y verano. Las concentraciones del Nerbioi fueron comparables a las del Butrón y el Oria. La mayoría de los estuarios vascos en 2011 presentaron máximos entre 5 y 15 µg l^{-1}; los mayores picos se midieron en el Urola y en el Urumea (cercanos a 30 µg l^{-1}).

Durante el verano, la clorofila tendió a disminuir claramente entre la masa de agua del Nerbioi Interior (Figura 67 a) y la del Nerbioi Exterior (Figura 67b). Sin embargo, en el resto de las épocas de muestreo, la clorofila no mostró apenas variación espacial a lo largo del estuario.

En el Nerbioi Exterior, la clorofila osciló en un rango de 0,3 a 1,9 µg l^{-1} (Figura 67b). En esta masa de agua, la salinidad señaló condiciones euhalinas (o muy cercanas) durante las cuatro épocas de muestreo.

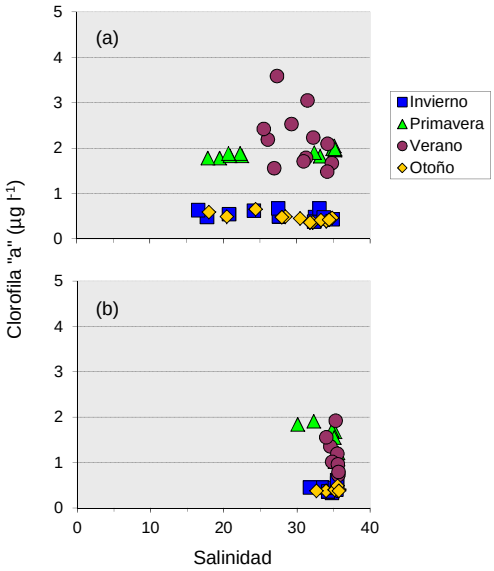


Figura 67 Variación de la concentración de clorofila con la salinidad en el estuario del Nerbioi, en las cuatro épocas de estudio durante 2011 (a) Nerbioi Interior (b) Nerbioi Exterior. Los datos son de superficie y fondo, en pleamar y bajamar.

La estratificación salina en el Nerbioi Exterior no fue de tanta magnitud como en la zona interior. Las diferencias de salinidad entre superficie y fondo fueron como máximo de 5,0 UPS, en comparación con las mayores diferencias que se dieron en el canal (hasta 16,5 UPS). Durante las épocas de mayor crecimiento del fitoplancton (primavera y verano), la concentración de clorofila en el Nerbioi Exterior presentó valores ligeramente más altos en superficie que en fondo (diferencias máximas de 1,2 µg l^{-1}).

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la clorofila en el Nerbioi Exterior, se ha calculado el valor del percentil 90 para periodos móviles de seis años (Figura 68). Éste, en comparación con la media aritmética, está menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton.

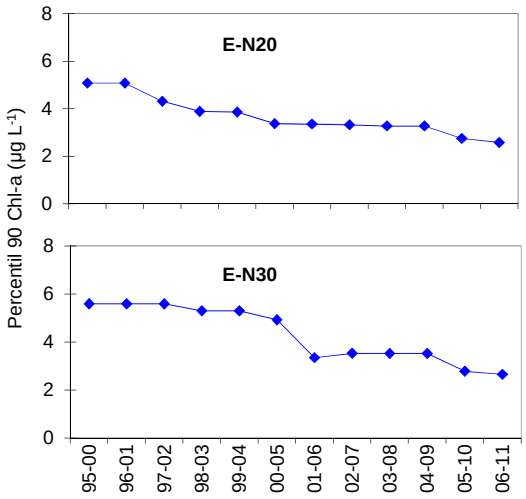


Figura 68 Evolución de la concentración de clorofila en la zona exterior del estuario del Nerbioi. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

En la Figura 68 se observa una tendencia de descenso a lo largo del tiempo en la concentración de clorofila. Así, en el periodo 1995-2000 el percentil 90 se situaba entre 5 y 6 µg l^{-1}, mientras que en el último periodo (2006-2011) es~3 µg l^{-1}. En los tramos euhalinos de los estuarios del País Vasco este estadístico suele ser inferior a 4 µg l^{-1}.

La evolución temporal de la biomasa fitoplanctónica en el Nerbioi Exterior se muestra acorde con los procesos de saneamiento de la cuenca. Una tendencia similar se ha observado en la zona costera cercana a la desembocadura del estuario (masa de agua Cantabria-Matxitxako, estaciones L-N10 y L-N20). El descenso de la clorofila observado en las estaciones euhalinas, costeras y estuáricas, coincide con la puesta en marcha del tratamiento biológico, que elimina buena parte del amonio (entre los años 2000 y 2002, aproximadamente).

El estuario del Nerbioi manifiesta, en general, una mejoría en las condiciones de eutrofia (al igual que en muchos otros aspectos de calidad ambiental). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el fitoplancton no se encuentra limitado por la turbidez en la zona exterior del estuario y que esto supone un riesgo en el caso de que se produzcan vertidos ocasionales. En este sentido, en la estación E-N20 las concentraciones de nutrientes indicadores de aportes de aguas residuales (amonio y fosfato) fueron cercanas, en algunas ocasiones, a las que se consideran características de mal estado físico-químico.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 83 se muestran las variables que describen la composición y abundancia del fitoplancton en el Nerbioi Exterior, en las cuatro épocas de muestreo (en superficie y condiciones de pleamar).

Estación	E-N20	E-N30
Fecha	16/02/2011	16/02/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	212	165
Diversidad (bit/cel)	2,8	2,6
Riqueza (Nº especies)	15	13
Estación	E-N20	E-N30
Fecha	30/05/2011	30/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	5.129	4.450
Diversidad (bit/cel)	2,7	2,7
Riqueza (Nº especies)	16	27
Estación	E-N20	E-N30
Fecha	13/09/2011	13/09/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	1.423	2.591
Diversidad (bit/cel)	3,0	3,8
Riqueza (Nº especies)	23	29
Estación	E-N20	E-N30
Fecha	16/11/2011	16/11/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	85	223
Diversidad (bit/cel)	2,0	2,8
Riqueza (Nº especies)	6	12

Tabla 83 Índices relacionados con Fitoplancton. Zona exterior del estuario del Nerbioi. Los datos son de superficie, en pleamar.

La densidad celular mostró una gran variabilidad (10^4-10^6 células l^{-1}), muy superior a la observada en la concentración de clorofila. Al igual que en el Nerbioi Interior, los valores mínimos se midieron en invierno y otoño (<300.000 células l^{-1}). La abundancia celular y riqueza de especies fue mucho más alta en las épocas de primavera y verano. No obstante, la densidad celular no alcanzó los niveles observados en la masa de agua del Nerbioi Interior.

Las especies identificadas en la estación E-N20 en primavera fueron en su mayoría las mismas que en la estación E-N17 (Nerbioi Interior), aunque la abundancia relativa de las diatomeas fue algo más elevada en la estación E-N20. En ésta, se encontaron algunos taxones con densidades cercanas al millón de células por litro (diatomeas del género *Chaetoceros* y *Skeletonema)*. En la estación E-N30 sólo *Chaetoceros* spp. alcanzó densidades de este orden, y además el número de especies en el grupo de las diatomeas fue mayor.

Las criptofitas también fueron un grupo que mostró una densidad relativamente elevada en el Nerbioi Exterior en las muestras de primavera.

En verano la densidad fitoplanctónica fue algo más baja que en primavera y las comunidades mostraron una gran diversidad en ambas estaciones del Nerbioi Exterior.

En la estación E-N20 los taxones con mayor abundancia alcanzaron aproximadamente 1-4·10^5 células l^{-1}. Entre éstos se encontraron diatomeas centrales de pequeño tamaño, *Leptocylindrus minimus*, criptofitas (*Plagioselmis* spp.) y nanoflagelados sin identificar. La estación E-N30 presentó, además de estos organismos, abundancias relativamente altas en el grupo de las prasinofíceas y las haptofitas.

Por último, respecto a las especies potencialmente tóxicas, la diatomea *Pseudo-nitzschia* spp. (>3 µm) se observó en la estación E-N30 en primavera (74.300 células l^{-1}) y en verano (400.000 células l^{-1}).

Por otra parte, algunas diatomeas forman floraciones que se consideran nocivas para los ecosistemas. Entre éstas, *Leptocylindrus minimus*, que puede producir daños en las agallas de los peces con sus estructuras de sílice, alcanzó densidades muy elevadas en las estaciones E-N15 y E-N17 en verano (4·10^6 células l^{-1}), pero en el Nerbioi Exterior la densidad fue un orden de magnitud inferior, en torno a 150.000-400.000 células l^{-1}. La haptofita potencialmente nociva *Chrysochromulina* spp. estuvo en densidades que tampoco fueron muy altas (<150.000 células l^{-1}).

CALIDAD BIOLÓGICA

El fitoplancton en la masa de agua de transición del Nerbioi Exterior se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 69 se muestra el valor del indicador calculado con los datos de clorofila "a" (percentil 90) en el periodo 2006-2011. El umbral que separa las clases de estado "Muy bueno" y "Bueno" en las aguas euhalinas de los estuarios del Cantábrico es 4,0 µg l^{-1} (Revilla *et al*., 2009b). En la estación E-N20, el valor del indicador es 2,57 µg l^{-1} (n=48) y en la estación E-N30 es 2,64 µg l^{-1} (n=48). Por lo tanto, en ambas estaciones el estado en base a la concentración de clorofila se considera "Muy bueno" durante el último periodo estudiado.

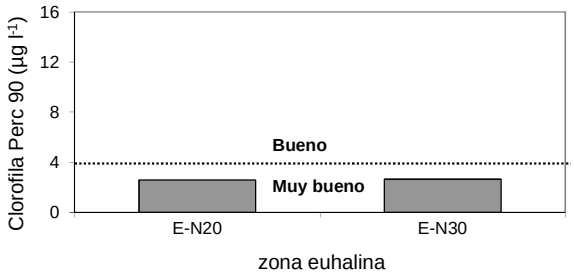


Figura 69 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Nerbioi Exterior. Los datos son de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

En la Figura 70 se muestra el valor del indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (frecuencia de blooms) en el periodo 2006-2011. Para este indicador el tramo salino no se tiene en cuenta a la hora de establecer los umbrales que separan las clases de estado en los estuarios (Revilla *et al*., 2009b). En la estación E-N20 la frecuencia de las floraciones fitoplanctónicas es 58,3%, lo cual indica un estado "Aceptable". En la estación E-N30 la frecuencia es 50,0%, lo que corresponde también a un estado "Aceptable".

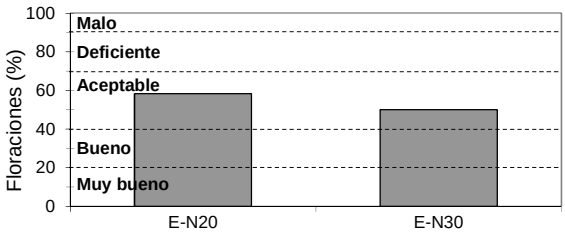


Figura 70 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Nerbioi Exterior. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

Hay que señalar que el estuario del Nerbioi Exterior se considera una masa de agua muy modificada debido a las alteraciones hidromorfológicas a que se ha sometido para la construcción de los puertos, que han eliminado casi la totalidad de las zonas intermareales.

Las modificaciones hidromorfológicas influyen evidentemente sobre el potencial ecológico de elementos como las macroalgas y angiospermas, pero no se conoce cómo pueden influir sobre el fitoplancton. Como hipótesis, cabe pensar que la eliminación de zonas intermareales y la profundización del cauce conducirían a un menor consumo por parte de los filtradores bentónicos, que podría llevar a un aumento de la abundancia y biomasa fitoplanctónicas. También, esas modificaciones hidromorfológicas podrían conducir a una estratificación más acentuada de la columna de agua, lo cual sería un obstáculo para que las aguas de superficie (de origen fluvial y ricas en nutrientes) se diluyeran con las de fondo (de carácter más marino y pobre). La estratificación, por lo tanto, fomentaría la producción fitoplanctónica en las aguas de superficie. Pero, también cabe pensar en tiempos de residencia del agua más cortos para la capa de superficie que, por lo tanto, favorecerían el transporte de las partículas (entre ellas el fitoplancton) hacia la costa e impedirían la acumulación de biomasa fitoplanctónica en el estuario.

Por lo tanto, de forma cautelar y ante la falta de evidencia de una relación entre el aumento del fitoplancton y las alteraciones hidromorfológicas en los estuarios, el potencial ecológico del fitoplancton podría evaluarse de forma similar al estado ecológico. En todo caso, de realizarse algún tipo de corrección disminuyendo la exigencia de las condiciones de referencia en cada indicador, se recomienda que sea como máximo un 10%.

Tras realizar la integración de los resultados de ambos indicadores, como se indica en la Tabla 84, el estado global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 en el estuario del Nerbioi Exterior se clasifica como "Bueno" en las dos estaciones de muestreo (E-N20 y E-N30).

Finalmente, en la Tabla 85 se muestra la evolución del estado del fitoplancton a lo largo de periodos completos de seis años. Durante esta serie de años el **estado del fitoplancton** en el **Nerbioi Exterior** es "**Bueno**". El EQR presenta leves oscilaciones, pero no se aprecia una tendencia de descenso como ocurre en la masa de agua del Nerbioi Interior. En el Nerbioi Exterior, la frecuencia de blooms ha aumentado a lo largo de la última década. Sin embargo, la biomasa ha ido en descenso. Por lo tanto, el empeoramiento en uno de los indicadores es compensado por la mejoría en el otro.

Si la evaluación se hubiera realizado con un criterio menos exigente en las condiciones de referencia (aumentándolas un 10%), para el **potencial ecológico** del fitoplancton en el periodo **2006-2011** se obtendría también una calificación de **"Bueno"**, con valor numérico bastante similar (0,678).

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-N20	1,000	0,286	B (0,643)
E-N30	1,000	0,334	B (0,667)

Tabla 84 Estuario del Nerbioi Exterior. Calificación en función de la clorofila (indicador de biomasa) y de la abundancia (indicador de frecuencia de floraciones), durante el periodo 2006-2011.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Nerbioi Exterior	B (0,651)	B (0,652)	B (0,595)	B (0,675)	B (0,662)
E-N20	B	B	B	B	B
E-N30	B	B	B	B	B

Tabla 85 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el Nerbioi Exterior, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

4.5.2 MACROALGAS

En la Tabla 86 se observan los resultados obtenidos de aplicar el método explicado en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d) para la masa de agua en las campañas de 2003, 2006 y 2009.

La calificación obtenida en 2009 es de **'Estado Deficiente'** para el global de la masa de agua, de modo que se observa un empeoramiento en comparación con las campañas de 2003 y 2006, en que presentaba Estado Aceptable. Dicho empeoramiento está causado, básicamente, por un descenso en la riqueza de algas.

	Nerbioi Exterior
2003	A
2006	A
2009	D

Tabla 86 Calificación obtenida para la masa de agua en cada una de las campañas muestreadas (D=Estado Deficiente; A=Estado Aceptable).

4.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

4.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En la Tabla 87 se recogen los datos medios anuales para las diferentes variables básicas analizadas en la masa de agua del Nerbioi exterior, en la superficie y el fondo de la columna de agua. En el año 2011, la temperatura media del agua se sitúa entre 16° y 16, 9° C. Por otra parte, la diferencia de la salinidad entre superficie y fondo se reduce desde el interior (E-N20) hacia el exterior del estuario (E-N30).

A partir de los datos de salinidad obtenidos en la serie de muestreos del año 2011 puede observarse que la proporción de agua de origen fluvial, en superficie, disminuye desde la estación E-N20 (7,7%) a la E-N30 (1,69%). En las aguas del fondo también se observa una disminución de la proporción de agua dulce de una estación a otra pero las diferencias son menores que en superficie porque prácticamente son saladas. Con el incremento de la proporción de agua de mar disminuye la concentración de silicato, sustancia relacionada con los aportes terrestres, mientras que aumenta el porcentaje de saturación de oxígeno. En el resto de nutrientes disueltos también se observa el mismo gradiente entre la estación interior y exterior.

Variable	Unidad	E-N20-S	E-N20-F	E-N30-S	E-N30-F
Temperatura	℃	16,63	16,52	16,90	16,01
Salinidad	USP	32,86	35,39	35,00	35,63
Agua fluvial	%	7,70	0,60	1,69	0
Saturación O_2	%	89,45	96,35	98,74	96,74
pH		8,15	8,19	8,21	8,20
Silicato	µmol.dm^{-3}	13,86		4,62	
Amonio	µmol.dm^{-3}	10,07		4,56	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	1,15		0,53	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	41,15		12,33	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	79,50		27,91	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	2,69		0,96	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	4,21		1,61	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	126,21		100,16	

Tabla 87 Masa de agua del Nerbioi exterior. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico y presencia de agua de origen fluvial (F: fondo, S: superficie) en 2011.

En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de las fluctuaciones en el caudal.

Dependiendo de las condiciones de cada muestreo, las aguas de superficie aparecen mejor oxigenadas cuando se da una activación de la circulación estuárica por incremento de caudal de los afluentes, sobre todo en situaciones de fuertes avenidas. A diferencia de otros estuarios en los que el volumen de agua intercambiado en cada ciclo de marea es más importante respecto al volumen total del estuario, en el caso del estuario del Nerbioi exterior la dualidad entre pleamar y bajamar y la influencia de las fluctuaciones del caudal son relativamente poco importantes. Por tanto, cobran más importancia los procesos biológicos relacionados con el tiempo de residencia de las aguas en el estuario (demanda de oxígeno, fotosíntesis, consumo de nutrientes, etc.). Estos procesos, así como la estratificación salina de la columna de agua, explican las diferencias en la calidad físico-química del agua entre superficie y fondo.

En las estaciones del Nerbioi exterior (E-N20 y E-N30) tanto las aguas de fondo como las de superficie presentan elevados porcentajes de saturación (entre 89 y 98%) indicando pocas situaciones con déficit de oxígeno.

En cuanto a la proporción entre los nutrientes, el nitrato es la forma predominante frente al amonio en ambas estaciones. En general, se observa también un exceso relativo del nitrógeno inorgánico disuelto (NID o suma de amonio, nitrito y nitrato) respecto al fosfato, siendo el cociente N:P de 19,4 para la estación E-N20 y 18,1 para la estación E-N30, bastante cercano de la proporción de Redfield (16:1).

En el año 2011 las concentraciones promedio de carbono orgánico total (100-126 µmol dm^{-3}) se encuentran en el rango de las registradas en la mayoría de los estuarios y son similares a las registradas en el año 2010.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles, en general, predominan las situaciones alternantes, con una distribución de tipo "dientes de sierra" en la que se observa la incidencia de la estacionalidad y de las condiciones hidrológicas.

No obstante, pueden señalarse ciertas tendencias que denotan la mejoría de la calidad físico-química de las aguas del estuario a lo largo de los últimos 16 años, pareja a las acciones realizadas en el saneamiento en la cuenca.

En cuanto a la evolución de nutrientes, en la estación más interna (E-N20) se observa una disminución de la concentración de NID a lo largo del periodo de estudio, pasando de presentar valores próximos a 300 µmol dm^{-3} a mostrar valores inferiores a 150 µmol dm^{-3}. En la estación más exterior (E-N30), si bien los valores de NID son más bajos que en la estación E-N20 (ver escala), se detecta una variabilidad en el NID y en la concentración de fosfato, asociada a la influencia de la descarga del estuario interior (Figura 71). En general, en la zona exterior del Nerbioi, aunque persisten algunos valores altos se observa una tendencia a la reducción de carga de nutrientes.

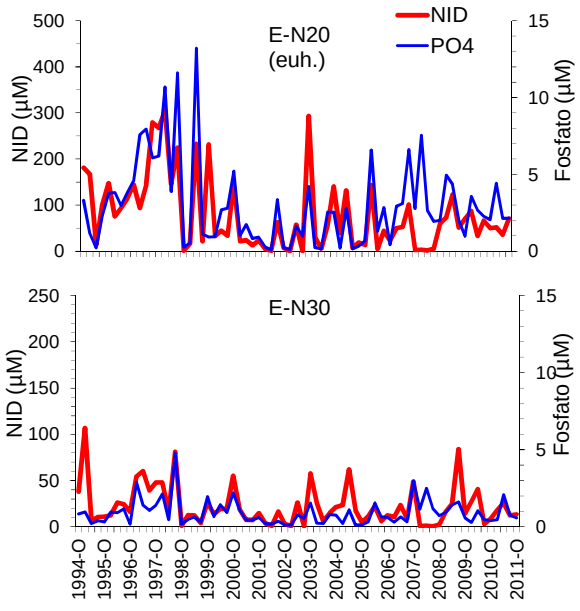


Figura 71 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en µmol L^{-1}, en aguas de superficie (O: otoño).

Asimismo, también se aprecia la recuperación del oxígeno en la zona exterior del Nerbioi (Figura 72). Los valores de oxígeno disuelto aumentan en la estación E-N20, llegando a alcanzar el mismo valor de saturación de oxígeno que la estación E-N30.

El incremento del grado de oxigenación de la columna de agua en el estuario del Ibaizabal ha sido claramente observado en los trabajos de seguimiento ambiental realizados por AZTI para el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia (Franco *et al.,* 2003) y, si bien se trata de una tendencia constatada desde mediados de los años 90, se ha hecho mucho más evidente a partir del año 2001, tras la entrada en funcionamiento del sistema biológico en la depuradora de Galindo (ver también Borja *et al.,* 2006). En 2011 ambas estaciones muestran valores más bajos que en el año anterior y no alcanzan el 100% de saturación (Figura 72).

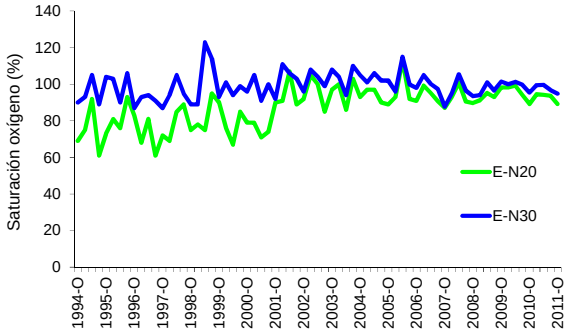


Figura 72 Porcentaje de saturación de oxígeno en la columna de agua en el Nerbioi exterior (estaciones E-N20 y E-N30). Se muestra el promedio para cada época del año (invierno, primavera, verano y otoño) desde 1994 hasta 2011. La media se ha realizado con los datos tomados en superficie y fondo, y en dos situaciones de marea (pleamar y bajamar).

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie de las estaciones de la masa de transición exterior del estuario del Nerbioi se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (2, 3 y 0.3 µg·l^{-1}).

En la Figura 73 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las estaciones de muestreo del estuario de la transición del Nerbioi exterior (E-N20 y E-N30), hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

Como se puede apreciar en la Figura 73, no hay una tendencia definida para ninguno de los metales y tampoco se observan diferencias significativas entre los puntos excepto en casos concretos como en el manganeso y níquel.

Este año 2011, en términos generales se aprecia una tendencia estable respecto al año anterior, reflejándose un ligero aumento casi despreciable en la estación E-N30 para todos los metales. El cadmio supera el objetivo de calidad establecido (0.2 µg l^{-1}) en las dos estaciones con un valor de 0.4 µg l^{-1}.

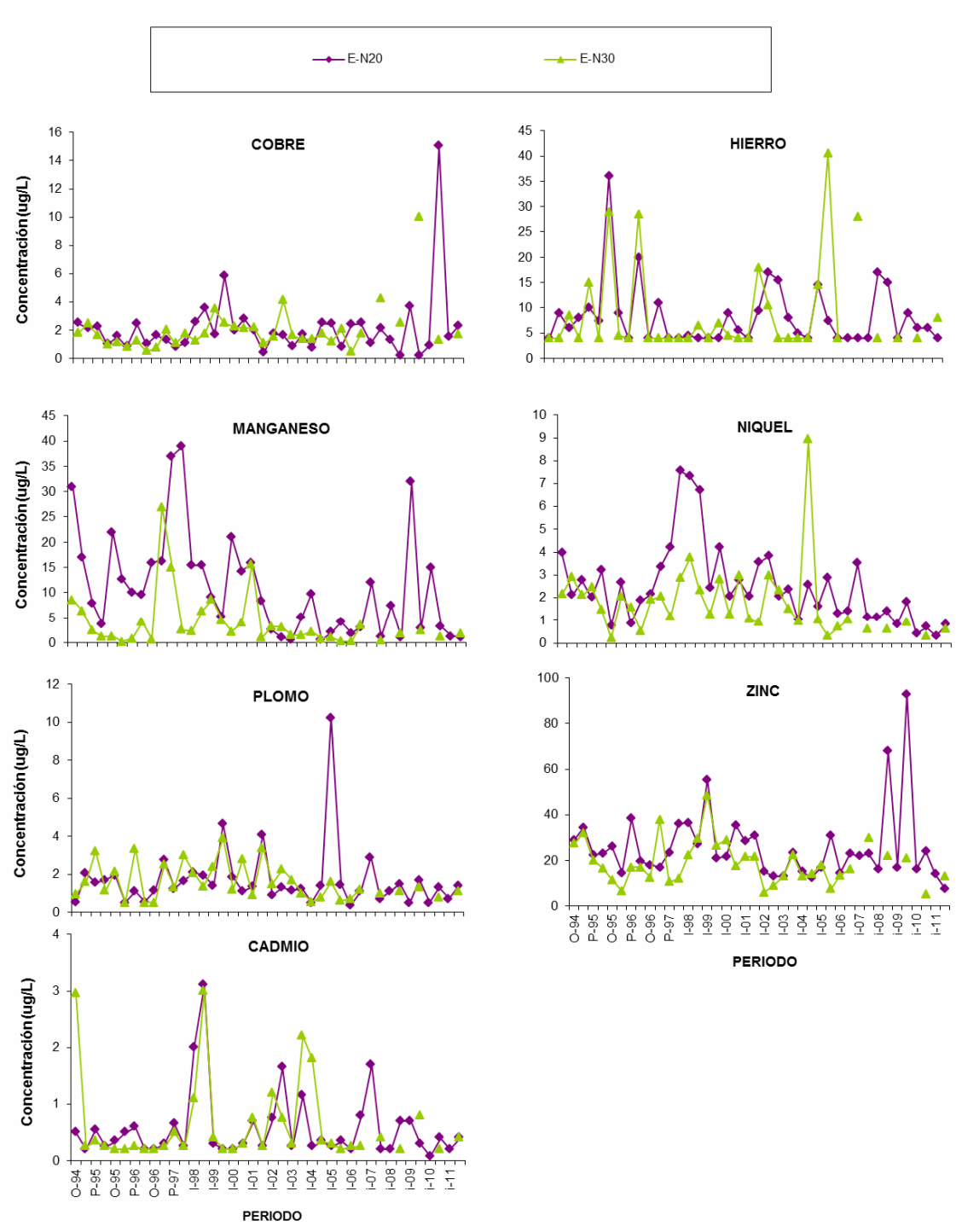


Figura 73 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones de la masa de agua de transición del Nerbioi Exterior en el periodo que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2006, desde el año 2007 solo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

Muestreos mensuales

Se ha estudiado la evolución de la concentración de mercurio, cadmio, níquel y plomo durante todos los meses del año 2011 en las estaciones E-N20 correspondiente a la masa de agua de la transición exterior del Nerbioi.

En las Figura 74 se puede observar la evolución mensual del año 2011 para el cadmio, plomo y niquel en la estación descrita anteriormente, ya que se han observado concentraciones de mercurio por debajo del límite de detección (0,3 µg·l^{-1}).

En el caso del cadmio supera el objetivo de calidad (0,2 µg·l^{-1}) todos lo meses excepto en abril, agosto, octubre, noviembre y diciembre, con valores de 0.1, 0.2, 0.2, 0.2, 0.6, 0.2 y 0.2 µg·l^{-1}, respectivamente. No se observa en el cadmio una tendencia definida durante el año, este año al contrario de años anteriores se observa una tendencia ascendente en verano, con el maximo de cadmio en junio y julio, que hace que la media anual este por encima del objetivo de calidad establecido.

Tanto en el plomo como en el niquel no se observan tendencias definidas en el estudio mensual. Las medias anuales, al contrario que el cadmio, se encuentran por debajo del objetivo de calidad (7,2 µg·l^{-1}, 20 µg·l^{-1}, respectivamente).

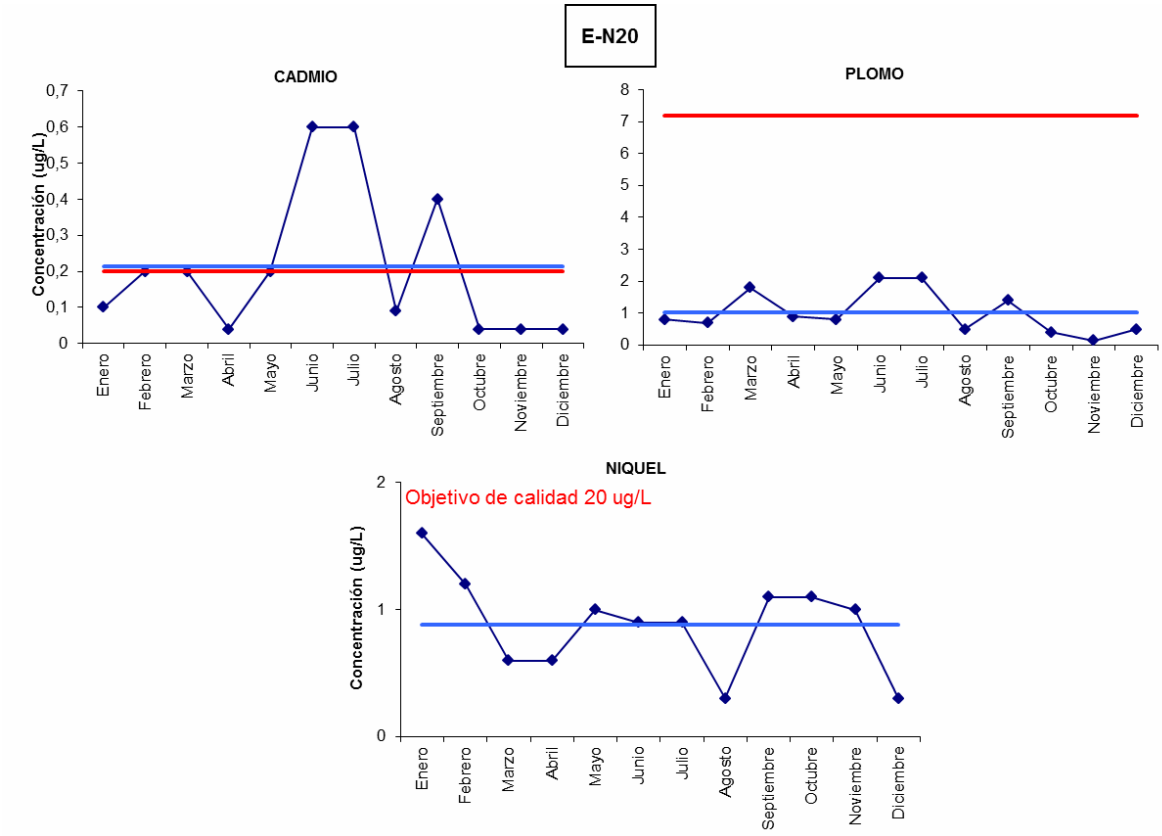


Figura 74 Evolución mensual del 2011 de la estación E-N20 para el cadmio, plomo y níquel. Donde la línea roja indica el objetivo de calidad para cada metal y la azul la media anual de los datos obtenidos.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

Este año se observan concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) para el grupo de contaminantes *PAHs*, en concreto para los derivados fenantreno, acenafteno, acenaftileno, pireno y benzo(e)pireno en la estación E-N20.

El hexaclorociclohexano supera el límite de detección en las dos estaciones y también el objetivo de calidad establecido para este compuesto (0.002 µg l^{-1}).

En ninguna de las dos estaciones se supera el objetivo de calidad establecido para el sumatorio de los compuestos DRIN (Aldrin, isodrin y dieldrin) (0.005 µg l^{-1}).

Muestreos mensuales

De los resultados obtenidos de los compuestos organoclorados analizados mensualmente en la estación E-N20, el compuesto hexaclorociclohexano no cumple el objetivo de calidad establecido (0.002 µg·l^{-1}) durante todo el año. La suma de los compuestos DRIN (Aldrin, isodrin y dieldrin) estan por debajo del objetivo de calidad establecido durante todo el año (0.005 µg l^{-1}). El sumatorio de ∑DDT esta por debajo del limite detección solo superando el limite en febrero y septiembre pero sin superar el objetivo de calidad establecido (0.006 µg l^{-1}), el compuesto p-p'-DDT tampoco supera el objetivo de calidad (0.010 µg l^{-1}).

4.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en las estaciones E-N20 y E-N30 se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado. A partir de esta información, en la Figura 75 y Figura 76 se ha establecido una evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 88 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

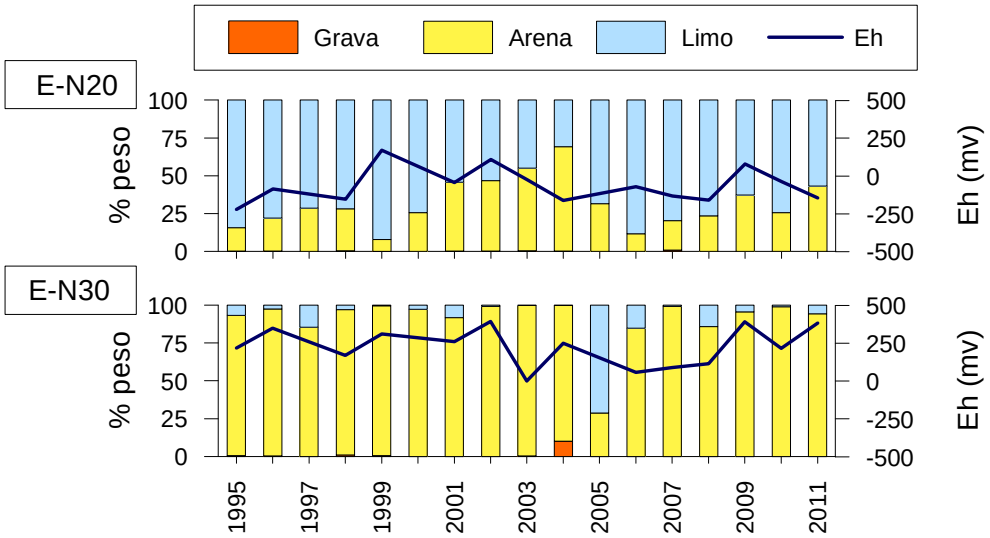


Figura 75 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos de la masa de agua de transición del Nerbioi exterior (muestreos de invierno).

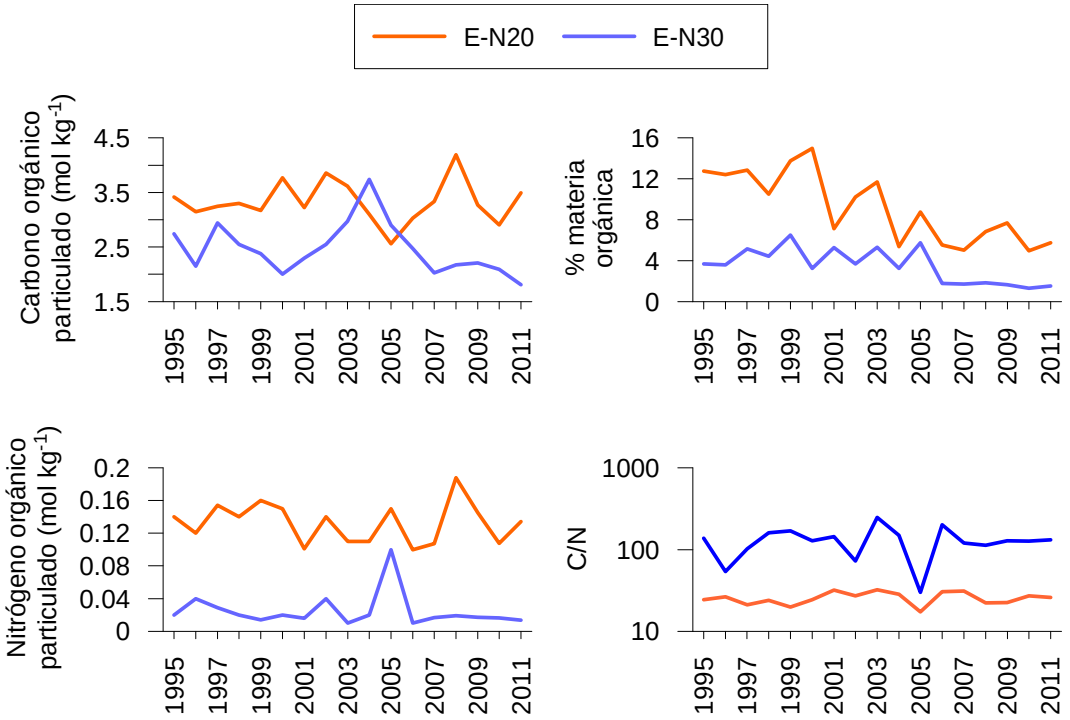


Figura 76 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos de la masa de agua de transición del Nerbioi exterior (muestreos de invierno).

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-N30	0,11	94,26	5,63	1,51	383	1,81	0,01	131,86
E-N20	0,12	43,23	56,66	5,76	-145	3,49	0,13	26,02

Tabla 88 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno.

En relación a la varibilidad espacial, se observa que la estación más externa (E-N30) posee un sedimento predominantemente arenoso, con un menor contenido en carbono orgánico, nitrógeno orgánico y materia orgánica, y un mayor potencial redox y ratio carbono/nitrógeno. Por el contrario, la estación más interna (E-N20), muestra un sedimento fangoarenoso, con valores de potencial redox negativos. Esta diferencia entre estaciones se corresponde con la mayor hidrodinámica en la zona más externa.

En cuanto a la evolución temporal, no se observa un patrón temporal definido en las características sedimentológicas de ambas estaciones, excepto en el caso del contenido en materia orgánica, del que se observa una tendencia descendente discontinua.

METALES PESADOS

En la Tabla 89 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. La estación E-N20, presenta los valores máximos en los metales analizados, excepto en Mn y Fe.

La Figura 77 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en las dos estaciones de estudio desde 1995.

En las campañas más recientes, el Cd en la estación E-N20 presenta concentraciones promedio superiores al nivel de fondo. Por el contrario, en la estación E-N30 los valores son generalmente más bajos, dentro del nivel de fondo.

El Cu (excepto en la estación E-N30 en la última campaña), el Hg y el Pb (excepto en la estación E-N30 en la última campaña), muestran concentraciones, en general, superiores al nivel de fondo.

El Ni y el Cr presentan concentraciones promedio en los muestreos más recientes dentro del nivel de fondo en ambas estaciones.

El Zn en la estación E-N20 muestra un descenso discontinuo desde 1995, hasta alcanzar valores cercanos al nivel de fondo. En la estación E-N30 en las tres últimas campañas no se supera el valor de fondo.

El Cr presenta concentraciones promedio en los muestreos más recientes dentro del nivel de fondo en la estación E-N30. En la estación E-N20 se observa un descenso discontinuo desde 1998, presentado valores promedios en muestreos recientes dentro del nivel de fondo.

El Fe y Mn presentan concentraciones promedio en los muestreos de la estación E N20 más recientes dentro del nivel de fondo. Por el contrario, en la estación E-N30 ambos metales presentan elevada variabilidad temporal, superando en las tres últimas campañas el nivel de fondo.

Por otro lado, en la Figura 25 se representa la concentración de metales (corregida por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. De esta manera, durante la última campaña, en la estación E-N30 ningún metal supera el valor TEL. Por el contrario, en la estación E-N20 todos los metales superan el valor TEL (Threshold Effect Level), indicando probilidad media de efectos negativos en la biota.

Estación	Cd ($\mu g\ g^{-1}$)	Cr ($\mu g\ g^{-1}$)	Cu ($\mu g\ g^{-1}$)	Fe ($\mu g\ g^{-1}$)	Hg ($\mu g\ g^{-1}$)	Mn ($\mu g\ g^{-1}$)	Ni ($\mu g\ g^{-1}$)	Pb ($\mu g\ g^{-1}$)	Zn ($\mu g\ g^{-1}$)
E-N30	0,10	21	40	64850	0,65	1005	31,8	49	168
E-N20	1,08	58	69	27225	0,88	297	37,6	102	313
Media	0,59	39,52	54,46	46037,52	0,76	650,72	34,67	75,32	240,57
Desv. est.	0,69	25,70	20,89	26605,37	0,17	500,49	4,12	37,31	102,09

Tabla 89 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

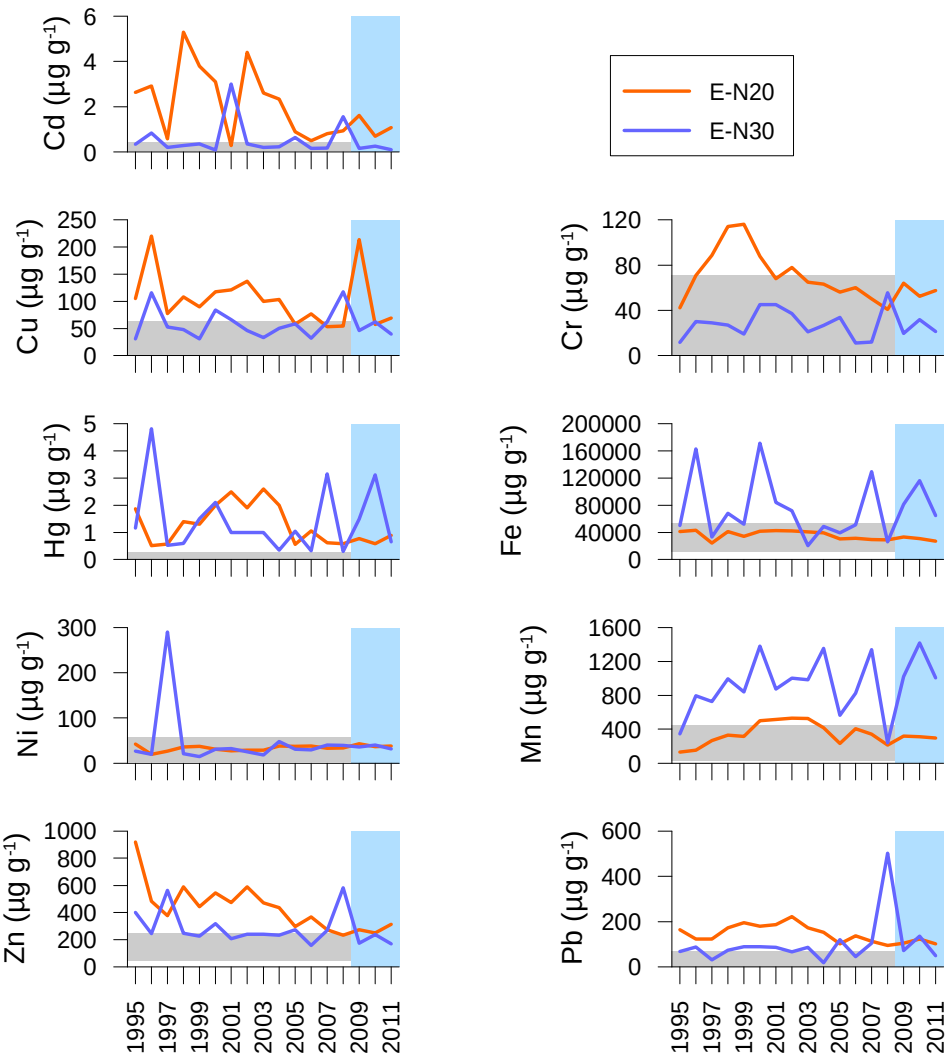


Figura 77 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento de las estaciones del Nerbioi exterior. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

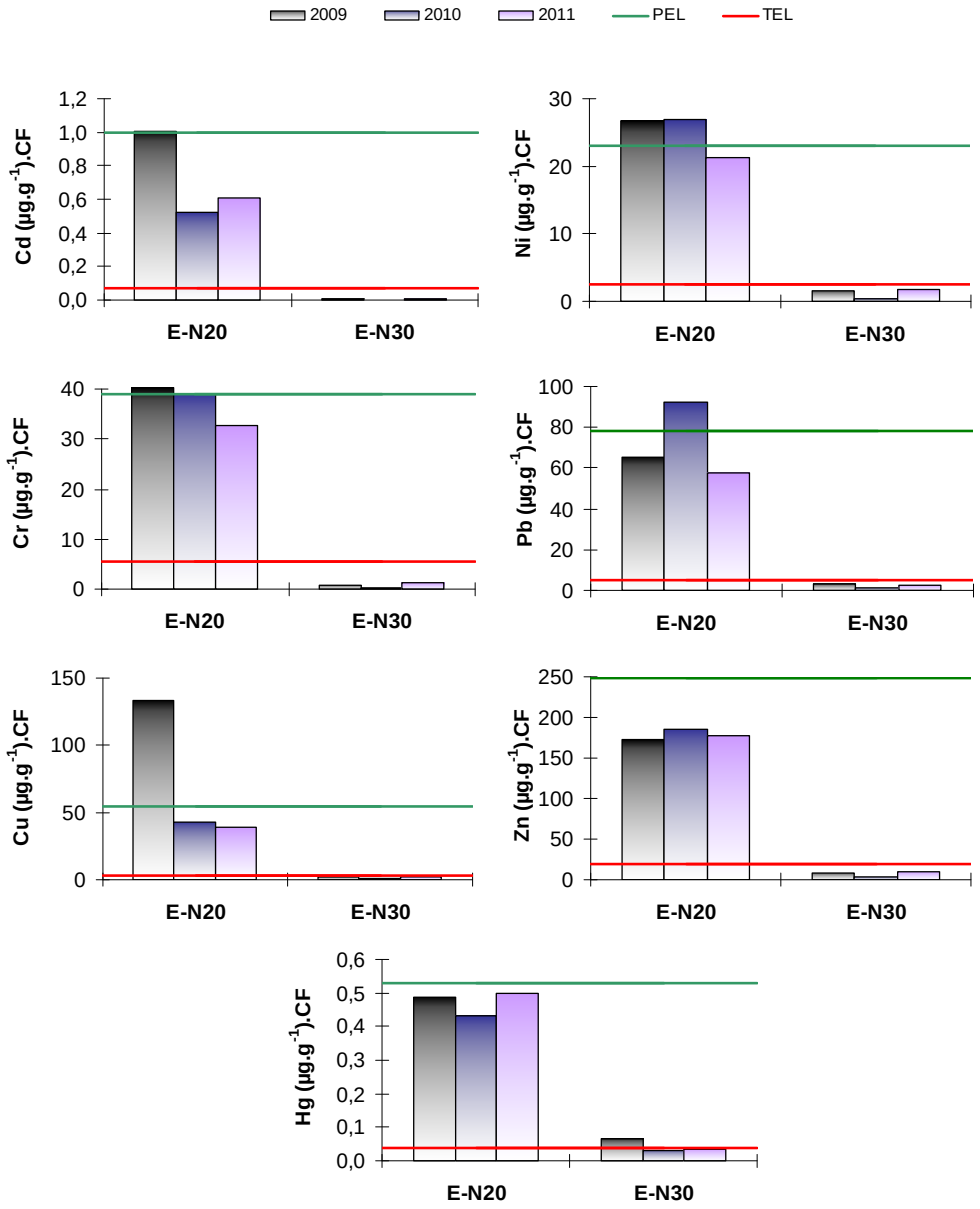


Figura 78 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Nerbioi exterior, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 90 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las dos estaciones de estudio. La Figura 79 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados desde 1995.

En las campañas más recientes, en ambas estaciones, el Aldrín muestra concentraciones próximas al nivel de determinación analítico, o inferiores a él. En el caso del Dieldrín, en la estación E-N20, en la última campaña se supera objetivo de calidad (*i.e.*, 4,3 ng g^{-1}).

El DDT y sus derivados presentan en las últimas campañas concentraciones inferiores o próximas al límite de determinación, sin llegar a superar el objetivo de calidad (*i.e.*, 46 ng g^{-1}).

Los valores de los compuestos policlorobifenilos (PCBs) en la estación E-N30, son generalmente inferiores o cercanos al nivel de determinación. Por el contrario, en la estación más interna, en la presente campaña, se ha superado el objetivo de calidad (*i.e.*, 180 ng g^{-1}).

Además, la concentración de hidrocarburos poliaromáticos (PAHs) es superior en la estación más interna (E-N20), superándose en la presente campaña el objetivo de calidad (44792 ng g^{-1}).

Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos en ambas estaciones no implican efectos negativos sobre la biota.

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-N30	<0,30	<0,30	<0,30	0,91	<1,00	<1,00	<2,00	0,38	20	1007
E-N20	<0,30	14,49	<0,30	4,93	39,55	25,40	18,05	2,52	1254	118869

Tabla 90 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

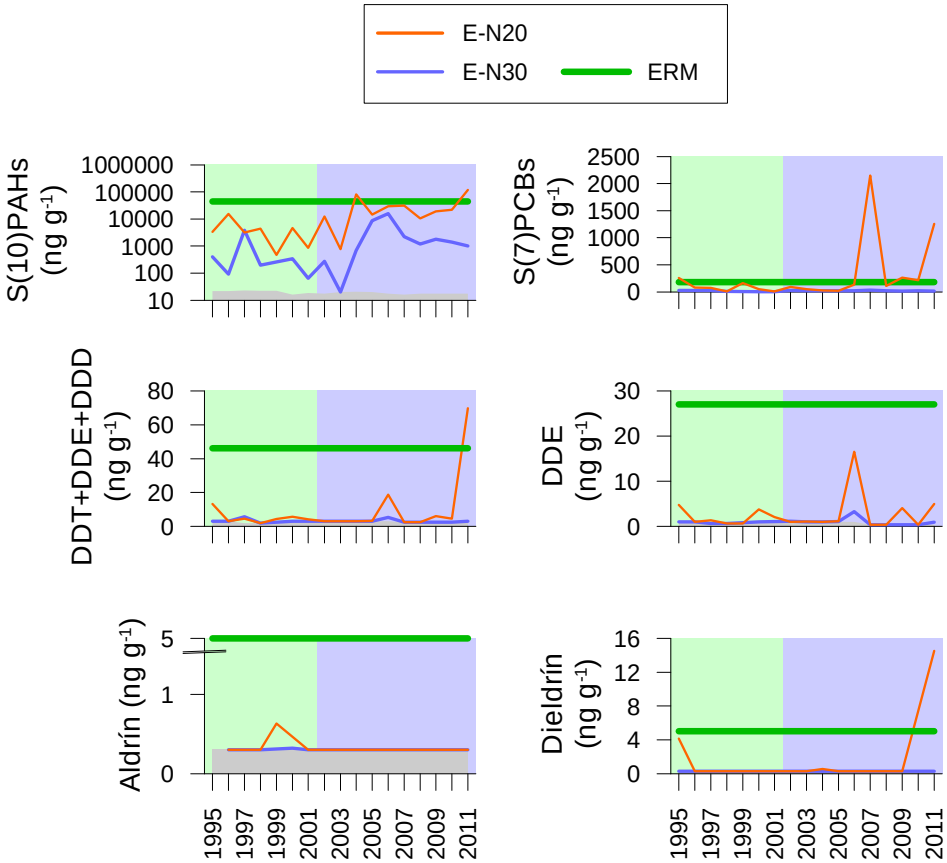


Figura 79 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long *et al.*, 1995).

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 91 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Nerbioi exterior, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Ambas estaciones mantienen valores de contaminación ligera, siendo el Hg, Mn y Pb los metales que más contribuyen al peso del ICC global. En la Figura 80 se presenta la evolución del ICC global de metales en sedimento. En las campañas más recientes, se observa

que ambas estaciones mantienen valores de contaminación ligera (*i.e.*, ICC < 3).

En cuanto a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, la estación E-N20 y la estación E-N30 presentan contaminación global fuerte y ligera, respectivamente.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-N30	NC	NC	CL	CL	C	C	CL	CL	CL	CL
E-N20	C	CL	CL	NC	C	CL	CL	C	CL	CL
Total	CL	CL	CL	CL	C	CL	CL	CL	CL	CL

Tabla 91 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

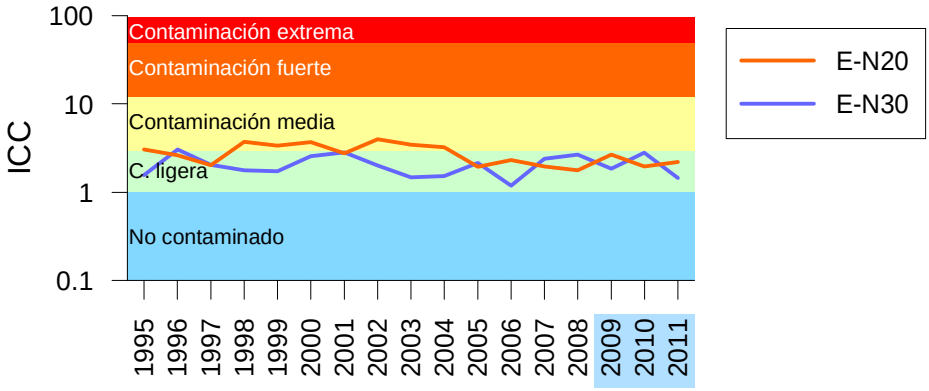


Figura 80 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

4.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En el estuario del Nerbioi se recolectaron mejillones en dos estaciones, una en Zierbena (I-N10) y la otra en Getxo (I-N20) el 2 de noviembre de 2011. Los datos correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos de la campaña de otoño de 2011 se pueden consultar en la Base de Datos.

BACTERIOLOGÍA

La evolución de las concentraciones de bacterias en el estuario del Nerbioi en las estaciones I-N10 e I-N20 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011) se muestra en la Figura 81 y en la Figura 82, respectivamente.

En la estación I-N10 la concentración de coliformes fecales en 2011 (2.400 NMP 100 ml^{-1}) es superior a la observada en 2010 (650 NMP 100 ml^{-1}). Utilizando el criterio del derogado Real Decreto 571/1999 para la clasificación de las zonas de producción de moluscos, al no alcanzar el límite de 6.000 NMP 100 ml^{-1}, se clasificaría como Zona tipo B, es decir, podría ser apta para marisqueo con depuración previa a la puesta en el mercado de los moluscos recolectados. Sin embargo, al tratarse de una zona portuaria, no podría ser declarada como zona de producción de moluscos.

En estación I-N20 la concentración de coliformes fecales en 2011 (100 NMP 100 ml^{-1}) es la más baja de los últimos tres años de seguimiento. Al no superarse los 300 NMP 100 ml^{-1}, podría ser apta para el marisqueo según el criterio del derogado Real Decreto 571/1999 para la clasificación de las zonas de producción de moluscos.

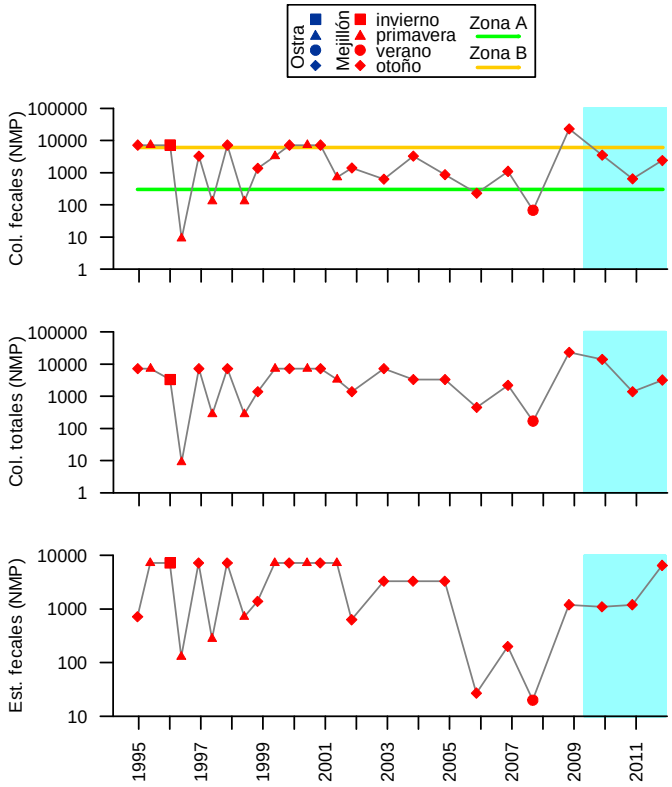


Figura 81 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-N10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

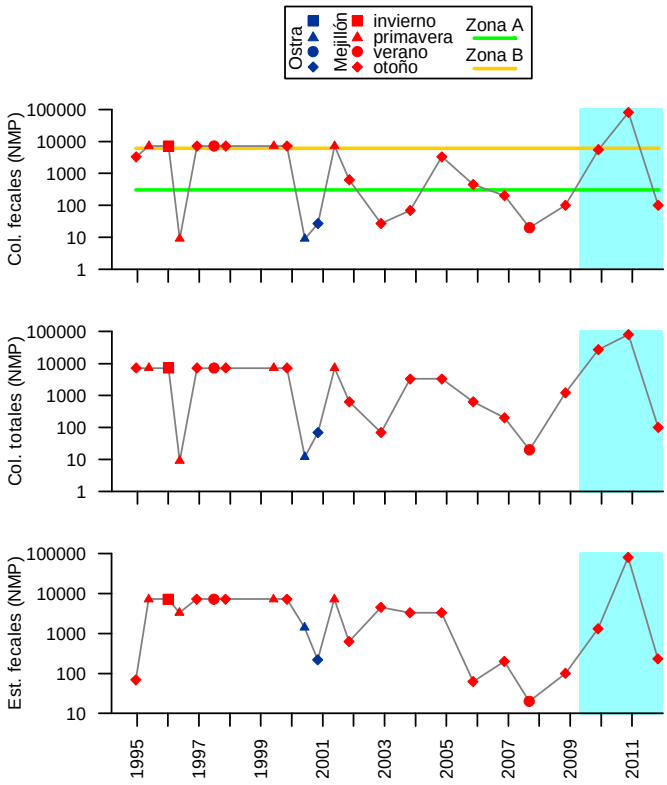


Figura 82 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-N20 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 83 y la Figura 84 se muestra la evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco) desde 1994 en las estaciones I-N10 e I-N20.

Las concentraciones de **cadmio** en estas estaciones son, en general, inferiores a 1,0 mg kg^{-1}, límite legal para los moluscos bivalvos destinados a consumo humano. En la estación I-N10 dicho límite se ha superado en cuatro ocasiones (otoños de 1996, 2002 y 2003 y primavera de

2000), mientras que en la estación I-N20 sólo en dos ocasiones (primaveras de 1997 y 1998).

El **cromo** presenta concentraciones inferiores a 0,94 y 1,23 mg kg^{-1} en las estaciones I-N10 e I-N20, respectivamente. En cuanto al cumplimiento de los objetivos de calidad, a lo largo del periodo de estudio en ningún caso se superan los 1,8 mg kg^{-1} contemplados para el cromo.

El **cobre** presenta, en la estación I-N10, una concentración media de 1,9 mg kg^{-1}, siendo la concentración máxima del periodo de estudio la observada en otoño de 1999 (6,72 mg kg^{-1}). En la estación I-N20 existe mayor variabilidad temporal, con concentraciones inferiores a 5 mg kg^{-1} desde otoño de 2001 y una concentración de 0,7 mg kg^{-1}, en la campaña de 2011. El límite legal (actualmente no vigente) para el cobre en los mejillones, 20 mg kg^{-1}, sólo se supera en otoño de 1997 (82,0 mg kg^{-1}) y en primavera de 2001 (23,3 mg kg^{-1}), en la estación I-N20. Durante todo el periodo de estudio sólo se recolectó ostra en la estación I-N20 en el año 2000, tanto en primavera como en otoño (56,7 y 168,6 mg kg^{-1}, respectivamente), pero solo en otoño se supera el límite legal (actualmente no vigente) para el cobre en ostra, 60 mg kg^{-1}.

En cuanto al **mercurio**, la concentración media del periodo de estudio es de 0,04 mg kg^{-1} en las estaciones I-N10 e I-N20. A pesar de que la concentración máxima se alcanzó en otoño de 1998 en la estación I-N10 (0,15 mg kg^{-1}) y en la primavera de 1996 en la estación I-N20 (0,11 mg kg^{-1}), en ningún caso se han superado ni el límite legal, 0,5 mg kg^{-1}, ni el valor de referencia del CIEM, 0,2 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 40 y 50% de los casos (para las estaciones I-N10 e I-N20, respectivamente) se ha superado la norma de calidad ambiental (20 μg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

En el Nerbioi exterior, las concentraciones de **níquel** han ido disminuyendo desde 2008 en ambas estaciones, con valores próximos a 0,1 mg kg^{-1} en 2011. Aunque para el níquel no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. Este valor sólo se ve superado por las concentraciones observadas en otoño de 1994 (1,98 mg kg^{-1}, en la estación I-N10, y 1,66 mg kg^{-1}, en la estación I-N20) y en primavera de 1998 en la estación I-N20 (1,58 mg kg^{-1}).

La concentración del **plomo**, presenta mayor variabilidad temporal en la estación I-N10, superando puntualmente la concentración de 1,6 mg kg^{-1}. En la estación de I-N20 también se observa una elevada variabilidad temporal sin un patrón definido. Desde 1997 la concentración de plomo en esta estación no superó el valor de 1,2 mg kg^{-1}. El límite legal para el consumo (1,5 mg kg^{-1}) se ha superado en un 12% (I-N10) y un 8% (I-N20) de los casos a lo largo del periodo de estudio.

La concentración de **zinc** presenta un descenso en la estación I-N10 en las últimas tres campañas. A pesar de que las máximas concentraciones de zinc se observaron en otoño de 1999 en la estación I-N10 (204 mg kg^{-1}) y en otoño de 1997 en la estación I-N20 (425 mg kg^{-1}), no se han superado ni el límite legal (actualmente no vigente) ni el valor de referencia dado por el CIEM, 1000 y 600 mg kg^{-1}, respectivamente. La mayor acumulación de zinc en ostra se suele deber a que el mejillón puede regular la concentración de este metal, mientras que la ostra no (Rainbow, 1990). Sin embargo, en contra de lo que cabría esperar, estos máximos corresponden a concentraciones en mejillón, por lo que se consideran elevados.

La concentración de **plata** se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007. En la campaña de 2011 la concentración ha sido inferior al límite de detección (0,01 mg kg^{-1}) en ambas estaciones.

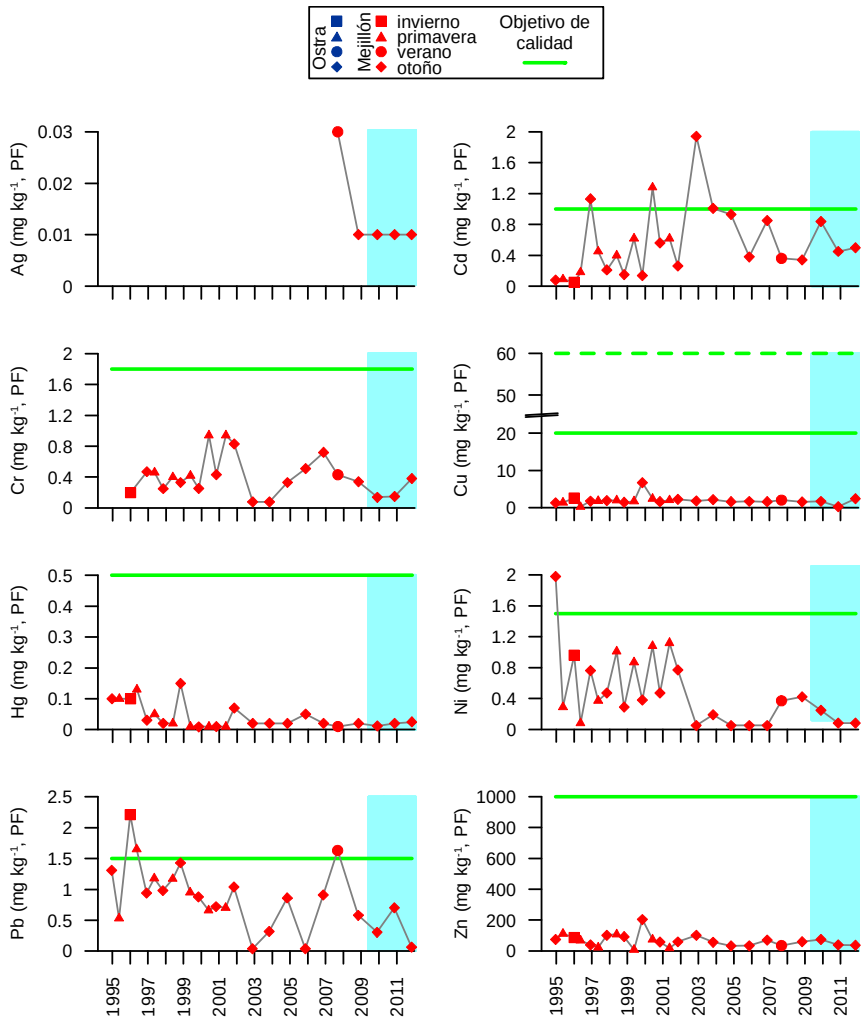


Figura 83 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-N10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

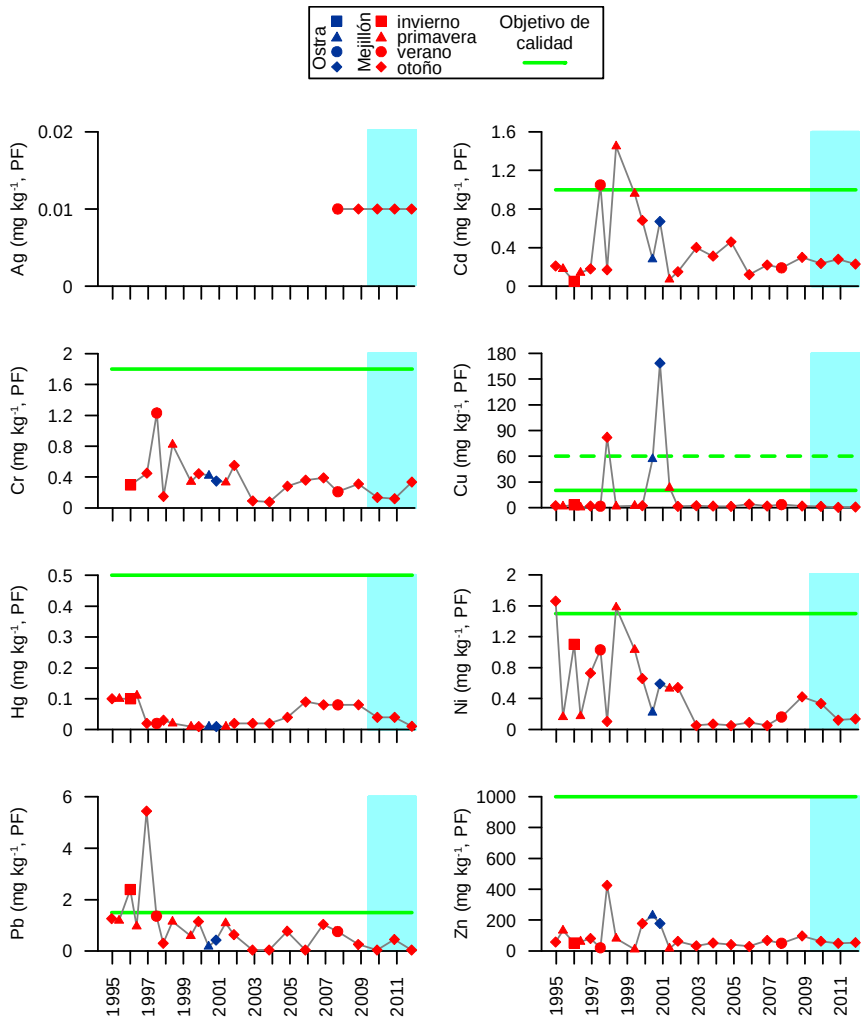


Figura 84 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-N20, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En la Figura 85 se muestra la evolución de la concentración de compuestos orgánicos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-N10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011) y en la Figura 86 la evolución en la estación I-N20.

En el caso de los policlorobifenilos **(PCBs)** se han sumado los 7 congéneres analizados (Borja *et al.*, 2003), con objeto de poder compararlos con otros lugares. Hay que tener en cuenta que el dato puede variar al ser menos o más los congéneres analizados en otras zonas.

Se observa que la concentración de PCBs en los moluscos descendió desde el periodo 1994-1998 hasta el 1999-2001. A partir de 2002 el sumatorio de PCBs ha ido aumentando en la estación I-N10, dónde se han registrado valores más altos que en la I-N20.

Los valores de objetivo de calidad que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 a 5 ppm. Si se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs en este estuario, a lo largo del periodo de estudio, están muy alejadas de este valor.

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). Desde 2005 en la estación I-N20 los tres compuestos presentan concentraciones inferiores o ligeramente superiores al nivel de detección. Sin embargo, en la estación I-N10 los tres compuestos evaluados estuvieron por encima del límite de determinación, en varios de los muestreos recientes. A lo largo del periodo de estudio las concentraciones de DDT más elevadas se dieron en primavera de 1995 (se alcanzó el valor de 18 µg kg^{-1}, en la estación I-N10, y 28 µg kg^{-1}, en la estación I-N20) y en primavera y otoño de 1997 en la estación I-N20 (17 y 24 µg kg^{-1},

respectivamente). Sin embargo, incluso en estos casos el valor límite (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado.

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). En 2011 el lindano supera el límite de detección en la estación I-N10; así, la suma de HCH, 2,96 µg kg^{-1}, es una de las más elevadas de las observadas en esta estación a lo largo del periodo de estudio. Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, esta concentración se encuentra muy por debajo de dicho límite.

En cuanto a las concentraciones de **HCB**, la estación I-N10, junto con la del Urumea (I-UR10), presenta una concentración por encima del nivel de detección en 2011. Sin embargo, durante el período de estudio en ningún caso se supera el valor límite para este compuesto, 10 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones de los **drines** (aldrín, dieldrín, e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, desde otoño de 2002 se estudian los hidrocarburos aromáticos policíclicos **(PAH)** en moluscos (Borja *et al.,* 2003). Se observan notable diferencia en el sumatorio de (10) PAHs en ambas estaciones. En la estación I-N20 la concentración media es de 125 µg kg^{-1}, mientras que en la estación I-N10 es de 695 µg kg^{-1}. En ambas estaciones el máximo se registró en 2006 (341 y 1.505 µg kg^{-1}, respectivamente), y desde entonces la concentración ha ido disminuyendo en la estación I-N20 hasta alcanzar, en 2011, una concentración de 30 µg kg^{-1}, respectivamente. Las concentraciones de benzo(a)pireno han sido superores a la permitida para el consumo según el Reglamento (CE) n°1881/2006 (10 µ g kg^{-1}) en varias ocasiones, tanto en la estación I-N10 como en la I-N20; sin embargo, en 2011 no se ha superado este valor límite en ninguna de las dos estaciones.

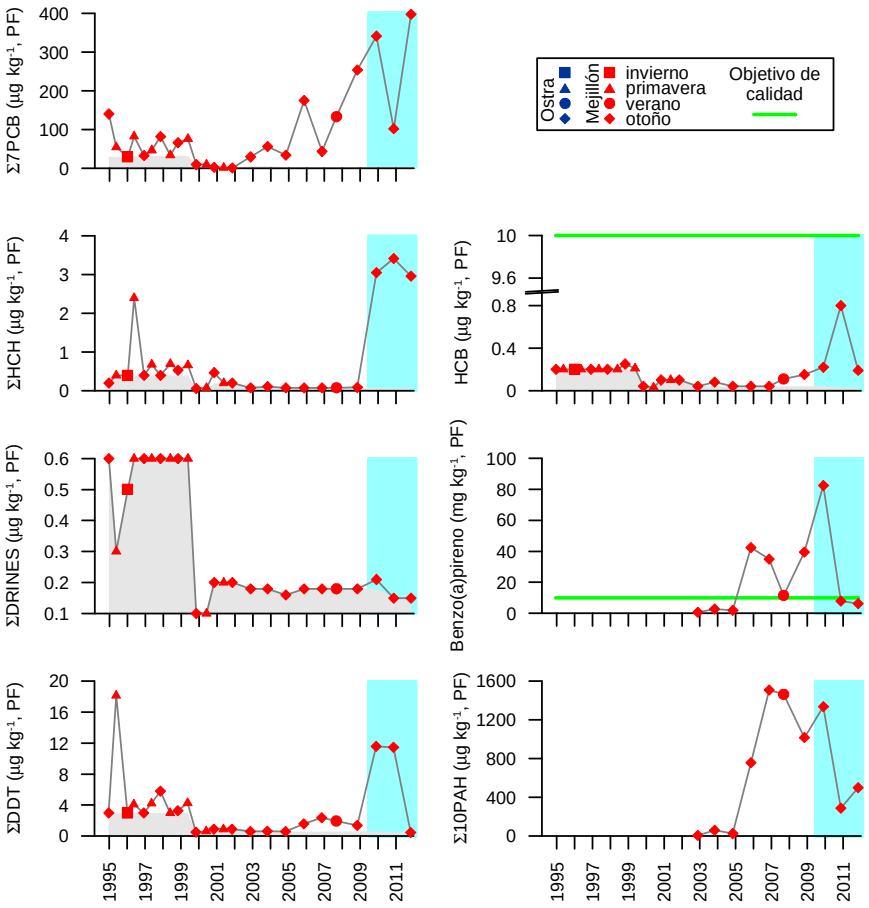


Figura 85 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-N10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

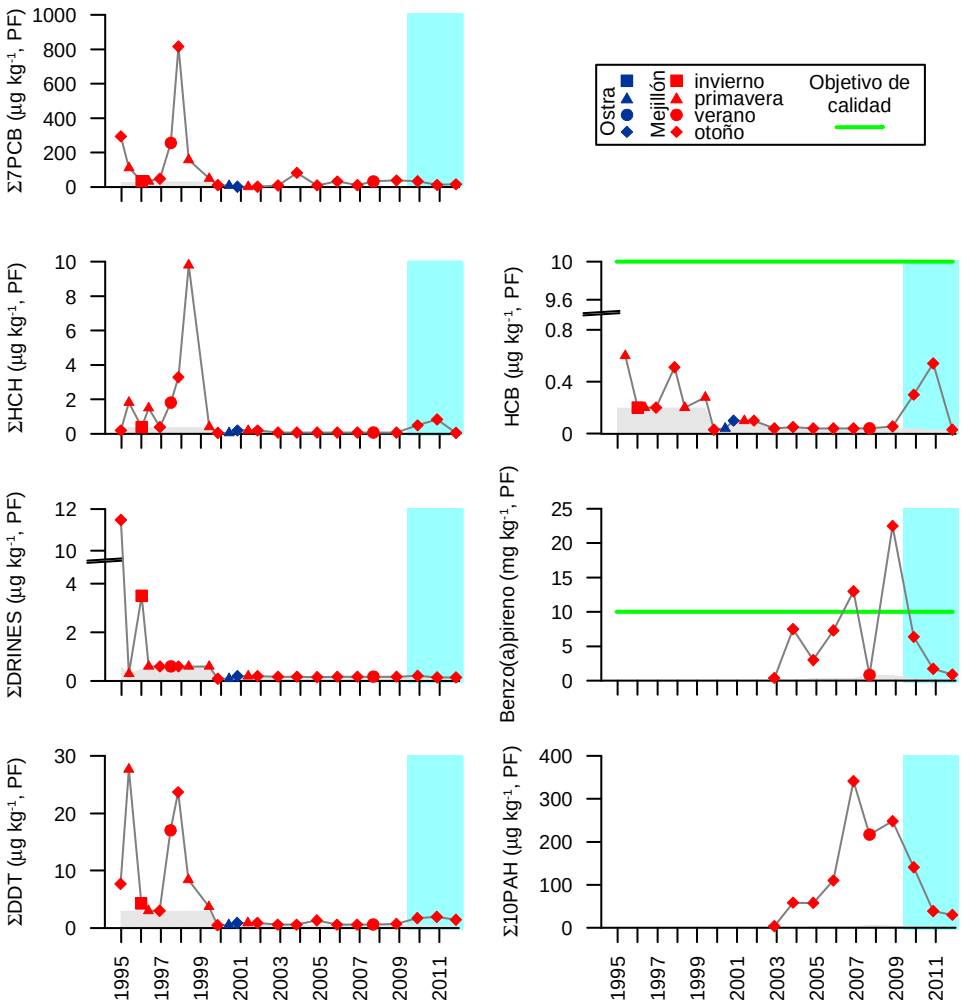


Figura 86 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos (µg kg-1 de Peso Fresco), en la estación I-N20, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

Según el derogado Real Decreto 571/1999, a la vista de la concentración de bacterias existente en las estaciones I-N10 e I-N20 en otoño de 2011, se podrían clasificar como zona B (apta para el marisqueo destinado a depuración) y zona A (apta para el marisqueo), respectivamente. Cabe señalar que al ser una zona portaria, no podría ser declarada como zona de producción de moluscos.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al.*, 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (véase Borja *et al.*, 2003). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en el estuario del Nerbioi, la clasificación general sería de no contaminado, aunque con contaminación ligera de cadmio y cromo en ambas estaciones.

En cuanto a los compuestos orgánicos, destaca el sumatorio de PAHs, que alcanza en varios muestreos recientes (incluído el de otoño de 2011 en la estación I-N10) mayores concentraciones que los límites recomendados por la OMS (200 µg kg^{-1}, en peso seco, para la suma de 6 PAHs) y la EPA (500 µg kg^{-1}, en peso seco, para la suma de 16 PAHs) para el consumo.

4.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

De acuerdo con la metodología expuesta en el Tomo 1, para 2011, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como: “Buena” en E-N30, y “Aceptable” en E-N20. Esta última estación presenta una tendencia significativas a la mejora entre 1994 y 2011 ($p<0,05$). La estación E-N30 por su parte, la tendencia estadísticamente significativa al empeoramiento que presentaba entre 2003 y 2009 ($p<0,05$) se rompe con el

resultado obtenido en 2010 y 2011 (Figura 87). Globlamente, entre 1994 y 2011 no presenta ninguna tendencia significativa.

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, la estación E-N20 no cumple para ningún nutriente, mientras que la estación E-N30 no cumple para nitrato y fosfato.

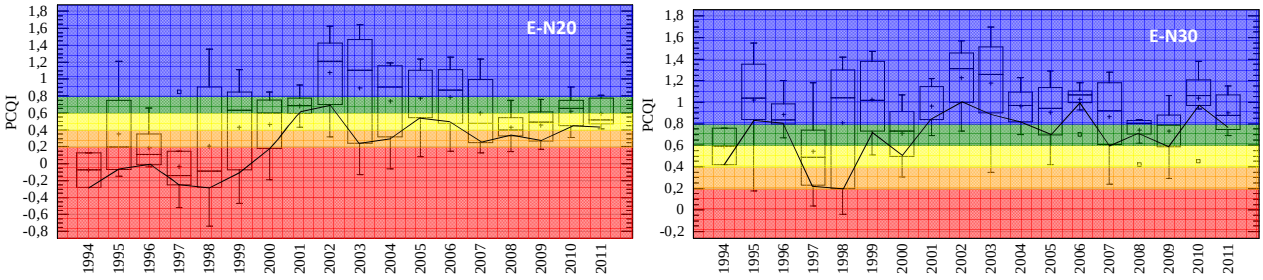


Figura 87 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-N20 y E-N30 de la masa de agua de transición del Nerbioi exterior. La línea negra represena la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en sustancias prioritarias y especificas, es aceptable (Tabla 92)

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-N20	E-N30	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}	0.006	<LC	Cumple
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,01	0,004	No cumple
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,03	0,004	Cumple
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(b)fluoranteno +Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno +Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	0,009	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,004	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,006	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	0,003	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,2	0,4	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,4	0,4	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,61	0,01	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,8	1,1	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,50	0,04	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,5	0,6	Cumple
Estado Quimico				No alcanza	No alcanza	No alcanza
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	14,4	13	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,53	1,7	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Aceptable	Aceptable	Aceptable

Tabla 92 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Nerbioi Exterior en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, no se alcanza en buen estado químico por presencia de hexaclorociclohexano en agua en las dos estaciones. Así desde 2004 de forma global no se ha alcanzado el buen estado químico por diversas sustancias, excepto en 2007 que cumplio el buen estado químico (Tabla 93).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	Cd y Hg (sedimento)
2005	No alcanza buen estado	Hg (sedimento)
2006	No alcanza buen estado	HCH y Hg (sedimento)
2007	Bueno	-
2008	No alcanza buen estado	HCH
2009	No alcanza buen estado	HCH, Σ(Benzo(g,h,i)perileno +Indeno(1,2,3-cd)pireno y Cd(sedimento)
2010	No alcanza buen estado	HCH
2011	No alcanza buen estado	HCH

Tabla 93 Estado químico de la masa de agua de transición Nerbioi Exterior en los años 2004-2011.

4.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Este estuario es, junto al del Oiartzun, uno de los que su configuración morfológica ha cambiado drásticamente a lo largo de los dos últimos siglos. En muchos aspectos es más una 'masa de agua modificada', en el sentido de la Directiva de Aguas, que un estuario funcional, puesto que difícilmente podrán darse todos los procesos que tienen lugar en un estuario, al no disponer prácticamente de superficies intermareales, marismas, etc.

En este sentido, en los últimos años el Abra exterior se ha visto profundamente modificada por la construcción del puerto exterior, así como por los dragados y el funcionamiento del proyecto generador de energía *Bahía de Bizkaia*. Todo esto hace que en el último lustro la circulación mareal y de corrientes en el Abra exterior se haya visto alterada. Sin embargo, actualmente ya ha adquirido su estructura morfológica definitiva, por lo que respecto a los indicadores hidromorfológicos este estuario lo calificamos este año como de 'Aceptable'.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 5 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL BUTROE

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 5 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL BUTROE 141

5.1 Resumen estado ecológico. Butroe 143

5.2 Estaciones de muestreo 146

5.3 Macroinvertebrados bentónicos 146
5.3.1 Parámetros estructurales 146
5.3.2 Calidad biológica 148

5.4 Fauna ictiológica 149
5.4.1 Estructura y composición de la comunidad 149
5.4.2 Calidad biológica 153

5.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 154
5.5.1 Fitoplancton 154
5.5.2 Macroalgas 157

5.6 Indicadores Fisicoquímicos 167
5.6.1 Caracterización físico-química en aguas 167
5.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 171
5.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 176
5.6.4 Evaluación del estado 180

5.7 Indicadores hidromorfológicos 181

5.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. BUTROE

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta masa de agua.

Respecto a las fuerzas motrices, el estuario del Butroe sufre la presión directa de menos de 25.000 habitantes, que se corresponde con 207,5 habitantes km^{-2}; asociado a esto se debe indicar la existencia de vertidos aislados en la zona del Abanico. El número de establecimientos industriales asociados al estuario del Butroe es de 728, considerándose que la presencia industrial es escasa. En el interior del estuario se encuentra el puerto de Plentzia, conocido como La Gallarda. Al principio de su historia fue un puerto comercial, al que se le incorporó después la actividad pesquera. Hoy en día es, básicamente, un puerto deportivo. Respecto a la explotación agrícola-ganadera se le asocia al estuario del Butroe un total de 890 explotaciones en 3.457 Ha.

En esta masa de agua la presión más importante en número es la de la regulación del cauce, con 20 tramos identificados (26% de las presiones detectadas). Le siguen los 18 aliviaderos de tormentas (23%). Las 13 presiones relacionadas con asentamientos portuarios suponen el 17% del total y los 10 astilleros, rampas y varaderos, el 13%.

Esta masa de agua recibe presiones de algunos vertidos urbanos (zona del Abanico, aunque con caudales bajos: 21.000 $m^3.a^{-1}$) (además hay que añadir vertidos puntuales importantes, como el acaecido en verano de 2005, que posiblemente sean el origen del empeoramiento paulatino en la concentración de oxígeno disuelto), canalización de la parte final del cauce (el puerto representa sólo el 5% de la masa de agua), alteración de los sedimentos por dragado (tanto del canal como del puerto, como los dragados realizados en 2002-2003), presencia de un elevado número de amarres en el estuario, y excesiva presión marisquera. A esto hay que añadir que durante años ha funcionado una empresa de acuicultura que actualmente se encuentra cerrada. Globalmente la presión en la masa de agua es baja.

En años anteriores, en este estuario, se observaba un gradiente de calidad, desde el interior al exterior. Esto podría deberse a algunos problemas relacionados con contaminantes (por ejemplo, vertidos aislados, como el de verano de 2005 u otros similares) y condiciones generales e hidromorfológicas del estuario (los dragados periódicos de la desembocadura, como uno pequeño realizado en verano de 2010 en el puerto) que pueden influir, ya que de hecho se ha observado una ligera degradación en las condiciones físico-químicas en los últimos años, en la parte externa.

En el estuario han ido mejorando los sistemas de recogida de aguas residuales especialmente a partir de 1997 y, de hecho, el coeficiente biótico del bentos va mejorando progresivamente entre 1997 y 2000 (en algunas estaciones hasta 2010). Lo mismo sucede en los peces y fitoplancton, con una mejora progresiva. Sin embargo, ha habido empeoramientos puntuales que podrían deberse a un vertido puntual o a situaciones como los dragados que se han producido en los últimos años. De hecho, en 2009-2010 parece que la peor situación proviene precisamente de la peor situación físico-química en la parte externa (debido a nutrientes), mientras que la biológica mejora. En 2011, por el contrario, la peor parte para los peces y el estado físico-químico se sitúa en la parte media. En cambio, las macroalgas han mejorado sustancialmente desde el último muestreo.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE) determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico (Tabla 94). De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más recientes, así desde 2004 de forma global se ha alcanzado el buen estado químico (Tabla 95).

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los tres puntos de control de esta masa el estado físico-químico, determinado por las sustancias prioritarias y especificas, es muy bueno (Tabla 94). Los elementos físico-químicos de soporte de los biológicos, presentan un buen estado en E-B5 y E-B10 y aceptable en E-B7 (Tabla 96).

En la Tabla 96 y Figura 88 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Butroe.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-B5	E-B7	E-B10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}				
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}				
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,003	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,01	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,02	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,023	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,1	0,20	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,1	0,14	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,11	<LC	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,2	1,3	0,6	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g^{-1}	0,088	<LC	0,0074	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,7	0,7	0,236	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	13	8	11	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	3,3	2	1,475	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Muy bueno

Tabla 94 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Butroe en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 95 Estado químico de la masa de agua de transición Butroe en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-B5	B	A	B	B	B	B	Sí	No	MB	B	8	0.16	1.28	7.68
E-B7	MB	MB	B	D	A	A	Sí	No	MB	A	6	0.16	0.96	
E-B10	MB	MB	B	A	B	B	Sí	No	MB	B	8	0.68	5.44	

Tabla 96 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en masa de agua del Butroe en 2011.

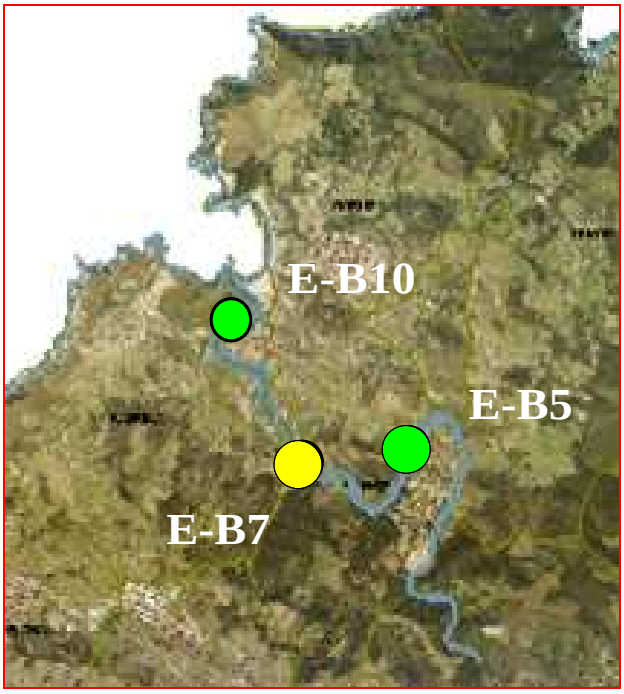


Figura 88 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la Masa de agua Butroe: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

5.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Butroe se analiza anualmente un total de 3 estaciones estuáricas y una estación de moluscos. Por otro lado, en 2011, se volvieron a analizar las tres estaciones para vida piscícola y 13 estaciones para macroalgas en estuarios que se analizaron ya en 2002, 2005 y 2008. Las posiciones se pueden ver en la Tabla 97.

Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo
E-B10	Plentzia (puerto)(Butroe)	504454,41	4806292,54	Estuarios
E-B5	Plentzia (Abanico)(Butroe)	506252,25	4805032,63	
E-B7	Plentzia (campo de fútbol)(Butroe)	504623,98	4805212,34	
M-EB1	Butroe Zona 01.Estuario Macroalgas	504166,55	4806204,58	Estuarios (Macroalgas)
M-EB10	Butroe Zona 10.Estuario Macroalgas	506592,28	4805236,33	
M-EB11	Butroe Zona 11.Estuario Macroalgas	506692,05	4804475,69	
M-EB12	Butroe Zona 12.Estuario Macroalgas	506325,24	4803671,40	
M-EB13	Butroe Zona 13.Estuario Macroalgas	506375,72	4803365,17	
M-EB2	Butroe Zona 02.Estuario Macroalgas	504011,63	4805762,60	
M-EB3	Butroe Zona 03.Estuario Macroalgas	504312,35	4805758,04	
M-EB4	Butroe Zona 04.Estuario Macroalgas	504613,08	4805612,24	
M-EB5	Butroe Zona 05.Estuario Macroalgas	504558,40	4805252,28	
M-EB6	Butroe Zona 06.Estuario Macroalgas	504845,46	4805083,69	
M-EB7	Butroe Zona 07.Estuario Macroalgas	504790,78	4804869,54	
M-EB8	Butroe Zona 08.Estuario Macroalgas	505538,04	4804409,34	
M-EB9	Butroe Zona 09.Estuario Macroalgas	506283,88	4805001,39	
I-B10	Plentzia (desembocadura) (Butroe)	504186,85	4806715,71	Estuarios (Moluscos)
ABE	Butroe (Arrastre zona exterior estuario)	504471	4805734	Estuarios (Vida piscícola)
ABM	Butroe (Arrastre zona media estuario)	504930	4804631	
ABI	Butroe (Arrastre zona interior estuario)	505838	4804293	

Tabla 97 Estaciones de muestreo en el estuario del Butroe.

5.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

5.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Butroe, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 98.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN		
		E-B5	E-B7	E-B10
Densidad	$n^o \cdot m^{-2}$	377	157	44
Biomasa	$g \cdot m^{-2}$	0,964	0,568	0,206
Riqueza	n^o	8	15	13
Diversidad número	$bit \cdot ind^{-1}$	2,07	2,75	3,48
Diversidad biomasa	$bit \cdot g^{-1}$	1,02	1,72	1,27
Equitabilidad número		0,69	0,70	0,94
Equitabilidad biomasa		0,34	0,44	0,34
Diversidad máxima	bits	3,00	3,91	3,70
AMBI		3,05	2,87	3,92
Clasificación AMBI		Alteración Ligera	Alteración Ligera	Alteración Moderada

Tabla 98 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Butroe.

La estación más interna del estuario del Butroe (E-B5) presenta en 2011 un sustrato predominantemente limoso con un contenido en materia orgánica del 4,2%.

Como ya se ha sugerido en otras ocasiones, parece ser que las características de estos sedimentos, junto con otras variables ambientales, son propicios para el asentamiento de una comunidad compuesta por muchas de las especies características de otros muchos estuarios, pudiéndose destacar por su dominancia el crustáceo isópodo *Cyathura carinata* (153 $ind \cdot m^{-2}$), el molusco bivalvo *Scrobicularia plana* (131 $ind \cdot m^{-2}$), el poliqueto *Alkmaria romijni* (39 $ind \cdot m^{-2}$), el caracolillo *Peringia ulvae* (25 $ind \cdot m^{-2}$) y el poliqueto errante *Hediste diversicolor* (17 $ind \cdot m^{-2}$). Habitualmente, estas mismas especies han dominado en esta estación durante los diferentes muestreos de 2002-2011 (además de en 2011, *C. carinata* también dominó en 2005, 2006, 2009 y 2010).

La densidad total de la comunidad de la estación (377 $ind \cdot m^{-2}$) se puede considerar media/baja en comparación con esta misma y con otras estaciones estuáricas. La riqueza específica es de 8 *taxa* (máxima, 12 *taxa* en 2002; mínima, 6 *taxa* en 2003). Los valores de diversidad (2,07 $bit \cdot ind^{-1}$) y equitabilidad para las abundancias (0,69) también se consideran "normales" para la estación. La biomasa de la comunidad (1,0 $g \cdot m^{-2}$) es media/baja en relación a las registradas en años anteriores. La mayor aportación a la biomasa viene dada por el bivalvo *S. plana* (0,8 $g \cdot m^{-2}$).

Según la clasificación de AMBI, ésta es una estación con alteración ligera en 2011 (AMBI=3,05). La mayoría de los valores registrados en esta estación son próximos al del límite entre alteración ligera y moderada (3,3) (Figura 89). La dominancia de especies tolerantes a la alteración del medio es clara, como viene siendo habitual desde el inicio del seguimiento.

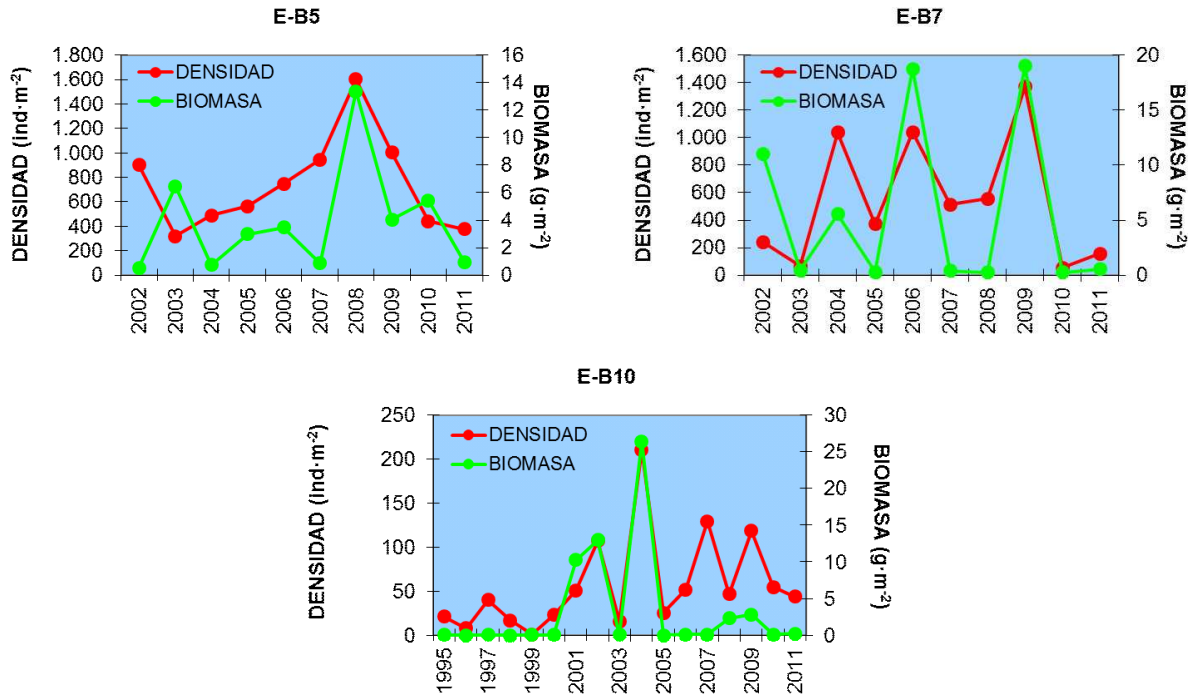


Figura 89 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-B5, E-B7 y E-B10 (Butroe).

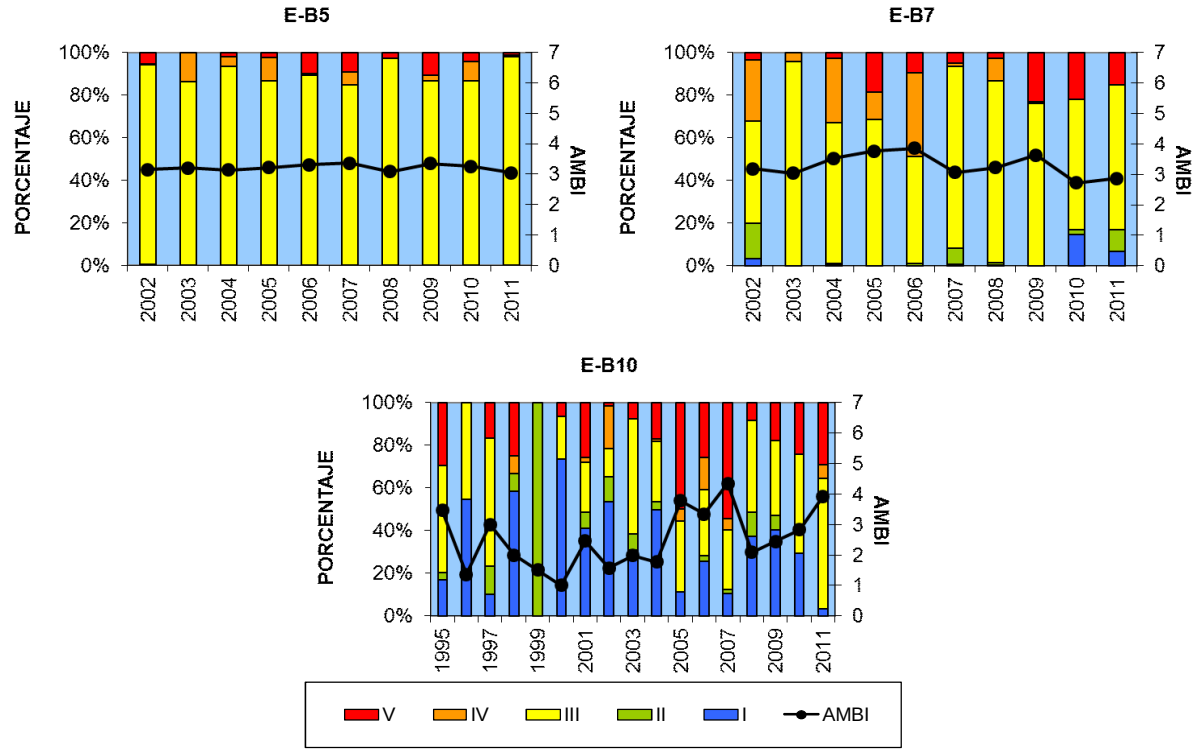


Figura 90 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-B5, E-B7 y E-B10 del Butroe.

La estación E-B7 es arenosa y su contenido en materia orgánica es bajo (0,4%).

La biocenosis presente en 2011 está dominada, en cuanto a abundancias, por *P. ulvae* (64 ind·m^{-2}), *S. plana* (33 ind·m^{-2}) y el grupo de los oligoquetos (15 ind·m^{-2}). No obstante, estas dominancias, como en la mayoría de los muestreos realizados en E-B7, no son demasiado altas, lo cual se refleja en los relativamente altos valores de diversidad (2,83 bit·ind^{-1}) y equitabilidad (0,71). La riqueza específica, 16 *taxa*, se mantiene a niveles medios/altos.

La densidad es baja en comparación con las registradas en el periodo 2002-2010 (mínimo valor en 2010, 55 ind·m^{-2}; máximo, 1.371 ind·m^{-2} en 2009). La biomasa (0,3 g·m^{-2}), junto con la de 2008 y 2010, es la más baja de todo el periodo de estudio.

Según la clasificación de AMBI, la estación presenta alteración ligera en 2011 (AMBI=2,87), con dominancia del grupo ecológico III (Figura 90). En esta estación, de forma similar a la anterior, los valores estimados para AMBI son muy estables a lo largo del seguimiento, próximos al límite entre la alteración ligera y la alteración moderada. Pequeños cambios en las proporciones de los grupos ecológicos II, IV y V son los que determinan si la estación pasa a alteración moderada (p.e., en 2004-2006 y 2009) o a alteración ligera.

La tercera estación del estuario del Butroe (E-B10) presenta en 2011 sedimentos constituidos mayoritariamente por arenas, con bajos contenidos en materia orgánica (1,9%).

La comunidad presente en esta estación en 2011 muestra valores de densidad bajos (44 ind·m^{-2}), aunque en el rango de los normalmente encontrados en esta estación (mínima, 1 ind·m^{-2} en 1999; máxima, 211 ind·m^{-2} en 2004) (Figura 89). No existe una clara dominancia de ningún *taxon* respecto a las abundancias, por lo que la diversidad es alta (3,48 bit·ind^{-1}; 0,94 de equitabilidad). La riqueza específica (13 *taxa*) es "normal" para esta estación (mínima en 1999 con una sola especie; máxima en 2002 con 22 *taxa*).

La calificación obtenida a partir del índice biótico AMBI para la estación E-B10 es de alteración moderada (Tabla 98), con dominancia de especies adscritas a los grupos ecológicos III y V (Figura 90). Esta estación presenta mayor variabilidad temporal en los valores de AMBI que las estaciones E-B5 y E-B7.

5.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las tres estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

La estación E-B5 presenta **Buen Estado** (Figura 91). En general, la estación mantiene valores similares de EQR desde el inicio de su seguimiento, en el límite entre el Buen Estado y el Muy Buen Estado, y con una ligera evolución de mejora del estado ecológico (aunque en la presente campaña de 2011 el valor de M-AMBI sea menor que en 2010).

La estación E-B7 presenta también **Buen Estado** (Figura 91), con valores de M-AMBI que reflejan una clara tendencia positiva, lo que supone un incremento de 0,46 en 2002 a 0,71 de la presente campaña, permitiendo que la calificación de la estación pase de Estado Aceptable a Buen Estado.

Por último, la estación E-B10 presenta un EQR de 0,69, correspondiente a **Buen Estado** (Figura 91), con una evolución temporal bastante irregular, donde situaciones de mejora se alternan con situaciones de empeoramiento. De esta manera, entre 1995 y 2001 la calificación pasó de Buen Estado a Muy Buen Estado; en 2002, en cambio, se detectó una importante disminución de EQR (de 0,84 a 0,55) que se tradujo en un empeoramiento de la calificación a Buen Estado, coincidiendo con un dragado realizado en el área. En 2003 y 2004 se alcanzó otra vez el Muy Buen Estado; en las campañas 2005-2007 se detectó un nueva regresión del EQR (0,59-0,69) pasando de nuevo a Buen Estado. Como se comentó en informes anteriores, este decremento en la calidad guarda relación con un empeoramiento progresivo en la saturación de oxígeno detectado en el área. Una vez más, en 2008 hubo una nueva recuperación, coincidiendo con un ligero incremento de oxígeno, seguido de un continuo empeoramiento desde 2009 que se confirma en la presente campaña.

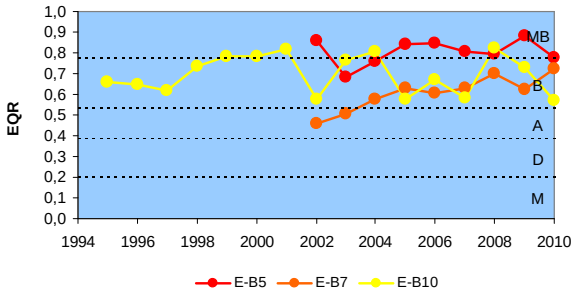


Figura 91 Evolución de EQR para las estaciones estuáricas de la masa de agua de transición del Butroe.

5.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

5.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Las muestras de fauna demersal que fueron recogidas durante la campaña de campo de 2011 han sido identificadas a nivel de especie, al igual que en las muestras de años previos. En la Figura 92 se pueden ver las estaciones o transectos muestreados.

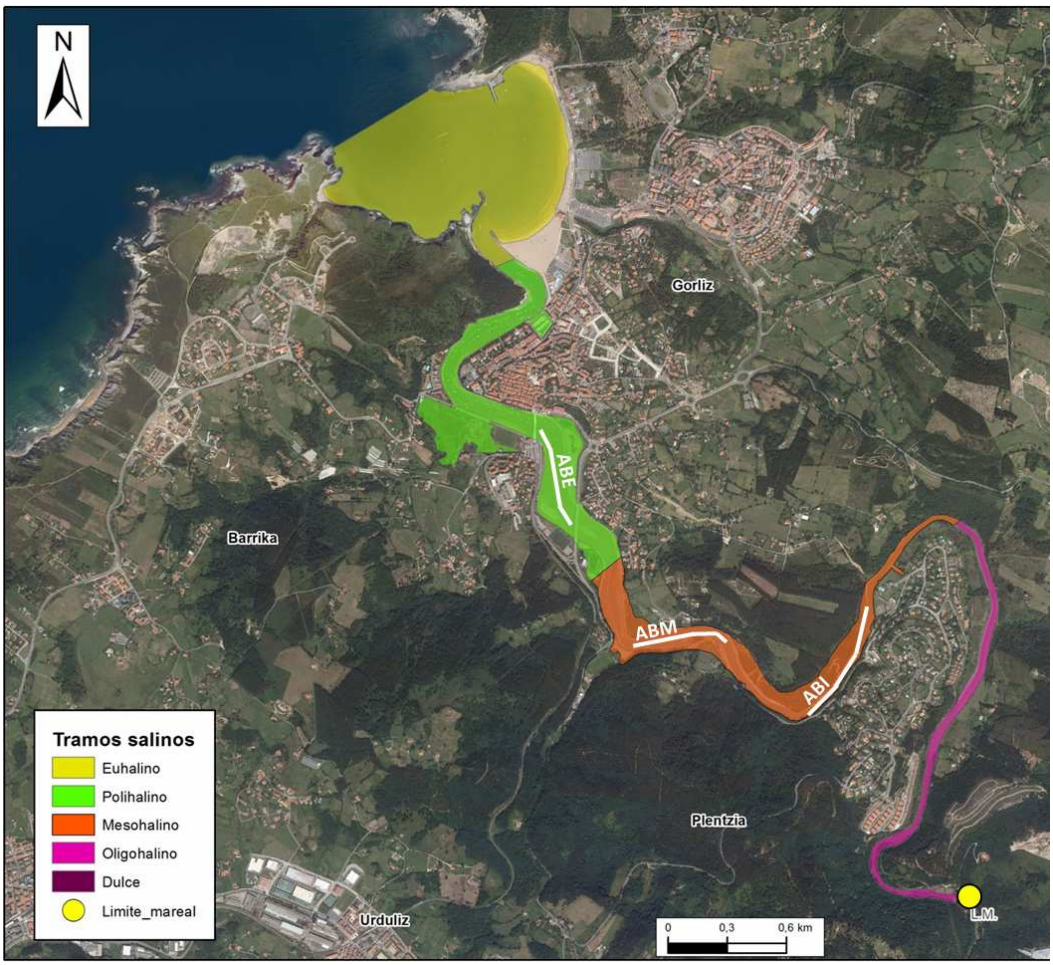


Figura 92 Tramos muestreados en el estuario del Butroe en el año 2011 (tramo exterior ABE, tramo medio ABM, tramo interior ABI).

En la campaña realizada en 2011 fueron recogidos un total de 8 taxones (cinco peces y tres crustáceos) en las distintas estaciones del estuario (Figura 93), siendo todas ellas habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad, principal condicionante de la vida en estas zonas de transición y debiendo constatar la presencia del cangrejo japonés *Hemigrapsus takanoi* que se trata de una especie exótica e invasora de origen asiático (Asakura y Watanabe, 2005; Martínez y Adarraga, 2005, 2006; Dauvin *et al.*, 2009).

En este estuario existen datos anteriores de estudios realizados para el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia pertenecientes a los años 1997 a 2003 (Franco *et al*., 1997-2004), y en ellas se encontraron cinco taxones (dos peces y tres crustáceos) en el año 1997, diez taxones (seis peces y cuatro crustáceos) en 1998, siete taxones (cuatro peces y tres crustáceos) en el año 1999, nueve taxones (cinco peces y cuatro crustáceos) en el año 2000, diez taxones (seis peces y cuatro crustáceos) en el año 2001, seis taxones (dos peces y cuatro crustáceos) en 2002, once taxones en 2003 (seis crustáceos y cinco peces). En los muestreos correspondientes a la Red de Calidad, en 2005 se recogieron quince taxones (diez peces y cinco crustáceos) y en 2008 catorce (nueve peces y cinco crustáceos).

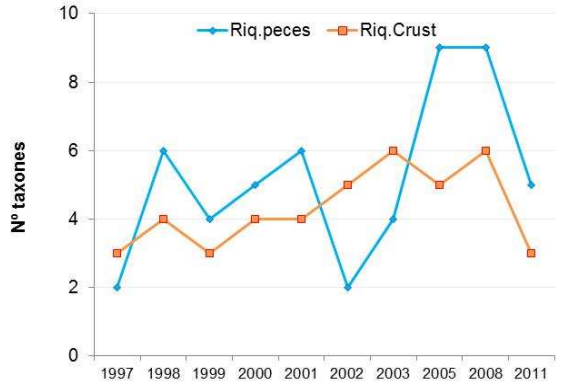


Figura 93 Evolución del número de taxones de peces y crustáceos identificados en los muestreos entre 1997 y 2011 en la masa de agua de transición del Butroe.

El número de taxones de crustáceos registrados el año 2011 fue de tres (Tabla 99), dos menos que en 2008. Por un lado, en 2008 se encontraron tres especies del género *Palaemon*, y en 2011 solamente una especie. No obstante, de cara a estudios de evolución las quisquillas del género *Palaemon* identificadas seguirán siendo consideradas como *Palaemon* sp. Por otro lado, *Crangon crangon* vuelve a aparecer, pero el cangrejo verde (*Carcinus maenas*) es sustituido por un cangrejo exótico (*Hemigrapsus takanoi*) que es recogido por primera vez en arrastres de este estuario.

Ninguna de las tres especies presentes este año presenta una distribución espacial por todo el estuario, apareciendo las quisquillas en el tramo exterior y el cangrejo japonés en el tramo medio. En el tramo interior no se recogió ningún crustáceo.

La Figura 93, donde se muestra la evolución temporal de la riqueza de especies de peces y de crustáceos observada en el Butroe entre los años 1997-2011, refleja en la última campaña la ruptura de la tendencia ascendente dibujada durante los últimos años. Si bien otros años también se produjeron acusados descensos de capturas en peces (1999, 2002), en el caso de los crustáceos es la primera vez que ocurre una disminución de tal magnitud.

En el caso de los peces, ninguna especie presenta una distribución en todo el estuario; es más, solamente han sido recogidos en el tramo interno (Tabla 99). De las cinco especies dos han sido encontradas por primera vez en esta serie de muestreos correspondientes a este estuario: el abisón (*Atherina presbyter*) y la muxarra (*Diplodus vulgaris*), apareciendo el segundo en lugar del raspallón (*D. annularis*) que sí se encontró en el muestreo previo.

TAXONES	ABE	ABM	ABI
CRUSTÁCEOS			
Quisquilla gris - *Crangon crangon*	X		
Quisquilla de poza - *Palaemon elegans*	X		
Cangrejo japonés - Hemigrapsus takanoi		X	
PECES			
Abisón - Atherina presbyter			X
Chaparrudo - *Gobius niger*			X
Muxarra - Diplodus vulgaris			X
Sargo - Diplodus sargus			X
Cabuxino - *Pomatoschistus* sp.			X

Tabla 99 Taxones identificados en cada una de las estaciones de la masa de agua de transición del Butroe (ABE tramo exterior, ABM tramo medio, ABI tramo interior).

En 2011 las mayores capturas tanto en número de especies como en número de ejemplares fueron efectuadas en la estación interna (Tabla 100).

TAXONES	Estación ABE		Estación ABM		Estación ABI	
	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})
CRUSTÁCEOS						
Quisquilla gris - *Crangon crangon*	1	20,00				
Quisquilla de poza - *Palaemon elegans*	1	20,00				
Cangrejo japonés - Hemigrapsus takanoi			2	20,00		
PECES						
Abisón - Atherina presbyter					1	20,00
Chaparrudo - *Gobius niger*					1	20,00
Muxarra - Diplodus vulgaris					3	28,28
Sargo - Diplodus sargus					11	66,04
Cabuxino - *Pomatoschistus* sp.					1	20,00

Tabla 100 Abundancia (nº de individuos) y densidad (individuos por hectárea) de los taxones identificados en cada una de las estaciones de la masa de agua de transición del Butroe (ABE tramo exterior, ABM tramo medio, ABI tramo interior).

Como se explicó en el Tomo 1, con objeto de definir la estructura de la comunidad, se han calculado algunos parámetros relativos a la misma como riqueza específica, densidad y diversidad. Estos cálculos se han aplicado tanto para el conjunto de los organismos detectados como para los principales grupos por separado (peces, crustáceos). Además, y como ya se ha especificado anteriormente, de cara a estudios de evolución las quisquillas del género *Palaemon* identificadas serán condiseradas todas como *Palaemon* sp. Los resultados se muestran en la Tabla 101.

Estación	ABE									
Parámetros estructurales	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011
Riqueza	3	2	4	7	7	6	10	6	4	2
Riqueza peces	1	0	3	3	3	2	4	5	3	0
Nº de individuos	14	4	31	309	127	422	57	90	14	2
Nº de individuos peces	11	0	29	221	32	310	40	89	12	0
Densidad	60,1	21,5	171,6	284,0	93,2	2752,3	36,2	22,2	72,2	40,0
Diversidad	0,95	0,81	0,88	1,65	1,67	1,03	2,16	2,49	1,48	1,00
Estación	ABM									
Parámetros estructurales	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011
Riqueza	4	8	4	9	6	5	7	10	14	1
Riqueza peces	2	5	1	5	2	1	4	6	9	0
Nº de individuos	198	82	39	199	208	174	35	46	93	2
Nº de individuos peces	158	22	27	75	33	91	17	29	72	0
Densidad	1015,4	736,3	361,9	172,2	188,3	54,8	22,2	93,0	480,6	20,0
Diversidad	1,03	1,63	1,34	2,17	1,67	1,62	2,49	2,60	2,75	0,00
Estación	ABI									
Parámetros estructurales	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2008	2011
Riqueza	5	8	4	7	9	6	5	11	13	5
Riqueza peces	2	4	3	3	5	2	2	6	8	5
Nº de individuos	367	120	87	270	245	102	180	146	512	17
Nº de individuos peces	153	43	76	98	47	31	155	100	129	17
Densidad	2338,4	716,7	533,5	144,1	225,7	488,8	93,0	761,3	2557,2	154,3
Diversidad	1,54	1,96	0,72	2,14	1,72	1,91	0,78	2,37	2,65	1,57

Tabla 101 Parámetros estructurales: riqueza (nº de especies), abundancia (nº de individuos), densidad (individuos por hectárea) y diversidad de Shannon medidos en cada una de las estaciones de la masa de agua de transición del Butroe (ABE tramo exterior, ABM tramo medio, ABI tramo interior).

En el año 2011 la estación interna (ABI) es la que presenta los valores más elevados para todos los parámetros. No obstante, comparando estos resultados de 2011 con los obtenidos en los muestreos previos, se observa que los del último muestreo se encuentran entre los más bajos presentados en toda la serie. Debe destacarse el descenso de todos los registros con respecto al muestreo previo de 2008 y la pobreza de fauna recogida en 2011, especialmente en los tramos medio y exterior.

La riqueza de peces no continúa el ascenso progresivo observado en los últimos años (excepto en ABE) y sufre un fuerte descenso en todo el estuario, principalmente en el tramo medio (ABM). Algo similar ocurre con los crustáceos, aunque en este caso la tendencia de los últimos años no era tan ascendente. En el tramo exterior (ABE) se observa el único valor que aumenta con respecto al muestreo anterior, y se trata de la riqueza de crustáceos (Figura 94).

En términos de abundancia se observan distintos comportamientos para cada tramo del estuario y tipo de fauna. En el caso de los crustáceos, en las estaciones ABE y ABM se mantiene la tendencia hacia el empobrecimiento reflejada en años anteriores, mientras que en ABI, donde en años previos se notó cierta mejoría en la presencia faunística, se observa una drástica reducción de los ejemplares recogidos (Figura 95). En el caso de los peces, en ABE se continúa con la progresión descente iniciada en 2005, mientras que en ABM y ABI se rompe con la mejoría observada en 2008.

De un modo similar, la evolución de los valores de diversidad también es distinta en cada tramo de estuario (Figura 96). En todos los tramos los valores de diversidad son menores a los observados en el muestreo anterior de 2008, aunque en ABE se continúa con el descenso reflejado en 2008, mientras que en ABM y ABI se trunca el ascenso producido durante los último años.

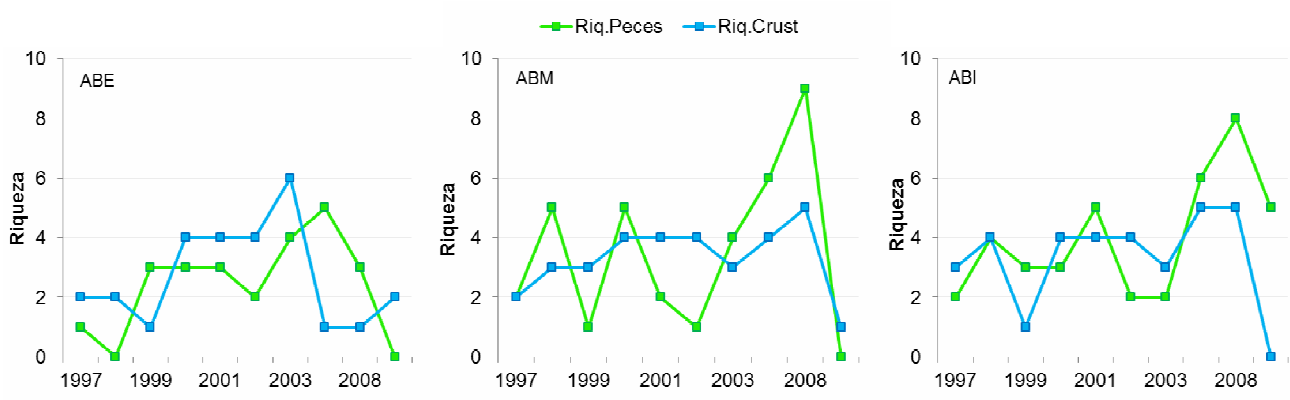


Figura 94 Evolución temporal de la riqueza de peces (color verde) y riqueza de crustáceos (color azul) en la estación exterior (ABE), media (ABM) e interior (ABI) de la masa de agua de transición del Butroe. Se muestran los registros correspondientes a los estudios realizados para el Consorcio de Agus de Bilbao Bizkaia (1997-2003) y a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2005, 2008, 2011).

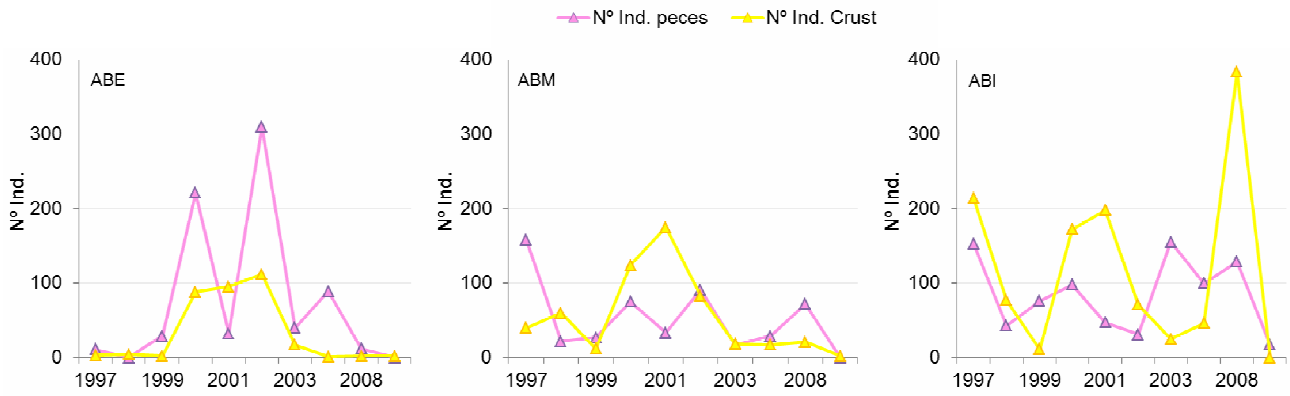


Figura 95 Evolución temporal de la abundancia de peces (color rosa) y abundancia de crustáceos (color amarillo) en la estación exterior (ABE), media (ABM) e interior (ABI) de la masa de agua de transición del Butroe. Se muestran los registros correspondientes a los estudios realizados para el Consorcio de Agus de Bilbao Bizkaia (1997-2003) y a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2005, 2008, 2011).

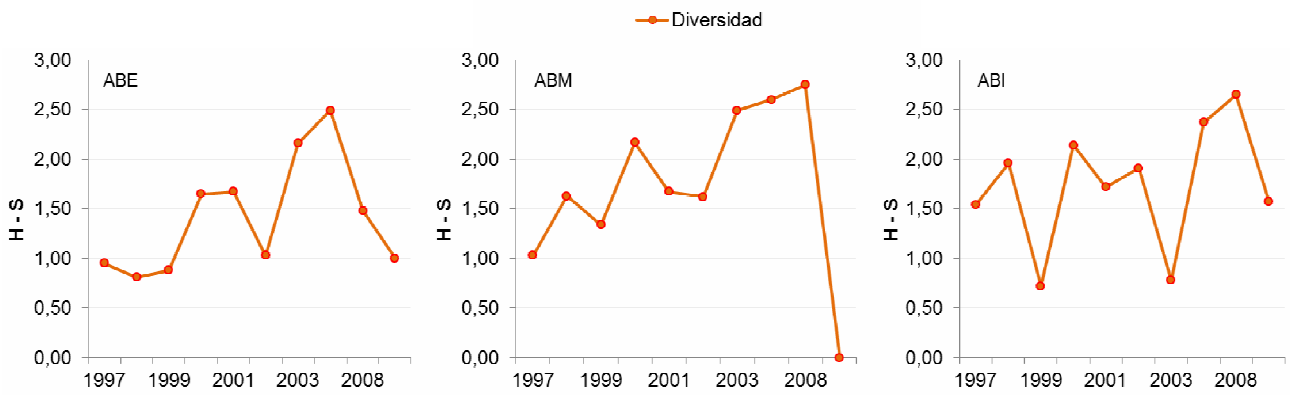


Figura 96 Evolución temporal de la diversidad en la estación exterior (ABE), media (ABM) e interior (ABI) de la masa de agua de transición del Butroe. Se muestran los registros correspondientes a los estudios realizados para el Consorcio de Agus de Bilbao Bizkaia (1997-2003) y a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2005, 2008, 2011).

5.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica en función de los datos obtenidos en las campañas de campo realizadas entre los años 1997 y 2003 para el Consorcio de Aguas Bilbao-Bizkaia (Franco *et al.,* 1997-2004) y los datos obtenidos en las campañas realizadas para la red de calidad (Borja *et al.,* 2011). La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1.

Como ya se especifica en el apartado inicial, el Butroe soporta presiones bastante fuertes: vertidos urbanos, canalización de la parte final del estuario, dragados continuos de la zona exterior, exceso de amarres y presión marisquera.

La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1. En la Tabla 102 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio.

Estación/año	ABE				ABM				ABI			
Parámetros	2003	2005	2008	2011	2003	2005	2008	2011	2003	2005	2008	2011
Riqueza	5	3	3	1	3	5	5	1	3	5	5	3
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5
Esp. Ind. contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Peces planos	1	3	1	1	3	5	3	1	1	3	1	1
Omnívoros	3	5	3	1	3	3	3	1	5	3	1	1
Piscívoros	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Especies residentes (nº)	5	3	1	3	3	5	5	1	3	5	5	3
Especies residentes (%)	1	1	5	1	1	1	5	1	1	1	1	5
PUNTUACIÓN	31	31	29	23	29	35	37	17	29	33	29	29
AFI	0,61	0,61	0,56	0,39	0,56	0,72	0,78	0,22	0,56	0,67	0,56	0,56
CALIDAD BIOLÓGICA	B	B	B	A	B	B	MB	D	B	B	B	B

Tabla 102 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica en cada estación del Butroe (ABE externa, ABM media, ABI interior) y rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente: (D) 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index

En 2011 los indicadores que hacen referencia a la riqueza específica, peces planos, omnívoros y piscívoros son los que favorecen la baja calidad biológica, alcanzando un estado deficiente en ABM debido, además, a la presencia de una especie introducida y al bajo número de especies residentes (Tabla 102).

El indicador de la riqueza desciende en todos los tramos, especialmente en la parte media. En cuanto a la composición trófica de peces demersales en todas las estaciones existe una relación equilibrada entre omnívoros y piscívoros, siendo el mínimo (valor porcentual de 1:1) y habiendo descendido en los tramos exterior y medio con respecto a la situación de 2008.

La presencia de peces planos alcanza valores mínimos en todos los tramos, es decir, se mantiene la situación de 2008 en la parte externa e interna y disminuye el valor en la parte media.

En la Figura 97 se muestra la evolución temporal de la calidad biológica de cada uno de los tramos entre los años 1997 y 2011 (se incluye el resultado obtenido en los muestreos realizados para el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia). El estado de la calidad biológica piscícola alcanzada en el año 2011 fue de **'Aceptable'** en el tramo exterior del estuario, **'Deficiente'** en el tramo medio y **'Bueno'** en el tramo interior. El único tramo que mantiene el valor obtenido en 2008 es el tramo interior; en el resto, la calidad disminuye, especialmente en el tramo medio.

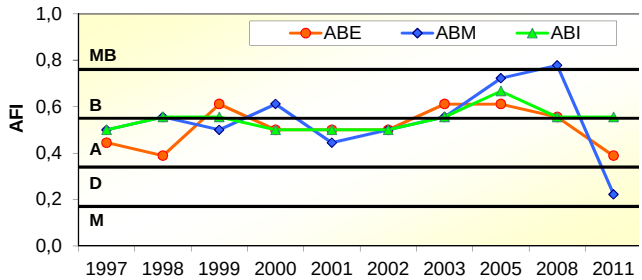


Figura 97 Valores de la calidad biológica de peces demersales obtenidos para cada estación (ABE, ABM, ABI) entre los años 1997 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno: ≥ 0,76; Bueno: 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55; Deficiente: 0,17-0,34; Malo: ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

Entre 1997 y 2001 la calidad de los tres tramos oscila entre valores de Aceptable y Bueno. En 2001 las estaciones interna y media alcanzan los valores más bajos y similares a los obtenidos en 1997. A partir del año 2002, la situación empieza a mejorar progresivamente. La tendencia a lo largo de los últimos años muestra que el

estuario empeora su calidad desde 2005 (o 2008 en el caso del tramo medio).

La mejoría gradual que se aprecia en la Figura 97 se debe principalmente a la construcción y mejora de los sistemas de recogida de aguas residuales iniciado en 1997 (los empeoramientos puntuales podrían deberse a un vertido puntual o al efecto de los dragados realizados en 2002 y 2003 en estuario, canal, bocana y dársena).

La Figura 98 muestra la evolución de la calidad biológica en peces para toda la masa de agua de transición del Butroe entre los años 1997 y 2011 (siguiendo la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1). Esta masa evoluciona favorablemente, alcanzando los valores más altos los últimos años (posiblemente debido a la mejora del sistema de saneamiento) pero sufre un importante empeoramiento en 2011, descendiendo su calidad a **Aceptable,** sin que se sepan las causas que hayan podido provocar esto. Habrá que ver en pr´ximos años si esto se debe a un aspecto coyuntural o tiene una causa más profunda. En la estación intermedia, que presenta la peor calidad de peces, este año ha bajado la calidad del agua, por lo que quizá esa sea la causa.

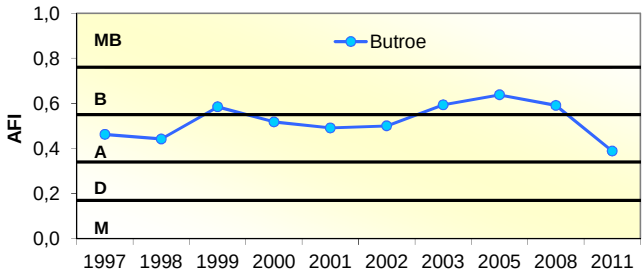


Figura 98 Valores de la calidad biológica obtenidos para la masa de transición del Butroe entre los años 1997 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (D): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

5.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

5.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

La concentración de clorofila "a" se midió en tres estaciones, distribuidas desde la cabecera hasta la desembocadura (E-B5, E-B7, E-B10), realizándose un muestreo por cada época del año (invierno, primavera, verano y otoño). Las muestras se tomaron sólo en superficie, tanto en pleamar como en bajamar, con lo cual se obtuvo un conjunto de 24 datos que abarcaron un amplio rango salino (1,9-35,1 USP) (Figura 99).

La concentración de clorofila estuvo comprendida entre 0,1 y 3,4 µg l^{-1} (Figura 99). El máximo, de pequeña magnitud, se observó en verano. Éste se localizó en la cabecera del estuario (estación E-B5), en bajamar, en aguas mesohalinas (15,7 USP). En comparación con otros estuarios de la costa vasca, el Butroe presentó concentraciones de clorofila más bien bajas, en el mismo rango que el Nerbioi y el Oria. En la mayoría de los estuarios los picos fueron mayores (5-15 µg l^{-1}). Los más altos se registraron en Urola y en el Urumea (cercanos a 30 µg l^{-1}). En 2011 las concentraciones de clorofila registradas en los estuarios vascos fueron bastante moderadas. Por ejemplo, en el año 2010 habían llegado a alcanzarse hasta 80 µg l^{-1} (Urola y Barbadún).

Las bajas concentraciones de clorofila del Butroe son coherentes con las concentraciones de nutrientes detectadas en las épocas más propicias para el crecimiento del fitoplancton (primavera y verano). Los máximos en dichas épocas fueron: 2,5 µM (fosfato), 18 µM (amonio) y 26 µM (nitrato). Estas concentraciones, aunque son algo superiores a las que se consideran características de buen estado en el caso del fosfato y el amonio (nutrientes indicadores de aguas residuales), están muy alejadas de las consideradas como características de mal estado físico-químico: 10,6 µM (fosfato), 50 µM (amonio) y 163 µM (nitrato), en aguas mesohalinas.

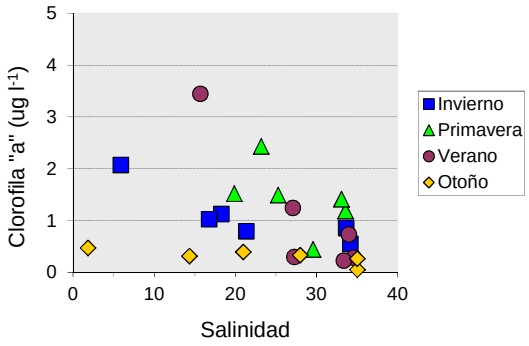


Figura 99 Variación de la concentración de clorofila a lo largo del gradiente salino del estuario del Butroe en las cuatro épocas de estudio durante 2011. Los datos son de superficie, en pleamar y bajamar.

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en el estuario del Butroe se ha calculado el valor del percentil 90 para periodos móviles de seis años (Figura 100). Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de

estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton. Las variables fitoplanctónicas en las estaciones E-B5 y E-B7 comenzaron a estudiarse en el año 2002, con lo cual hasta ahora sólo existen resultados de cinco periodos completos en dichas estaciones.

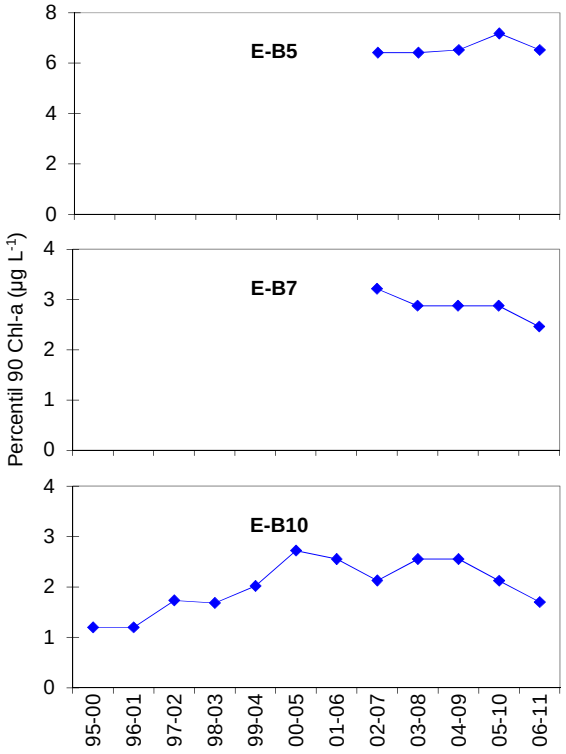


Figura 100 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Butroe. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

Como puede apreciarse en la Figura 100, en la estación de cabecera (E-B5, mesohalina) el percentil 90 de la clorofila ha variado poco en las épocas recientes, entre 6 y 8 µg l^{-1}. En la estación de la zona media del estuario (E-B7, euhalina), los valores del percentil 90 son más bajos (entre 2 y 3 µg l^{-1}). En la estación de la desembocadura (E-B10, euhalina), se aprecia una ligera tendencia ascendente desde el periodo 1995-2000, con valores cercanos a 1 µg l^{-1}, hasta el periodo 2000-2005, con valores en torno a 2-3 µg l^{-1}. Desde entonces, este estadístico ha mostrado leves oscilaciones. En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino el percentil 90 de la clorofila normalmente no supera los 8 µg l^{-1}. En los tramos euhalinos de los estuarios suele ser inferior a 4 µg l^{-1}.

En las zonas exteriores de algunos estuarios del País Vasco se ha observado a lo largo del tiempo una tendencia de aumento, seguida de algunas oscilaciones (aunque de diferente magnitud y periodicidad) en el percentil 90 de la clorofila (por ejemplo, en el Lea, Artibai, Deba, Urola y Oria). Las zonas exteriores son generalmente las que tienen menor influencia antropogénica dentro de los estuarios, desde el punto de vista de la eutrofización, estando sometidas a una mayor advección mareal y ocupadas en pleamar por comunidades fitoplanctónicas de la costa. Por lo tanto, los cambios observados en la clorofila podrían estar ligados a cambios en las condiciones océano-meteorológicas a mayor escala espacial (factores como: insolación, turbiedad, aporte de nutrientes mediado por la pluviosidad y el caudal fluvial, estratificación frente a mezcla vertical, afloramiento frente a hundimiento, etc.). Para comprobar estas hipótesis, se están realizando actualmente estudios sobre los ciclos climáticos y su influencia sobre la dinámica del fitoplancton en la plataforma costera del País Vasco.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 103 se presentan las variables que describen la estructura general de la comunidad fitoplanctónica en el estuario del Butroe.

Estación		E-B7	E-B10
Fecha		01/02/2011	01/02/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})		202	127
Diversidad (bit/cel)		2,9	2,6
Riqueza (Nº especies)		13	7
Estación	E-B5	E-B7	E-B10
Fecha	10/05/2011	10/05/2011	10/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	3.377	361	247
Diversidad (bit/cel)	1,8	2,1	3,7
Riqueza (Nº especies)	16	11	28
Estación	E-B5	E-B7	E-B10
Fecha	22/08/2011	22/08/2011	22/08/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	2.103	1.625	1.083
Diversidad (bit/cel)	3,1	3,5	3,6
Riqueza (Nº especies)	17	29	20
Estación		E-B7	E-B10
Fecha		15/11/2011	15/11/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})		27	53
Diversidad (bit/cel)		1,4	2,2
Riqueza (Nº especies)		6	6

Tabla 103 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Butroe. Los datos son de superficie, en pleamar.

La densidad celular varió en un amplio rango, desde valores del orden de 10^4 células l^{-1}, en otoño, hasta 10^6 células l^{-1}, en primavera y verano.

En otoño e invierno las comunidades, en general, estuvieron caracterizadas por densidades celulares bajas y un bajo número de especies. En éstas dominaron los organismos no silíceos de pequeño tamaño (criptofitas, haptofitas, pequeños flagelados y formas cocoides) y las diatomeas pennales (posiblemente de origen bentónico). En la zona más exterior se observaron ocasionalmente algunos dinoflagelados de pequeño tamaño (gimnodiniales sin identificar y *Heterocapsa* sp.).

En primavera las comunidades variaron considerablemente a lo largo del estuario. La abundancia total mostró el valor máximo en la cabecera, mientras que la riqueza y la diversidad fueron mucho más elevadas en la desembocadura. En la estación E-B5 se observó un bloom de criptofitas (*Hemiselmis* spp.) que constituyeron el 70% del total celular. Éstas estuvieron acompañadas principalmente por cianobacterias (filamentos), diatomeas de pequeño tamaño (centrales y pennales) y euglenofitas (*Eutreptiell*a sp.). Los organismos observados en la cabecera estuvieron prácticamente ausentes en la zona media del estuario (E-B7), donde dominaron los pequeños flagelados. En la desembocadura (E-B10) se observó una comunidad mixta, con una mayor contribución relativa de las diatomeas. En esta zona euhalina se detectaron algunas especies potencialmente tóxicas (la diatomea *Pseudo-nitzschia* spp., 58.000 células l^{-1}) o nocivas (el dinoflagelado *Prorocentrum micans*, con 8.000 células l^{-1}).

En verano la densidad celular aumentó hacia las aguas de menor salinidad. La composición taxonómica también mostró grandes diferencias a lo largo del estuario. En las zonas superior y media (E-B5 y E-B7) las diatomeas constituyeron el 60% de la abundancia celular. En la estación E-B5 dominaron organismos de pequeño tamaño celular, como diatomeas centrales (4-5 µm), diatomeas pennales (≤10 µm) y *Chaetoceros* spp. También fueron relativamente abundantes las criptofitas (*Plagioselmis* spp.). En la estación E-B7 se encontraron más especies de diatomeas, pero no se observaron criptofitas. Entre las diatomeas, la especie potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* sp. (<3 µm) mostró una elevada abundancia (~200.000 células l^{-1}). También se detectaron especies potencialmente nocivas para la fauna y flora en la estación E-B7 (*Leptocylindrus minimus*, *Heterosigma akashiwo* y *Chrysochromulina* spp.).

CALIDAD BIOLÓGICA

El fitoplancton en la masa de agua de transición del Butroe se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

Para el indicador basado en la concentración de clorofila “a” (percentil 90) los umbrales que separan las clases de estado difieren entre aguas euhalinas y mesohalinas (Figura 101).

En la estación de cabecera, E-B5, el valor del indicador es 6,52 µg l^{-1} (n=48), lo cual corresponde a un estado “Muy bueno” para aguas de carácter mesohalino. En la estación de la zona intermedia (E-B7) es 2,46 µg l^{-1} (n=48), y en la desembocadura (E-B10) es 1,70 µg l^{-1} (n=48), indicando un estado “Muy bueno” también en las estaciones euhalinas (Figura 101).

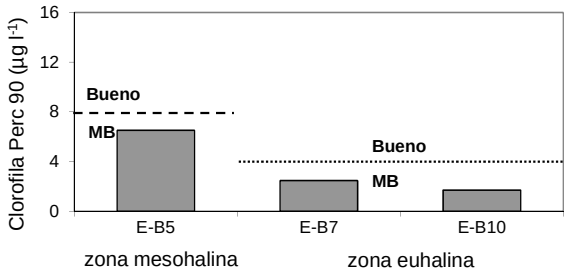


Figura 101 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Butroe. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

En la Figura 102 se muestra el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (frecuencia de blooms). Para este indicador el tramo salino no se tiene en cuenta a la hora de establecer los umbrales que separan las clases de estado en los estuarios (Revilla *et al*., 2009b).

En la estación E-B5 la frecuencia de las floraciones fitoplanctónicas es 50,0%, lo cual indica un estado “Aceptable”. En la estación E-B7 la frecuencia es del 8,3%, lo que corresponde a un estado “Muy bueno”. En la estación E-B10 la frecuencia es 0%, indicando también un estado “Muy bueno” según el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (Figura 102).

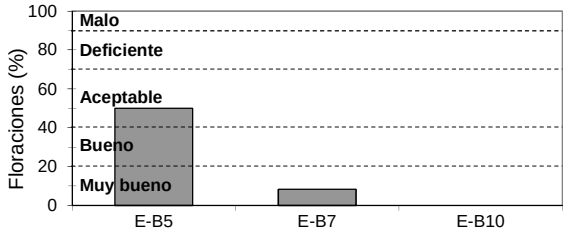


Figura 102 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Butroe. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

En la Tabla 104 se indica el estado del fitoplancton en cada una de las estaciones del Butroe, integrando los resultados de ambos indicadores. Se indican también los valores de EQR. El EQR global se calcula con la media aritmética de los EQRs resultantes de ambos indicadores. El estado global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 se clasifica como “Bueno” en la estación E-B5 y como “Muy bueno” en las estaciones E-B7 y E-B10.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-B5	0,817	0,334	Bueno (0,576)
E-B7	1,000	1,000	Muy Bueno (1,000)
E-B10	1,000	1,000	Muy Bueno (1,000)

Tabla 104 Estuario del Butroe. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

Finalmente, en la Tabla 105 se muestra la evolución temporal del estado del fitoplancton a lo largo de periodos de seis años, comenzando en 2002. El **estado del fitoplancton** en la masa de agua del **Butroe** se clasifica en el último periodo (2006-2011) como "**Muy bueno**", al igual que en los periodos anteriores. La estación de cabecera (E-B5), donde la frecuencia de floraciones es superior a la que se observa en el resto del estuario, presenta un estado "Bueno" en la mayoría de las evaluaciones (aunque hay un menor número de datos para esta estación debido a que se consideraba de grado II). Las zonas media y exterior (E-B7 y E-B10) presentan un estado "Muy bueno" a lo largo de toda la serie.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Butroe	MB (0,973)	MB (0,928)	MB (0,927)	MB (0,930)	MB (0,932)
E-B5	MB	B	B	B	B
E-B7	MB	MB	MB	MB	MB
E-B10	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 105 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Butroe, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

5.5.2 MACROALGAS

Como en 2002, 2005 y 2008, la masa de agua de transición del Butroe se dividió en 2011 en 13 zonas, numeradas del 1 al 13 desde la desembocadura hacia el interior (Figura 103). Las zonas se nombran del siguiente modo: M de "macroalgas", E de "estuario" y B de "Butroe", seguido del número (ej.: M-EB2). En la Tabla 106 se muestran los índices de cobertura de cada especie de macroalga para cada una de las zonas.

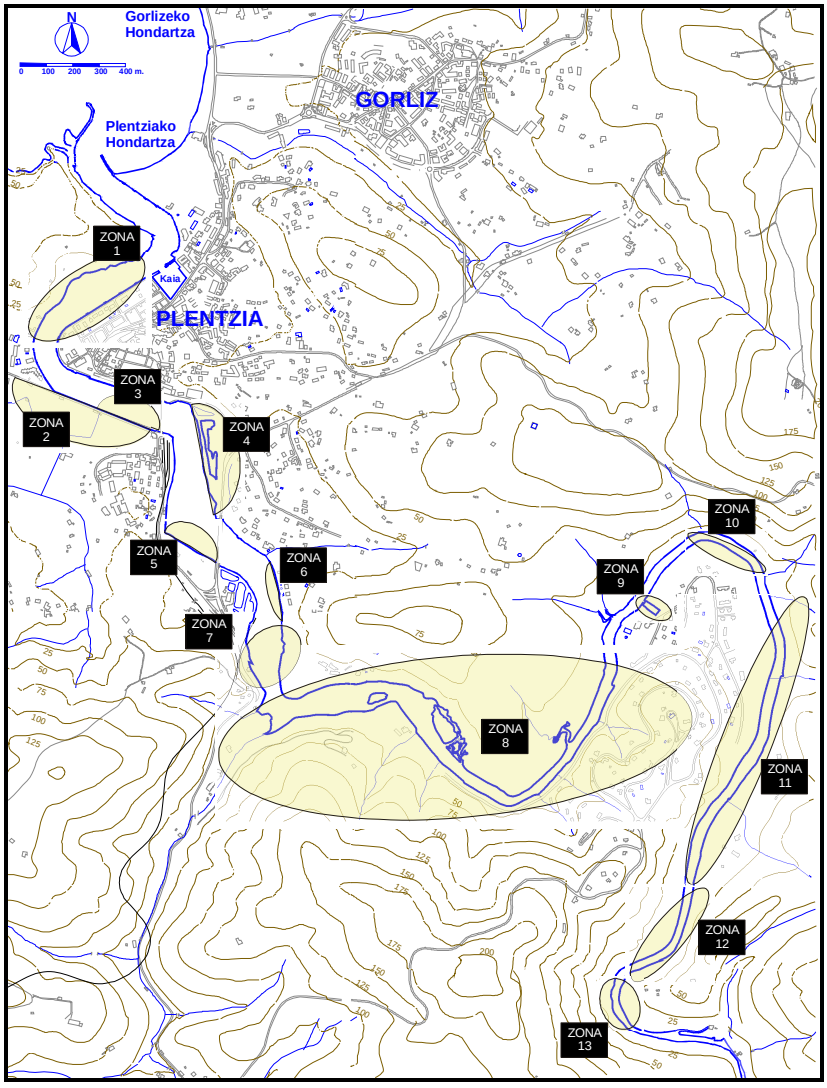


Figura 103 Zonas de estudio de macroalgas en el interior del estuario del Butroe.

ZONA M-EB1

Es una zona de influencia marítima y abarca la zona portuaria y de fondeo de embarcaciones. Se encuentra canalizada en el extremo oriental, mientras que en la ribera oeste se encuentran playas de cantos y fango (Foto 1-2011).

Aparece tapizada por algas verdes filamentosas del género *Ulva* que forman un cinturón continuo de 3 m de anchura y 90% de cobertura.

En 2008, se observó en la margen derecha una pequeña isla, de 100 m de largo y 8 m de ancho, y de naturaleza arenosa, colonizada por *Vaucheria* sp. (60% de cobertura) (Foto 2-2008). La presente campaña la cobertura aumenta hasta el 80% (Foto 3-2011). Esta especie también aparece en la margen izquierda, aunque formando únicamente pequeñas manchas de mucha menor entidad.

Un cambio reseñable respecto a las últimas campañas es la aparición de un cinturón de 150 m de largo y 1 m de ancho del alga parda *Fucus spiralis spiralis*. Esta especie, que desde el inicio del estudio había aparecido únicamente en 2002 en forma de plantas dispersas, alcanza en 2011 coberturas del 60% (Foto 4-2011).

ZONAS	M-EB1		M-EB2		M-EB3		M-EB4		M-EB5		M-EB6		M-EB7		M-EB8		M-EB9		M-EB10		M-EB11		M-EB12		M-EB13	
Superficie (m^2)	1.500		30.000		7.200		13.600		6.500		200		10.000		110.000		1.500		600		7.000		2.400		750	
Área ocupada por macroalgas (m^2)	1.300		3.000		2.800		4.400		2.000		100		5.000		8.000		1.500		300		1.000		800		650	
Índice	IC	ID	IC	ID	IC	ID	IC	IC	IC	ID	ID	ID	IC	ID	IC	ID	IC	ID	IC	IC	IC	ID	ID	ID	IC	ID
XANTHOPHYCEAE																										
Vaucheria sp.	6	3			5	3			6	3			6	3	6	3			6	4						
CLOROPHYCEAE																										
Filamentosas	6	5	6	2	6	5	6	4	6	4	4	4	6	5	3	4									5	4
Laminares							3	2	4	3					2	1	4	2	1	1						
PHAEOPHYCEAE																										
Fucus ceranoides															4	3			1	1	6	3	6	4	6	4
Fucus spiralis spiralis	5	3			5	4			1	1																
Fucus sp.			6	4																						
RHODOPHYCEAE																										
Gracilaria sp.			5	2			4	2	4	2			4	1	6	4	7	5	6	4						
ANGIOSPERMAE																										
Zostera noltei													2	1												
Total Cobertura Algal (%)	87		10		39		32		31		50		50		7		100		50		14		33		87	

Tabla 106 Especies de macrófitas identificadas en cada una de las zonas estudiadas en el estuario del Butroe los días 19 y 23 de mayo de 2011. Se representan: Índice de Cobertura (IC), Índice de Distribución (ID) (ver escalas en el Tomo 1), la cobertura total de la estación y la superficie ocupada.









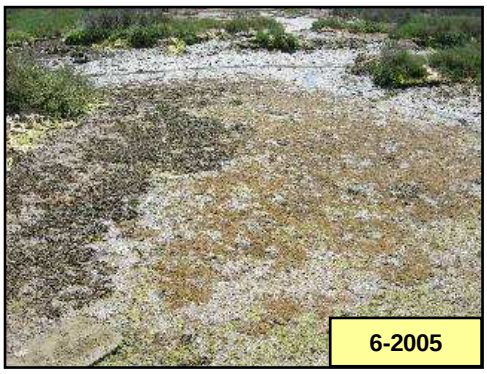
ZONA M-EB2

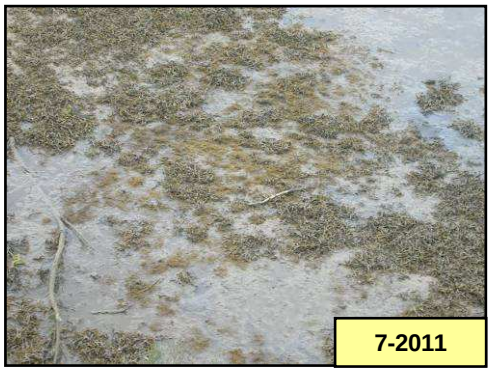
Denominada "Vega Txipio", se trata de una extensión de marismas con una superficie aproximada de 3 Ha. Recibe aportes de agua dulce de la regata Urgazo y se encuentra conectada con el estuario por medio de canales que discurren bajo la carretera.

En la zona de los canales, claramente influenciada por la entrada de agua salada procedente del estuario, se desarrollan tres especies de algas macrófitas: *Fucus* sp., *Gracilaria* sp. y *Ulva* sp.

En relación a las pasadas campañas, en 2011 se ha observado un mayor desarrollo de *Fucus* sp. con coberturas que alcanzan el 90%, ocupando la práctica totalidad de los canales (Foto 5-2011). El gran desarrollo de esta especie ha condicionado la distribución de *Gracilaria* sp., que ha disminuido su presencia en la marisma de manera notable a pequeñas manchas aisladas con coberturas máximas del 40% (en 2005 era la especie más representativa y formaba grandes manchas con coberturas de hasta el 80%) (Fotos 6-2005 y 7-2011).







Al contrario que en 2005 y 2008, no se observa la presencia de matas laminares de *Ulva* sp. en los canales. Sin embargo, en las zonas más próximas a la vegetación halófita, se detectan manchas conspicuas de clorofíceas filamentosas que alcanzan coberturas del 90% (Foto 8-2011).



ZONA M-EB3

En el límite entre la zona marítima y la estuárica, se observa una acumulación de arena y piedras de mediano tamaño que forman una pequeña plataforma intermareal en la orilla oeste, próxima a la pasarela peatonal, con una longitud aproximada de 300 m (Foto 9-2011).

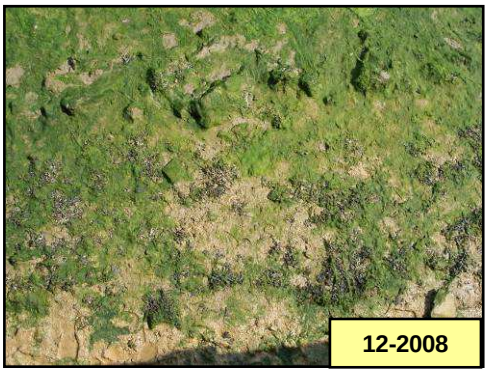


La zona aparece tapizada por clorofíceas filamentosas, que forman un cinturón continuo de 4 m de anchura media con 90% de cobertura (Foto 10-2011).



La distribución de *F. spiralis spiralis* presenta una importante variabilidad a lo largo del seguimiento: en 2002 aparecían matas dispersas (Foto 11-2002), que desaparecieron en 2005, mientras que en 2008 se desarrollaba un cinturón discontinuo de 200 m de largo y 1 m de ancho con 10% de cobertura (Foto 12-2008). En 2011 se mantiene este cinturón, aunque su cobertura alcanza valores de hasta el 50% (Foto 20-2011).







Como ocurría en la zona M-EB1, la sedimentación producida en la zona más próxima al cauce permite el asentamiento de un cinturón discontinuo de *Vaucheria* sp. con 60% de cobertura (Foto 14-2011)



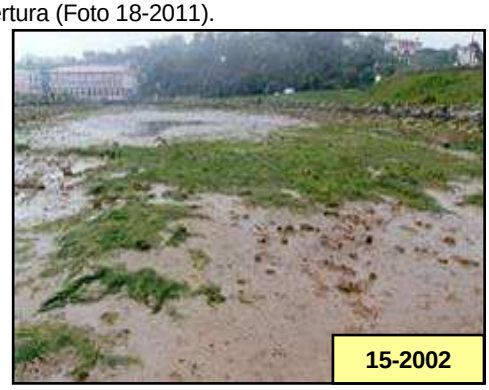
Por último, a diferencia de campañas anteriores, no se ha encontrado ninguna mata de *Gracilaria* sp.

ZONA M-EB4

Las antiguas instalaciones de un molino mareal conforman una llanura de inundación que, tras las obras de restauración paisajística, ha quedado partida en dos cubetas. La más pequeña (1.600 m^2), ha sido reducida a un estanque con las orillas fijadas con una escollera, quedando sin superficie intermareal destacable.

Al sur de esta cubeta se encuentra una amplia zona intermareal de 13.600 m^2, en la que se desarrollan comunidades típicas de marisma que quedan claramente delimitadas en varios cinturones concéntricos.

La cobertura de clorofíceas filamentosas, que en 2002 había alcanzado valores del 90% (Foto 15-2002), se vio reducida en 2005 y 2008 a un 30% (Foto 16-2008). En 2011, en cambio, aumenta considerablemente, tanto en la plataforma fangosa (Foto 17-2011) como en la escollera que bordea el molino, en la que se encuentra un cinturón continuo de 2 m de anchura, con hasta 90% de cobertura (Foto 18-2011).





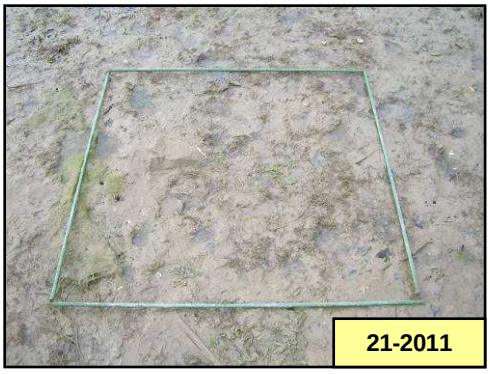




La rodofícea *Gracilaria* sp. continúa la expansión observada en 2008; no obstante, su desarrollo es notablemente inferior al de 2002. La zona de menor altura sobre el nivel de marea, situada en la parte central, se caracterizó en 2002 por presentar manchas conspicuas, con recubrimientos del 20-30% (Foto 19-2002). En 2005 desapareció de la zona, encontrándose en 2008 una pequeña mancha circular de 9 m^2 con 30% de cobertura (Foto 20-2008). En la campaña 2011 se han localizado tres manchas con 20-30% de cobertura (Foto 21-2011).







Tanto en el canal de desagüe de esta cubeta como sobre la plataforma fangosa, se aprecian agunas matas aisladas de clorofíceas laminares del género *Ulva* (Foto 22-2011).



No se observan las algas pardas del género *Fucus*, que aparecieron únicamente en la campaña 2002.

ZONA M-EB5

En 2011, el cinturón de clorofíceas filamentosas situado en la parte superior del intermareal, presenta el mayor desarrollo desde el inicio del estudio: 3 m de ancho y 200 m de longitud con un 80% de cobertura. (Foto 23-2011).



En 2002, se observó una isla central de 5.000 m^2, en la que se distinguían dos partes claramente diferenciadas: una consistente en una pradera de *Gracilaria* sp. que, con una cobertura del 70-80%, ocupaba una extensión de aproximadamente 2.200 m^2 (Foto 24-2002); y otra, ligeramente elevada respecto a la anterior, con un sustrato algo más arenoso y con un fino recubrimiento de clorofíceas filamentosas.



En 2005 se pudo constatar la desaparición de dicho islote, lo que condicionó la ausencia de la pradera de *Gracilaria* sp. En 2008, las condiciones morfológicas de la zona se mantenían, apareciendo *Gracilaria* sp. únicamente de manera testimonial. En 2011, en cambio, se distingue una mancha conspicua de *Gracilaria* sp. con una cobertura del 30% (Foto 25-2011).

Además, en 2011 aparecen dos manchas de *Vaucheria* sp. con un 80% de cobertura (Foto 26-2011).

Otros cambios reseñables en la presente campaña son la aparición de dos especies de macroalgas no citadas hasta la fecha en la zona: un cinturón de 150 m de longitud y 1 m de anchura de clorofíceas laminares, con 10% de cobertura, y matas dispersas de *F. spiralis spiralis* entremezcladas en dicho cinturón (Foto 27-2011).



25-2011



26-2011



27-2011

ZONA M-EB6

En 2002, se observó una pequeña banda de unos 100 m de longitud, con un asentamiento de *Gracilaria* sp. (70-80% de cobertura). Desde 2005 hasta la actualidad, sólo puede señalarse la presencia de clorofíceas filamentosas con una cobertura del 30% (Foto 28-2011).



28-2011

ZONA M-EB7

Desde la isla de la zona M-EB5 hasta la zona M-EB8, debido a la elevada pendiente de la ribera izquierda y a la práctica inexistencia de sustrato blando, únicamente se asientan clorofíceas filamentosas sobre las piedras que delimitan el curso del estuario. Su aspecto es muy similar al de campañas anteriores, con coberturas que se sitúan en torno al 80% (Foto 29-2011).



29-2011

En la orilla derecha, se encuentra una plataforma de 9.000 m^2. La zona más próxima al cauce es de naturaleza arenosa, lo que impide el desarrollo de macrófitas. En la zona más elevada, en cambio, se observan grandes manchas de *Vaucheria* sp., con coberturas de hasta el 80% (Foto 30-2011). En el entrante situado en el norte de la plataforma aparecen una pequeña mancha de *Gracilaria* sp. (Foto 31-2011) y matas aisladas de *Zostera noltei* provenientes de un transplante realizado por AZTI-Tecnalia en 2009 (Foto 32-2011).



30-2011


31-2011


32-2011

ZONA M-EB8

A lo largo de 1.600 m del curso del estuario se distingue una zona homogénea, que corresponde a dos amplios meandros. La dinámica geomorfológica fluvial favorece el desarrollo de áreas de sedimentación en la margen interna de cada meandro, formando varios grupos de islas. Sobre este extenso depósito aluvial de aproximadamente 110.000 m^2 se asienta una comunidad característica formada por algas macrófitas y fanerógamas típicas de marisma.

El meandro más próximo a la desembocadura está situado en la ribera izquierda y tiene una superficie de sedimentación de unos 20.000 m^2 en marea baja, con grandes zonas colonizadas por *Vaucheria* sp. (80% de cobertura) (Foto 33-2011).


33-2011

En 2002 se observaban manchas aisladas de *Gracilaria* sp., con recubrimientos de aproximadamente 50-60% (Foto 34-2002); en 2005 dichas manchas eran prácticamente inapreciables y llegaron a desaparecer en 2008. En 2011, se han encontrado dos manchas de 15 m y 20 m de largo en la plataforma adyacente al campo de fútbol (Foto 35-2011), con una cobertura del 80%.

El segundo meandro, situado en la margen derecha, presenta una superficie de sedimentación aluvial mayor (90.000 m^2). En 2002 *Gracilaria* sp. formaba un cinturón continuo, claramente definido, de 5 m de anchura y 90% de cobertura (Foto 36-2002). Tras su práctica desaparición en 2005, en la presente campaña, al igual que en 2008, forma franjas discontinuas de entre 50 m y 200 m de longitud y hasta 2 m de anchura, con una cobertura media del 60% (Foto 37-2011).


34-2002


35-2011

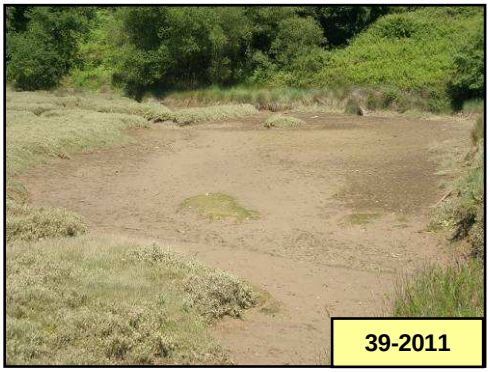

36-2002


37-2011

Al igual que en el primer meandro, se encuentran también manchas importantes de *Vaucheria* sp. (Foto 38-2011).

Como se ha mencionado anteriormente, la acción sedimentaria del río ha dado lugar a islas de tamaño variable (desde pequeños islotes hasta islas de 6.500 m^2) en ambos meandros. Todo el complejo insular está recorrido por un conjunto de canales muy ramificados, en los que destaca la presencia de grandes manchas muy conspicuas de *Gracilaria* sp. con coberturas que llegan a alcanzar el 80% (Foto 39-2011).


38-2011


39-2011

Otras macrófitas representadas en el área son las clorofíceas filamentosas, que se encuentran bordeando las islas, ejemplares aislados de clorofíceas laminares y manchas conspicuas de *Fucus ceranoides*.

ZONA M-EB9

Esta zona corresponde a un antiguo embarcadero de pequeño tamaño (1.500 m^2), situado en la ribera de la urbanización “Abanico de Plentzia”.

El bajo hidrodinamismo, la naturaleza fangosa del sedimento y la ausencia de pendientes permiten el asentamiento de una densa pradera (cobertura próxima al 100%) de *Gracilaria* sp. El aspecto actual de la zona es similar al observado en 2002 y 2005, con superficie cubierta ligeramente superior a la de 2008 (Fotos 40-2005, 41-2008 y 42-2011). Cabe resaltar la presencia de clorofíceas laminares del género *Ulva*, entremezcladas con *Gracilaria* sp., que alcanzan una cobertura del 10%.

ZONA M-EB10

En esta zona se constata un aumento de *Gracilaria* sp. El cinturón de 100 m de largo y 2 m de ancho que aparecía en campañas anteriores, y que se redujo en 2008, vuelve a desarrollarse en 2011. Presenta coberturas de hasta el 80% (Foto 43-2011). Como en 2008, se encuentran ejemplares aislados de *F. ceranoides* y clorofíceas laminares.


40-2005


41-2008


42-2011


43-2011

En ambas orillas, se localizan manchas de *Vaucheria* sp. (Foto 44-2011), con coberturas del 80%, no descritas en 2008.

Las alteraciones antrópicas llevadas a cabo en épocas recientes en el área del "Abanico de Plentzia", tales como la construcción de la urbanización y el asentamiento de pequeñas superficies de cultivo hortícola en la ribera, han modificado las condiciones naturales del meandro. Las características de las zonas M-EB9 y M-EB10, pese a su reducido tamaño, parecen indicar que las comunidades de este abanico fueron muy similares a las descritas anteriormente para la zona M-EB8.


44-2011

ZONA M-EB11

Esta zona corresponde a un tramo de unos 1.000 m de longitud, en el que el río comienza a cerrarse y van desapareciendo las plataformas llanas. En las primeras campañas, esta zona suponía el límite superior de distribución de *Gracilaria* sp. en el estuario, y presentaba cobertura y grado de desarrollo muy reducidos. En la presente campaña de 2011, como ocurría en 2008, no se ha encontrado *Gracilaria* sp. en la zona.

Al igual que en campañas anteriores, aparecen grandes zonas conspicuas de *F. ceranoides* (Fotos 45-2008 y 46-2011), con cobertura ligeramente superior (80%).


45-2008


46-2011

ZONA M-EB12

El estrechamiento del estuario se hace más patente. En ambas riberas aparecen pequeñas bandas de fango de unos 3 m de ancho, sobre las que aparecen piedras dispersas de mediano tamaño. La única macrófita identificada es *F. ceranoides*, que forma un cinturón bien distribuido y discontinuo (Foto 47-2011) con hasta 80% de cobertura.


47-2011

ZONA M-EB13

Las superficies fangosas disminuyen de forma considerable, en favor de cantos sobre los que se asienta

una clorofícea filamentosas del género *Lola* (80-90% de cobertura) y por rocas de mayor tamaño que sirven de sustrato a ejemplares de gran tamaño de *F. ceranoides* (60-70 % de cobertura).

Las condiciones del medio cambian sustancialmente a partir de esta zona: estrechamiento del cauce, aparición de bosque de ribera, formación de densos carrizales, desaparición de macrófitas, etc., lo que indica que en este punto se sitúa la frontera entre la zona fluvial y la estuárica.

En esta zona no se observan cambios respecto a la situación de campañas anteriores.

CALIDAD BIOLÓGICA

En la Tabla 107 se observan los datos obtenidos para la masa de agua de transición del Butroe en 2011 con objeto de calificar cada tramo. La metodología utilizada se explica en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d).

En la presente campaña de 2011, la calificación es de 'Muy Buen Estado' para los dos tramos más exteriores de la masa de agua y de 'Estado Aceptable' para el tramo interior (Tabla 107). Por tanto, se aprecia una recuperación en la calidad de las comunidades de macrófitos en los tramos exterior y medio del estuario, que pasan de 'Buen Estado' en las campañas previas ('Estado Aceptable' en 2005 para el tramo medio) a 'Muy Buen Estado' en 2011.

La mejora detectada se debe, básicamente, a una mayor cobertura de algas una vez eliminadas las especies indicadoras de contaminación y a un menor ratio de algas verdes respecto a la cobertura vegetal total.

Por el contrario, el tramo interior mantiene la misma calificación que la pasada campaña de 2008, frente al 'Buen Estado' que presentaba en las campañas de 2002 y 2005. Este empeoramiento viene causado, básicamente por una reducción en la riqueza de especies de macrófitos en la zona M-EB11 (la que mayor superficie intermareal ocupa del tramo interior), junto con una menor cobertura vegetal una vez eliminadas las especies indicadoras de contaminación.

La valoración global para la masa de agua, aplicando al conjunto de zonas delimitadas la misma media ponderada que se hace para el cálculo por tramo, es de '**Muy Buen Estado**', debido a la superficie relativa mucho mayor de los tramos exterior y medio, frente al tramo más interior.

INDICADORES	M-EB1	M-EB2	M-EB3	M-EB4	M-EB5	M-EB6	M-EB7	M-EB8	M-EB9	M-EB10	M-EB11	M-EB12	M-EB13
1- Riqueza	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	1	3
3- Cobertura indicadores contaminación	1	5	3	3	3	5	1	5	5	3	5	3	1
4- Cobertura media algas sin indic contamin.	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	1	1	1
5- Ratio verdes/resto	5	5	5	1	5	1	5	5	5	5	5	5	5
SUMA=	14	18	16	12	16	8	14	18	18	16	12	10	10
Calificación area=	B	MB	B	A	B	D	B	MB	MB	B	A	A	A
Equivalencia=	8	10	8	6	8	4	8	10	10	8	6	6	6
Superficie de la zona=	1.500	30.000	7.200	13.600	6.500	200	10.000	110.000	1.500	600	7.000	2.400	750
Porcentaje sobre el tramo=	0,04	0,78	0,19	0,10	0,05	0,00	0,07	0,78	0,12	0,05	0,57	0,20	0,06
Valor global=	0,3	7,8	1,5	0,6	0,4	0,0	0,6	7,8	1,2	0,4	3,4	1,2	0,4
Equivalencia tramo=	9,6			9,4					6,6				
Calificación tramo=	MB			MB					A				
Estación red asignada=	M-EB10			M-EB7					M-EB5				

Tabla 107 Calificación de cada indicador de macroalgas y las equivalencias para la calificación de cada tramo de la masa de agua, asignado a cada estación de muestreo de la Red de Calidad, en la presente campaña de 2011.

5.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

5.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

La incorporación de las estaciones E-B5 y E-B7 al control de la calidad físico-química de las aguas del estuario del Butrón desde el año 2002 incrementa la resolución espacial de la vigilancia a lo largo del eje del estuario. En la Tabla 108 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en el estuario del Butroe, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

Variable	Unidad	E-B5-S	E-B5-F	E-B7-S	E-B7-F	E-B10-S	E-B10-F
Temperatura	℃	16,96	16,71	17,25	17,10	17,16	16,79
Salinidad	USP	16,49	23,00	27,66	28,87	31,16	32,57
Agua fluvial	%	53,67	35,41	22,30	18,89	12,47	8,53
Saturación O_2	%	81,32	75,33	87,08	86,85	90,52	88,37
pH		7,55	7,63	8,00	8,03	7,93	7,96
Silicato	µmol.dm^{-3}	56,41		22,56		13,91	
Amonio	µmol.dm^{-3}	11,52		8,74		8,56	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	1,49		0,75		0,54	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	46,23		21,36		14,32	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	93,25		50,08		38,36	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	1,44		0,77		0,56	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	2,42		1,30		1,02	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	168,92		122,81		117,02	

Tabla 108 Estuario del Butroe. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico. F: fondo, S: superficie.

En el año 2011 la temperatura media del agua varía entre 16.7° C y 17.2° C. Como resulta frecuente, lo s valores medios más elevados de temperatura coinciden con los valores de salinidad más altos debido al menor rango de temperatura del agua de mar y a que los aportes más importantes de aguas fluviales y pluviales se registraron en las épocas en las que la temperatura de las aguas continentales es inferior a la del mar.

A partir de los datos de salinidad se ha calculado el porcentaje relativo de agua dulce en cada punto de muestreo. La estación E-B5 se caracterizó por ser la estación con mayor porcentaje de agua de origen fluvial, tanto en superficie como en fondo (35-53%) y además puede considerarse más estratificada en salinidad que en temperatura. En las estaciones E-B7 y E-B10 el porcentaje de agua dulce se reduce a valores en torno a un 8-22%.

El oxígeno disuelto, en promedio anual, aunque aumenta desde la cabecera a la desembocadura, no alcanza la saturación en el Butroe por lo que se deduce cierto predominio de los procesos heterótrofos sobre los autótrofos.

El patrón de dilución de las sustancias disueltas procedentes del río con el agua marina se observa claramente para el silicato y en menor medida para el resto de nutrientes. La dilución aparece asociada al incremento de la salinidad y se da en una proporción similar a la de disminución del porcentaje de agua fluvial entre la estación E-B5 y las estaciones E-B7 y E-B10.

En cuanto a las proporciones entre nutrientes, las situaciones registradas en las series de 2011 no indican desequilibrios importantes en las variables relacionadas con el estado trófico. Así, en general, el nitrato supera en concentración a las formas reducidas de nitrógeno. Sin embargo, considerando el amonio en la fase disuelta o los valores de nitrógeno y fósforo total, se mantienen las situaciones en las que predomina un exceso de nitrógeno.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles tal como se señala en el estudio de presiones e impactos (Borja *et al.,* 2006a), el nivel de presión relacionado con la entrada de nutrientes es moderado en el estuario del Butroe. Dentro de la alta variabilidad característica de los estuarios, y de fluctuaciones asociadas a la estacionalidad y a las diferentes condiciones hidrológicas, no se observa una tendencia a la disminución en los últimos años. Es más, en las tres estaciones de estudio algunos de los máximos más importantes de NID y concentración de fosfato se han registrado en los últimos años (Figura 104).

En la Figura 105 se muestra la evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el estuario del Butroe en diferentes situaciones de marea y a dos niveles de profundidad. Los valores han variado en un rango de 40 a 120% en los últimos 16 años. Se experimentó un aumento de la saturación de oxígeno entre 1994 y 1996, para luego permanecer en una situación de sobresaturación hasta finales de 2001, en que se da un período de descenso en la saturación (alcanzando al final medias del 40-80%) hasta finales de 2006. Los datos más bajos de la serie registrados en verano de 2005 coinciden con un importante vertido de aguas fecales que tuvo lugar en la zona en dicha época, según confirma el Consorcio de Aguas. Posteriormente, de 2005 a 2009, el valor de la saturación sube hasta alcanzar valores próximos al 100% de saturación. Sin embargo, desde 2010 se observa un ligero descenso en todas las estaciones mostrando valores medios de saturación que rondan el 80%.

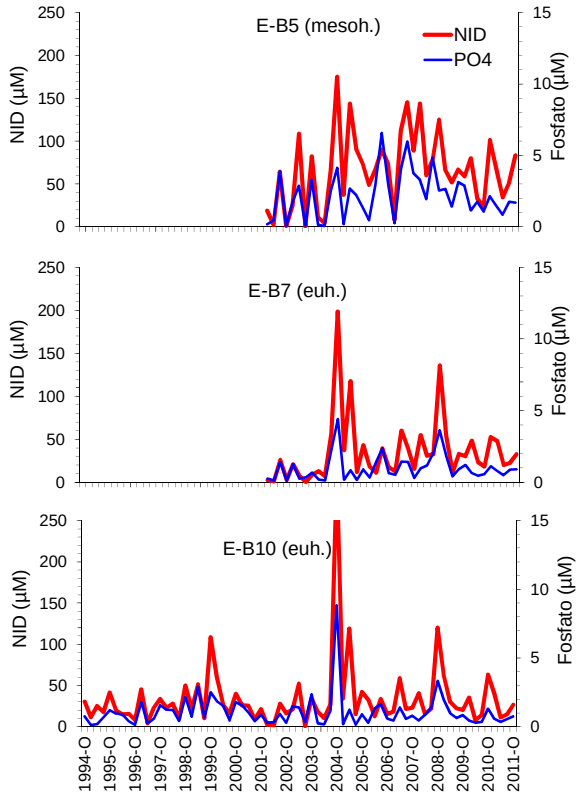


Figura 104 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en las estaciones del Butroe.

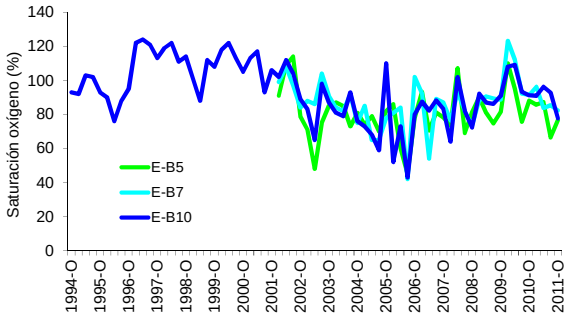


Figura 105 Evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el estuario del Butroe (estaciones E-B5, E-B7 y E-B10), media de pleamar y bajamar, superficie y fondo. (O: otoño).

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie en las estaciones del estuario de Butroe, se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (3 y 0.3 $\mu g \cdot l^{-1}$).

En la Figura 106 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las tres estaciones de muestreo del estuario (E-B5, E-B7 y E-B10) hasta el año 2006, desde el 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

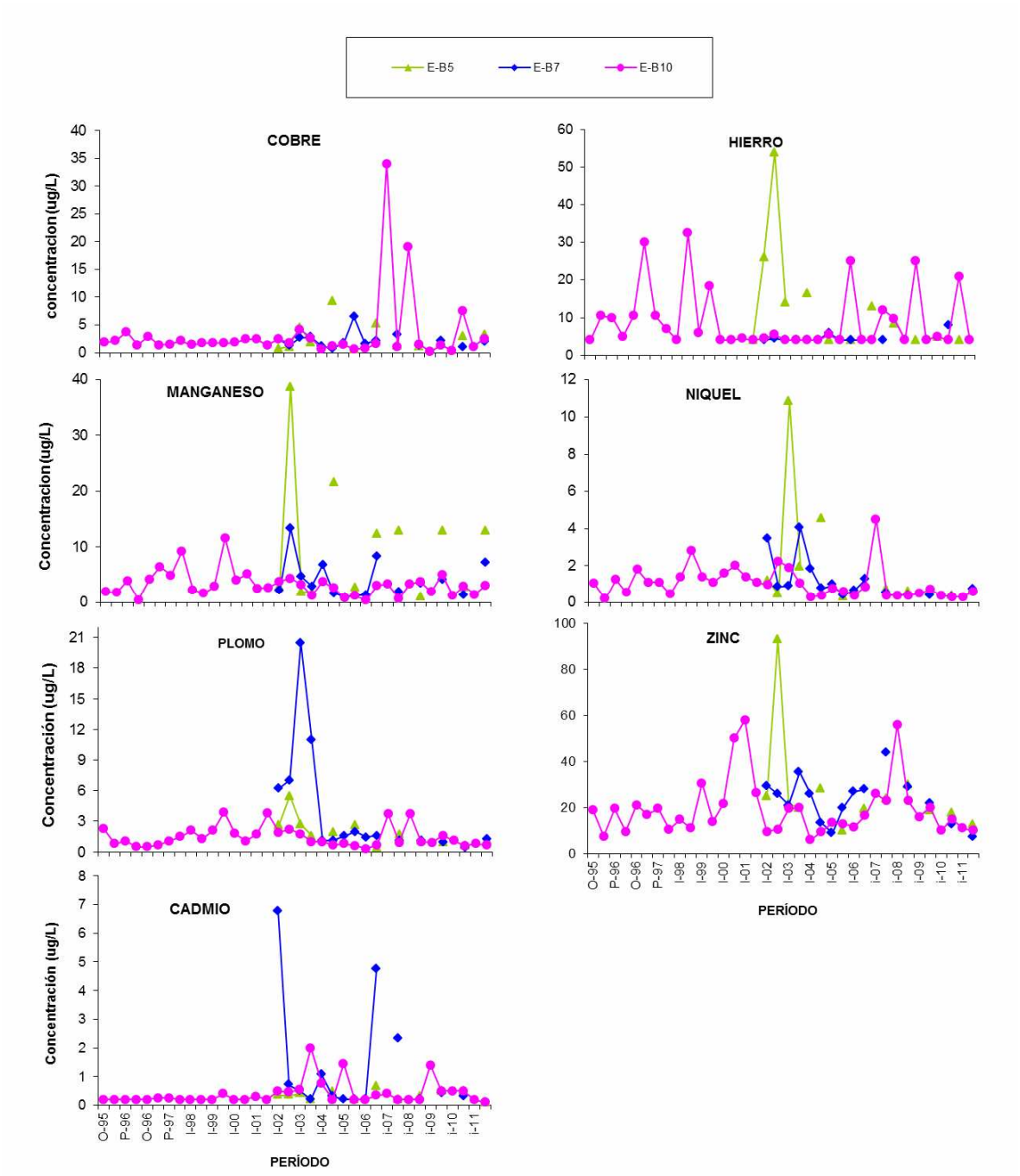


Figura 106 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Butrón en el periodo que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2006, desde el 2007 sólo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

Como se puede apreciar en la Figura 106, en términos generales los metales estudiados presentan una tendencia bastante irregular a lo largo de los años. En general, para la estación E-B10 (puerto de Plentzia) la cual se viene muestreando desde otoño de 1995, se aprecia una tendencia bastante constante a lo largo de los años con concentraciones bajas comparadas con el objetivo de calidad fijado para cada metal, excepto para Cu y Cd que fueron superados en el 2007 el Cu con 34 $\mu g \cdot l^{-1}$ y en 2003 y 2005 el Cd con 2.00 $\mu g \cdot l^{-1}$ y 1.45 $\mu g \cdot l^{-1}$, respectivamente (25 y 0.2 $\mu g \cdot l^{-1}$, objetivos de calidad para Cu y Cd, respectivamente). Sin embargo para zinc y hierro, la evolución es muy irregular, con máximos de concentración en los muestreos correspondientes a invierno de 1999 y verano de 2001, para hierro y zinc, sin superar los objetivos de calidad establecidos. En la estación E-B7 (campo de fútbol de plentzia) se detectaron máximos de concentración que superan el objetivo de calidad establecido en invierno de 2003 en plomo con 20.50 $\mu g \cdot l^{-1}$ (objetivo de calidad 7.2 $\mu g \cdot l^{-1}$) y en 2002 (6.75 $\mu g \cdot l^{-1}$), 2004 (1.05 $\mu g \cdot l^{-1}$), 2006 (4.75 $\mu g \cdot l^{-1}$) y 2007 (2.3 $\mu g \cdot l^{-1}$) para Cd (objetivo de calidad 0.2 $\mu g \cdot l^{-1}$).

En el caso del cadmio se aprecia una ligera disminución de la concentración solamente superando el

objetivo de calidad en la estación E-B10 en la campaña de verano (0.2 µg·l^{-1}).

En la estación E-B5 (Abanico de Plentzia), claramente se distingue un máximo de concentración significativo para plomo, manganeso, hierro y zinc, en verano de 2002, sobrepasando el objetivo de calidad para el zinc (60 µg ·l^{-1}), registrando 93 µg·l^{-1}. En 2011 las concentraciones de manganeso, níquel y plomo han aumentado respecto al año pasado estando los valores por debajo de los objetivos de calidad establecidos para los metales mencionados. En el caso del cobre se ha apreciado un aumento respecto a 2010 en las estaciones E-B5 y E-B7 mientras que ha disminuido en la estación E-B10. En le caso del hierro se aprecia una diminución de concentración en las campañas de verano en todas las estaciones y un aumento sustancial en la campaña de invierno de la estación E-B10.

En general se observa una mejora paulatina a lo largo de los años.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

En los resultados obtenidos en 2011 se mantiene la ausencia de concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) de grupos de contaminantes como los PAHs, donde solamente los valores puntuales de naftaleno, pireno, fenantreno, antraceno, fluoranteno y fluoreno superan los limites de detección.

5.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en la estación E-B10, y desde 2002 en las estaciones E-B5 y E-B7, se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado.

A partir de esta información, en la Figura 107 y Figura 108 se ha establecido una evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 109 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En cuanto a la variabilidad espacial, en las dos últimas campañas, las estaciones E-B7 y E-B10 muestran un sedimento predominantemente arenoso, mientras que la estación más interna (E-B5) presenta, en general, mayor porcentaje de finos (cercano al 70%). En la última campaña, las tres estaciones muestran valores positivos de potencial redox.

Debido a la mayor oxigenación y actividad de degradación de la materia orgánica, junto con una menor influencia del agua de origen fluvial en la zona exterior del estuario, se observa un gradiente espacial caracterizado por la disminución de nitrógeno orgánico particulado y un patrón general de aumento del ratio carbono/nitrógeno hacia la zona más externa.

En cuanto a la evolución temporal de la concentración de carbono orgánico particulado, los valores son similares en la estación E-B5 y E-B7. Además, en las tres estaciones se observa un descenso discontinuo del contenido en materia orgánica.

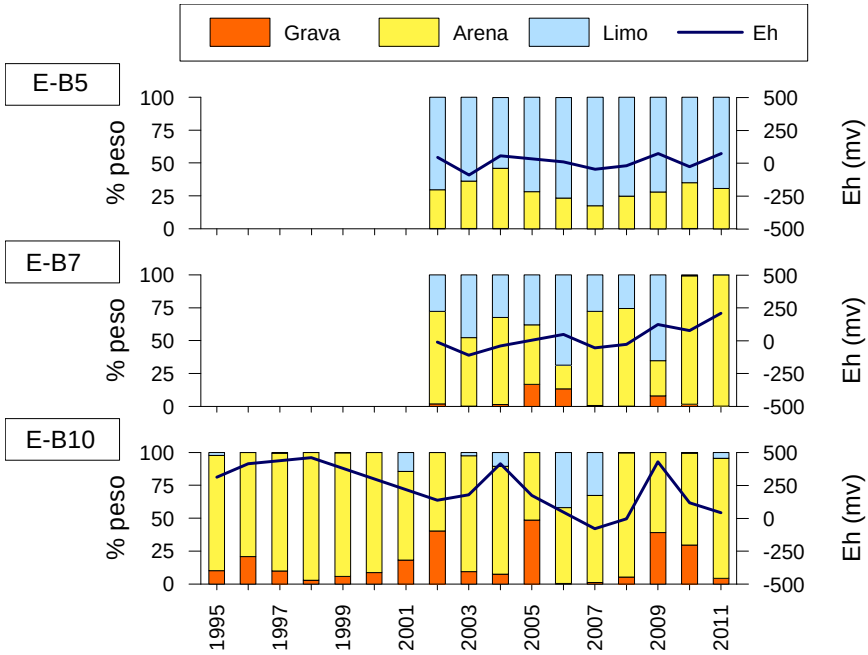


Figura 107 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos de la masa de agua de transición del Butroe (muestreos de invierno).

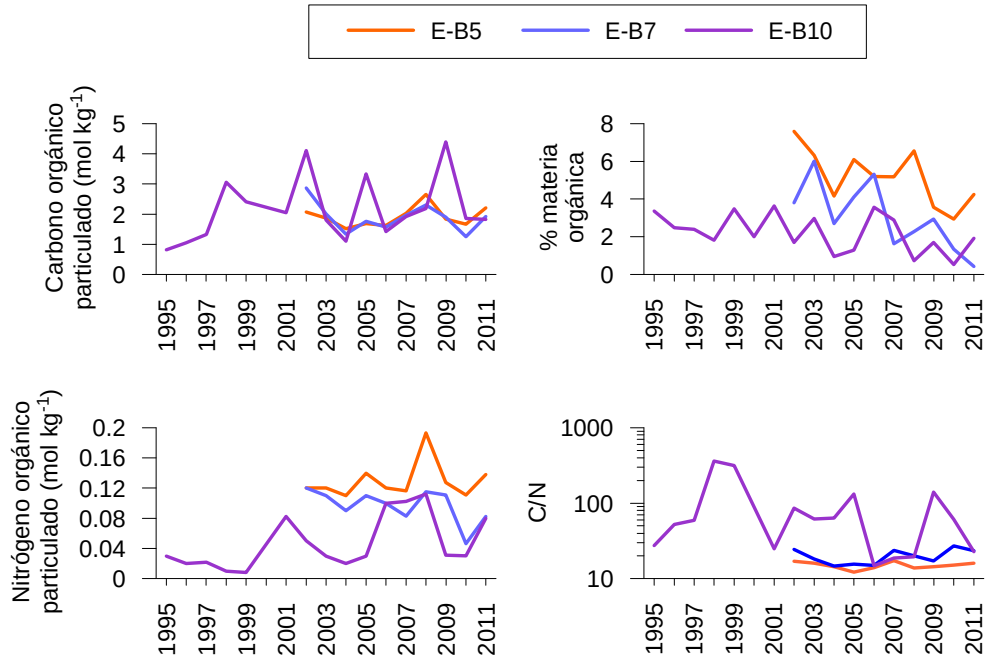


Figura 108 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-B5	0,00	30,77	69,23	4,25	74	2,21	0,14	16,0
E-B7	0,20	99,66	0,14	0,43	209	1,93	0,08	23,4
E-B10	4,29	91,09	4,62	1,92	42	1,82	0,08	22,8

Tabla 109 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

METALES PESADOS

En la Tabla 110 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. La estación E-B10 presenta los máximos valores para todos los metales, excepto para el Fe y el Mn, que son máximos en la estación E-B5 y E-B7, respectivamente.

La Figura 109 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-B10 desde 1995 y para las estaciones E-B5 y E-B7 desde 2002.

Durante las campañas más recientes, todos los metales evaluados, excepto el Pb en la estación E-B7, presentan concentraciones dentro del nivel de fondo.

Sin embargo, al representar la concentración de metales corregidos por el contenido en finos de los sedimentos (Figura 110), durante la última campaña, en la estación más interna (E-B5), todos los metales muestran concentraciones superiores al valor TEL (Threshold Effect Level), indicando probilidad media de efectos negativos en la biota.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
E-B5	0,15	20	25	26948	0,13	268	26	29	106
E-B7	0,05	16	16	26495	0,06	382	26	24	67
E-B10	0,15	27	28	26814	0,16	315	31	45	118
Media	0,12	21,00	23,07	26752	0,11	322	27,72	32,68	97,29
Desv. est.	0,06	5,44	6,66	233	0,05	57	3,06	11,00	26,78

Tabla 110 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

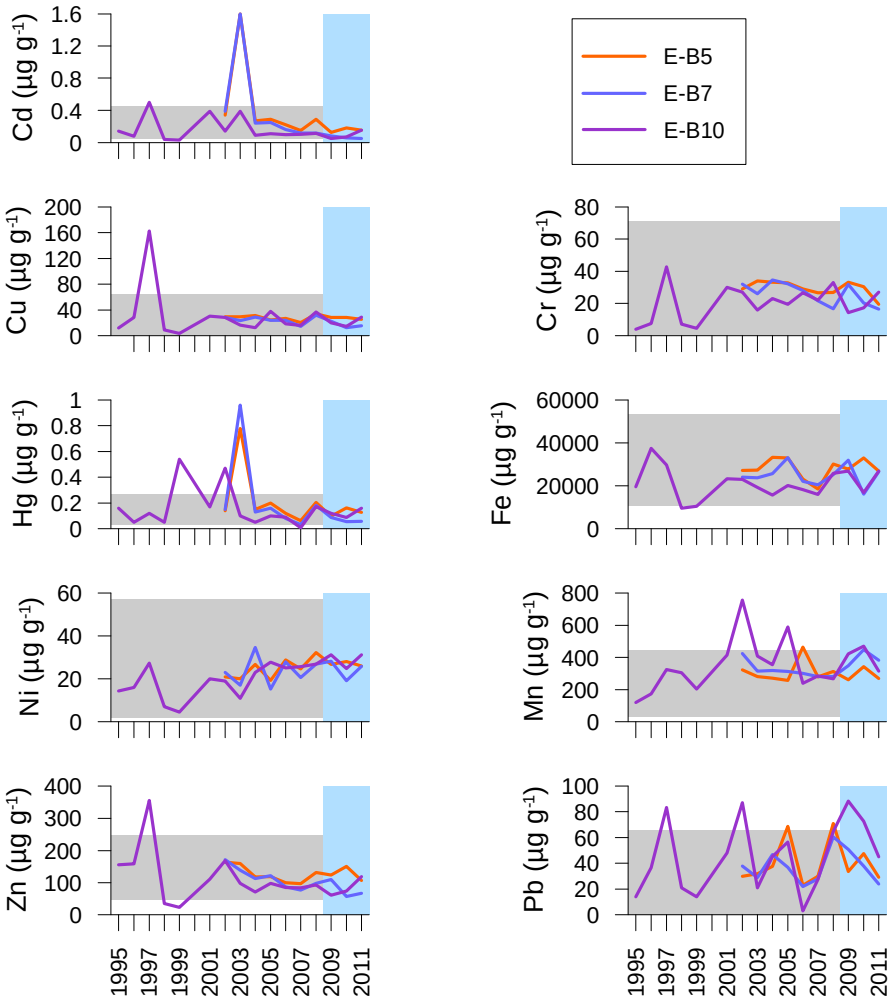


Figura 109 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

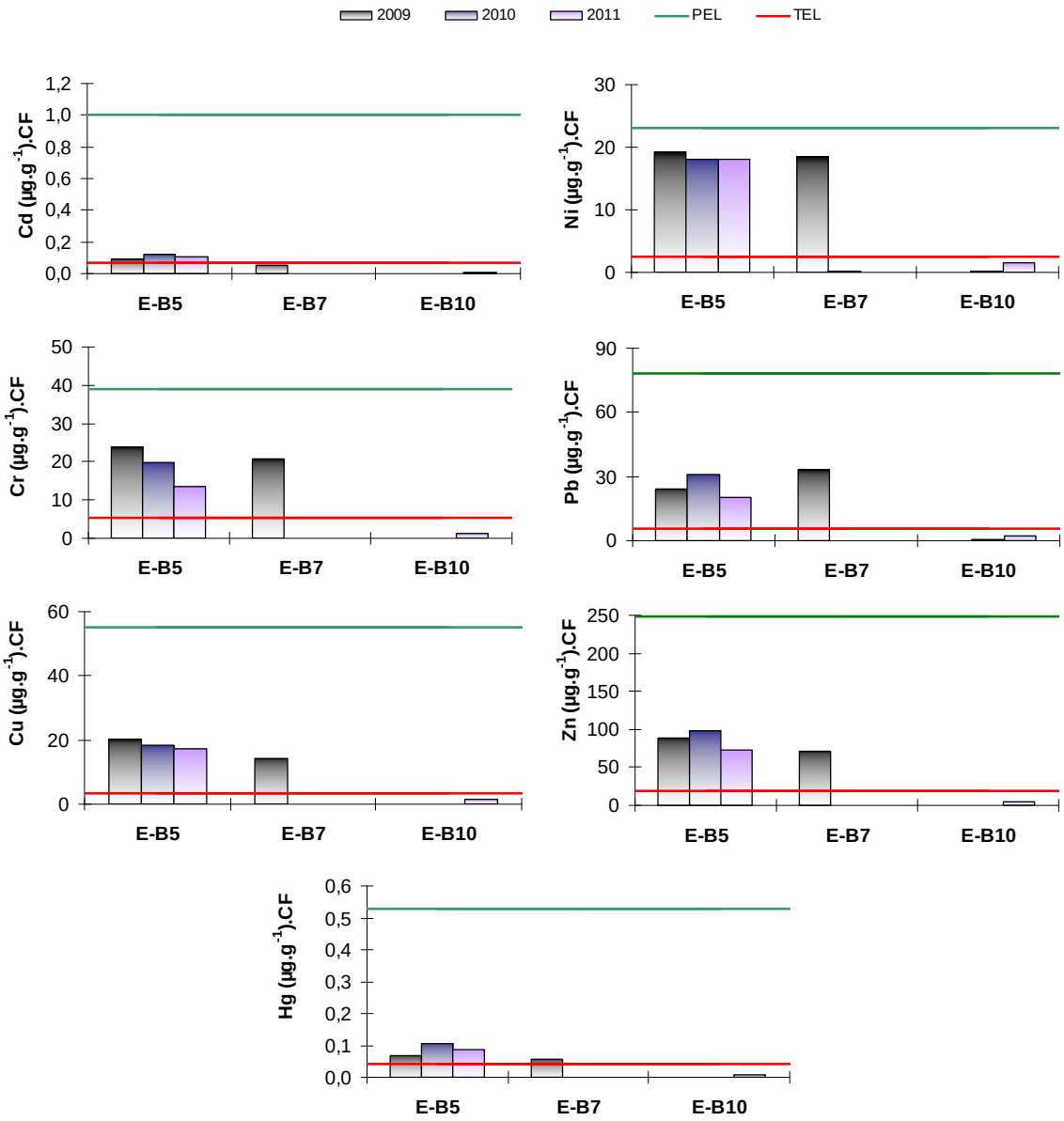


Figura 110 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Butroe, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Figura 79 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las tres estaciones de estudio. La Figura 79 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados desde 1995 en la estación E-B10 y desde 2002 en las estaciones E-B5 y E-B7.

En general, el Aldrín, Dieldrín, Isodrín, hexaclorociclohexano, hexaclorobenceno, DDT y sus derivados presentan concentraciones inferiores o próximas (el DDE en la estación E-B7), al límite de determinación analítico.

La concentración de los compuestos policlorobifenilos (PCBs) supera puntualmente el límite de determinación analítica en la estación más interna (E-B5), aunque sin superar el objetivo de calidad (*i.e.*, 180 ng g^{-1}).

La concentración de hidrocarburos poliaromáticos (PAHs) presenta elevada variabilidad espacial y temporal, pero sin superar el objetivo de calidad (44792 ng g^{-1}). Además, en las campañas más recientes, se observa una disminución discontinua en las tres estaciones. Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos en las tres estaciones no implican efectos negativos sobre la biota.

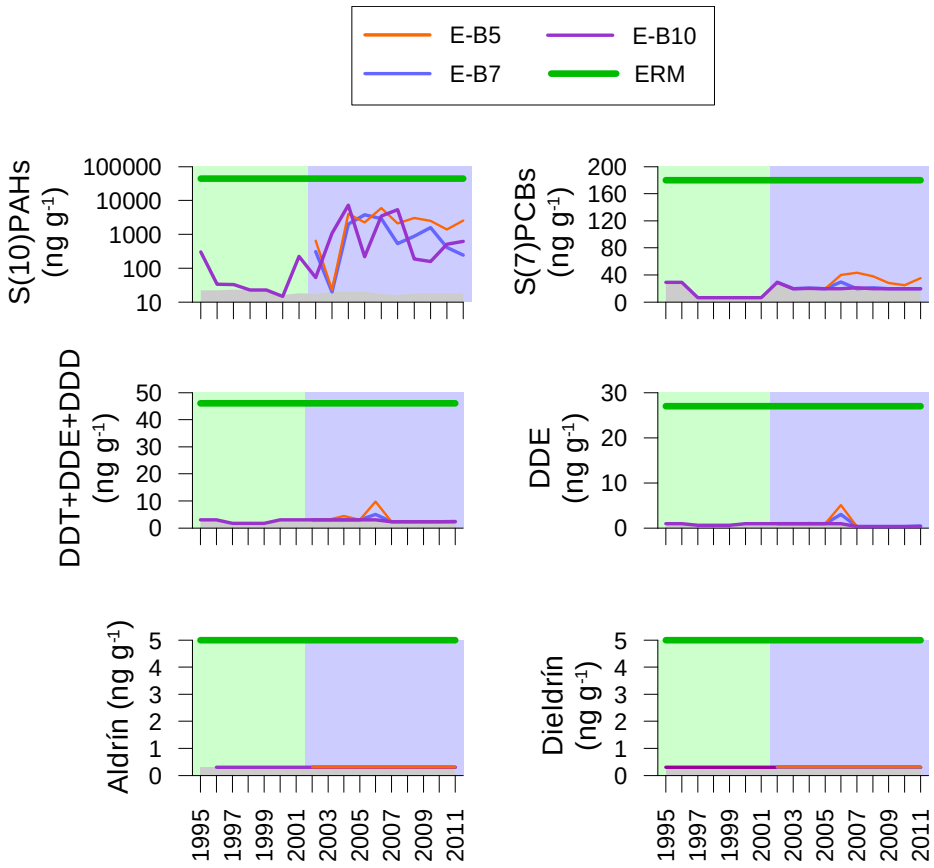


Figura 111 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long et al., 1995).

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-B5	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	35	2550
E-B7	<0,30	<0,30	<0,30	0,45	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	243
E-B10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	617

Tabla 111 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 112 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Butroe y en la Figura 112 se presenta la evolución de los valores globales de ICC. Las tres estaciones presentan un ICC global no contaminado.

En la Figura 113 se presenta la evolución del ICC global. En las campañas más recientes, se observa que los valores no se superan (estación E-B5 y E-B10) o

están próximos (E-B7) al valor de ICC de contaminación ligera (*i.e.*, ICC = 1).

En cuanto a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, tan sólo la estación más interna (E-B5) muestra contaminación ligera por presencia de compuestos orgánicos.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-B5	NC	NC	NC	NC	NC	CL	NC	NC	NC	NC
E-B7	NC	NC	NC	NC	NC	CL	NC	NC	NC	NC
E-B10	NC	CL	NC	NC	CL	CL	CL	CL	NC	NC
Total	NC	NC	NC	NC	NC	CL	NC	CL	NC	NC

Tabla 112 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

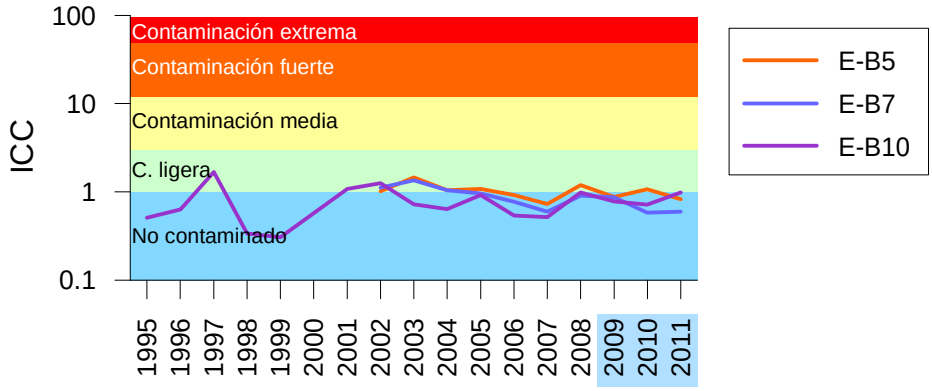


Figura 112 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

5.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En la campaña de 2011, en el estuario del Butroe se recolectaron mejillones el 2 de noviembre en la desembocadura (I-B10). Los datos correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos se pueden consultar en la Base de Datos.

BACTERIOLOGÍA

En la Figura 113 se muestra la evolución de la concentración de bacterias en la estación I-B10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

La concentración de **coliformes fecales** medida en 2011 (<90 NMP·100 ml^{-1}) es la mínima de las observadas desde 2008, año en el que se obtuvo uno de los valores más elevados a lo largo del periodo de estudio en esta estación. Por lo tanto, como presenta menos de 300 NMP·100 ml^{-1} se podría clasificar como zona tipo A, es decir, apta para marisqueo. Cabe mencionar que la parte externa del estuario del Butroe está declarada como zona de producción de moluscos y según el seguimiento de esta zona que realiza la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco, en 2011 ha sido clasificada como zona B y se ha permitido la recolección de moluscos entre octubre y diciembre (Solaun *et al.*, 2011).

En cuanto a los **estreptococos fecales**, la concentración medida en 2011 (100 NMP·100 ml^{-1}) también es la más baja desde 2008.

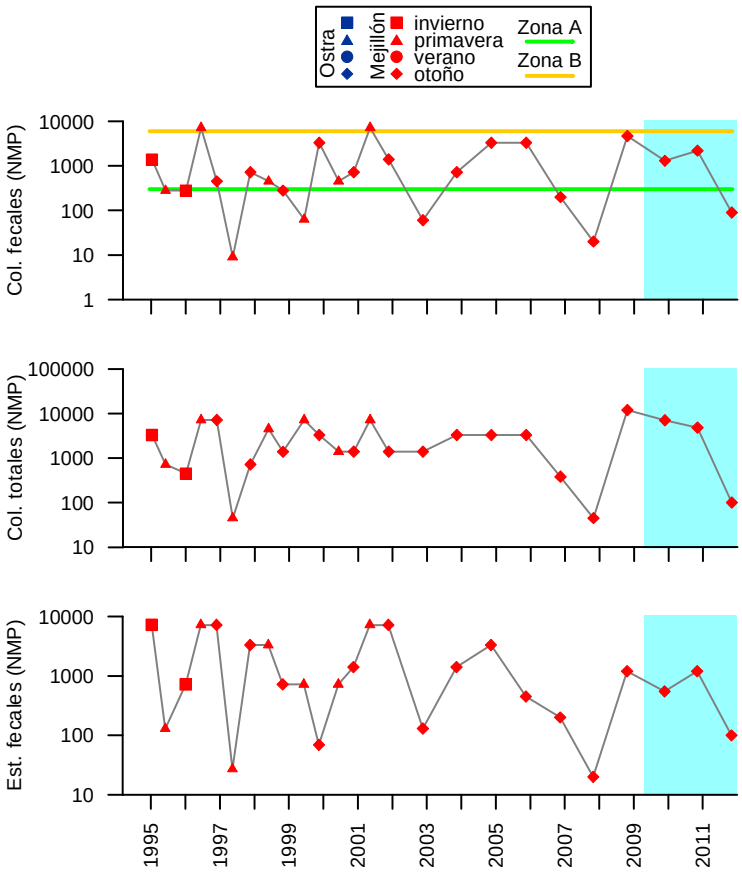


Figura 113 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-B10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 114 se muestra la evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-B10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de **cadmio** en otoño de 2011 (0,10 mg kg^{-1}) es inferior a la media calculada para el periodo 1994-2011 (0,19 mg kg^{-1}). Aunque todas las concentraciones observadas en esta estación son inferiores al límite legal para este metal (1,0 mg kg^{-1}), en varios muestreos se supera el valor de referencia del CIEM (0,4 mg kg^{-1}).

El **cromo**, en la campaña de otoño de 2011 presenta una concentración de 0,11 mg kg^{-1}, uno de los valores más bajos observados en esta estación a lo largo del periodo de estudio. En cuanto al cumplimiento de la legislación, incluso la máxima concentración que se dio en otoño de 1997 (0,78 mg kg^{-1}) es inferior a los 1,8 mg kg^{-1} contemplados para el cromo (valor actualmente no vigente).

El **cobre** presenta en 2011 una concentración de 0,42 mg kg^{-1}, la mínima de las observadas en esta estación en el periodo de estudio. Para esta estación, en ningún caso se superan los 20 mg kg^{-1}, límite legal (actualmente no vigente) para el cobre en los mejillones.

En cuanto al **mercurio**, la concentración observada en otoño de 2011 (0,010 mg kg^{-1}) es próxima al límite de detección (0,005 mg kg^{-1}). Los límites de detección han ido variando a lo largo del periodo de estudio y, en general, las concentraciones observadas han sido inferiores a dichos límites. Además, en ningún caso se han superado ni el límite legal establecido, 0,5 mg kg^{-1}, ni el valor de referencia del CIEM, 0,2 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 36% de los casos se ha superado la norma de calidad ambiental (20 µg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

El **níquel**, presenta en 2011 una concentración (0,06 mg kg^{-1}) inferior a la observada en 2010 (0,18 mg kg^{-1}). Aunque para el níquel no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. Este valor no se ve superado por ninguna concentración de las observadas en el estuario del Butroe.

Para el **plomo**, en otoño de 2011 se observa una concentración de 0,008 mg kg^{-1}, la más baja de las observadas a lo largo del periodo de estudio. El límite

legal para consumo (1 mg kg^{-1}) solo se superó en otoño de 1995 (1,81 mg kg^{-1}).

La concentración de **zinc** en otoño de 2011 (25 mg kg^{-1}) es inferior a la observada en la campaña de 2010 (45 mg kg^{-1}). La máxima concentración de zinc (809 mg kg^{-1}) se observó en otoño de 1995, sin embargo, a lo largo del seguimiento en ningún caso se ha superado el límite legal (valor actualmente no vigente), 1000 mg kg^{-1}, y sólo en este caso se supera el valor de referencia dado por el CIEM, 600 mg kg^{-1}.

La concentración de **plata**, se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007. En la campaña de 2011, al igual que en el resto de estuarios (exceptuando Lea), la concentración observada está por debajo del límite de detección (0,01 mg kg^{-1}).

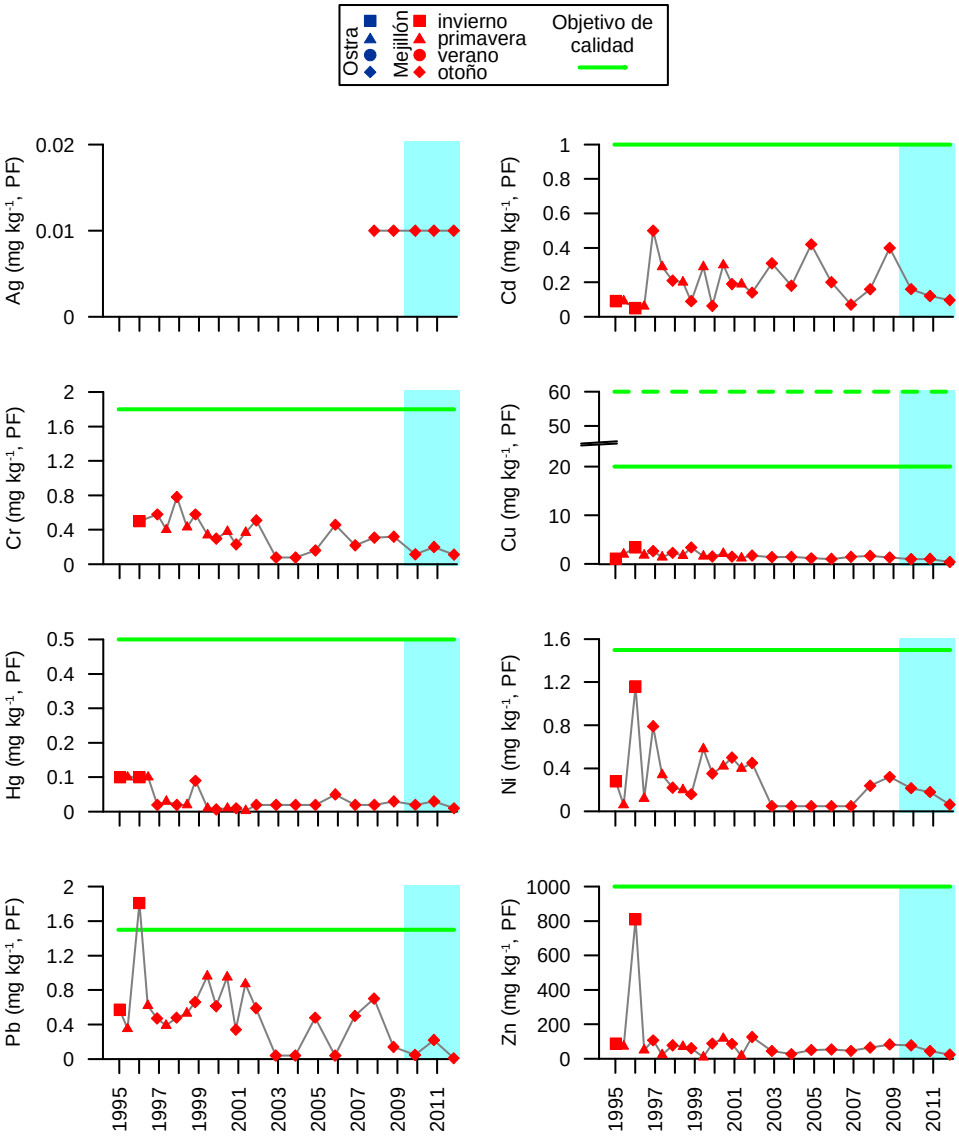


Figura 114 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-B10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En el caso de los policlorobifenilos **(PCBs)** se han sumado los 7 congéneres analizados, con objeto de poder compararlos con otros lugares. Hay que tener en cuenta que el dato puede variar al ser variable el número de congéneres analizados en otras zonas.

En la Figura 115 se representa la evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-B10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

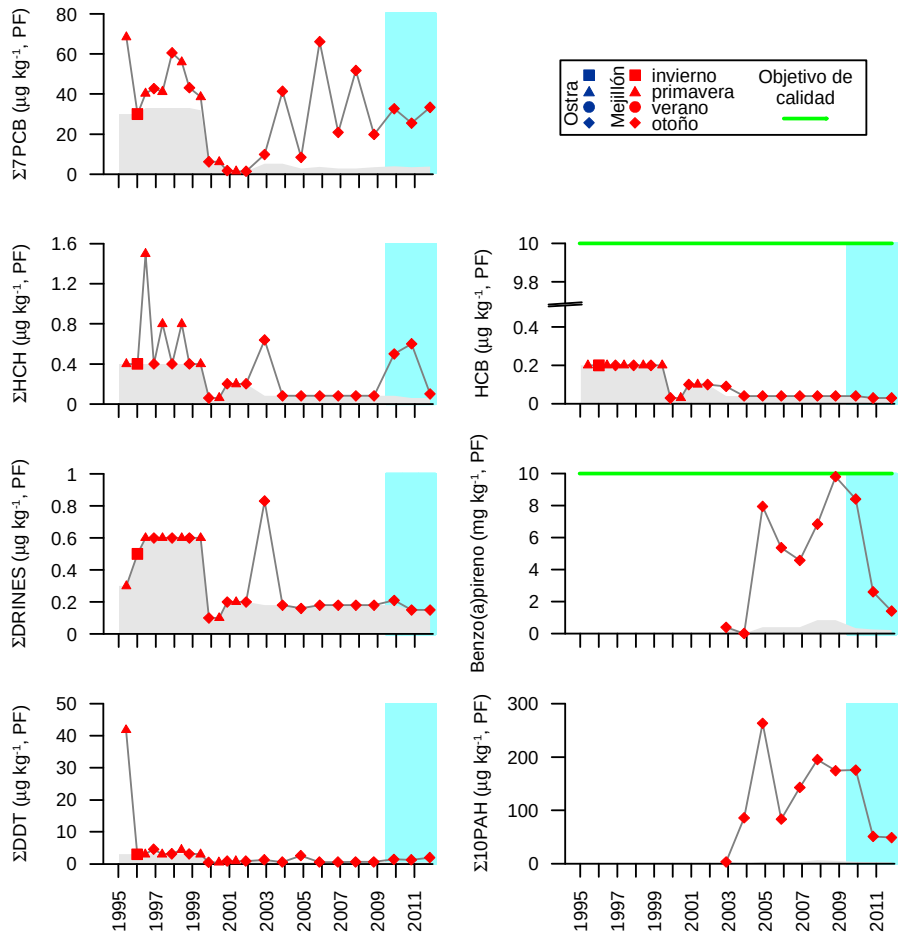


Figura 115 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-B10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

Se observa que la concentración de PCBs en los moluscos en otoño de 2011 (33 µg kg^{-1}) es superior al observado en 2010 (26 µg kg^{-1}). Los valores guías que se utilizan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 a 5 ppm. Si se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs encontradas a lo largo del periodo de estudio están muy alejadas de este valor.

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). La suma de DDTs en los muestreos más recientes está en valores inferiores al límite de detección ó ligeramente superiores. A lo largo del periodo de estudio la concentración de DDT más elevada se dio en primavera de 1995, cuando se alcanzó el valor de 41,81 µg kg^{-1}. Sin embargo, incluso en este caso el valor límite (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado.

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). En los muestreos más recientes la concentración no alcanza el nivel de detección, sin embargo, en 2009 y 2010 el lindano presenta una concentración de 0,46 y 0,57 µg kg^{-1}, respectivamente. La concentración más elevada de HCH en el estuario del Butroe se dio en primavera de 1996, 1,50 µg kg^{-1}. Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, esta concentración se encuentra muy por debajo de dicho límite.

Las variaciones observadas en la concentración de **HCB** a lo largo del periodo de estudio se deben, en general, al cambio en el nivel de detección. Así, sólo en el otoño de 2002 (0,09 µg kg^{-1}) se superó el nivel de detección correspondiente (0,04 µg kg^{-1}), concentración muy alejada del valor límite para este compuesto, 200 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones de los **drines** (aldrín, dieldrín, e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, desde otoño de 2002 se estudian los hidrocarburos aromáticos policíclicos (**PAH**) en moluscos (Borja *et al.,* 2003). El sumatorio de (10) **PAHs** en moluscos ha ido aumentando desde otoño de 2004, aunque en 2010 y 2011 ha disminuido, registrándose valores de 51 y 49 µg kg^{-1}, respectivamente. La concentración en otoño de 2011 de benzo(a)pireno en la estación I-B10 es de 1,4 µg kg^{-1}, siendo ésta inferior al

permitido para el consumo según el Reglamento (CE) n° 208/2005 (10 µg kg^{-1}).

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación sería de Zona tipo A (apta para marisqueo), según el derogado Real Decreto 571/1999. En 2011 la zona de producción de moluscos localizada en la parte más externa del este estuario ha estado clasificada como zona B (Solaun *et al.*, 2011), por lo que se ha permitido el marsiqueo entre octubre y diciembre de 2011.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al.,* 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (véase Borja *et al.,* 2003). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en el estuario del Butroe la clasificación general sería de no contaminado.

En cuanto a los compuestos orgánicos, rara vez alcanzan los límites de detección, por lo que se puede considerar que los moluscos de este estuario no están contaminados por compuestos orgánicos. En el caso de los PAHs, a lo largo del periodo de estudio se alcanzan valores relativamente elevados (no serían aptos para el consumo según las recomendaciones de la OMS y de la EPA, aunque sin superar el limite legal para el beno(a)pireno indicado por Reglamento (CE) n° 208/2005), aunque en las campañas de 2010 y 2011 han descendido considerablemente.

5.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como: **'Buena'** en E-B5 y E-B10 y **'Aceptable'** en E-B7. La estación E-M10 presenta además una tendencia estadísticamente significativa al empeoramiento entre 1994 y 2011, mientras que la tendencia al empeoramiento observada para la E-B5 y E-B7 entre 2002 y 2010 se rompe con los resultados obtenidos en 2011 en ambas estaciones (Figura 116).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química en 2011, todas las estaciones cumplen con los objetivos marcados.

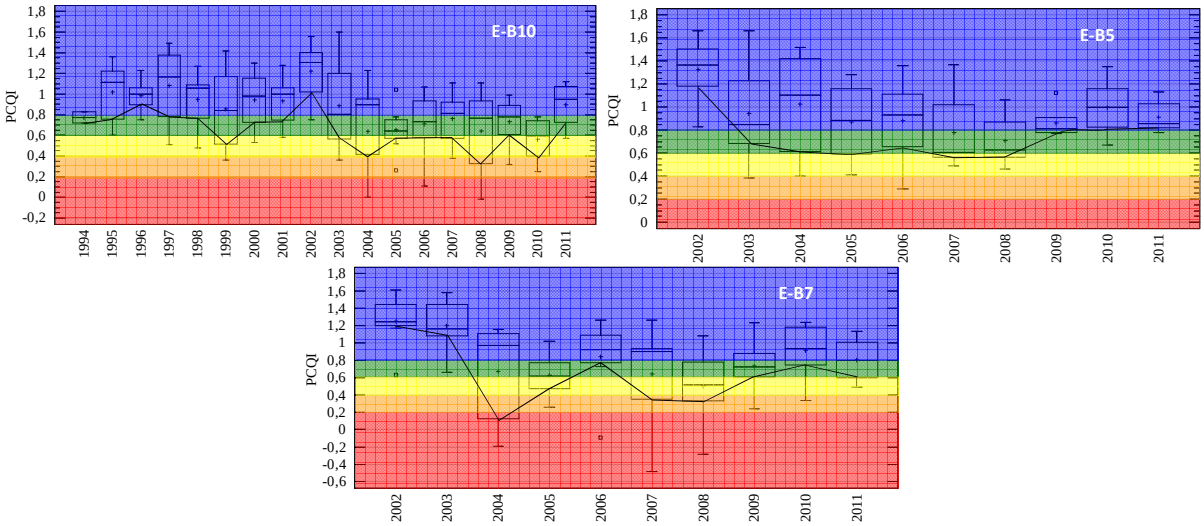


Figura 116 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-B10, E-B7 y E-B5 de la masa de agua de transición del Butroe. La línea negra representa la evaluación anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los tres puntos de control de esta masa el estado físico-químico, determinado por las sustancias prioritarias y específicos, es muy bueno (Tabla 114).

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE) determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico. De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más recientes, así desde 2004 de forma global se ha alcanzado el buen estado químico (Tabla 113).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 113 Estado químico de la masa de agua de transición Butroe en los años 2004-2011.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-B5	E-B7	E-B10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}				
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}				
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,003	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,01	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,02	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,023	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,1	0,20	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,1	0,14	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,11	<LC	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,2	1,3	0,6	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g^{-1}	0,088	<LC	0,0074	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,7	0,7	0,236	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	13	8	11	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	3,3	2	1,475	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy bueno	Muy bueno	Bueno	Muy bueno

Tabla 114 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Butroe en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

5.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Respecto de años anteriores, la única variación en este apartado se debe a que los dragados del cauce realizados en 2002-2003, en su parte exterior, desde la desembocadura al puerto de Plentzia ya no presentan influencia. Esto ha hecho que la calificación para este elemento de la Directiva se **'Muy Bueno'** en las tres estaciones.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 6 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL OKA INTERIOR

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 6 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL OKA INTERIOR 183

6.1 Resumen estado ecológico. Oka interior 185

6.2 Estaciones de muestreo 188

6.3 Macroinvertebrados bentónicos 188
6.3.1 Parámetros estructurales 188
6.3.2 Calidad biológica 189

6.4 Fauna ictiológica 189
6.4.1 Estructura y composición de la comunidad 189
6.4.2 Calidad biológica 191

6.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 192
6.5.1 Fitoplancton 192
6.5.2 Macroalgas 195

6.6 Indicadores Fisicoquímicos 198
6.6.1 Caracterización físico-química en aguas 198
6.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 201
6.6.3 Evaluación del estado 208

6.7 Indicadores hidromorfológicos 209

6.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. OKA INTERIOR

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta masa de agua. Sufre la presión directa de una población de menos de 25.000 habitantes, que se asocia a una densidad de 85,3 habitantes km^{-2}. Respecto a establecimientos industriales se alcanza el número de 421, considerándose que implica poca presión industrial, aunque se dan importantes vertidos industriales y la presencia de actividad de un astillero, en el límite entre el Oka interior y exterior.

La regulación del cauce es la presión más importante en número sobre la masa de agua correspondiente al estuario del Oka, con 36 tramos modificados que se han identificado. Estos tramos suponen el 26% de las presiones detectadas en el estuario. A la regulación del cauce por medio de lezones, escolleras, diques y presas, le siguen los aliviaderos de tormentas con 22 puntos de presión (16% del total del estuario) y las presiones asociadas a los asentamientos portuarios (también 22 presiones identificadas). En este estuario también son importantes en número los vertidos de origen urbanos, con 18 vertidos depurados y sin depurar que suponen el 13% de las presiones.

En esta masa de agua globalmente la presión es baja. Las presiones más importantes provienen de los numerosos vertidos, tanto accidentales como regulares, sin depurar que llegan al estuario (unos 18, que representan unos 600.000 $m^3.a^{-1}$); de la depuradora de Gernika (con mal funcionamiento); de algunos vertidos industriales (fundamentalmente procedentes de aceites, laminados, tenerías, tratamientos superficiales y maderas); de dragados periódicos realizados en el canal para el acceso al astillero (y de la propia presencia de éste); y de la introducción de especies alóctonas, siendo relevante la problemática generada por *Baccharis*.

En 2011 en esta masa de agua, de forma global, no se alcanza buen estado químico acorde a Directiva 2008/105/CE (Tabla 115). Así, al igual que en años precedentes, no se alcanza un buen estado químico por presencia de niquel en agua (Tabla 116).

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección materiales y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en el punto de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es aceptable (Tabla 115) mientras que es malo para los elementos físico-químicos de soporte de los biológicos (Tabla 117). Además, los elementos físico-químicos se han ido degradando los últimos años (fundamentalmente nutrientes y oxígeno). Sin embargo, esto no tiene una traslación a los elementos químicos, ni, curiosamente, a algunos elementos biológicos como el bentos o las macroalgas, que han mejorado. En el caso de los peces, sin embargo, sí se detecta un empeoramiento en 2011. Por último, el efecto negativo de la físico-química sí se ve reflejado en el elemento biológico que más directamente reacciona a él, que es el fitoplancton, ya que se encuentra en estado deficiente.

En la Tabla 117 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Oka interior, que en 2011 es de aceptable.

La zona de la estación E-OK5 presenta un aceptable estado ecológico (Figura 117), debido fundamentalmente a la físico-química y al fitoplancton. En general, esto indica que debe haber algún factor que mantiene esta zona con cierta degradación. Así, esta zona recibe de forma bastante intensa los vertidos de la estación depuradora situada en las cercanías de Gernika, junto con los vertidos del polígono industrial; se trata de una zona con elevadas concentraciones de nutrientes y un elevado grado de eutrofia, así como una contaminación media en los sedimentos. La situación en que se encuentra viene también determinada por la que se observa aguas arriba en el tributario. Esta situación sólo mejorará con el desarrollo del plan de saneamiento previsto para toda la comarca.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-OK5	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l-1	0,016 µg l-1		
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l-1	0,006 µg l-1		
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l-1	0,009 µg l-1		
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l-1	0,002 µg l-1		
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l-1	0,002 µg l-1		
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l-1	0,001 µg l-1		
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l-1	0,001 µg l-1		
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l-1	0,01 µg l-1	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l-1	0,008 µg l-1	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l-1	0,002 µg l-1	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l-1	0,002 µg l-1	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l-1	0,002 µg l-1	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l-1	0,002 µg l-1	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l-1	0,004 µg l-1	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l-1	0,007 µg l-1	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l-1	0,007 µg l-1	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l-1	0,08 µg l-1	<LC	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l-1	0,08 µg l-1	<LC	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g-1 / CF	0,02 µg g-1	0,025	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l-1	0,3 µg l-1	0,5	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l-1	0,3 µg l-1	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l-1	0,3 µg l-1	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g-1 / CF	0,007 µg g-1	0,11	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l-1	0,3 µg l-1	23	No Cumple
Estado Quimico				No Alcanza	No Alcanza
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l-1	2 µg l-1	2,5	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l-1	0,3 µg l-1	1	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Aceptable	

Tabla 115 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Oka Interior en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	No alcanza buen estado	Ni
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	No alcanza buen estado	Ni

Tabla 116 Estado químico de la masa de agua de transición Oka Interior en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-OK5	D	MB	B	A	A	M	Sí	Sí	MB	A	6	1	6	6

Tabla 117 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Oka interior en 2011.

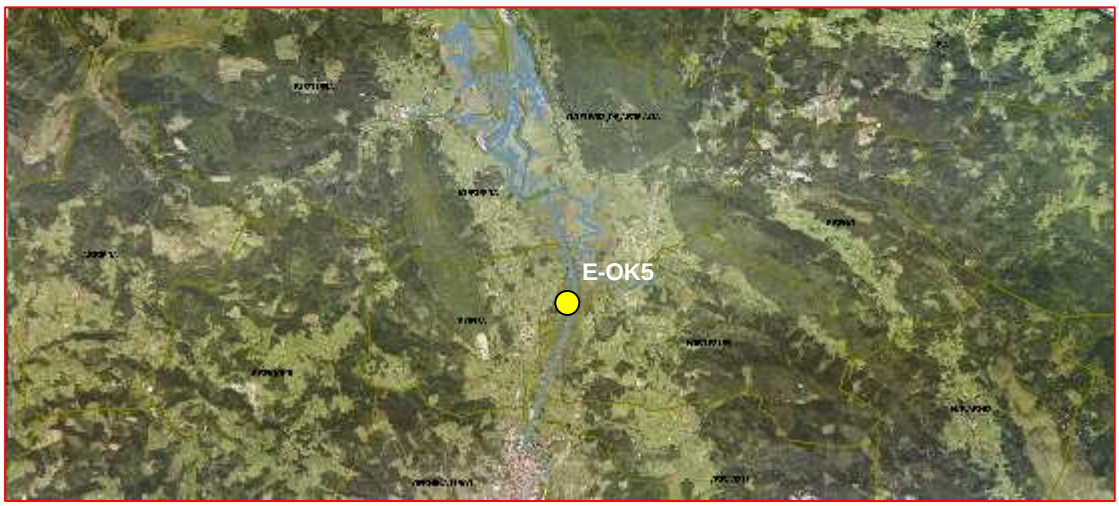


Figura 117 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la Masa de agua del Oka interior: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

6.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Oka interior se analiza anualmente una estación estuárica y su situación se observa en la Tabla 118. Por otro lado, en 2002 y 2005 se analizaron una estación para vida piscícola y tres estaciones para macroalgas en estuarios, que se volvieron a analizar en 2008 y en 2011.

Código Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
E-OK5	Forua (salida de la depuradora)(Oka)	527164,58	4798891,49	Estuarios
M-EOK9	Oka Zona 09.Estuario Macroalgas	526109,28	4801119,51	Estuarios (Macroalgas)
M-EOK10	Oka Zona 10.Estuario Macroalgas	526437,87	4801292,77	Estuarios (Macroalgas)
M-EOK11	Oka Zona 11.Estuario Macroalgas	527065,18	4800593,76	Estuarios (Macroalgas)
AOKI	Oka (Arrastre zona interior estuario)	526737	4800561	Estuarios (Vida piscícola)

Tabla 118 Estaciones de muestreo en la masa de agua de transición del Oka Interior.

6.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

6.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en la estación de la masa de agua de transición del Oka Interior, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 119.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN E-OK5
Densidad	$n^o \cdot m^{-2}$	1.523
Biomasa	$g \cdot m^{-2}$	0,502
Riqueza	n^o	8
Diversidad número	$bit \cdot ind^{-1}$	1,31
Diversidad biomasa	$bit \cdot g^{-1}$	1,06
Equitabilidad número		0,44
Equitabilidad biomasa		0,35
Diversidad máxima	bits	3,00
AMBI		4,90
Clasificación AMBI		Alteración Moderada

Tabla 119 Parámetros estructurales medidos en la estación de la masa de agua de transición del Oka Interior.

La estación más interna del estuario del Oka (E-OK5) presenta un sedimento predominantemente limoso, con contenido en materia orgánica de 3,1%.

Como en los nueve años precedentes, la estación E-OK5 presenta una fauna con características de comunidad sometida a cierto estrés, posiblemente causado por la baja salinidad o por los cambios bruscos de salinidad, por dragados, etc., a los que posiblemente está sometida, al menos ocasionalmente, la estación. Se puede suponer que, tal vez, estas características restringen el desarrollo de ciertas poblaciones propiciando el desarrollo de otras resistentes a las bajas salinidades y a los cambios de salinidad. Este parece ser el caso de los numerosos ejemplares del grupo de los oligoquetos, grupo dominante en todos los años de seguimiento (en 2011 presenta 899 $ind \cdot m^{-2}$; máximo, 14.997 $ind \cdot m^{-2}$ en 2005; mínimo, 39 $ind \cdot m^{-2}$ en 2010).

La densidad total muestra oscilaciones importantes a lo largo del periodo de seguimiento 2002-2011 (Figura 118). Por ejemplo, en 2005 alcanza valores de 15.125 $ind \cdot m^{-2}$ debido al extraordinario desarrollo de las poblaciones de oligoquetos; por otro lado, en 2002, 2007, 2008 y 2010 la comunidad no alcanza los 130 $ind \cdot m^{-2}$. En 2011 la densidad aumenta nuevamente (1.523 $ind \cdot m^{-2}$). En la presente campaña los *taxa* dominantes, aparte del grupo de los oligoquetos, son los poliquetos *Boccardiella ligerica* (532 $ind \cdot m^{-2}$) y *Streblospio shrubsolii* (63 $ind \cdot m^{-2}$) y las larvas de dípteros (17 $ind \cdot m^{-2}$).

Por otro lado, la baja riqueza específica sigue siendo una constante, aunque se evidencia una ligero aumento en los últimos años de muestreo.

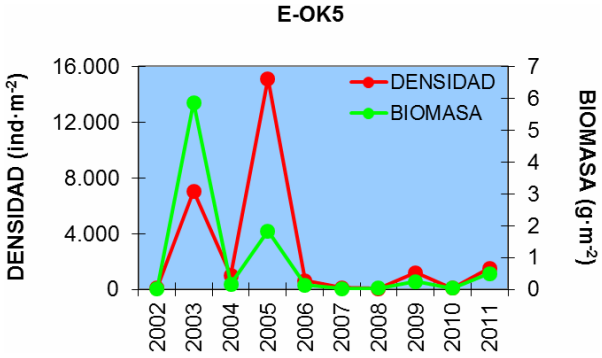


Figura 118 Evolución de la densidad y biomasa en la estación E-OK5 (Oka Interior).

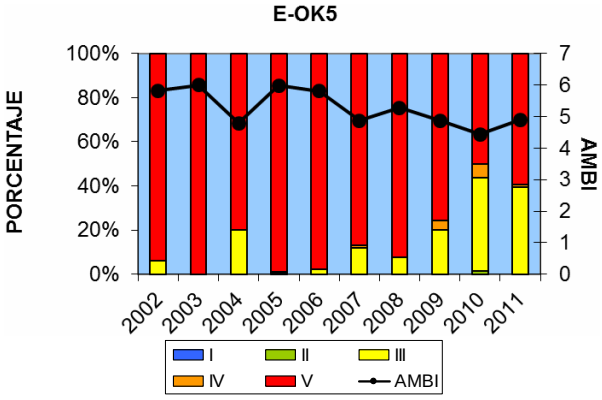


Figura 119 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en la estación E-OK5 del Oka Interior.

La calificación de la estación en función de AMBI es de alteración moderada (Tabla 119), con dominancia de especies de los grupos V (oportunistas de primer orden) y III (tolerantes a la contaminación). Las especies del grupo V presentan en 2011 uno de los menores porcentajes desde el inicio del seguimiento en esta estación (Figura 119). Esto resulta en una tendencia global decreciente en los valores de AMBI a largo plazo, es decir: se observa una mejora desde el año 2002.

6.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En lo referente a la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos, la calificación obtenida por la estación **E-OK5** a partir de M-AMBI es de **Buen Estado** (Figura 120). Desde el comienzo del seguimiento de esta estación, se aprecia una evolución temporal irregular con altibajos relativamente importantes. Sin embargo, en las campañas más recientes se observa una tendencia positiva de los valores de M-AMBI desde la calificación de Estado Deficiente en las primeras campañas de muestreo hasta el Buen Estado de la presente campaña. Aunque el saneamiento de la cuenca no se ha completado, la mejora en la serie podría deberse a un mejor funcionamiento de la depuradora de Gernika, aunque esto no ha podido constatarse (de hecho, como se verá más adelante, tanto el oxígeno disuelto, como los nutrientes, parecen mostrar lo contrario). Además, en el último año hay un ligero empeoramiento (buen estado en el límite de aceptable), que coincide con lo que sucede en otros elementos biológicos, como se verá más adelante. Por tanto, quizá la mejora se deba a otros factores ambientales.

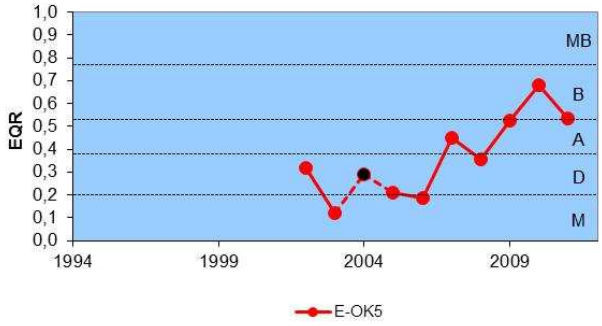


Figura 120 Evolución de M-AMBI para la estación de la masa de agua de transición del Oka Interior.

6.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

6.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Desde el año 2007 el informe de la red de vigilancia y control de las aguas del País Vasco se hace por tipo de masa de agua y no por cuenca hidrográfica como se venía haciendo los años anteriores. Así, el estuario del Oka se analiza como dos masas de agua de transición diferenciadas: por un lado, la masa de agua de transición del Oka exterior donde se localizan la estación exterior (AOKE) y la estación media (AOKM) y, por otro lado, la masa de agua de transición del Oka interior, donde se localiza la estación interna (AOKI), descrita en el Tomo siguiente.

Las muestras de fauna demersal que fueron recogidas durante la campaña de campo de 2011 han sido identificadas a nivel de especie, al igual que en los años 2002, 2005 y 2008. Las estaciones o transectos muestreados se pueden ver en la Figura 121.

En la campaña realizada en 2011 fueron recogidos un total de seis taxones (un pez y cinco crustáceos) en la estación de este estuario correspondiente a esta masa de agua, siendo todas ellas especies habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad, principal condicionante de la vida en estas zonas de transición. Debe recordarse que, a pesar de que en este tramo se han identificado tres especies diferentes dentro del género *Palaemon*, a efectos comparativos con los parámetros estructurales de años precedentes, todas ellas se considerarán como un único taxón, ya que anteriormente no se diferenciaban las especies de este género.

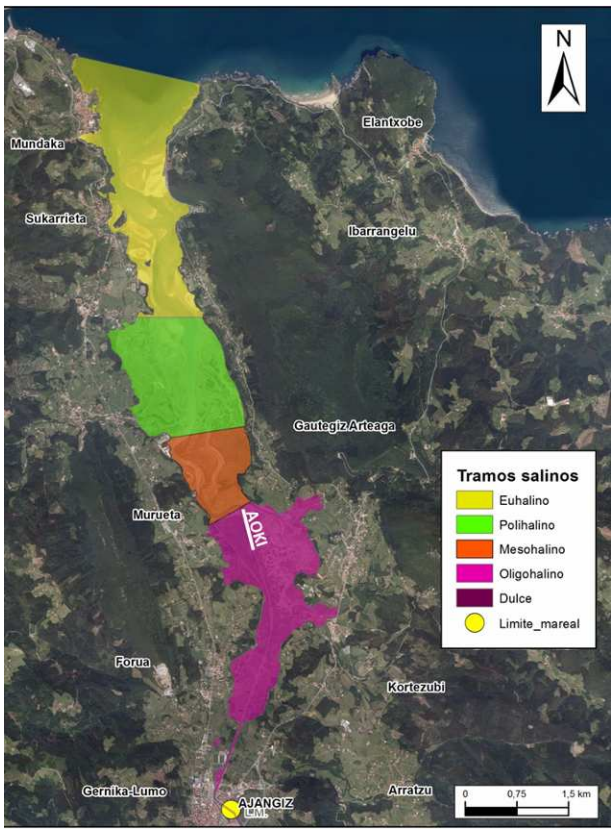


Figura 121 Tramo muestreado en el estuario del Oka, en su parte interna, en el año 2011 (tramo interior AOKI).

En este estuario existen datos del año 2002, 2005 y 2008 (Borja *et al.*, 2003, 2006, 2009) pertenecientes al estudio "Red de Seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco". El total de especies identificadas en el muestreo de 2002 fue de cinco (tres peces y dos crustáceos), en 2005 fue de diez (seis peces y cuatro crustáceos) y en 2008 de doce (ocho peces y cuatro crustáceos) (Figura 93).

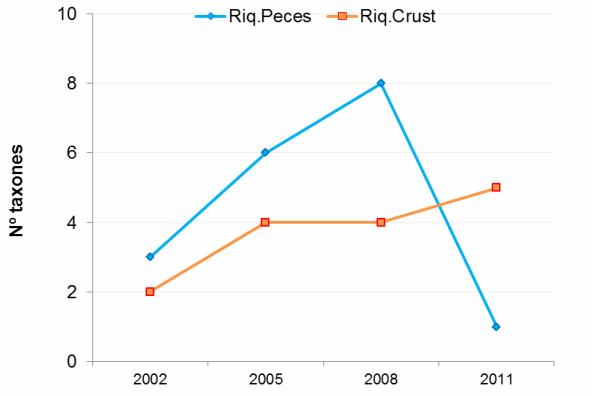


Figura 122 Evolución del número de taxones de peces y crustáceos identificados en los muestreos entre 2002 y 2011 en la masa de agua de transición del Oka interior.

La Tabla 120 muestra los taxones capturados en el tramo muestreado en el año 2011 (interior-AOKI). Este año se ha capturado por primera vez en este estuario el cangrejo *Liocarcinus navigator* y el cangrejo exótico de origen asiático *Hemigrapsus takanoi*. Este último cangrejo está considerado como invasor (Asakura y Watanabe, 2005; Martínez y Adarraga, 2005, 2006; Dauvin *et al*., 2009) y ocupa los ambientes frecuentados por los cangrejos comunes *Pachygrapsus marmoratus* y *Carcinus maenas*.

TAXONES	AOKI
CRUSTÁCEOS	
Quisquilla gris - *Crangon crangon*	X
Quisquilla de poza - *Palaemon elegans*	X
Quisquilla delta - Palaemon longirostris	X
Quisquilla común - *Palaemon serratus*	X
Cangrejo verde - *Carcinus maenas*	X
Cangrejo japonés - Hemigrapsus takanoi	X
Cangrejo nadador - Liocarcinus navigator	X
PECES	
Cabuxino - Pomatoschistus sp.	X

Tabla 120 Taxones identificados en la estación de la masa de agua de transición del Oka interior (AOKI tramo interior).

De entre todas las especies identificadas a lo largo de estos años, en el muestreo de 2011 debe destacarse la ausencia del sargo (*Diplodus sargus*), el chaparrudo (*Gobius niger*) y el lenguado (*Solea solea*) entre los peces, y del cangrejo cuadrado (*Pachygrapsus marmoratus*). Esto último, quizás tenga relación con la aparición del cangrejo japonés.

Analizando el estuario como un todo (Oka-exterior más Oka-interior), en líneas generales se aprecia que la densidad y el número de individuos aumentan hacia el interior del estuario. A su vez, también se observa que en 2011 hay una mayor presencia de peces en el exterior, mientras que los crustáceos dominan en el interior del estuario. La menor diversidad se encuentra en la estación externa y la máxima en la media.

En la Tabla 100 se muestran las abundancias y densidades de cada una de las especies capturadas en este tramo interior.

TAXONES	Estación AOKI	
	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})
CRUSTACEOS		
Quisquilla gris - Crangon crangon	1	20,00
Quisquilla de poza - *Palaemon elegans*	6	120,00
Quisquilla delta - Palaemon longirostris	8	77,46
Quisquilla común - *Palaemon serratus*	1	20,00
Cangrejo verde - *Carcinus maenas*	10	200,00
Cangrejo japonés - *Hemigrapsus takanoi*	9	56,57
Cangrejo nadador - Liocarcinus navigator	1	20,00
PECES		
Cabuxino - *Pomatoschistus* sp.	1	20,00

Tabla 121 Abundancia (nº de individuos) y densidad (individuos por hectárea) de los taxones identificados en la estación de la masa de agua de transición del Oka interior (AOKI tramo interior).

Con objeto de definir la estructura de la comunidad, la Tabla 101 muestra algunos parámetros estructurales (riqueza, abundancia, densidad y diversidad) medidos en la estación de la masa de agua de transición del Oka interior en 2002, 2005, 2008 y 2011. En general, lo más destacable es el progresivo descenso de todos los valores (excepto la diversidad) con el paso del tiempo, hasta llegar a unos valores realmente bajos en 2011, como se refleja especialmente en los peces. El aumento de la diversidad con respecto a algunos años precedentes es debido a la ausencia de dominancia por parte de algún taxón.

En comparación con 2008, todos los parámetros han descendido sus valores en 2011.

En la Figura 123 se muestra la variación de los parámetros estructurales de la riqueza de taxones (peces y crustáceos), del número de individuos (peces y crustáceos) y de la diversidad a lo largo de los últimos diez años en el tramo interior del estuario del Oka. Lo más llamativo es el fuerte descenso de capturas en taxones de peces observado en el último muestreo, así como la disminución progresiva de efectivos (tanto de peces como de crustáceos) que se viene observando a partir de 2005. Sin embargo, este empobrecimiento faunístico no se ha visto claramente reflejado en el valor de la diversidad.

Estación	AOKI			
Parámetros estructurales	2002	2005	2008	2011
Riqueza	5	10	12	6
Riqueza peces	3	6	8	1
Nº de individuos	253	1293	201	37
Nº de individuos peces	156	589	64	1
Densidad	1584,7	5773,5	1307,1	436,6
Diversidad	1,32	1,56	2,37	1,96

Tabla 122 Parámetros estructurales: riqueza (nº de especies), abundancia (nº de individuos), densidad (individuos por hectárea) y diversidad de Shannon medidos en la estación de la masa de agua de transición del Oka interior (AOKI tramo interior).

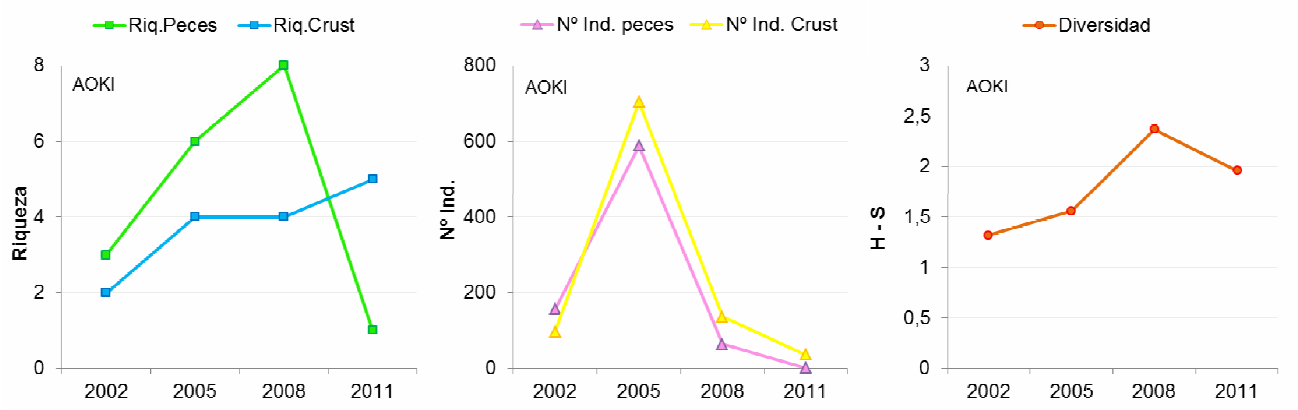


Figura 123 Evolución temporal de la riqueza de peces (color verde) y riqueza de crustáceos (color azul), de la abundancia de peces (color rosa) y abundancia de crustáceos (color amarillo) y de la diversidad en la estación AOKI de la masa de agua de transición del Oka interior. Se muestran los registros correspondientes a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2002, 2005, 2008, 2011).

6.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica. Para ello, se han utilizado los datos obtenidos en los muestreos realizados los años 2002, 2005, 2008 y 2011.

La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1. En la Tabla 123 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado del tramo estudiado en el estuario del Oka.

El Oka es un estuario que presenta un cauce muy regulado (lezones, escolleras, diques, presas), numerosos vertidos urbanos sin depurar, vertidos de aliviaderos de tormentas, un canal dragado numerosas veces (1984, 1992, 1995, 1998, 1999, 2003, 2010) así como numerosos asentamientos portuarios.

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, especies indicadoras de contaminación y salud piscícola son los que favorecen la calidad biológica, alcanzando los valores máximos en toda la serie de datos. Del mismo modo, el número de especies residentes también ofrece máximos valores en los últimos años. En el otro extremo, la presencia de peces planos y los piscívoros siempre han contribuido con un valor mínimo a la calidad en toda la serie de estudio. En cuanto a la composición trófica de peces demersales, los últimos años se repite el equilibrio en la relación entre omnívoros

y piscívoros pero con un valor mínimo (valor porcentual 1:1).

De esta manera, el estado de la calidad biológica piscícola alcanzada el año 2011 presenta el valor más bajo obtenido hasta la fecha, como en 2002, calificándose la masa de agua como **Aceptable**.

Estación/año	AOKI			
Parámetros	2002	2005	2008	2011
Riqueza	3	5	5	3
Especies introducidas	5	5	5	5
Esp. Indicadoras contaminación	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5
Peces planos	1	1	1	1
Omnívoros	3	3	1	1
Piscívoros	1	1	1	1
Especies residentes (nº)	3	5	5	5
Especies residentes (%)	1	1	1	1
PUNTUACIÓN	27	31	29	27
AFI	0,50	0,61	0,56	0,50
CALIDAD BIOLÓGICA	A	B	B	A

Tabla 123 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica de peces demersales en la estación interna (AOKI) del estuario del Oka. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno: ≥ 0,76; Bueno: 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55; Deficiente: 0,17-0,34; Malo: ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

Comparando los resultados de 2011 con los obtenidos años anteriores (Figura 124), se observa una ligera tendencia hacia el empeoramiento: tras la mejora detectada en 2005, posteriormente la calidad ha ido decreciendo, pero siempre se mantiene cerca del límite entre Aceptable y Bueno.

Para establecer la calidad biológica de toda la masa de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1. No obstante, en el caso del Oka interior la masa de transición solo engloba una estación (la estación interna del estuario, AOKI) por lo que la calificación total de la masa es la misma que la descrita en los párrafos anteriores: **Aceptable**.

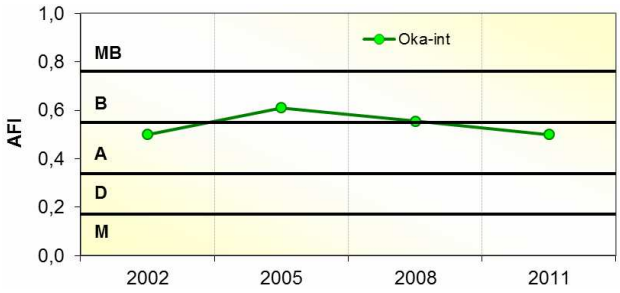


Figura 124 Valores de la calidad biológica obtenidos para la estación interna del estuario del Oka (AOKI) entre los años 2002 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

Si se considera la totalidad del estuario englobando las dos masas de agua identificadas en ella, se observa que en el año 2011 las puntuaciones descienden con respecto a las obtenidas en 2008, empeorando la calidad en los tres tramos del estuario y clasificándose como de calidad Aceptable en todos ellos (Figura 125). Los indicadores que contribuyen de manera significativa en el empeoramiento de la calidad en el último año son la riqueza y el número de especies residentes.

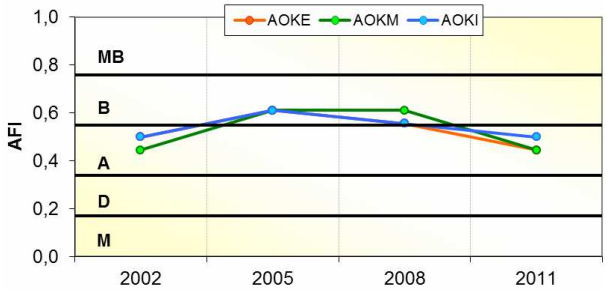


Figura 125 Valores de la calidad biológica obtenidos para cada tramo en el estuario del Oka entre los años 2002 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interior (AOKI), medio (AOKM) y exterior (AOKE). AFI: AZTI's Fish Index.

6.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

6.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En el estuario del Oka se midió la concentración de clorofila en tres estaciones, que se situaron en la cabecera (E-OK5), zona media-exterior (E-OK10) y desembocadura (E-OK20). Las muestras se tomaron en superficie, en pleamar y en bajamar, en cuatro épocas (invierno, primavera, verano y otoño). Se obtuvo un total de 24 datos. Las estaciones de muestreo corresponden a dos masas de agua de transición diferenciadas: el Oka Interior (E-OK5) y el Oka Exterior (E-OK10 y E-OK20). Este capítulo hará especial mención al Oka Interior.

En la Figura 126 se muestran los datos de clorofila y salinidad a lo largo de todo el estuario del Oka (incluyendo la masa de agua interior y la exterior) en el año 2011. La salinidad cubrió un gradiente muy amplio, desde valores que representan medios de agua dulce (<0,5 USP) hasta valores característicos de las masas de agua costeras (35 USP).

En la masa de agua del Oka Interior la salinidad varió entre 0,7 y 18,9 USP. La concentración de clorofila estuvo comprendida entre 3,5 y 15,2 µg l^{-1} (Figura 126a). Los valores mínimos se observaron en invierno, mientras que el máximo se midió en verano.

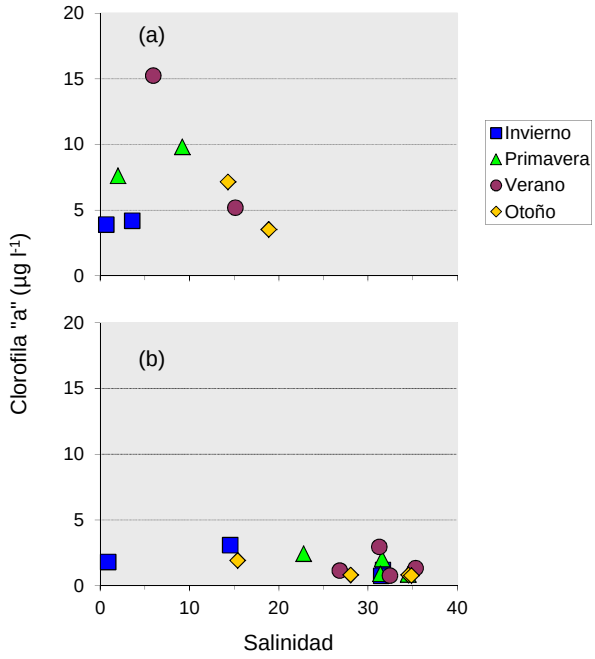


Figura 126 Variación de la concentración de clorofila con la salinidad en el estuario del Oka, en las cuatro épocas de estudio durante 2011 (a) Oka Interior (b) Oka Exterior. Los datos son de superficie, en pleamar y bajamar.

En la masa de agua del Oka Interior el máximo de clorofila en el año 2011 se situó en un nivel intermedio en el contexto de los medidos en otros estuarios del País Vasco. Así, en éstos, los picos de clorofila de 2011 se encontraron en un rango de 3 a 34 µg l^{-1}, siendo la mayoría observados en primavera y/o en verano.

Las concentraciones de clorofila del Oka Interior en 2011 no fueron excesivamente altas para aguas de carácter oligohalino. En 2010 se observaron picos del mismo orden. Por el contrario, en años anteriores (2004, 2006 y 2008) en la época estival se llegaron a medir picos de clorofila de 50-100 µg l^{-1} en esta masa de agua.

La cabecera del estuario del Oka recibe vertidos de aguas residuales urbanas muy ricas en nutrientes, lo cual unido a la baja tasa de renovación del agua favorece la producción del fitoplancton en épocas de baja descarga fluvial. Como en años anteriores, en 2011, las altas concentraciones de amonio (~200 µM) y fosfato (~18 µM) registradas en verano fueron indicadoras de importantes vertidos de aguas residuales. La concentración de silicato en la misma fecha también fue muy alta (140 µM). Sin embargo, la respuesta de la biomasa fitoplanctónica (estimada como concentración de clorofila) no fue proporcional a la carga de nutrientes. La salinidad (6-15 USP, bajamar-pleamar) no sugiere que hubiera fuertes descargas de agua dulce que pudieran limitar la acumulación de la biomasa fitoplanctónica. Por lo tanto, cabría esperar una mayor concentración de clorofila en verano en las aguas de superficie. De manera contraria, la abundancia fitoplanctónica sí fue muy elevada en esa misma muestra (véase el siguiente apartado).

Dichos resultados ponen de manifiesto la importancia de medir diferentes variables fitoplanctónicas, ya que en ocasiones no se correlacionan la clorofila y la abundancia fitoplanctónica. Estas discrepancias pueden deberse al tamaño celular, al estado fisiológico y/o a la ventaja competitiva de organismos planctónicos no estrictamente fotosintéticos en aguas que son turbias. El estado fisiológico depende de factores ambientales (temperatura, luz y nutrientes) y determina la relación entre clorofila y carbono en la célula (Cloern *et al*., 1995; Revilla, 2001). La turbidez asociada a los vertidos podría estar limitando a aquellos organismos que sólo tienen como forma de producción la fotosíntesis, favoreciendo a los que presentan estrategias de nutrición heterótrofas o mixótrofas, en la comunidad de microplancton.

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en la estación E-OK5 se ha calculado el valor del percentil 90 para periodos móviles de seis años. Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton. Las variables fitoplanctónicas en la estación E-OK5 comenzaron a estudiarse en el año 2002, con lo cual hasta hoy sólo existen cinco periodos completos de seis años (Figura 127).

En la estación E-OK5 el percentil 90 de la concentración de clorofila presenta valores muy altos (20-60 µg l^{-1}) en comparación con el resto de los estuarios del País Vasco, donde generalmente este estadístico no supera los 8 µg l^{-1}. En los dos últimos periodos de estudio la clorofila muestra una disminución (Figura 127). Sin embargo, como se ha explicado anteriormente, esto no está acompañado de un descenso en la presión de nutrientes. Por lo tanto, podría estar asociado a cambios en las comunidades microplanctónicas (tamaño celular, composición, o estado fisiológico).

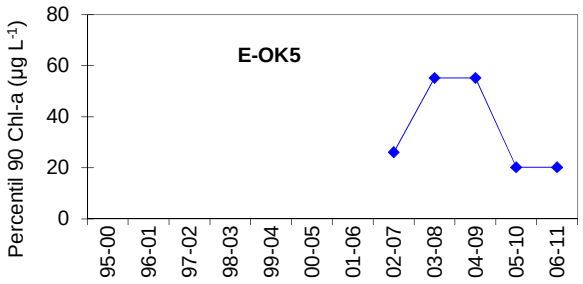


Figura 127 Evolución de la concentración de clorofila en el Oka interior. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

La composición y abundancia fitoplanctónica se estimaron en la cabecera del estuario del Oka (E-OK5), en las campañas de primavera y verano (Tabla 124). En ambas épocas se encontró una alta densidad de fitoplancton en el agua, del orden de$\cdot 10^6$ células l^{-1}.

Estación	E-OK5
Fecha	10/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	5.849
Diversidad (bit/cel)	2,8
Riqueza (Nº especies)	10
Estación	E-OK5
Fecha	22/08/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	28.462
Diversidad (bit/cel)	2,7
Riqueza (Nº especies)	11

Tabla 124 Índices relacionados con Fitoplancton. Zona interior del estuario del Oka. Los datos son de superficie, en pleamar.

Los valores de abundancia total observados en verano de 2011 en esta masa de agua superan los máximos medidos en el resto de los estuarios. En años anteriores siempre se han registrado abundancias del orden de 10^6 células l^{-1} en la estación de cabecera del Oka. Los más altos han correspondido a los veranos de 2008 ($75\cdot 10^6$ células l^{-1}) y 2009 ($39\cdot 10^6$ células l^{-1}). Las comunidades fitoplanctónicas en esta zona, a lo largo de los años, presentan características comunes en cuanto a composición, con predominio de diatomeas de pequeño tamaño y criptofitas. Además, el dinoflagelado *Kryptoperidinium foliaceum* es muy recurrente.

En el año 2011 se produjeron blooms, tanto en primavera, como en verano. En primavera las especies con mayores abundancias fueron la criptofita *Hemiselmis* spp. ($1{,}8\cdot 10^6$ células l^{-1}) y la clorofita *Chlamydomonas* spp. ($\sim 1\cdot 10^6$ células l^{-1}), seguidas por pequeñas diatomeas centrales, pequeñas formas flageladas y cocoides sin identificar y el dinoflagelado *Kryptoperidinium foliaceum*. Las diatomeas pennales de pequeño tamaño celular (≤10 µm), también fueron abundantes ($1{,}1\cdot 10^6$ células l^{-1}). En este caso podrían ser diatomeas bentónicas procedentes de la resuspensión del sedimento.

En verano (finales de agosto) hubo varios taxones con densidades superiores al millón de células por litro. Dominaron las criptofitas (*Chroomonas* spp., *Hemiselmis* spp. y *Teleaulax* spp.), con un total de $16{,}5\cdot 10^6$ células l^{-1}, seguidas por diatomeas centrales de tamaño 4-5 µm ($5{,}6\cdot 10^6$ células l^{-1}), la clorofita *Chlamydomonas* spp. ($1{,}4\cdot 10^6$ células l^{-1}) y el dinoflagelado *Kryptoperidinium foliaceum* ($\sim 1\cdot 10^6$ células l^{-1}). Las pequeñas diatomeas pennales y las formas flageladas sin identificar también fueron abundantes ($\sim 1\cdot 10^6$ células l^{-1}). Por último, se observaron euglenofitas (*Eutreptiella* sp.) con una densidad de $0{,}6\cdot 10^6$ células l^{-1}.

En cuanto a las especies potencialmente nocivas, el dinoflagelado *Kryptoperidinium foliaceum* presentó altas concentraciones, sobre todo en verano. Esta especie es citada en la bibliografía como causa de estrés metabólico en ostras. Por otra parte, aunque otras especies no presentasen un modo de acción tóxico, las floraciones con densidades tan elevadas de fitoplancton como las encontradas en el Oka interior en verano pueden resultar perjudiciales para los ecosistemas. Ello ocurre si la materia orgánica producida por estas células es oxidada rápidamente por el componente bacteriano, lo cual da lugar a una alta demanda de oxígeno, en el agua o en el sedimento, y puede ocasionar problemas de hipoxia.

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en anteriores informes, el fitoplancton en la masa de agua de transición del Oka Interior se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 128 se muestra la métrica calculada con los datos de clorofila “a”, que supone 20,11 µg l^{-1} (percentil 90; n=48). El estado que le corresponde a esta estación en base a la biomasa fitoplanctónica es, por lo tanto, “Deficiente”.

En la Figura 129 se muestra la métrica calculada con la abundancia fitoplanctónica, que supone una frecuencia de blooms del 87,5%. Por lo tanto, en base al segundo indicador le corresponde también un estado “Deficiente”, cercano a “Malo”.

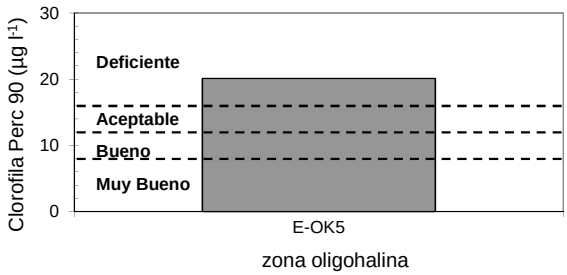


Figura 128 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el Oka Interior. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

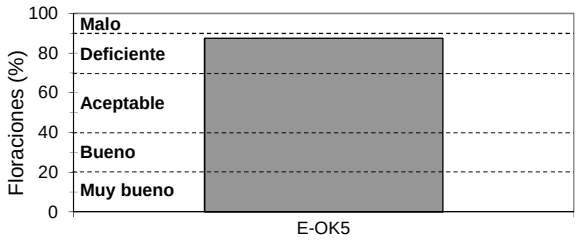


Figura 129 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el Oka Interior. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

En la Tabla 125 se indica el estado global del fitoplancton. El EQR global se calcula con la media aritmética de los EQRs resultantes de ambos indicadores. El estado global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 en la estación que representa el estuario del Oka Interior (estación E-OK5) se clasifica como "Deficiente".

En la Tabla 126 se muestra la evolución del estado global del fitoplancton a lo largo de periodos de seis años, comenzando en 2002, hasta 2011. El **estado del fitoplancton** en la masa de agua del **Oka Interior** presenta oscilaciones, pero la calificación que más se repite en los últimos años es la de "**Deficiente**".

Por otra parte, las calificaciones más fiables son las de los dos últimos periodos, ya que no en todos los años se midió la abundancia celular de esta masa de agua. Concretamente, no se realizaron análisis para esta variable en los años 2003, 2004, 2006 y 2007. Por lo tanto, las evaluaciones en los tres primeros periodos incluyen únicamente 2-3 años de medida, para el indicador de floraciones fitoplanctónica. A partir del periodo 2005-2010 la evaluación incluye 4 años de medida para dicho indicador.

Aunque la clorofila ha disminuido en cierta cantidad a partir del periodo 2005-2010 (Figura 127), la frecuencia de las floraciones fitoplanctónicas ha empeorado en los últimos periodos de evaluación, pasando de valores en torno a 60 %, a valores cercanos a 90%.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-OK5	0,265	0,191	Deficiente (0,228)

Tabla 125 Zona interior del estuario del Oka. Calificación del estado del fitoplancton durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Oka interior (E-OK5)	B (0,602)	D (0,215)	M (0,174)	D (0,266)	D (0,228)

Tabla 126 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Oka Interior, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

6.5.2 MACROALGAS

Como en 2002, 2005 y 2008, en 2011 la masa de agua se dividió en 2 zonas (Figura 130): M-EOK9 y M-EOK10. Las zonas nombran siguiendo una nomenclatura parecida al resto de estaciones: M de "macroalgas", E de "estuario" y OK de "Oka", seguido del número. En la Tabla 106 se muestran los índices de cobertura de cada especie de macroalga para cada una de las zonas.

ZONA M-EOK9

En la plataforma fangosa que se sitúa aguas abajo del canal de Gernika, en su parte más alta hay una zona que está evolucionando a marisma (Fotos 1-2008 y 2-2011). Presenta características similares a las observadas la pasada campaña de 2008. La zona con vegetación de marisma supone ya el 50% de la superficie total (*Salicornia* sp. y *Vaucheria* sp., principalmente). En el restante 50% de la superficie, la cobertura algal es del 50%: *Vaucheria* sp. representa el 80% (más abundante que en 2008) y *Gracilaria* sp. el 20% restante (menos que en 2008). Se observan muchas plantas de *Salicornia* sp. rotas y cubiertas por clorofíceas filamentosas, con muchos ejemplares jóvenes a su alrededor.

La plataforma fangosa que se sitúa más abajo, antes de llegar a los astilleros Murueta, tiene forma de media luna y alcanza unos 200 m de longitud y 40 m de anchura media. La cobertura algal es del 50%, inferior a la observada en 2008. Además, cambia la proporción entre las dos principales especies a favor de *Vaucheria* sp.: 80% de *Vaucheria* sp., frente a 20% de *Gracilaria* sp. Esto indicaría un paso más en el proceso de sucesión hacia una comunidad más de marisma.

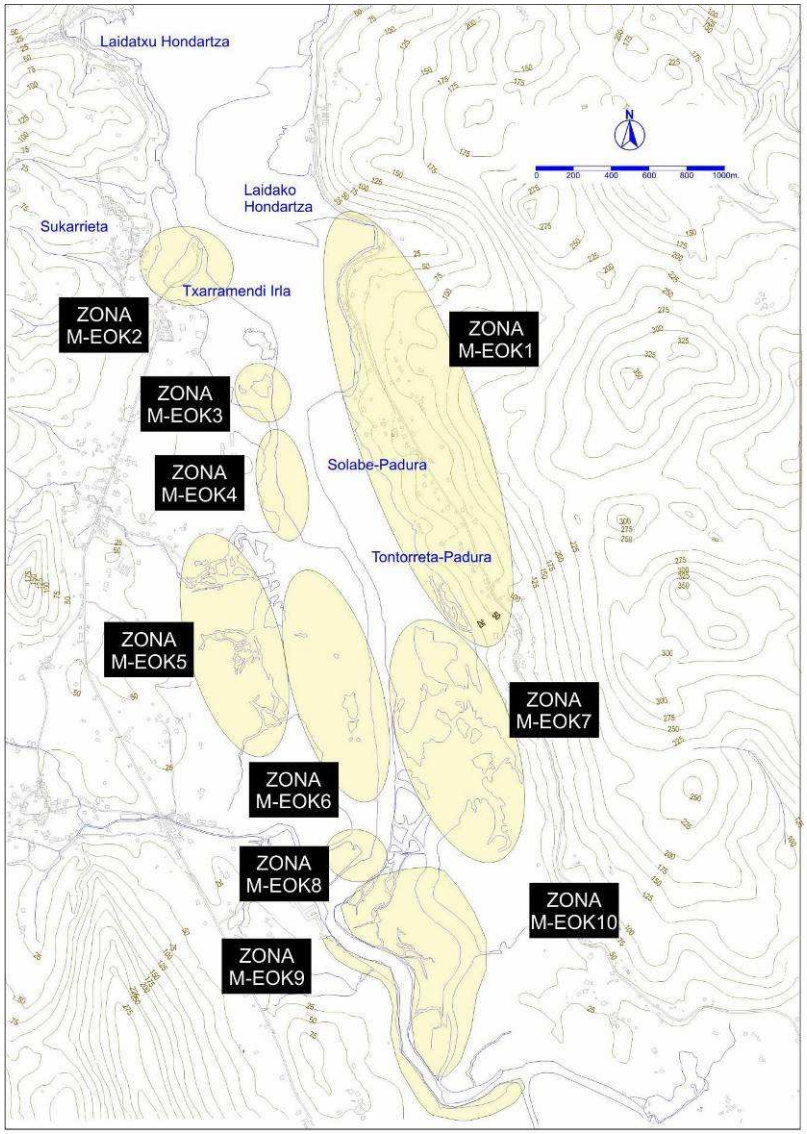


Figura 130 Zonas de estudio de macroalgas en la masa de agua de transición del Oka Interior (zonas M-EOK9 y M-EOK10).

ZONAS	M-EOK9		M-EOK10	
Superficie (m^2)	18.000		4.000	
Área ocupada por macroalgas (m^2)	7.200		2.400	
Índice	IC	ID	IC	ID
XANTHOPHYCEAE				
Vaucheria sp.	5	4	5	4
CLOROPHYCEAE				
Filamentosas	4	3	4	3
Laminares	4	2	4	2
PHAEOPHYCEAE				
Fucus ceranoides	4	2		
Fucus vesiculosus	2	1		
RHODOPHYCEAE				
Gracilaria sp.	4	2	4	2
Polysiphonia lanosa				
Total Cobertura Algal (%)	40		60	

Tabla 127 Especies de macrófitas identificadas en cada una de las zonas estudiadas en la masa de agua del Oka Interior el día 20 de mayo de 2011. Se representan: Índice de Cobertura (IC), Índice de Distribución (ID) (ver escalas en el Tomo 1), la cobertura total de la estación y la superficie ocupada.

En el extremo norte de la plataforma fangosa, justo antes de llegar a una zona cubierta por *Crassostrea* sp., se aprecia un cúmulo formado por restos de troncos de pinos cuyas partes más bajas están colonizadas por *Fucus ceranoides*. Son matas grandes, bien desarrolladas. Las características de esta zona son similares a las observadas en 2008.

Poco antes de llegar al astillero, se desarrolla un intermareal fangoso con abundantes piedras. Tiene una longitud de 60 m y 25 m de anchura media. La cobertura algal alcanza el 15% y se encuentra restringida a su parte superior. Empezando desde la parte superior del intermareal se distingue un horizonte de *Vaucheria* sp. de unos 2 m de anchura y 90% de cobertura. Le sigue una zona de unos 4 m de anchura, formada por pequeñas piedras sueltas y fango, que está colonizada por *F. ceranoides*. Dicha alga alcanza una cobertura del 70%, superior a la de 2008. Además, en la parte superior de este horizonte se observan también algunas matas sueltas de *Fucus vesiculosus*, ausentes en campañas

anteriores (Foto 3-2011). Por debajo, el intermareal es fangoso con algunas piedras, que en su mayor parte están cubiertas por *Crassostrea* sp. Entre las matas de *F. ceranoides* se observan también matas aisladas de *Gracilaria* sp. Las características descritas son similares a las observadas en la pasada campaña de 2008.







ZONA M-EOK10

La primera parte de la zona corresponde a un recodo que se extiende aguas abajo del canal de Gernika, con una longitud (en curva) de unos 200 m y anchura media de unos 20 m. La cobertura algal de toda esta zona es del 60%, repartida entre *Gracilaria* sp. (40%) y *Vaucheria* sp. (60%). La distribución de *Gracilaria* sp. es menor de la observada en 2008 y se asemeja más a la encontrada en la campaña de 2005.

A continuación, en una longitud de unos 200 m, se extiende una gran plataforma en forma de media luna, de unos 30 m de anchura media, completamente llana en su parte superior (Foto 4-2011). La zonación intermareal esta formada por un talud, seguido de una zona fangosa, de unos 12 m de anchura, cubierta por *Gracilaria* sp. con 40% de cobertura. Le sigue una zona con *Vaucheria* sp. de unos 3 m de anchura y 60% de cobertura. Por debajo, se extiende otra zona de unos 8 m de anchura media, con *Gracilaria* sp. (15% de cobertura). Antes del canal, se desarrolla otra zona de *Vaucheria* sp. de 4 m de anchura y 80% de cobertura. Finalmente, se encuentra el talud/pendiente del canal.

CALIDAD BIOLÓGICA

En la Tabla 107 se observan los datos obtenidos para la masa de agua de transición del Oka Interior en 2011 con objeto de calificar cada zona. La metodología utilizada se explica en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d).

En la presente campaña de 2011, la calificación es de '**Muy Buen Estado**' para el único tramo que forma la masa de agua (Tabla 107). Por tanto, se aprecia una recuperación en la calidad de las comunidades de macrófitos, que pasan de 'Buen Estado' en las campañas previas ('Estado Aceptable' en 2005) a 'Muy Buen Estado' en 2011.

La mejora detectada se debe, básicamente, a una mayor cobertura de algas una vez eliminadas las especies indicadoras de contaminación y a una mayor riqueza de especies (al menos en la zona M-EOK9).



INDICADORES	M-EB9	M-EB10
1- Riqueza	5	3
3- Cobertura indicadores contaminación	3	3
4- Cobertura media algas sin indic contamin.	5	5
5- Ratio verdes/resto	5	5
SUMA=	18	16
CALIFICACIÓN AREA=	MB	B
EQUIVALENCIA=	10	8
SUPERFICIE DE LA ZONA=	18.000	4.000
PORCENTAJE SOBRE EL TRAMO=	0,82	0,18
VALOR GLOBAL=	8,2	1,5
EQUIVALENCIA TRAMO=	9,6	
CALIFICACIÓN TRAMO=	MB	
ESTACIÓN RED ASIGNADA=	E-OK5	

Tabla 128 Calificación de cada indicador de macroalgas y las equivalencias para la calificación de la masa de agua, asignado a la estación de muestreo de la Red de Calidad correspondiente, en la presente campaña de 2011.

6.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

6.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En la Tabla 129 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en la masa de agua del Oka interior, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

Variable	Unidad	E-OK5-S	E-OK5-F
Temperatura	℃	16,34	16,46
Salinidad	USP	8,73	12,11
Agua fluvial	%	75,48	65,97
Saturación O_2	%	52,05	45,48
pH		7,24	7,32
Silicato	µmol.dm^{-3}	120,88	
Amonio	µmol.dm^{-3}	225,63	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	5,06	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	52,43	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	466,50	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	11,59	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	21,63	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	284,32	

Tabla 129 Masa de agua del Oka interior. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico. F: fondo, S: superficie.

En el año 2011 la temperatura media del agua es de 16.4º C. El oxígeno disuelto tanto en superficie como en fondo ronda el 50% de saturación lo que indica déficit de oxígeno en el que predominan procesos heterótrofos sobre los autótrofos. En cuanto a la proporción de agua fluvial calculada a partir de los datos de salinidad, la estación E-OK5 situada en la cabecera del estuario presenta valores entre un 65-75% destacando el predominio de agua dulce sobre el agua de origen marino.

Respecto a los aportes de origen terrestre, en la estación E-OK5 el amonio se encuentra en una concentración mayor que la del nitrato por lo que se deduce la presencia de un vertido de aguas residuales en la zona de la cabecera del estuario.

En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad y de las fluctuaciones en el caudal en la composición de los aportes. En la estación E-OK5, se observan cambios relacionados con la evolución de las cargas y concentraciones aportadas por el río, en función de la evolución del caudal y duración de la avenida.

Aunque no haya un predominio del carbono frente al nitrógeno, las concentraciones de COT registradas en la estación del Oka interior (E-OK5) en 2011 son las más

altas de todos los estuarios estudiados, al igual que ocurrió en 2010.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. En general predominan las situaciones alternantes, con una distribución de tipo "dientes de sierra" en la que se observa el efecto de la estacionalidad y la incidencia de las condiciones hidrológicas. Tal como se señala en el estudio de presiones e impactos (Borja et al., 2006a), el nivel de presión relacionado con la entrada de nutrientes es moderado en el estuario del Oka. Hay que señalar además que en la zona superior del estuario se vierten las aguas residuales procedentes del municipio de Gernika (unos 15.000 habitantes). Estas aguas reciben un tratamiento primario, con lo cual su contenido en nutrientes (amonio y fosfato, principalmente) y materia orgánica, así como su demanda química y biológica de oxígeno es muy alta.

En cuanto a nutrientes, no se observa una tendencia a la disminución en los últimos años. Es más, algunos de los máximos más importantes de NID y fosfato se han registrado en los últimos años (Figura 131).

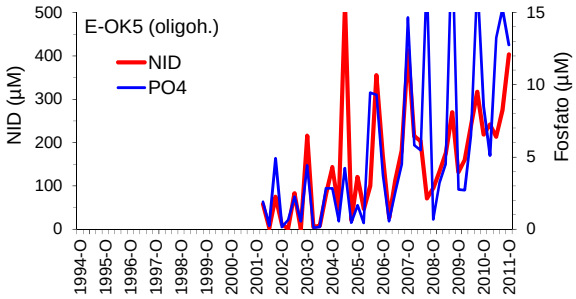


Figura 131 Evolución trimestral, entre invierno de 2002 e invierno de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en la estación E-OK5. (O: otoño).

La Figura 132 muestra la evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno en la estación E-OK5. Los valores de oxígeno oscilan entre un 22% y el 100% de saturación siendo el valor medio de oxígeno disuelto en los últimos 10 años de un 70%, lo que indica que se producen situaciones con déficit de oxígeno. El valor más bajo detectado se ha registrado en el verano de 2011.

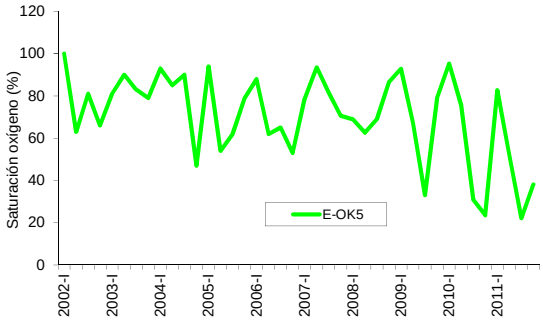


Figura 132 Evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en la estación del Oka interior, (E-OK5 situada en la cabecera), media de pleamar y bajamar, superficie y fondo. (I: invierno).

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie de las estación de la masa de transición interior del estuario del Oka se mantiene, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (2, 3 y 0.3 $\mu g \cdot l^{-1}$ respectivamente).

En la Figura 133 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre invierno de 1998 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para la estación de muestreo de la masa de transición interior del estuario (E-OK5), hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

En este punto de muestreo no se observan tendencias bien definidas en la evolución de las concentraciones de los distintos metales. Este año se ha observado que la mayoria de los metales mantenienen la concentración respecto al año anterior, excepto el Mn y el Zn donde se ha observado un descenso y el Ni la concentración ha aumentado. Ninguno de los metales supera el objetivo de calidad establecido para cada uno.

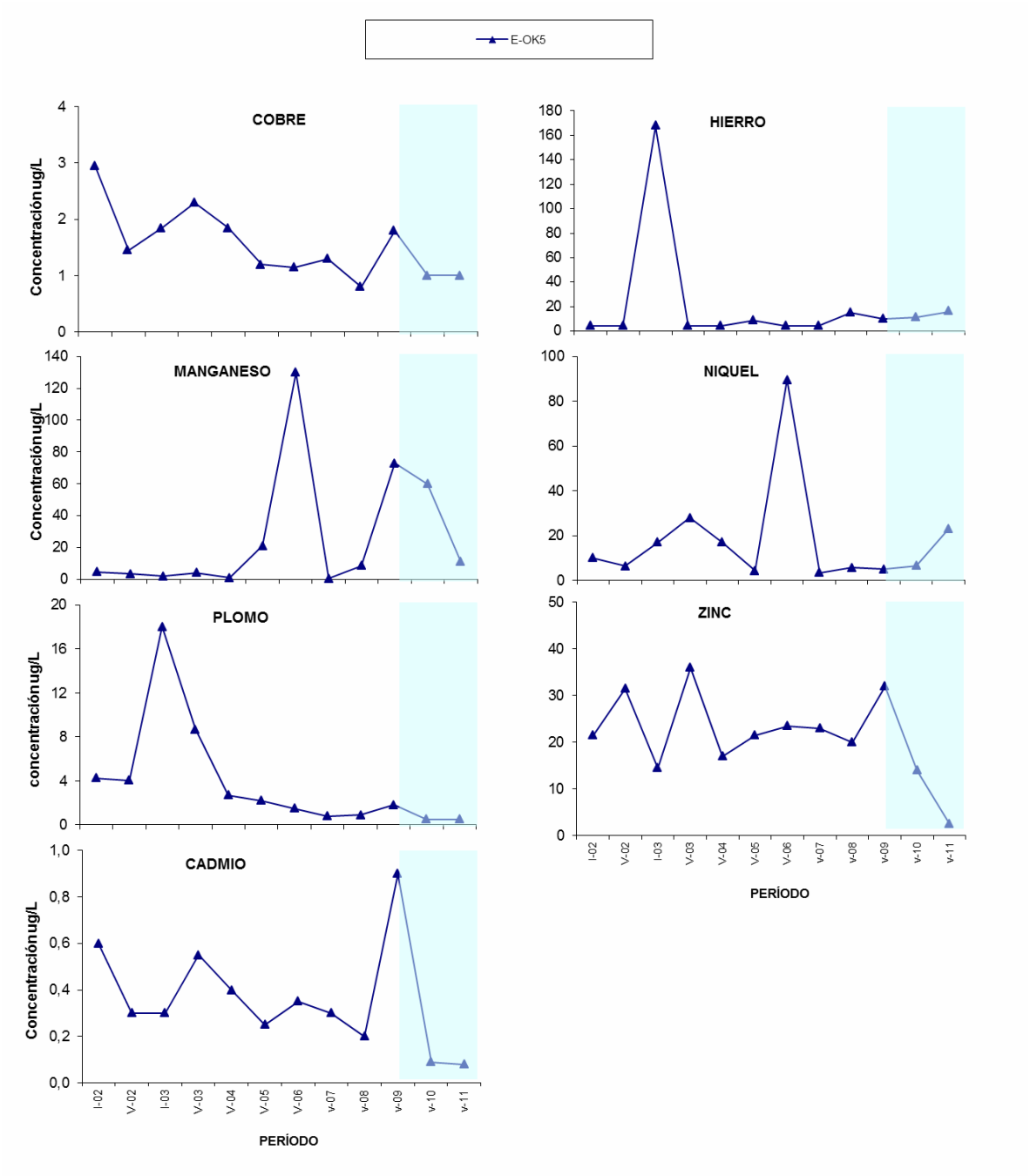


Figura 133 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Oka en el periodo que abarca desde otoño de 1996 a verano de 2007. Desde el año 2007 solo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

De los compuesto orgánicos estudiados en ningún caso se superan los limites de detección establecidos, por lo tanto tampoco los objetivos de calidad establecidos.

6.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 2002 se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado en la estación E-OK5. A partir de esta información, en la Figura 134 y Figura 135 se ha establecido una evolución temporal y en la Tabla 130 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En general se observa que se trata de un sedimento predominantemente limoso, que en las últimas campañas presenta un aumento del potencial redox hacia valores positivos y una disminución discontinua en el contenido en materia orgánica.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-OK5	0,00	16,94	83,06	3,07	253	2,15	0,16	13,64

Tabla 130 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

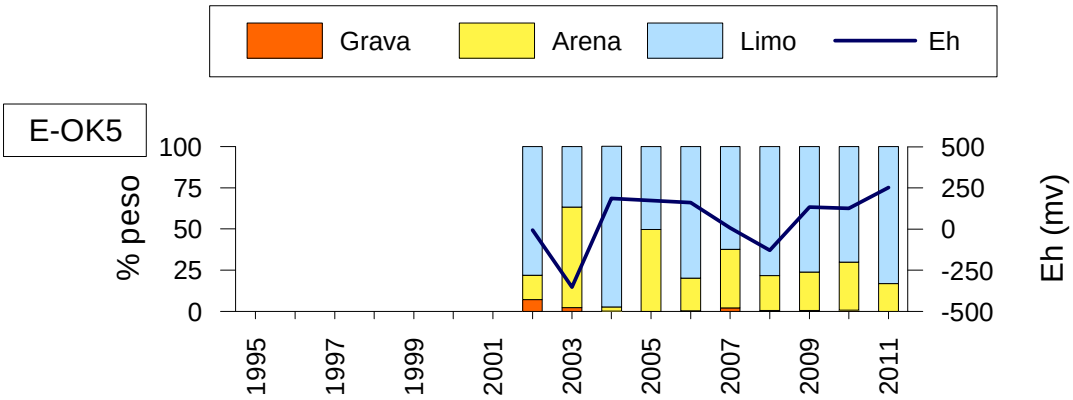


Figura 134 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos de la masa de agua de transición de Oka interior (muestreos de invierno).

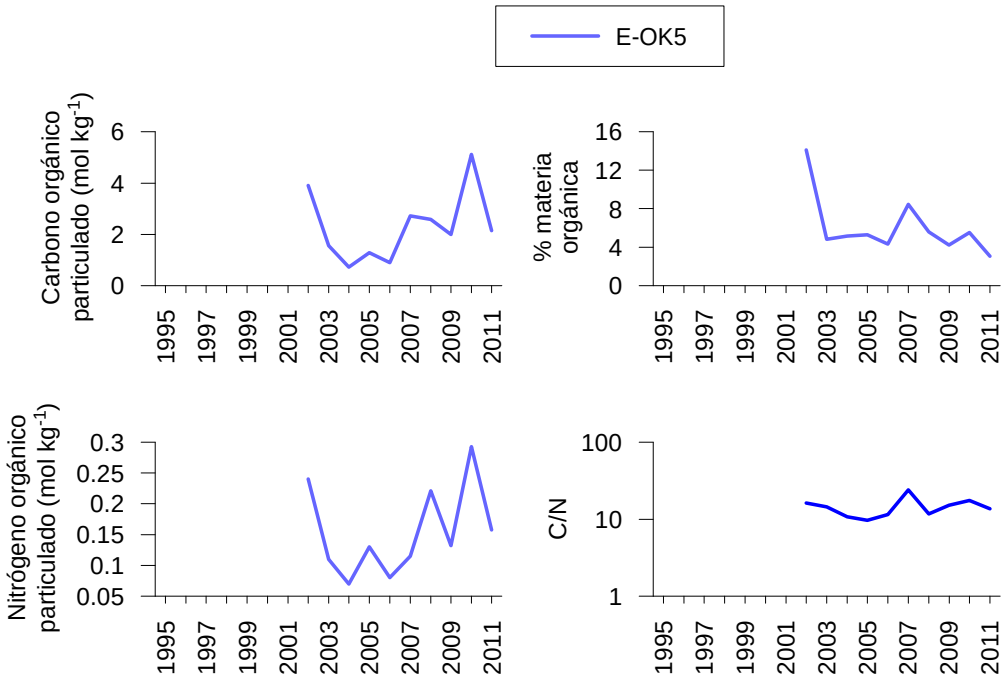


Figura 135 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 131 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. La Figura 136 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-OK5.

En las tres últimas campañas, todos los metales presentan concentraciones dentro del rango del nivel de fondo.

Sin embargo, al representar la concentración de metales corregidos por el contenido en finos de los sedimentos (Figura 137), todos los metales, en la presente campaña, excepto el Cd y el Pb, superan el valor TEL (Threshold Efect Level), y el caso del Ni, incluso se supera el valor PEL (Probable Efect Level). En este punto conviene recordar que, aunque dichas concentraciones de metales puedieran implicar efectos biológicos negativos en la biota, tales concentraciones, como ya se ha comentado anteriormente, se encuentran dentro del rango del nivel de fondo.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
E-OK5	0,03	29	10	27772	0,13	124	28,5	0,55	57

Tabla 131 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

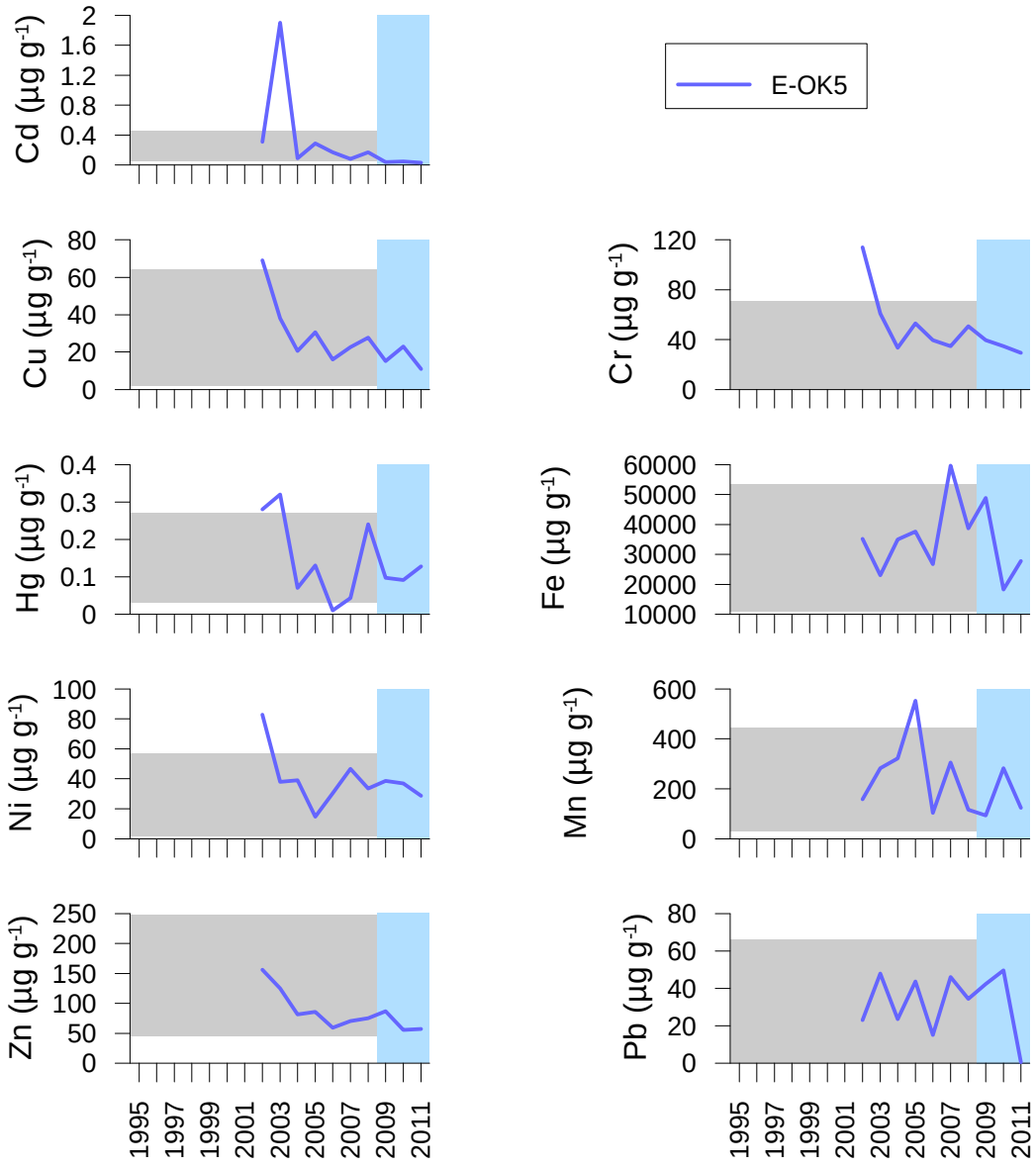


Figura 136 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento (muestreos de invierno). La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

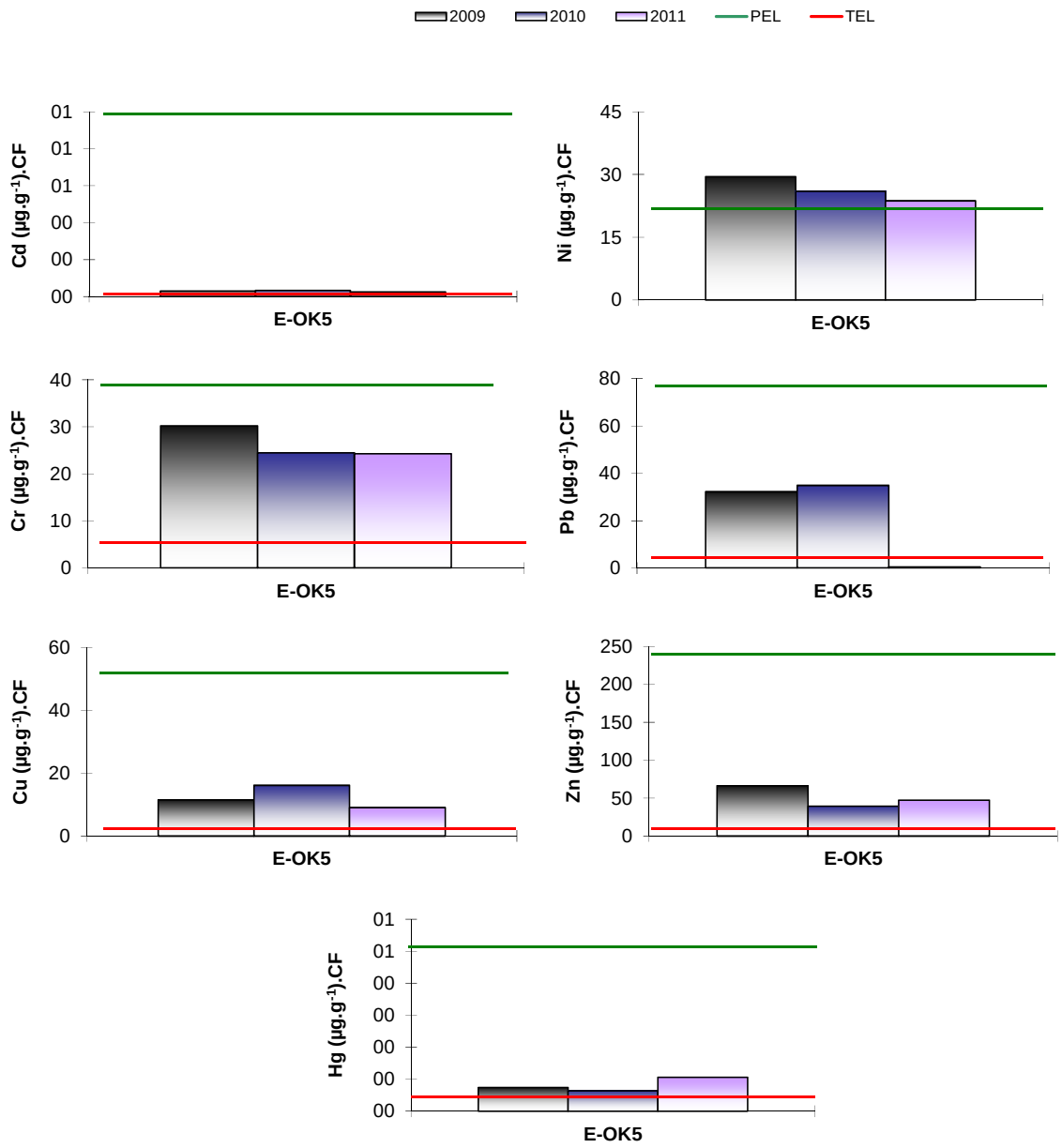


Figura 137 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Oka interior, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 132 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011. La Figura 138 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados desde 2002.

En general, todos los compuestos orgánicos analizados muestran concentraciones cercanas o inferiores al límite de determinación analítico, excepto los PAHs, aunque se mantienen sin superan el objetivo de calidad (44792 ng g^{-1}). Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos no implican efectos negativos sobre la biota.

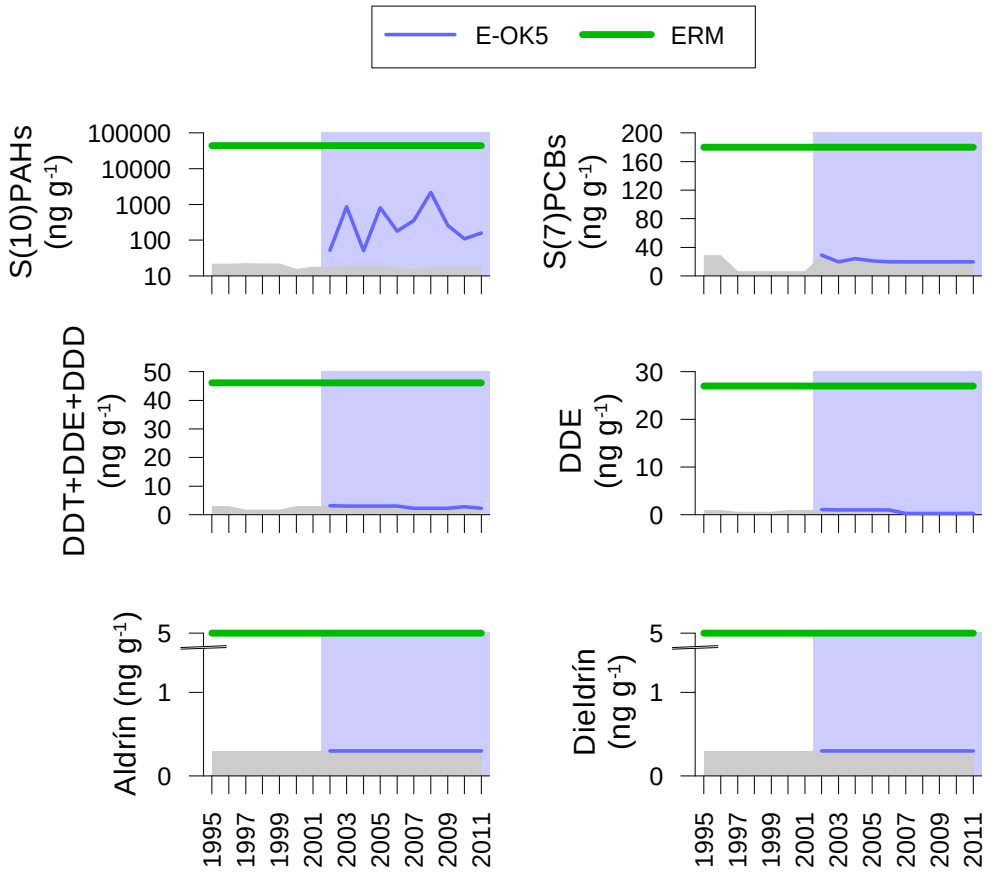


Figura 138 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long et al., 1995).

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-OK5	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	157,4

Tabla 132 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 133 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Oka interior, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Como en campañas anteriores, la estación E-OK5 presenta un ICC global no contaminado por metales.

En la Figura 139 se presenta la evolución del ICC global, donde se observa que, en las campañas más recientes los valores se mantienen por debajo del valor de ICC de contaminación ligera (*i.e.*, ICC < 1).

En cuanto a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, como en campañas anteriores, la estación E-OK5 no presenta contaminación global por compuestos orgánicos.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-OK5	NC	CL	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC

Tabla 133 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

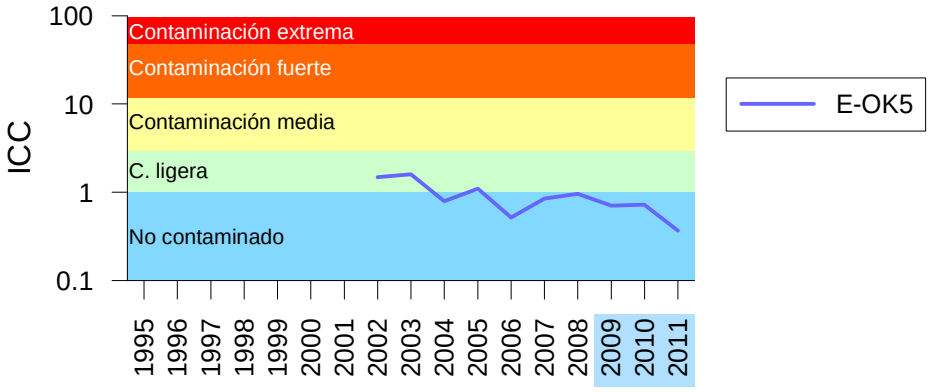


Figura 139 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

TOXICIDAD EN SEDIMENTOS

La muestra de sedimento de la estación estuárica del Oka (E-OK5) fue tomada el 2 de febrero de 2011 y directamente congelada, manteniéndose a -20 ℃ dura nte casi 4 meses. Al cabo de este tiempo se descongeló y se tamizó (< 1 mm). Los ensayos ecotoxicológicos con anfípodos (*Corophium multisetosum*) se iniciaron dentro de la semana posterior a la descongelación de la muestra.

De esta manera, se siguieron las recomendaciones sobre conservación de muestras de sedimento que figuran en los protocolos y en la literatura científica (USEPA/USACE, 1998; Geffard et al., 2004). Estos trabajos indican que, a ser posible, las muestras han de mantenerse refrigeradas para realizar su análisis dentro de las cuatro primeras semanas, con un tiempo de almacenamiento máximo de dos meses, y que, si se prevé que no pueden realizarse los ensayos ecotoxicológicos en ese plazo, las muestras deberán congelarse. En este caso, se decidió congelar las muestras debido a que los anfípodos de la especie *Corophium multisetosum*, necesarios para los bioensayos de toxicidad, no estaban disponibles en el campo en la época del muestreo de sedimentos.

Test de anfípodos

La toxicidad del sedimento del estuario del Oka se analizó mediante dos bioensayos con anfípodos: uno agudo (10 días de duración) y otro crónico (28 días). Ambas pruebas se iniciaron el 27 de mayo de 2011, acabándose la primera el 6 de junio y la segunda el 24 de junio. Se utilizaron individuos de la especie Corophium multisetosum recogidos el 16 de mayo en la zona interna del estuario del Bidasoa. El sedimento control utilizado (C.B.) corresponde a la zona donde habitan los anfípodos empleados en el test.

Bioensayo agudo:

El sedimento control presentó un porcentaje medio (± desviación típica) de mortalidad del 11% (± 6,5). La mortalidad de anfípodos en el sedimento del Oka correspondiente a la estación E-OK5 fue cercana a la del control (15%) y, por tanto, no se superó la diferencia del 20% (Figura 28). Por otro lado, dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas (p ≥ 0,05).

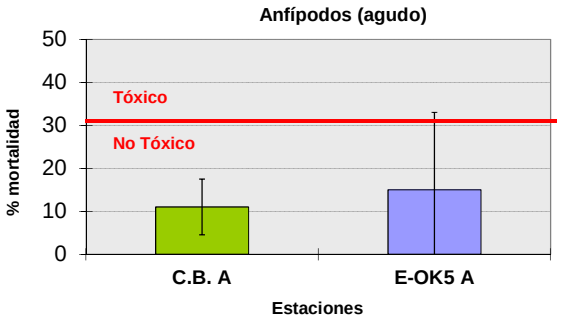


Figura 140 Porcentaje de mortalidad de anfípodos (*Corophium multisetosum*) en sedimentos del estuario del Oka (E-OK5) y en una muestra control procedente de la zona de recogida de los anfípodos en el estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras indican la desviación típica. La línea roja señala el umbral por encima del cual puede considerarse tóxica una muestra. La letra A identifica las muestras del test agudo.

Siguiendo el criterio de diversas normativas basadas en el test de anfípodos para clasificar un sedimento en la categoría de tóxico (EEUU, Holanda, Hong Kong,

España), la mortalidad de los anfípodos en las muestras de sedimento debe superar a la de la muestra control en más de un 20% y, además, dichas diferencias deben ser estadísticamente significativas (Belzunce y Castro, 2004). De acuerdo con este criterio, el bioensayo de anfípodos realizado indica la ausencia de toxicidad en los sedimentos de estudio del estuario del Oka (estación E-OK5 situada en la zona interna).

Bioensayo crónico:

El sedimento control presentó un porcentaje medio (± desviación típica) de mortalidad del 17% (± 6,2). La mortalidad de anfípodos en los sedimentos del Oka correspondientes a la estación E-OK5 fue cercana a la del control (18%) y, por tanto, no se superó la diferencia del 20% (Figura 141). Además, dicha diferencia no fue estadísticamente significativa (p ≥ 0,05).

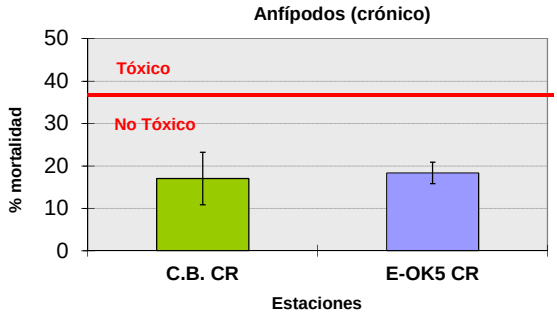


Figura 141 Porcentaje de mortalidad de anfípodos (*Corophium multisetosum*) en sedimentos del estuario del Oka (E-OK5) y en una muestra control procedente de la zona de recogida de los anfípodos en el estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras indican la desviación típica. La línea roja señala el umbral por encima del cual puede considerarse una muestra tóxica. Las letras CR identifican las muestras del test crónico.

Por otro lado, el crecimiento en peso de los anfípodos ha sido distinto en los sedimentos con respecto al control (Figura 142): en el control (CB) la diferencia de peso individual entre el inicio y el final del bioensayo ha sido de 0,00133 g y en E-OK5 de 0,00272 g. Es decir, en el control se ha observado un menor crecimiento que en la muestra (lo que supone un aumento de los anfípodos de 1,40 y 1,67 veces su peso corporal, respectivamente). Los análisis estadísticos determinan que desde un mismo punto de partida (donde las 2 muestras no difieren significativamente (p=0,05)), los resultados obtenidos al final del bioensayo en la muestra del Oka son significativamente diferentes con respecto al control (p<0,05).

Del mismo modo que se observó en el peso, el crecimiento en tamaño experimentado por los anfípodos ha sido distinto en la muestra analizada con respecto al control (Figura 31). En el control (CB) dicho crecimiento ha sido claramente inferior al observado en la muestra del Oka (E-OK5): las diferencias de los promedios de longitud han sido, respectivamente, de 0,54 y 1,16 mm. Los análisis estadísticos ofrecen los mismos resultados que en el caso del peso: las 2 muestras no difieren significativamente (p=0,05) al inicio del bioensayo, mientras que al final, la muestra del Oka es significativamente diferente con respecto al control (p<0,05), es decir, el crecimiento experimentado en la muestra del Oka ha sido significativamente superior al observado en el control.

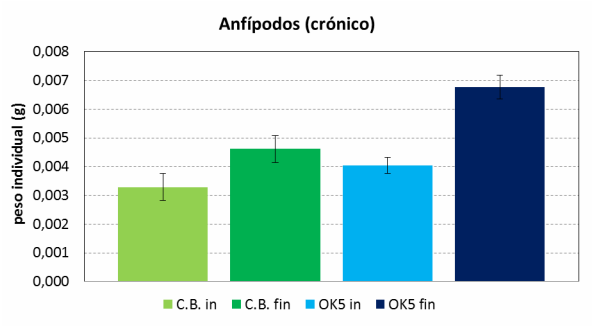


Figura 142 Test crónico con anfípodos: crecimiento en peso (g). Peso medio individual de los anfípodos en la muestra del estuario del Oka (E-OK5) y del control del estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras corresponden a la desviación típica. 5 réplicas en C.B. y 3 en OK5.

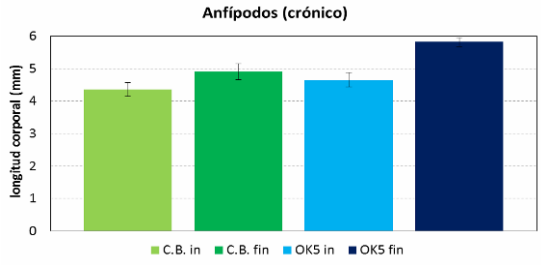


Figura 143 Test crónico con anfípodos: crecimiento en tamaño (mm). Longitud corporal de los anfípodos en la muestra del estuario del Oka (E-OK5) y del control del estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras corresponden a la desviación típica. 5 réplicas en C.B. y 3 en E-OK5.

En este bioensayo crónico, si bien el parámetro de porcentaje de mortalidad de anfípodos ha mostrado que la muestra de sedimento del estuario del Oka (E-OK5) no es tóxica (al igual que en el bioensayo agudo), el parámetro del crecimiento indica que hay diferencias significativas entre la muestra control y la muestra del estuario del Oka.

Discusión

Uno de los parámetros a tener en cuenta como posible responsable de efectos en los resultados de los bioensayos es el amonio. En el caso del bioensayo agudo, el amonio fue medido en el agua sobrenadante al inicio y al final del test; en el caso del bioensayo crónico,

además de al inicio y al final, también se midió en el tiempo intermedio (al día 10). La concentración de amonio analizada en ambos bioensayos muestra un aumento de la concentración entre el inicio y el final (Figura 32), aunque en todos los casos la concentración de amonio en el agua fue inferior a 20 mg/l TAN (Nitrógeno Total de Amonio), umbral a partir del cual se considera que puede haber interferencia con el test (Ferreti et al., 2000). Por tanto, en principio, se podría descartar el potencial efecto nocivo del amonio sobre los anfípodos.

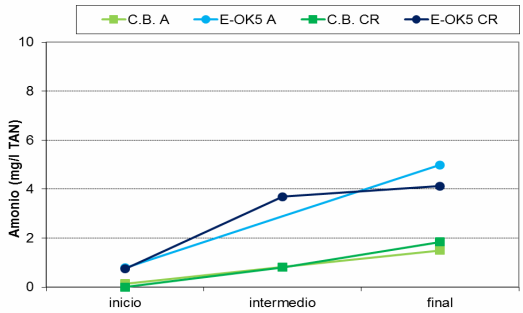


Figura 144 Contenido en amonio (mg/l TAN, en inglés Total Ammonia Nitrogen) de las muestras de agua en el bioensayo agudo (A) y crónico (CR), al inicio (día 0), tiempo intermedio (día 10, solo en el caso del crónico) y al final (día 10 en el agudo; día 28 en el crónico).

Otro parámetro a tener en cuenta como factor de confusión en los resultados de toxicidad es la composición granulométrica del sedimento. La estación del Oka analizada presenta un mayor contenido en finos que el sedimento procedente del hábitat natural del anfípodo (C.B.) (Figura 33). Sin embargo, esta diferencia no parece afectar negativamente ya que la mortalidad observada en los sedimentos de estudio no es significativamente diferente a la del control.

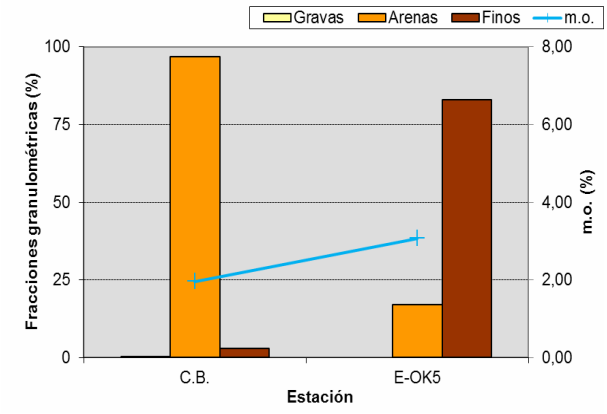


Figura 145 Composición granulométrica (% de gravas, arenas y finos) y contenido en materia orgánica (m.o.) del sedimento control de Bidasoa (C.B.) y del sedimento recogido en 2011 en la estación E-OK5 del estuario del Oka.

Respecto a la carga contaminante, en el sedimento de E-OK5 el Ni supera el valor PEL (Probable Effect Level) y el resto de los metales (excepto el Cd y el Pb) superan el valor TEL (Threshold Effect Level). En este punto conviene recordar que, aunque dichas concentraciones de metales pudieran implicar efectos biológicos negativos en la biota, tales concentraciones se encuentran dentro del rango del nivel de fondo. Del mismo modo, los compuestos orgánicos analizados muestran concentraciones cercanas o inferiores al límite de determinación analítico excepto los PAHs, que se mantienen sin superar el ERL (Effects Range Low). Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos no parecen implicar efectos negativos sobre la biota.

En el año 2004 también se realizó un test toxicológico con anfípodos en sedimentos recogidos en esta misma estación del estuario del Oka, habiéndose considerado entonces el sedimento de E-OK5 como no tóxico (Borja *et al*., 2005). Del mismo modo, en 2011, los resultados de mortalidad de anfípodos obtenidos en los bioensayos agudo y crónico en el sedimento correspondiente a esta estación del Oka tampoco indican toxicidad.

No obstante, el crecimiento de los organismos reflejado en el bioensayo crónico muestra resultados reseñables. A la hora de detectar los posibles efectos subletales en sedimentos potencialmente contaminados, se espera hallar uno de los dos tipos de respuestas: a) no diferente con respecto al control; b) diferente con respecto al control. En el primer caso se descarta la presencia de toxicidad en el sedimento y en el segundo caso se acepta su efecto. Además, este efecto suele estar representado por una respuesta negativa (menor crecimiento que en el control) (Scarlett *et al*., 2007). Sin embargo, en este caso, se han obtenido respuestas positivas, es decir, el crecimiento experimentado en los sedimentos a analizar ha sido diferente al del control y, además, mayor. Para responder a esta situación se baraja la hipótesis de una mayor disponibilidad de alimento en los sedimentos del Oka que conlleve una mayor ingestión y, por tanto, mayor crecimiento. Al respecto, Bridges *et al*. (1997) y Winner *et al*. (1977) señalan que la cantidad y calidad del alimento pueden influir en el resultado de los bioensayos crónicos, por lo que es muy importante el régimen de alimentación planificado para el desarrollo de este tipo de bioensayos (McGee *et al*., 2004). En este sentido, todas las muestras analizadas cumplieron el mismo calendario de suministro de alimento, pero además, el sedimento del Oka presentó un mayor contenido en materia orgánica (Figura 33) que el del control, lo cual podría haber contribuido a una mayor disponibilidad de alimento.

En definitiva, el bioensayo crónico, por un lado, ha confirmado el resultado del bioensayo agudo (en lo referente a la mortalidad) clasificando el sedimento de E-OK5 como no tóxico; y, por otro lado, ha introducido un matiz o un mayor detalle que evidencia la diferencia existente entre el sedimento de estudio y el control, probablemente debido, en gran medida, a la mayor disponibilidad de alimento (mayor contenido de materia orgánica) en los sedimentos del Oka que en el control. Sin embargo, es un poco prematuro llegar a una conclusión definitiva, pues se necesitan más estudios de este tipo que avalen la hipótesis que se maneja.

6.6.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011, la estación E-OK5 se califica en **'Mal Estado'**. Asimismo, presenta una tendencia estadísticamente significativa al empeoramiento entre 2002 y 2011 ($p<0,01$) (Figura 146).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, la estación E-OK5 no cumple para oxígeno, amonio y fosfato en línea con la falta de saneamiento adecuado de esta masa de agua.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección materiales y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en el punto de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es aceptable (Tabla 134).

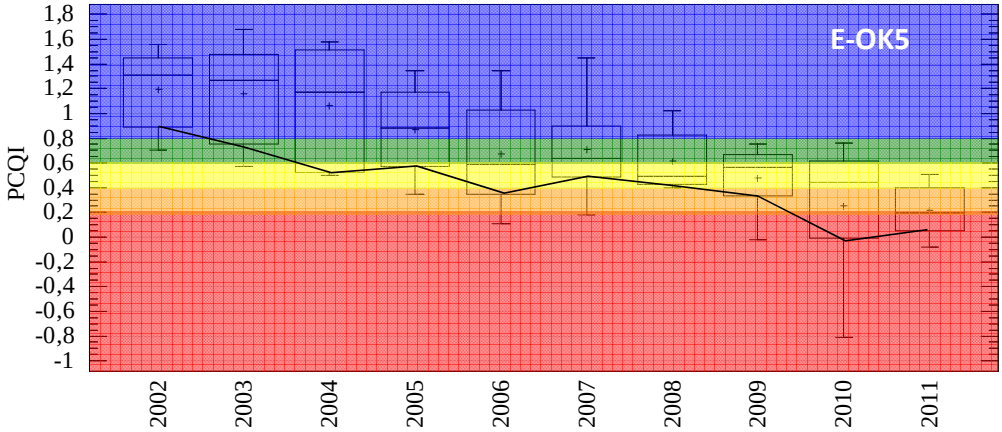


Figura 146 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de la estación de muestreo E-OK5 de la masa de agua de transición del Oka Interior. La línea negra representa la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-OK5	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}		
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}		
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}		
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}		
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}		
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}		
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}		
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l-1	0,004 µg l-1	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l-1	0,007 µg l-1	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l-1	0,007 µg l-1	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l-1	0,08 µg l-1	<LC	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l-1	0,08 µg l-1	<LC	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g-1 / CF	0,02 µg g-1	0,025	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l-1	0,3 µg l-1	0,5	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l-1	0,3 µg l-1	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l-1	0,3 µg l-1	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g-1 / CF	0,007 µg g-1	0,11	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l-1	0,3 µg l-1	23	No Cumple
Estado Quimico				No Alcanza	No Alcanza
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l-1	2 µg l-1	2,5	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l-1	0,3 µg l-1	1	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Aceptable	

Tabla 134 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Oka Interior en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE) determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, no se alcanza en buen estado químico. Así, al igual que en 2006 no se alcanza un buen estado químico por presencia de niquel en agua (Tabla 135).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	No alcanza buen estado	Ni
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	No alcanza buen estado	Ni

Tabla 135 Estado químico de la masa de agua de transición Oka Interior en los años 2004-2011.

6.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

En este estuario se dan, periódicamente, importantes modificaciones del perfil del cauce, de la profundidad de éste, modificaciones de la corriente, etc., debidas a los dragados que suelen hacerse. A pesar de ello, en 2007 no ha habido alteraciones, por lo que se ha calificado como **'Muy Bueno.'**

Por otro lado, a partir del informe realizado en 2004, sobre presiones e impactos (Borja *et al.*, 2004e), se ha determinado que el estuario fue perdiendo superficie a lo largo del siglo XX, al irse ganando terreno al mar por la construcción de lezones para hacer huertas. Otra obra significativa fue la canalización del interior del estuario, lo que cambió la configuración. A pesar de ello el estuario mantiene un alto grado de naturalidad y, a través de las actuaciones recogidas en el mencionado informe, se podría aumentar aún más.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 7 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL OKA EXTERIOR

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 7 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL OKA EXTERIOR 211

7.1 Resumen estado ecológico. Oka exterior 213

7.2 Estaciones de muestreo 216

7.3 Macroinvertebrados bentónicos 216
7.3.1 Parámetros estructurales 216
7.3.2 Calidad biológica 217

7.4 Fauna ictiológica 218
7.4.1 Estructura y composición de la comunidad 218
7.4.2 Calidad biológica 221

7.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 222
7.5.1 Fitoplancton 222
7.5.2 Macroalgas 226

7.6 Indicadores Fisicoquímicos 235
7.6.1 Caracterización físico-química en aguas 235
7.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 238
7.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 246
7.6.4 Evaluación del estado 250

7.7 Indicadores hidromorfológicos 252

7.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. OKA EXTERIOR

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta Masa de agua.

Sufre la presión directa de una población de menos de 25.000 habitantes, que se asocia a una densidad de 85,3 habitantes km^{-2}. Respecto a establecimientos industriales se alcanza el número de 421, considerándose que implica poca presión industrial, aunque se dan importantes vertidos industriales y la presencia de actividad de un astillero. El puerto de Mundaka se encuentra situado en la margen occidental de la desembocadura del estuario del Oka. Es un puerto de recreo, aunque originalmente fue pesquero.

La regulación del cauce es la presión más importante en número sobre la masa de agua correspondiente al estuario del Oka, con 36 tramos modificados que se han identificado. Estos tramos suponen el 26% de las presiones detectadas en el estuario. A la regulación del cauce por medio de lezones, escolleras, diques y presas, le siguen los aliviaderos de tormentas con 22 puntos de presión (16% del total del estuario) y las presiones asociadas a los asentamientos portuarios (también 22 presiones identificadas). En este estuario también son importantes en número los vertidos de origen urbanos, con 18 vertidos depurados y sin depurar que suponen el 13% de las presiones.

En esta masa de agua globalmente la presión es baja. Las presiones más importantes provienen de los numerosos vertidos, tanto accidentales como regulares, sin depurar que llegan al estuario (unos 18, que representan unos 600.000 $m^3.a^{-1}$); de la depuradora de Gernika (con mal funcionamiento, aunque situada en la masa de agua del Oka interior); de algunos vertidos industriales (fundamentalmente procedentes de aceites, laminados, tenerías, tratamientos superficiales y maderas); de los dragados periódicos realizados en el canal para el acceso al astillero (y de la propia presencia de éste); y de la introducción de especies alóctonas. En este caso es importante la problemática generada por *Baccharis*. Por el contrario, el puerto de Mundaka no representa una presión significativa, aunque todos los veranos se realiza un pequeño dragado de arenas limpias en su interior, que se vierten en la playa de Laida.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico (Tabla 136). De esta forma se recupera la tendencia a un buen estado químico que se observaba desde 2005, a excepción de 2010 (Tabla 137).

Segun la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, segun el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en las sustancias prioritarias y especificas, es buena para las dos estaciones (Tabla 136). Sin embargo, el estado físico-químico basado en elementos de soporte de los biológicos, presenta la situación contraria, con un deficiente estado en E-OK10 y bueno en E-OK20 (Tabla 138). Esto demuestra que la influencia de los vertidos de Gernika se deja notar en la zona de Murueta.

En la Tabla 138 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Oka exterior.

En el estuario del Oka hay un gradiente claro desde el interior al exterior en casi todos los elementos biológicos, siendo esto más evidente en bentos y fitoplancton. La estación E-OK10, situada en la zona media del estuario, presenta un estado ecológico aceptable (Figura 147). Esta zona se hallaba probablemente afectada por los dragados que se realizaban en los últimos años (una de las actividades más directamente impactantes sobre el bentos), pero también por las actividades industriales y los vertidos de ríos cercanos (y del propio Oka).

Finalmente, en la estación estuárica más exterior, E-OK20, el estado biológico es bueno (ya que las comunidades han mejorado respecto a años anteriores, especialmente bentos y macroalgas), al igual que el estado ecológico. En todo caso, este es un lugar que le correspondería estar en muy buen estado y esta ligera disturbancia puede deberse a la contaminación en aguas, cuyos límites están por debajo de los objetivos de calidad en algunos casos (por ejemplo, en bacterias de biota u otros elementos).

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-OK10	E-OK20	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,0023	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,004	0,003	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,16	0,185	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,3	0,4	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,1	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,1	1	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,14	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,325	0,788	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	21,25	26,5	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,975	5,25	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Bueno	

Tabla 136 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Oka Exterior en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	Cd (sedimento)
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	No alcanza buen estado	Pb
2011	Bueno	-

Tabla 137 Estado químico de la masa de agua de transición Oka Exterior en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-OK10	B	B	A	A	A	D	Sí	No	MB	A	6	0.45	2.7	7.1
E-OK20	MB	MB	MB	A	B	B	Sí	No	MB	B	8	0.55	4.4	

Tabla 138 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Oka exterior, en 2011.

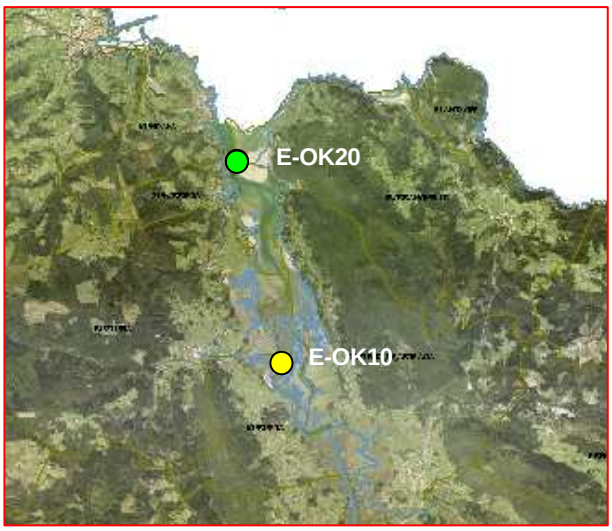


Figura 147 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la Masa de agua Oka exterior: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

7.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Oka exterior se analiza anualmente un total de 2 estaciones estuáricas y una estación de moluscos. La situación de estas estaciones se observa en la Tabla 139. Por otro lado, en 2002, 2005 y 2008 se analizó un total de dos estaciones para vida piscícola y 8 estaciones para macroalgas en estuarios, que se volvieron a analizar en 2011.

Código Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
E-OK10	Murueta (astillero) (Oka)	525703,69	4801567,34	Estuarios
E-OK20	Sukarrieta (Txatxarramendi) (Oka)	524863,49	4804781,41	Estuarios
I-OK10	Mundaka (puerto) (Oka)	524640,21	4806390,43	Estuarios (Moluscos)
M-EOK1	Oka Zona 01.Estuario Macroalgas	525780,68	4804256,08	Estuarios (Macroalgas)
M-EOK2	Oka Zona 02.Estuario Macroalgas	524836,72	4804757,93	Estuarios (Macroalgas)
M-EOK3	Oka Zona 03.Estuario Macroalgas	525332,60	4804118,67	Estuarios (Macroalgas)
M-EOK4	Oka Zona 04.Estuario Macroalgas	525422,22	4803778,13	Estuarios (Macroalgas)
M-EOK5	Oka Zona 05.Estuario Macroalgas	525350,52	4802917,81	Estuarios (Macroalgas)
M-EOK6	Oka Zona 06.Estuario Macroalgas	525655,22	4802684,81	Estuarios (Macroalgas)
M-EOK7	Oka Zona 07.Estuario Macroalgas	526348,25	4802171,01	Estuarios (Macroalgas)
M-EOK8	Oka Zona 08.Estuario Macroalgas	525900,17	4801854,36	Estuarios (Macroalgas)
AOKE	Oka (Arrastre zona exterior estuario)	525536,44	4804129,08	Estuarios (Vida piscícola)
AOKM	Oka (Arrastre zona media estuario)	525991,00	4802668,00	Estuarios (Vida piscícola)

Tabla 139 Estaciones de muestreo en la masa de agua de transición del Oka Exterior.

7.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

7.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Oka Exterior, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 140.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN	
		E-OK10	E-OK20
Densidad	nº·m^{-2}	549	45
Biomasa	g·m^{-2}	0,237	0,092
Riqueza	nº	11	12
Diversidad número	bit·ind^{-1}	1,84	3,26
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	1,51	2,70
Equitabilidad número		0,53	0,91
Equitabilidad biomasa		0,44	0,75
Diversidad máxima	bits	3,46	3,58
AMBI		4,56	1,51
Clasificación AMBI		Alteración Moderada	Alteración Ligera

Tabla 140 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Oka Exterior.

La estación presenta una composición faunística semejante a la estación E-OK5 (localizada en la Masa de Agua de Transición Oka Interior), aunque las poblaciones de las diferentes especies están, por lo general, mejor representadas. La estructura de la biocenosis es la típica de los medios estuáricos de nuestras latitudes, donde generalmente las especies encontradas conforman la comunidad reducida de *Macoma*.

Históricamente, durante los 17 años de seguimiento de esta estación, las comunidades presentes han estado dominadas por uno de estos 4 *taxa*: *Hediste diversicolor*, oligoquetos, *Streblospio shrubsolii* y *Scrobicularia plana*. En la campaña de 2011 hay dominan las poblaciones de oligoquetos (312 ind·m^{-2}). Otras poblaciones menos abundantes son la de *S. plana* (120 ind·m^{-2}), *S. shurbosolii* (65 ind·m^{-2}), *H. diversicolor* (20 ind·m^{-2}) y *Capitella capitata* (17 ind·m^{-2}). Esta composición faunística de la estación E-OK10 se viene repitiendo con pequeñas modificaciones año tras año desde 1997 y constituye la biocenosis anteriormente mencionada de comunidad reducida de *Macoma*.

La densidad de la comunidad (549 ind·m^{-2}) es media/alta en comparación a la de campañas anteriores, aunque con ciertas excepciones (máxima, 3.613 ind·m^{-2} en 2004). Sin embargo, los valores de la biomasa son bajos en relación a los detectados en campañas precedentes (0,24 g·m^{-2} en 2011) (Figura 148).

La riqueza específica registrada (11 *taxa*) se encuentra en el rango de las registradas durante el periodo de estudio (máxima, 20 *taxa* en 1998; mínima, 7 *taxa* en 1999). La diversidad y equitabilidad para las abundancias (1,84 bit·ind^{-1} y 0,53, respectivamente) se encuentran en el rango de las encontradas en otros estuarios de la CAPV y también en esta estación (Tabla 140).

La estación E-OK10 presenta alteración moderada en términos de AMBI (4,56), con dominancia de los grupos ecológicos V y III (Figura 148). Se trata de una estación que presentó tendencia negativa discontinua entre 1995 y 2003, pasando de alteración ligera a

alteración fuerte (de AMBI=3,0 a AMBI=5,0). Este cambio se produjo por un gradual desplazamiento de especies tolerantes por especies oportunistas de primer orden. A partir de 2003 la mayoría de los valores de AMBI indicaron alteración moderada, con dominancia del GE III, a excepción de las campañas de 2009 y 2011, en que dominan las especies oportunistas de primer orden (Figura 149).

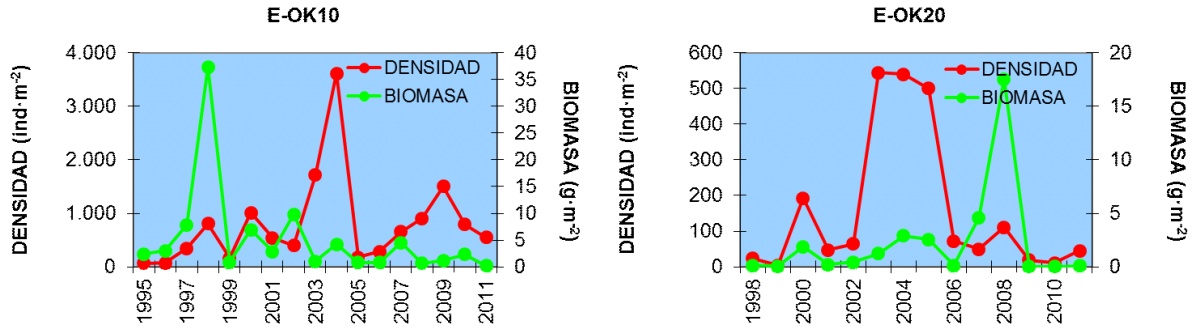


Figura 148 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-OK10 y E-OK20 (Oka Exterior).

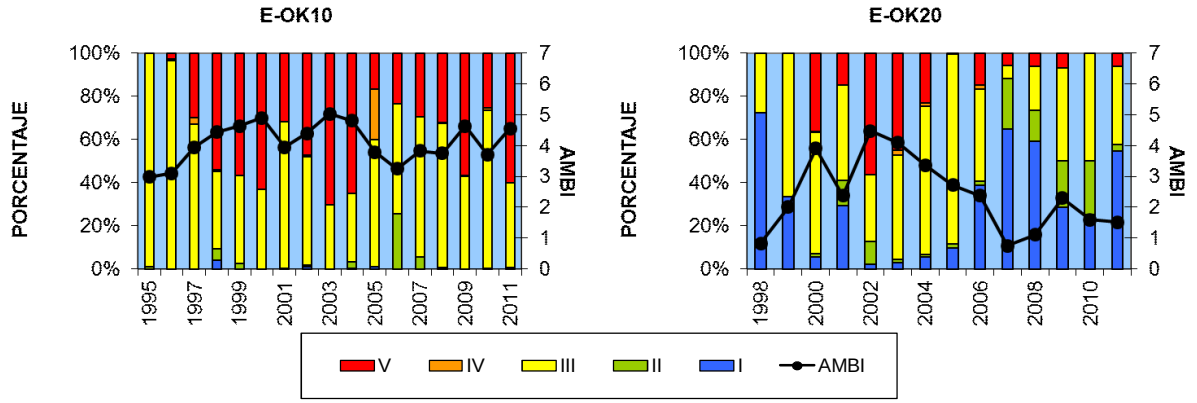


Figura 149 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-OK10 y E-OK20 del Oka Exterior.

La estación E-OK20 es la más próxima al mar de la masa de agua de transición del Oka Exterior y presenta un sedimento compuesto predominantemente arenoso y con contenido en materia orgánica bajo (0,7%) en comparación con la mayoría de las demás estaciones estuáricas. Estos sedimentos están colonizados por una comunidad con densidad muy baja (45 ind·m^{-2} en 2011; mínima, 4 ind·m^{-2} en 1999; máxima, 544 ind·m^{-2} en 2001 y 2003) (Figura 148). La riqueza específica presenta una importante variabilidad temporal (12 *taxa* en 2011) con un máximo de 27 *taxa* en 2003 y un mínimo de 3 *taxa* en 1999.

Como ha ocurrido en otros muchos años anteriores, en 2011 no cabe destacar ninguna especie en relación a sus abundancias: en la presente campaña ninguna sobrepasa los 11 ind·m^{-2}.

Debido a la ausencia de dominancia por parte de alguna especie, tanto la diversidad para las abundancias (3,26 bit·ind^{-1}) como la equitabilidad (0,91) son de las más altas de todo el periodo de estudio (Tabla 140). La biomasa (0,1 g.m^{-2}) es muy baja (Figura 148).

El valor de AMBI estimado para la estación (1,51) corresponde a alteración ligera (Figura 149). Tras un aumento progresivo de los valores de AMBI entre 1998 y 2002 (de 0,8 a 4,5), por un incremento en la abundancia relativa de especies oportunistas, la tendencia se invirtió y AMBI se redujo hasta alcanzar el mínimo de la serie en 2007 (Figura 149). Este cambio de tendencia se debió al desplazamiento de oportunistas por especies tolerantes en primer lugar y por sensibles (grupo ecológico I) a partir de 2004-2005. Sin embargo, desde entonces ha aumentado ligeramente.

7.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las dos estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

Por un lado, la estación **E-OK10** a partir de M-AMBI es de **Estado Aceptable** (Figura 150), con una evolución temporal bastante irregular, donde situaciones de mejora se alternan con situaciones de empeoramiento. De esta

manera, en las campañas más recientes el estado ecológico ha ido variando entre Aceptable y Bueno.

Por otro lado, la estación **E-OK20** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 150). En general, se observa una tendencia positiva de los valores de M-AMBI, que pasan de 0,42 en 2002 al máximo valor de la serie (1,04) en 2008. Después se redujeron para bajar a Buen Estado la pasada campaña de 2010, aunque en la presente campaña de 2011, se recupera el Muy Buen Estado.

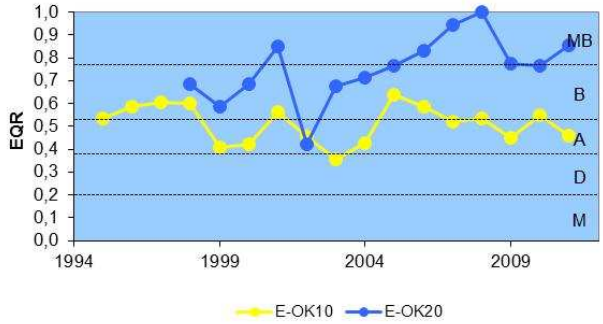


Figura 150 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua de transición del Oka Exterior.

7.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

7.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Desde el año 2007, el informe de la red de vigilancia y control de las aguas del País Vasco se hace por tipo de masa de agua y no por cuenca hidrográfica como se venía haciendo los años anteriores. Así, el estuario del Oka se analiza como dos masas de agua de transición diferenciadas: por un lado, la masa de agua de transición del Oka exterior donde se localizan la estación exterior (AOKE) y la estación media (AOKM) y, por otro lado, la masa de agua de transición del Oka interior, donde se localiza la estación interna (AOKI) y que se ha visto en el Tomo anterior.

Las muestras de fauna demersal que fueron recogidas durante la campaña de campo de 2011 han sido identificadas a nivel de especie, al igual que en los años 2002, 2005 y 2008. Las estaciones o transectos muestreados se pueden ver en la Tabla 140.

En dicho año 2011 se recogieron un total de siete taxones (cuatro peces y tres crustáceos) en las distintas estaciones correspondientes a esta masa de agua, todas ellas especies habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad, principal condicionante de la vida en estas zonas de transición.

En este estuario existen datos del año 2002, 2005 y 2008 (Borja *et al.*, 2003, 2006, 2009) pertenecientes al estudio "Red de Seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco". El total de especies identificadas en el Oka exterior en el muestreo de 2002 fue de cinco (tres peces y dos crustáceos), en 2005 fue de diez (seis peces y cuatro crustáceos) y en 2008 de doce (ocho peces y cuatro crustáceos) (Figura 93).

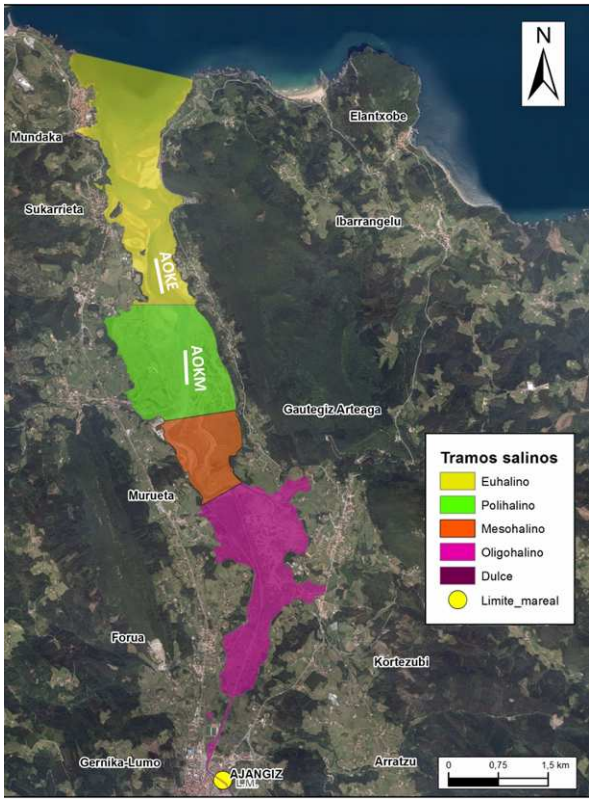


Figura 151 Tramos muestreados en el estuario del Oka, en su parte externa, en el año 2011 (tramo exterior AOKE; tramo medio AOKM).

La Tabla 141 muestra los taxones capturados en los tramos muestreados en el año 2011 (exterior-AOKE, medio-AOKM). Este año se ha capturado por primera vez en este estuario la chopa *Spondyliosoma cantharus* y el cangrejo exótico de origen asiático *Hemigrapsus takanoi*. Este último cangrejo está considerado como invasor (Asakura y Watanabe, 2005; Martínez y Adarraga, 2005, 2006; Dauvin *et al.*, 2009) y ocupa los ambientes frecuentados por los cangrejos comunes *Pachygrapsus marmoratus* y *Carcinus maenas*. Además, ninguna de las especies ha sido recogida tanto en el tramo medio como en el tramo interior.

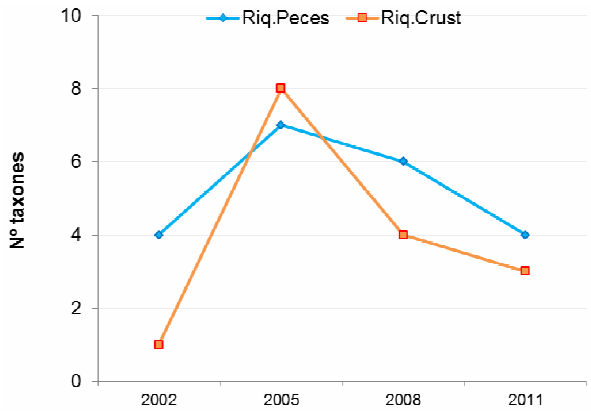


Figura 152 Evolución del número de taxones de peces y crustáceos identificados en los muestreos entre 2002 y 2011 en la masa de agua de transición del Oka exterior.

De entre todas las especies identificadas a lo largo de estos años, en el muestreo de 2011 debe destacarse la ausencia del cabuxino (*Pomatoschistus* sp.) y la quisquilla gris (*Crangon crangon*) que habían sido recogidos en todos los muestreos previos realizados hasta la fecha y del cangrejo cuadrado (*Pachygrapsus marmoratus*) que estaba presente los años 2005 y 2008. Este último, quizás tenga relación con la aparición del cangrejo japonés.

En la Tabla 100 se muestran las abundancias y densidades de cada una de las especies capturadas en los tramos medio y exterior.

Con objeto de definir la estructura de la comunidad, la Tabla 101 muestra algunos parámetros estructurales (riqueza, abundancia, densidad y diversidad) medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Oka exterior en 2002, 2005, 2008 y 2011. En general, lo más destacable es el progresivo descenso de todos los valores a partir de 2005, excepto la diversidad en el tramo medio, hasta llegar a unos valores realmente bajos en 2011, como se refleja especialmente en los crustáceos.

En comparación con 2008, todos los parámetros han descendido sus valores en 2011, a excepción de la mencionada diversidad en AOKM que es debido a la ausencia de dominancia por parte de algún taxón que sí se vio en años precedentes, cuando se encontraron cantidades importantes de *Pomatoschistus* sp. y *Crangon crangon*.

TAXONES	AOKE	AOKM
CRUSTÁCEOS		
Cangrejo verde - *Carcinus maenas*		X
Cangrejo japonés - *Hemigrapsus takanoi*		X
Cangrejo araña - Macropodia rostrata		X
PECES		
Salvario - Echiichthys vipera	X	
Lenguado - *Solea solea*	X	
Chopa - Spondyliosoma cantharus		X
Aguja - Syngnathus acus		X

Tabla 141 Taxones identificados en las estaciones de la masa de agua de transición del Oka exterior (AOKE tramo exterior; AOKM tramo medio).

TAXONES	Estación AOKE		Estación AOKM	
	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})
CRUSTÁCEOS				
Cangrejo verde - *Carcinus maenas*			5	100,00
Cangrejo japonés - *Hemigrapsus takanoi*			2	40,00
Cangrejo araña - Macropodia rostrata			1	20,00
PECES				
Salvario - Echiichthys vipera	1	20,00		
Lenguado - *Solea solea*	2	20,00		
Chopa - Spondyliosoma cantharus			1	20,00
Aguja - Syngnathus acus			2	20,00

Tabla 142 Abundancia (nº de individuos) y densidad (individuos por hectárea) de los taxones identificados en las estaciones de la masa de agua de transición del Oka exterior (AOKE tramo exterior; AOKM tramo medio).

Estación	AOKE				AOKM			
Parámetros estructurales	2002	2005	2008	2011	2002	2005	2008	2011
Riqueza	4	10	5	2	3	12	8	5
Riqueza peces	3	4	3	2	2	6	4	2
Nº de individuos	47	77	19	3	135	385	86	11
Nº de individuos peces	33	64	5	3	39	270	74	3
Densidad	268,0	850,8	160,7	40,0	599,0	2312,4	474,3	200,0
Diversidad	1,32	1,75	1,63	0,92	1,03	1,41	1,14	2,04

Tabla 143 Parámetros estructurales: riqueza (nº de especies), abundancia (nº de individuos), densidad (individuos por hectárea) y diversidad de Shannon medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Oka exterior (AOKE tramo exterior; AOKM tramo medio).

La Figura 153, Figura 154 y Figura 94, donde se muestra la variación de los parámetros estructurales de la riqueza de taxones (peces y crustáceos), del número de individuos (peces y crustáceos) y de la diversidad a lo largo de los últimos diez años en el tramo exterior del estuario del Oka, reflejan una tendencia general de empeoramiento de la situación en los tramos considerados. Tras la mejoría observada en el año 2005 en todos los parámetros, se observa una tendencia hacia el empobrecimiento en todos los registros, excepto en el mencionado caso de la diversidad en AOKM.

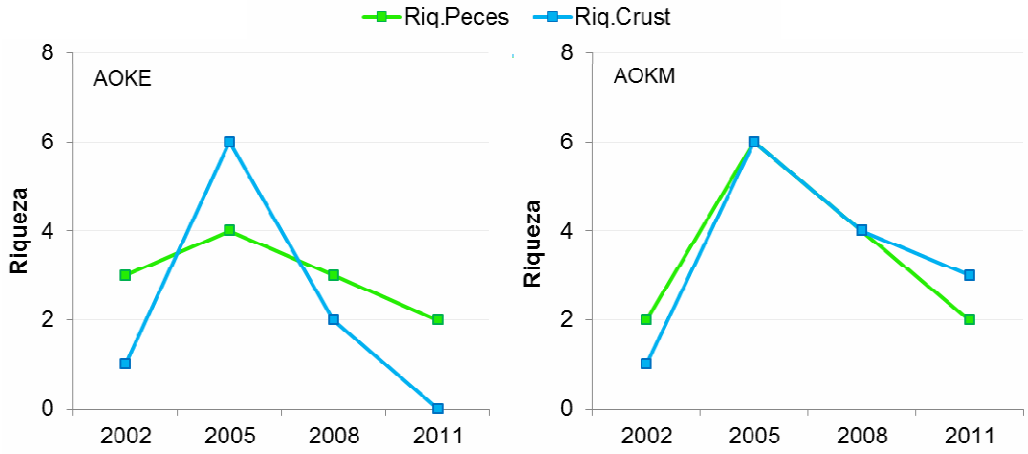


Figura 153 Evolución temporal de la riqueza de peces (color verde) y riqueza de crustáceos (color azul) en las estaciones AOKE y AOKM de la masa de agua de transición del Oka exterior. Se muestran los registros correspondientes a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2002, 2005, 2008, 2011).

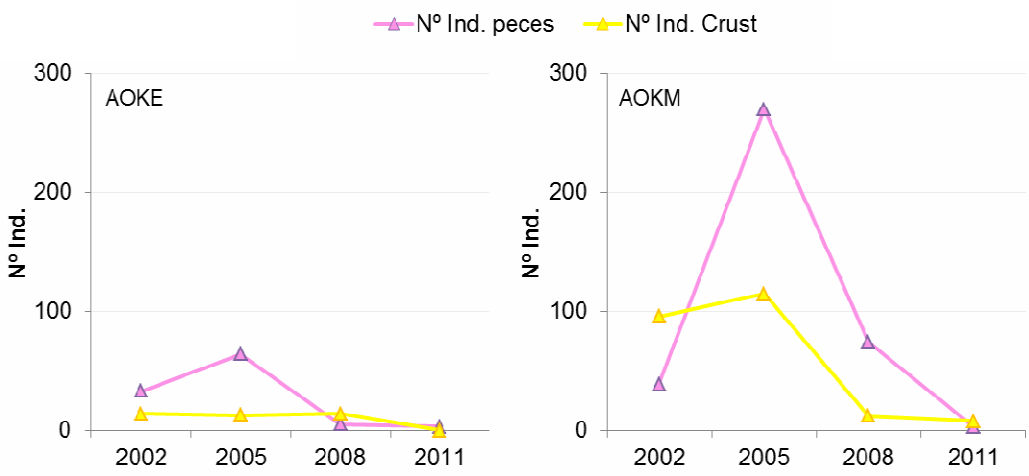


Figura 154 Evolución temporal de la abundancia de peces (color rosa) y abundancia de crustáceos (color amarillo) en las estaciones AOKE y AOKM de la masa de agua de transición del Oka exterior. Se muestran los registros correspondientes a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2002, 2005, 2008, 2011).

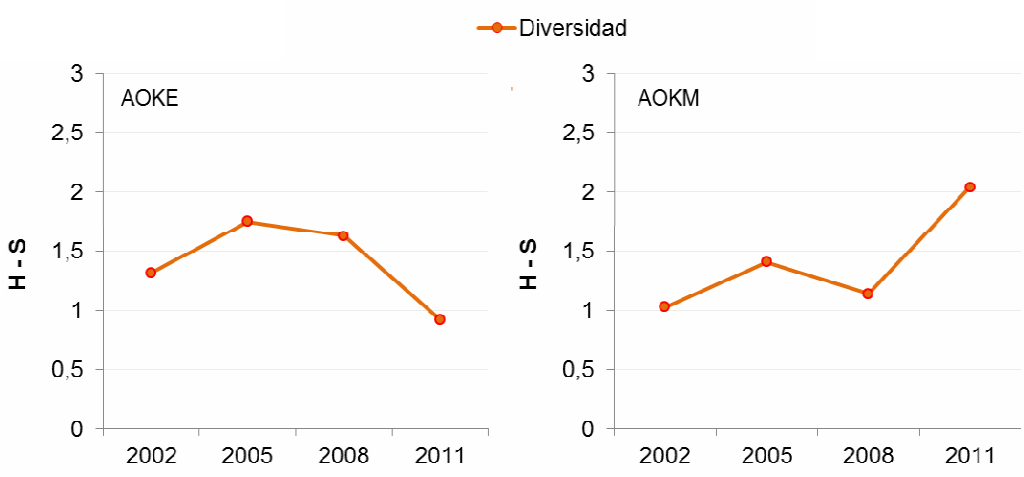


Figura 155 Evolución temporal de la diversidad en las estaciones AOKE y AOKM de la masa de agua de transición del Oka exterior. Se muestran los registros correspondientes a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2002, 2005, 2008, 2011).

7.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica. Para ello, se han utilizado los datos obtenidos en los muestreos realizados los años 2002, 2005, 2008 y 2011.

La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1. En la Tabla 144 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado del tramo estudiado en el estuario del Oka.

El Oka es un estuario que presenta un cauce muy regulado (lezones, escolleras, diques, presas), numerosos vertidos urbanos sin depurar, vertidos de aliviaderos de tormentas, un canal dragado numerosas veces (1984, 1992, 1995, 1998, 1999, 2003, 2010) así como numerosos asentamientos portuarios.

Estación/año	AOKE				AOKM			
Parámetros	2002	2005	2008	2011	2002	2005	2008	2011
Riqueza	3	5	3	1	1	5	3	3
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	5
Esp. Indicadoras contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5
Peces planos	1	1	3	3	1	1	1	1
Omnívoros	3	3	3	3	3	3	5	1
Piscívoros	1	1	1	1	1	1	1	1
Especies residentes (nº)	3	5	3	1	3	5	5	3
Especies residentes (%)	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTUACIÓN	27	31	29	25	25	31	31	25
AFI	0,50	0,61	0,56	0,44	0,44	0,61	0,61	0,44
CALIDAD BIOLÓGICA	A	B	B	A	A	B	B	A

Tabla 144 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica de peces demersales en cada estación (AOKM media y AOKE externa) del estuario del Oka. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, especies indicadoras de contaminación y salud piscícola son los que favorecen la calidad biológica, alcanzando los valores máximos en toda la serie de datos. En el otro extremo, y los piscívoros y el porcentaje de especies residentes siempre han contribuido con un valor mínimo a la calidad en toda la serie de estudio. En cuanto a la composición trófica de peces demersales, en el tramo exterior siempre se ha mantenido invariable la relación entre omnívoros y piscívoros (con un valor porcentual 3:1), mientras que en el tramo medio dicha relación ha variado en el transcurso del tiempo.

De esta manera, el estado de la calidad biológica piscícola alcanzada el año 2011 presenta el mismo valor en los dos tramos, siendo además el más bajo obtenido hasta la fecha y calificándose en ambos puntos como **Aceptable**.

Comparando los resultados de 2011 con los obtenidos en años anteriores (Figura 156), se observa un retroceso rompiéndose la mejoría observada en 2005 y 2008 y retornando a la situación de 2002 en ambos

tramos. Esta pérdida de calidad es reflejo de la disminución de la riqueza (en el tramo exterior), del número de especies residentes (en ambos tramos) y de especies omnívoras (en el tramo medio).

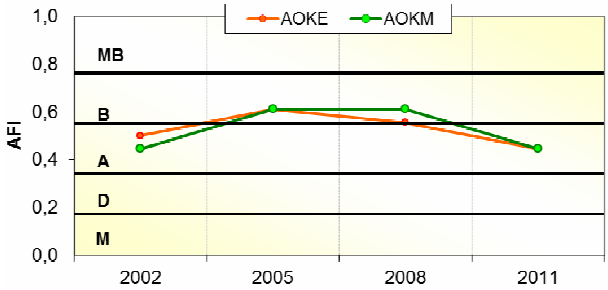


Figura 156 Valores de la calidad biológica obtenidos para las estaciones media (AOKM) y exterior (AOKE) del estuario del Oka en los años 2002, 2005, 2008 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

Para establecer la calidad biológica en peces de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1. La Figura 157 muestra cómo ha evolucionado la calidad biológica en la masa de transición del Oka exterior entre los años 2002, 2005, 2008 y 2011. En 2005 se aprecia una mejoría en la calidad biológica respecto a 2002 pasando de una calificación de Aceptable a Buena. En 2008, la masa de agua sigue calificandose como Buena, a pesar de haber descendido su puntuación. En 2011 continúa el descenso de la puntuación, clasificándose su calidad, de nuevo, como **Aceptable**.

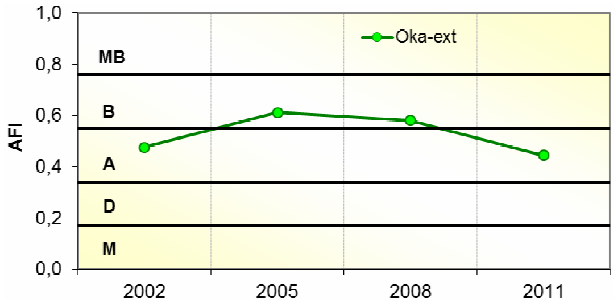


Figura 157 Valores de la calidad biológica obtenidos para la masa de transición del Oka exterior los años 2002, 2005 y 2008. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

Si se considera la totalidad del estuario englobando las dos masas de agua identificadas en ella, se observa que en el año 2011 las puntuaciones descienden con respecto a las obtenidas en 2008, empeorando la calidad en los tres tramos del estuario y clasificándose como de calidad Aceptable en todos ellos (Figura 125).

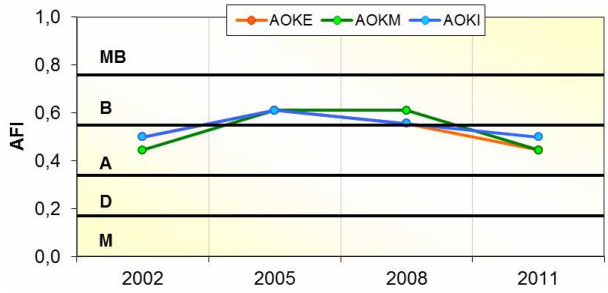


Figura 158 Valores de la calidad biológica obtenidos para cada tramo en el estuario del Oka entre los años 2002 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interior (AOKI), medio (AOKM) y exterior (AOKE). AFI: AZTI's Fish Index.

7.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

7.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En el estuario del Oka se midió la concentración de clorofila en tres estaciones que se situaron en la cabecera (E-OK5), zona media-exterior (E-OK10) y desembocadura (E-OK20).

Las muestras se tomaron en superficie, en pleamar y en bajamar, en cuatro épocas durante el año 2011 (invierno, primavera, verano y otoño). Así, se obtuvo un conjunto de 24 datos. Las estaciones de muestreo corresponden a dos masas de agua de transición diferenciadas: el Oka Interior (E-OK5) y el Oka Exterior (E-OK10 y E-OK20). Este capítulo hará especial mención al estuario exterior.

En la Figura 159b se muestran los datos de clorofila y salinidad, en la campaña de 2011, para el Oka Exterior. En comparación con la masa de agua interior (Figura 159a) la concentración de clorofila fue menor, estando comprendida entre 0,7 y 3,1 µg l^{-1}. La salinidad cubrió un gradiente muy amplio, entre 5,9 y 35,4 USP.

Los valores más altos de clorofila en el Oka Exterior (2-3 µg l^{-1}) se observaron en diferentes épocas del año (invierno, primavera y verano). Estos valores fueron algo más bajos en comparación con el máximo estival medido el año anterior en la estación E-OK10 (6 µg l^{-1}). Además, otros años se han registrado picos en la estación E-OK10

de 20-30 µg l^{-1} y ocasionalmente se han llegado a medir hasta 90 µg l^{-1} (primavera de 2008).

En la estación E-OK20 los máximos de clorofila registrados desde el año 1998 están en torno a 2-3 µg l^{-1}, con un máximo absoluto de 10 µg l^{-1} en invierno de 2002. Por lo tanto, la concentración de clorofila en el Oka Exterior durante 2011 se sitúa en el rango inferior de los valores medidos anteriormente en esta masa de agua.

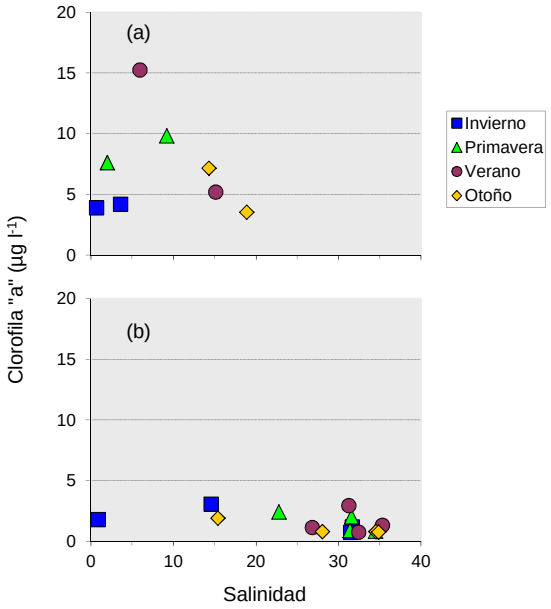


Figura 159 Variación de la concentración de clorofila con la salinidad en el estuario del Oka, en las cuatro épocas de estudio durante 2011 (a) Oka Interior (b) Oka Exterior. Los datos son de superficie y fondo, en pleamar y bajamar.

La estación E-OK10 presenta características intermedias entre la zona interior (eutrófica) y la zona exterior (oligotrófica) del estuario del Oka. Los vertidos de aguas residuales que se producen en la cabecera del estuario (E-OK5) pueden influir en la estación intermedia del estuario, sobre todo durante la bajamar.

La existencia de vertidos de aguas residuales deficientemente tratadas en la cabecera del estuario puede afectar también a la masa de agua del Oka Exterior. En 2011, en la estación E-OK10 el amonio varió entre 19 y 124 µM, y el fosfato entre 0,5 y 3,0 µM, valores que son superiores a los medidos en 2010. Teniendo en cuenta los umbrales que establece Bald (2005) para las condiciones del estado químico, los máximos encontrados en dicha estación en algunos de los muestreos de 2011 pueden considerarse indicadores de una presión antropogénica importante.

La influencia de los vertidos de aguas enriquecidas en nutrientes (nitrógeno y fósforo) en la estación E-OK10, aunque no se manifestó en elevadas concentraciones clorofila, tuvo correspondencia con altos valores de abundancia celular, como se aprecia en el apartado siguiente. Esto también se ha observado en la masa de agua del Oka Interior, y pone de manifiesto la importancia de medir diferentes variables fitoplanctónicas ya que, en ocasiones, la concentración de clorofila no se correlaciona con la abundancia celular. Como ya se ha comentado en el anterior capítulo, dichas discrepancias pueden explicarse en base a factores ambientales y biológicos.

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en el Oka Exterior se ha calculado el valor del percentil 90 para periodos móviles de seis años (Figura 160). Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton.

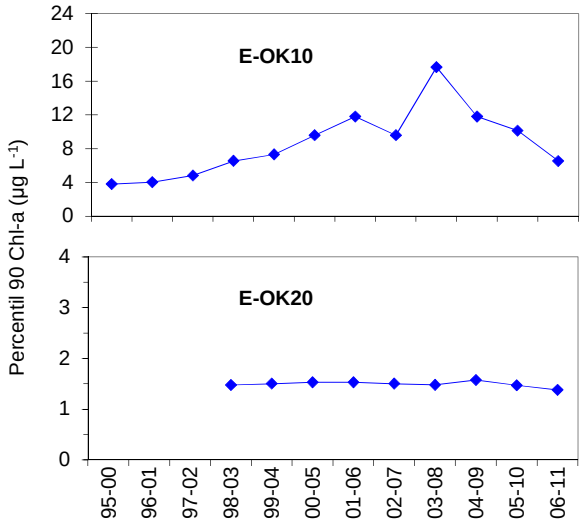


Figura 160 Evolución de la concentración de clorofila en el Oka Exterior. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

En la estación E-OK10 (polihalina), la clorofila aumenta progresivamente al comienzo de la serie, para luego descender en los años más recientes. Así, a finales de los 90 el valor del percentil era cercano a 4 µg l^{-1} y una década más tarde se situaba en torno a 15 µg l^{-1}. En la actualidad supone 6,5 µg l^{-1}. Aunque el descenso detectado en la clorofila en años recientes podría indicar una mejoría en el nivel de eutrofización, los nutrientes indicadores de vertidos, así como la densidad celular no avalan esta hipótesis. La clorofila es un indicador que se responde generalmente a la presión por nutrientes. Sin embargo, esto no ocurre en las estaciones E-OK5 (Oka Interior) y E-OK10 (Oka Exterior) durante los últimos años. También en una zona con fuerte presión antrópica en el Nerbioi Interior (estación E-N10) se observó un nivel bajo de clorofila antes de la puesta en marcha de las

primeras fases del saneamiento, cuando la turbidez era muy alta. Tal y como indican Domingues *et al*. (2008) la clorofila representa una manera simple e integradora de medir la respuesta de la comunidad fitoplanctónica al enriquecimiento en nutrientes, siempre y cuando las aguas no sean muy turbias o predominen las formas de pequeño tamaño celular.

En la estación euhalina E-OK20, el valor del percentil 90 de la clorofila es mucho más bajo (1,5 µg l^{-1}, aproximadamente) y apenas presenta variaciones en la última década (Figura 160).

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 145 se indican para el Oka exterior la abundancia, riqueza y diversidad del fitoplancton durante 2011. La estación situada en la desembocadura (E-OK20) se estudió en las cuatro épocas del año, mientras que la estación situada en la zona media (E-OK10) se estudió únicamente en primavera y en verano.

Estación		E-OK20
Fecha		02/02/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})		122
Diversidad (bit/cel)		3,1
Riqueza (Nº especies)		13
Estación	E-OK10	E-OK20
Fecha	10/05/2011	10/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	786	701
Diversidad (bit/cel)	2,7	2,2
Riqueza (Nº especies)	17	23
Estación	E-OK10	E-OK20
Fecha	22/08/2011	22/08/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	7.328	1.551
Diversidad (bit/cel)	2,9	2,3
Riqueza (Nº especies)	22	16
Estación		E-OK20
Fecha		26/10/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})		287
Diversidad (bit/cel)		2,7
Riqueza (Nº especies)		13

Tabla 145 Índices relacionados con Fitoplancton. Zona exterior del estuario del Oka. Los datos son de superficie, en pleamar.

En la desembocadura del estuario (E-OK20) los mínimos de abundancia celular y de número de especies se registraron en invierno y en otoño. En dichos muestreos, la contribución de las diatomeas al total celular estuvo en torno al 50-60%, dominando las pequeñas formas pennales, que eran posiblemente de origen bentónico. Otros taxones relativamente importantes fueron las pequeñas formas flageladas y las haptofitas. Se encontraron, además, diatomeas como *Cylindrotheca closterium* y *Leptocylindrus danicus*, y critptofitas como *Plagioselmis* spp. y *Teleaulax* spp. Todos los taxones presentaron una baja abundancia (del orden de 10^4 células l^{-1}).

En primavera, la estación más exterior mostró una densidad celular muy similar a la encontrada en la zona media del estuario, con algo menos de un millón de células por litro. También fueron muy similares, entre ambas zonas, los valores de riqueza y de diversidad.

Las comunidades de la masa de agua del Oka Exterior en primavera estuvieron dominadas por pequeños organismos no silíceos (80% de la abundancia total). En la zona media destacaron las criptofitas (*Hemiselmis* spp. y *Plagioselmis* spp.), mientras que en la desembocadura fueron más importantes las haptofitas (*Emiliania huxleyi*). En la desembocadura la diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp. alcanzó ~80.000 células l^{-1}. También en esta estación se detectó un dinoflagelado que puede ser nocivo para la fauna y flora (*Prorocentrum micans*), aunque con baja abundancia (~5.000 células l^{-1}).

En verano se observó un incremento de la abundancia celular en el Oka Exterior, especialmente en la estación E-OK10. Sin embargo, este incremento no se reflejó en la concentración de clorofila, que se mantuvo en niveles bajos en todos los muestreos, como se comenta en el apartado anterior.

La comunidad de la estación E-OK10 en el muestreo estival se caracterizó por una elevada abundancia de diatomeas y criptofitas. En cuanto a las diatomeas que dieron lugar a floraciones se identificaron *Chaetoceros* spp. y *Thalassiosira* spp. (<10 µm, cadenas), y en cuanto a las criptofitas, *Hemiselmis* spp. Hay que señalar que los blooms de *Thalassiosira* spp. se consideran nocivos para los ecosistemas ya que pueden causar situaciones de hipoxia. Esta diatomea puede producir una gran cantidad de exopolímeros ricos en carbono orgánico, que originan una fuerte demanda de oxígeno en el agua.

En la desembocadura (estación E-OK20) en verano también se encontró un bloom de *Chaetoceros* spp., pero no se detectaron criptofitas y sí una mayor densidad de haptofitas (*Chrysochromulina* spp.). Además, la diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp. (<3 µm) alcanzó ~64.000 células l^{-1}.

CALIDAD BIOLÓGICA

El fitoplancton se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 161 se muestra el valor del indicador calculado con los datos de clorofila “a” (percentil 90). Para este indicador, los umbrales que separan las clases de

estado difieren entre las aguas euhalinas y las aguas polihalinas de los estuarios del Cantábrico (Revilla *et al*., 2009b). Como puede observarse, en la estación E-OK10, el valor del indicador es 6,52 µg l^{-1} (n=48) lo cual corresponde a un estado "Muy bueno" para aguas de carácter polihalino. En la estación E-OK20, el valor es 1,38 µg l^{-1} (n=48), indicando también un estado "Muy bueno" en la estación de la desembocadura, euhalina.

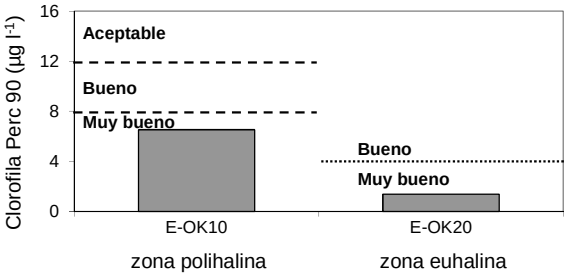


Figura 161 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el Oka Exterior. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

En la Figura 162 se muestra el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (frecuencia de blooms). Para este indicador el tramo salino no se tiene en cuenta a la hora de establecer los umbrales que separan las clases de estado en los estuarios (Revilla *et al*., 2009b). En la estación E-OK10 la frecuencia de las floraciones fitoplanctónicas es 58,3%, lo cual indica un estado "Aceptable". En la estación E-OK20 la frecuencia es 25,0%, lo que corresponde a un estado "Bueno".

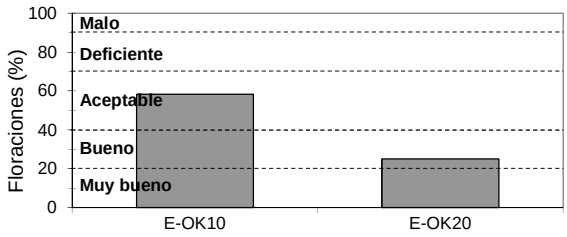


Figura 162 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el Oka Exterior. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

En la Tabla 146 se indica el estado del fitoplancton en cada una de las estaciones del Oka Exterior, integrando los resultados de ambos indicadores. Se indican también los valores de EQR. El EQR global se calcula con la media aritmética de los EQRs resultantes de ambos indicadores. El estado global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 se clasifica como "Bueno" en la estación E-OK10 y como "Muy bueno" en la estación E-OK20.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-OK10	0,817	0,286	Bueno (0,552)
E-OK20	1,000	0,668	Muy Bueno (0,834)

Tabla 146 Zona exterior del estuario del Oka. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

En la Tabla 147 se muestra la evolución del estado del fitoplancton a lo largo de periodos de seis años, comenzando desde 2002, hasta 2011. El **estado del fitoplancton** en la masa de agua del **Oka Exterior** se clasifica como **"Bueno"** en el último periodo (2006-2011) y esta calificación también se observa en casi la totalidad de los anteriores.

Al contrario que en el Oka Interior, donde el número de muestras de fitoplancton es menor hasta el año 2008, la abundancia fitoplanctónica en ambas estaciones del Oka Exterior se ha medido regularmente desde el año 2002. Por lo tanto, todas las evaluaciones mostradas aquí tienen la misma fiabilidad.

Se ha observado un aumento del porcentaje de floraciones en ambas estaciones de muestreo (datos no mostrados). Sin embargo, la métrica basada en la clorofila presenta en los últimos periodos de estudio una tendencia contraria, esto es, hacia un mejor estado (Figura 160).

En balance, se observa una disminución del EQR global (Tabla 147). Esta disminución es muy ligera en los últimos tres periodos de evaluación.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Oka Exterior	MB (0,826)	B (0,708)	B (0,727)	B (0,725)	B (0,707)
E-OK10	B	A	A	A	B
E-OK20	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 147 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el Oka Exterior, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

7.5.2 MACROALGAS

Como en 2002, 2005 y 2008, la masa de agua de transición del Oka Exterior se dividió en 2011 en 8 zonas, numeradas del 1 al 8 desde la desembocadura hacia el interior (Figura 103). Las zonas se nombran del siguiente modo: M de “macroalgas”, E de “estuario” y OK de “Oka”, seguido del número (ej.: M-EOK2). En la Tabla 106 se muestran los índices de cobertura de cada especie de macroalga para cada una de las zonas.

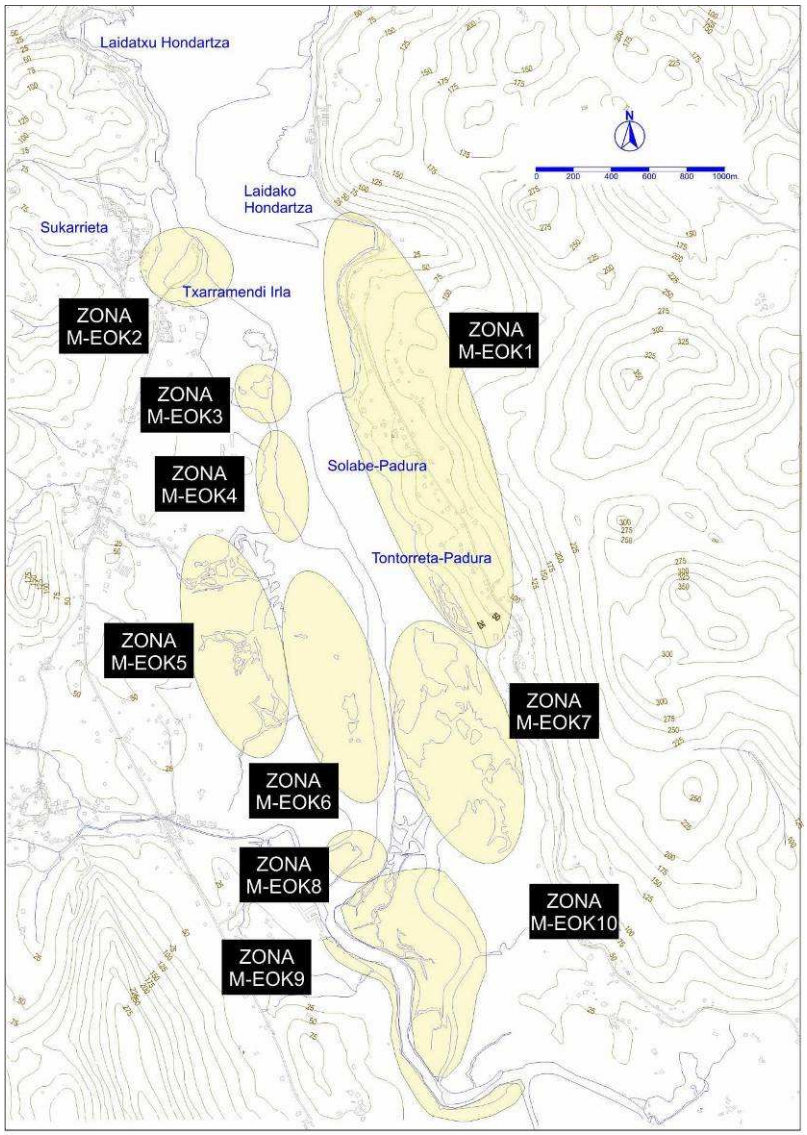


Figura 163 Zonas de estudio de macroalgas en la masa de agua de transición del Oka Exterior (zonas M-EOK1 a M-EOK8).

ZONA M-EOK1

La primera parte de esta zona la forma la ensenada de Arketas. La pared/dique del embarcadero presenta un cinturón de clorofíceas de cobertura decreciente desde la playa de Laida hacia el embarcadero, con una anchura máxima de 1 m. Le sigue un intermareal rocoso tendido de unos 4-5 m de anchura media y 300 m de longitud, con una cobertura algal más importante en los extremos del dique. La cobertura media es del 10% y esta formado por manchas irregulares de clorofíceas filamentosas.

A continuación se alcanza un recodo bajo la curva de la carretera, enfrente del camping de Arketas. En su parte superior está formado por un intermareal rocoso de unos 5 m de anchura, donde se observa un cinturón de clorofíceas con 50% de cobertura.

Seguidamente, sobre los restos de un antiguo embarcadero se desarrolla un intermareal fangoso con piedras sueltas. Las piedras están colonizadas por *Crassostrea* sp. y, sobre ellas, *Caulacanthus ustulatus* y clorofíceas laminares. La cobertura algal de esta zona es del 30%, y se reparte por igual entre ambos cinturones.

En la parte baja de este intermareal se desarrolla una gran plataforma (2.500 m^2) colonizada en gran parte por *Zostera noltei*. En el extremo norte se aprecian 3

manchas de diferente tamaño de *Z. noltei*, con una superficie total de unos 200 m^2 y con 60% de cobertura. En el extremo sur la abundancia es mayor y se observan dos grandes zonas con *Z. noltei* (600 m^2 de superficie, con 60% de cobertura) divididas por un canal cubierto por *Crassostrea* sp.

En frente se desarrolla una gran zona arenosa intermareal que ha sufrido cambios respecto a la pasada campaña de 2008. El canal principal del Oka se ha desplazado hacia el este en esta parte del estuario y ha reducido el tamaño de esta plataforma intermareal (Fotos 1-2008 y 2-2011). *Z. noltei* se desarrolla principalmente sobre el canal de agua que sirve de zona de amarre (unos 200 m de longitud y 60m de anchura media, con 60-70% de cobertura). En la zona submareal del canal principal no se observa presencia de *Z. noltei*.

ZONAS	M-EOK1		M-EOK2		M-EOK3		M-EOK4		M-EOK5		M-EOK6		M-EOK7		M-EOK8	
Superficie (m^2)	22.000		6.250		2.450		3.500		100.000		47.000		525.000		8.000	
Área ocupada por macroalgas (m^2)	15.400		940		1.000		2.100		40.000		32.900		370.000		3.200	
Índice	IC	ID	IC	ID	IC	ID	IC	IC	IC	ID	ID	ID	IC	ID	IC	ID
XANTHOPHYCEAE																
Vaucheria sp.	3	2			3	2	5	2	4	3	5	3	4	3	4	3
CLOROPHYCEAE																
Filamentosas	5	3	6	3	6	4	6	4	5	3						
Laminares	3	2	4	3	4	2	4	2	4	2	5	3	5	4	5	3
PHAEOPHYCEAE											4	2	4	2	3	3
Ascophyllum nodosum			2	2	2	1	3	3								
Fucus spiralis	2	1	3	3	2	1										
Fucus vesiculosus	2	1	3	3	2	2	3	2			2	1	2	1	5	3
Pelvetia canaliculata			3	2												
RHODOPHYCEAE																
Bostrychia scorpioides	4	2	4	2	4	2	3	2								
Catenella caespitosa	4	2	4	2	4	2	3	2								
Chondracanthus acicularis	3	2	4	2												
Caulacanthus ustulatus	4	2					3	2					4	2		
Gelidium pusillum	3	1														
Gracilaria sp.	3	2							4	2						
Polysiphonia lanosa							2	1							3	2
ANGIOSPERMAE																
Spartina sp.											5	4	4	2	4	2
Boboschoenus maritimus	4	1														
Zostera noltei	5	3									5	4	5	3		
Total Cobertura Algal (%)	70		15		40		60		40		70		70		40	

Tabla 148 Especies de macrófitas identificadas en cada una de las zonas estudiadas en la masa de agua del Oka Exterior los días 19 y 20 de mayo y 14 de junio de 2011. Se representan: Índice de Cobertura (IC), Índice de Distribución (ID) (ver escalas en el Tomo 1), la cobertura total de la estación y la superficie ocupada.



En la zona rocosa después de la casa que se encuentra en la ensenada de Arketas, y hasta el primer recodo, se desarrolla un cinturón cespitoso irregular de algas rojas (*Gelidium pusillum* y *C. ustulatus*) sobre piedras y ostras, con características similares a las de 2008. Ocupa una superficie de 20 m^2, con 60% de cobertura media. En zonas sombrías del intermareal superior se desarrolla *Bostrychia scorpioides*.

Aguas arriba, entre dos pequeños diques (embarcaderos) el intermareal tiene una anchura media de 2,5 m. Detrás del dique se extiende una zona que en 2005 era una zona de sedimentación en forma de pequeña playa, pero que, al igual que en 2008, en la

presente campaña de 2011 está formada principalmente por cantos rodados, sin apenas material sedimentado. Sin embargo, a diferencia de lo descrito para la pasada campaña de 2008, la cobertura algal es mucho mayor en 2011. Se aprecia una zona de clorofíceas filamentosas de unos 10 m de anchura y 90% de cobertura, que llega hasta el agua. Por encima de esta zona, sobre grandes rocas crece *B. scorpioides* y, por debajo, tapizando algunas piedras, *Catenella caespitosa* y, en menor medida, *Chondracatus acicularis*.

A continuación, se desarrolla otra pequeña playa morfológicamente similar a la anterior, de unos 120 m de longitud, 20 m de anchura media y 60% de cobertura algal (clorofíceas filamentosas). Presenta características similares a las descritas para la campaña de 2008, aunque la cobertura algal es mayor. Como en la zona anterior, en las rocas de la parte superior se encuentra *B. scorpioides* y, debajo, *C. caespitosa* y *C. acicularis*.

Desde el dique del extremo sur de la segunda playa hasta el arenal de Kanala se extiende un intermareal rocoso, enfangado, aunque en su parte anterior es totalmente arenoso. Tiene una longitud de unos 300 m, 5 m de anchura media y 60% de cobertura algal (95% de clorofíceas y 5% de *C. ustulatus* por encima de las clorofíceas, en zonas sombrías). En una zona muy concreta se encuentran unas matas dispersas de *Fucus vesiculosus* y *Fucus spiralis*. Además, en una poza formada bajo unas grandes rocas se observan grandes matas de clorofíceas laminares. A esta franja rocosa-enfangada le sigue un intermareal arenoso extenso (más extenso que en 2005, aunque similar al de 2008). En general, las características son similares a las descritas para la campaña de 2008.

Frente al pequeño astillero de Kanala se extiende un intermareal fangoso de unos 100 m de longitud, 150 m de anchura media y 75% de cobertura algal. Esta cobertura esta repartida entre clorofíceas, que representan el 50% (más que en 2008), y *Vaucheria* sp., con el 30%. Se trata de una zona de sedimentación y, al igual que en 2008, en las zonas más altas se encuentran clorofíceas laminares y matas dispersas de *Gracilaria* sp. Sobre el sustrato duro se desarrollan matas sueltas de *F. ceranoides*. Cerca de la casa se aprecia un pequeña mancha (3 m de longitud y 1,5 m de anchura) de *Bolboschoenus maritimus*. Como en 2008, en la parte más baja, cerca del canal y rodeadas por *Vaucheria* sps, se observan manchas de *Z. noltei*.

Entre el pequeño astillero de Kanala y las ruinas del molino mareal (ostrera) se extiende un intermareal pedregoso, tendido, de 200 m de longitud, 10 m de anchura media y 80% de cobertura algal, de la que el 100% corresponde a clorofíceas laminares. En su parte final, en una longitud de unos 20 m, en la parte superior del intermareal se desarrolla una franja de 1 m de anchura de *B. scorpioides*, con 50% de cobertura. A esta franja intermareal pedregosa, y hasta el canal, le sigue una zona intermareal fangosa de unos 100 m de anchura máxima, cubierta por *Crassostrea* sp., que parece asentarse directamente sobre el fango, en su parte superior. Es una zona de alta tasa de sedimentación y tiene una coloración verde oscura debida, sobre todo en su parte anterior, a *Vaucheria* sp., siendo más abundantes en su zona posterior las clorofíceas filamentosas. Se observan pequeñas manchas dispersas de *Gracilaria* sp. La cobertura algal es del 85%, repartida entre *Vaucheria* sp. (40%) y clorofíceas (60%). En las zonas más bajas y húmedas se observan varias manchas de *Z. noltei*. En general, las características son similares a las descritas para la campaña de 2008.

En la parte exterior de la ostrera, pegado a la pared, se extiende un intermareal formado por la parte baja de la pared, de 1 m de anchura, al que sigue un intermareal pedregoso de 2 m de anchura, formado por piedras caídas del lezón. La cobertura algal es del 80% (algo mayor que en 2008), repartida entre clorofíceas filamentosas (90%) y *B. scorpioides* (10%).

Dentro de las ruinas de la ostrera, se desarrolla una zona intermareal fangosa, con canales, de 300 m de longitud, 50 m de anchura media y 30% de cobertura algal (algo inferior a 2008), repartida entre *Vaucheria* sp. (70%) y clorofíceas filamentosas (30%). Apenas hay *Gracilaria* sp. Sobre unas pocas piedras sueltas se observan matas aisladas pero bien desarrolladas de *F. vesiculosus*. Los tabiques que separan los canales están cubiertos por vegetación de marisma formada por *Halimione portulacoides*, *Juncus* sp., etc.

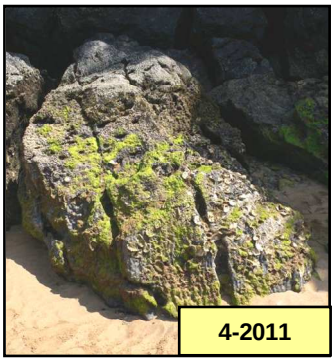
Frente a la ostrera se extiende una plataforma arenoso-fangosa que llega hasta el canal (Foto 2011-3). Está colonizada por clorofíceas filamentosas y *Vaucheria* sp. en un 80% y también se observan pequeñas manchas de *Z. noltei*. En su parte final, antes de llegar a unos islotes de *Spartina* sp., y asociada a las zonas más bajas que forman canales, hay una mancha de 40 m de longitud, 10 m de anchura y 30% de cobertura de *Z. noltei*, con algo de *Gracilaria* sp. y clorofíceas laminares.



ZONA M-EOK2

Corresponde a la isla de Txatxarramendi, en cuyo lado norte se desarrolla un intermareal rocoso de 4 m de anchura a la que sigue una gran plataforma arenosa totalmente desprovista de algas. Hasta llegar a la escalera, la cobertura algal del intermareal rocoso es del 50%, repartida a partes iguales entre un cinturón de algas rojas (*B. scorpioides*, *C. caespitosa* y *C. acicularis*), *F. spiralis* y *F. vesiculosus*. A diferencia de 2008, los horizontes de *Fucus* sp. están poco desarrollados y únicamente se han encontrado matas sueltas, ya que la parte inferior del intermareal está cubierta por arena. En este primer tercio del intermareal la cobertura de clorofíceas es escasa.

A partir de la escalera la cobertura algal del intermareal es similar. Como en 2005 y 2008, el alga *Pelvetia canaliculata* se distribuye en una zona muy restringida, rodeando una roca, formando un cinturón de 2 m de longitud total, 0,5 m de anchura media y 60-70% de cobertura (Foto 4-2011). En otras dos rocas adyacentes se observan también algunas matas. En todas estas rocas, debajo de *P. canaliculata* crecen algunas matas de *F. spiralis*. En la parte final de esta zona el intermareal es similar, aunque con mayor presencia de *Crassostrea* sp. y clorofíceas filamentosas.



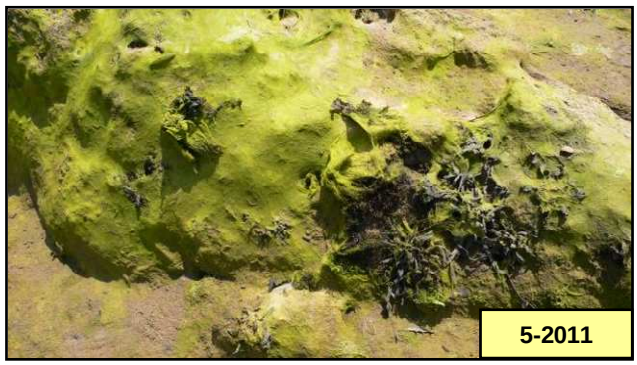
En el lado sur de la isla el intermareal rocoso, cubierto por *Crassostrea* sp., presenta algunas zonas arenosas. La anchura media es de 8 m y la cobertura algal, pobre. En su zona central se observa una franja de unos 50 m de longitud, con 10% de cobertura algal, repartida entre clorofíceas laminares, *Ascophyllum nodosum* y rodófitas cespitosas (*B. scorpioides* y *C. caespitosa*, principalmente). Las características son similares a las de 2008, aunque no se encuentran matas de *F. vesiculosus*. *A. nodosum* es más abundante en la zona más oriental y, como en campañas anteriores, gran parte de las matas se encuentran cortadas.

ZONA M-EOK3

En el lado norte de la isla Sandindere, ocupando algo más de su primera mitad, lo que en 2005 se describió como intermareal rocoso, está cubierto de arena y, por tanto, totalmente desprovisto de algas (como en 2008). En la segunda parte se mantiene un intermareal de características similares a las de 2005 y 2008. La cobertura algal total es del 80%, formada principalmente por clorofíceas y matas dispersas de *F. vesiculosus* (95%). Un cinturon de rodoficeas ocupa el 5% restante (*B, scorpioides* y *C. caespitosa*). En la parte baja del intermareal se desarrolla *Crassostrea* sp.

En puntos concretos, y cubiertas de clorofíceas, se observan pequeñas matas de *A. nodosum* y *F. spiralis* (Foto 5-2011). Hay que destacar que, al igual que en 2008, no se ha observado presencia de *P. canaliculata* (en 2005 se encontraron algunas matas pequeñas).

En el lado sur de la isla, la zona intermareal es más fangosa en su parte occidental y más rocosa en su parte



oriental. La anchura media es de 10 m y la cobertura algal del 80%, estando compuesta prácticamente por clorofíceas. En su primera parte, en las zonas más altas se observan almohadillones de *H. portulacoides* y matas de *Salicornia* sp. que están colonizado la parte superior del intermareal (Foto 6-2011). La parte anterior de la zona más oriental, al igual que la primera parte de la zona

norte, está cubierta únicamente de sedimento, arenoso, y



totalmente desprovista de vegetación.

ZONA M-EOK4

En la zona más baja de la plataforma fangosa, se observan cambios respecto a 2008 y, en general, hay más arena y el canal queda confinado, en forma de *oxbow*. A este canal le sigue una zona intermareal arenosa que llega hasta el canal principal. En la parte superior de esta zona arenosa (la más cercana al canal confinado) hay una banda de *Vaucheria* sp. de unos 3 m de anchura y 80% de cobertura.

En los primeros 100 m las características son similares a las de 2008. El intermareal es rocoso, pedregoso, para hacerse fangoso en los siguientes 50 m, casi desprovistos de vegetación. Únicamente en la parte superior del intermareal se observa una franja de 2 m y 30% de cobertura, con *B. scorpioides*, *C. caespitosa* y clorofíceas. En la parte baja de este intermareal se desarrolla una zona pedregosa a la que sigue una zona fangosa con piedras colonizadas por *Crassostrea* sp. En toda esta zona únicamente se distingue *C. ustulatus* sobre algunas ostras.

En los siguientes 150 m el intermareal hace una curva y, en su parte central, se forma algo semejante a una pequeña playa con piedras. Presenta características semejantes a las descritas para la campaña de 2008. En la parte central de esta playa se aprecia un cinturón formado por muchas matas “cortadas” de *A. nodosum* sobre las piedras, siendo la zona con mayor abundancia de esta especie en todo Urdaibai (Foto 7-2011). Algunas



de las matas están epifitada por *Polysiphonia lanosa*. Por debajo se desarrollan matas aisladas de *F. vesiculosus* y en las zonas más altas y sombrías del intermareal, las rodofítas *B. scorpioides* y *C. caespitosa*.

ZONA M-EOK5

Se trata de una gran área intermareal compuesta de islotes con vegetación de marisma alta, divididos por numerosos canales fangosos (Foto 8-2011). Sobre los canales se desarrollan clorofíceas laminares y filamentosas. En alguna zonas se aprecian manchas discontinuas de *Gracilaria* sp., menos abundante que en 2008. Los islotes presentan vegetación típica de marisma, principalmente: *H. portulacoides*, *Salicornia* sp., *Inula crithmoides* y *Juncus* sp. Las características generales son similares a las de 2008.



ZONA M-EOK6

Es una extensa plataforma intermareal en la margen izquierda, formada por sedimentos inestables, predominantemente arenosos en su parte norte (más cercana al mar) y más fangosos en su mitad sur. La atraviesan varios canales que se comunican con el principal y la dividen en porciones más pequeñas (Foto 9-2011).



Esta plataforma está colonizada por diferentes especies de macrófitas que forman bandas o áreas características que se distribuyen en diagonal a lo largo de la plataforma. Un análisis global de esta distribución muestra que desde el canal principal hasta la zona terrestre se pueden distinguir:

- Desde el canal principal, una zona intermareal fangosa desprovista de cobertura vegetal, con pendiente ascendente.
- Esta zona está coronada por un borde más escarpado, colonizado por *Vaucheria* sp.
- Detrás, una zona más húmeda, de color verde brillante, cubierta por *Z. noltei* y, en menor medida, por clorofíceas.
- Le sigue una zona más seca, arenoso-fangosa, cubierta por clorofíceas y *Vaucheria* sp. que presenta un característico color amarillo-verdoso.
- A continuación, otra zona más húmeda, fangosa, cubierta por *Gracilaria* sp., *Z. noltei* y clorofíceas. En la parte central de esta zona se observan islotes de *Spartina* sp., que presentan su máximo desarrollo en la mitad norte de la plataforma.
- Le sigue una gran banda de *Gracilaria* sp., cuyo máximo desarrollo se produce en la mitad sur de la plataforma y que en gran parte está acompañada por matas de clorofíceas laminares.
- En la parte superior de esta banda, y únicamente en la zona más central de la plataforma, se encuentra un cinturón estrecho pero bien desarrollado de *Z. noltei*.
- Por encima de esta banda se empieza a desarrollar la marisma, con algunas manchas de *Spartina* sp., *Salicornia* sp., *Halimione* sp…

Debido a la distribución en diagonal de las bandas de macrófitas, este transecto transversal de la plataforma varía mucho de norte a sur. En la parte situada más al norte, partiendo del canal, el transecto terminaría en la banda que contiene los islotes de *Spartina* sp., mientras que en la zona más al sur, y también partiendo desde el canal, después del borde de *Vaucheria* sp. se llega directamente a la banda de *Gracilaria* sp., *Z. noltei* y clorofíceas (en la que no se encuentra *Spartina* sp. hasta llegar a la mitad de la plataforma).

La distribución de la cobertura algal, en dirección sur-norte, muestra otro patrón. Al comienzo de la zona, desde el canal de separación entre las zonas E-MOK6 y E-MOK8, hasta el primer canal transversal de la plataforma de la zona M-EOK6, en una longitud media de 80 m aproximadamente, y 140 m de anchura, se desarrolla en su parte superior una zona con *Spartina* sp. (40 m de longitud, 10 m de anchura y 70% de cobertura). Por detrás queda una zona con tamarindos. Partiendo del canal, hay un intermareal fangoso sin vegetación, seguido de una zonación del tipo: borde con *Vaucheria* sp., zona cubierta por *Z. noltei* (en 2008 la ocupaba *Gracilaria* sp.), borde de *Vaucheria* sp., zona con *Z. noltei* (con desarrollo importante: 20 m de longitud, 20 m de anchura media y 30% de cobertura) y una banda de *Gracilaria* sp. que llega hasta la zona de *Spartina* sp. en la parte superior del intermareal (40 m de longitud, 50 m de anchura media y 65% de cobertura). Al igual que en 2008, *Gracilaria* sp. se encuentra mezclada con matas de clorofíceas laminares.

Atravesado ese primer canal transversal, en la parte media-baja, las características son similares a la zona anterior, aunque la banda de *Z. noltei* se sitúa un poco más arriba. Desde el canal principal se desarrolla una zona fangosa con clorofíceas filamentosas. Le sigue un borde con *Vaucheria* sp. bastante desarrollada y una banda de *Z. noltei* y *Gracilaria* sp. Esta zona es continuación de la que arriba descrita y tiene unos 30 m de longitud, 20 m de anchura y 50% de cobertura. *Gracilaria* sp. supone el 40% de la cobertura total y se aprecian matas sueltas de clorofíceas laminares que podrían ser de arribazón. La mancha de *Z. noltei* se va ensanchando hacia el norte (hacia el pequeño canal). En la parte alta del intermareal (junto a los tamarindos) se desarrolla una banda de *Gracilaria* sp. de 60 m de anchura y 70% de cobertura, junto con clorofíceas laminares que podrían ser de arribazón y que presentan un 20% de cobertura.

Atravesado otro pequeño canal, en la parte media-baja del intermareal, se desarrolla una banda vegetal que presenta un borde con *Vaucheria* sp. y clorofíceas filamentosas, junto con *Gracilaria* sp. en las zonas más

húmedas. Su anchura es de 80 m y la cobertura vegetal alcanza el 85% (50% de clorofíceas, 30% de *Vaucheria* sp. y 10% de *Gracilaria* sp.). En su parte superior se aprecian los 4 pequeños islotes de *Spartina* sp. (en la zona media del transecto) detectados en 2008 (en la presente campaña de 2011 presentan mayor tamaño y desarrollo). Desde el pequeño canal hasta los islotes de *Spartina* sp., hay una zona de 30 m de longitud y 15 m de anchura con *Z. noltei*, *Gracilaria* sp. y clorofíceas laminares (25% de *Z. noltei*, 35% de *Gracilaria* sp. y 20% de clorofíceas).

Desde el canal horizontal que divide la plataforma en su parte sur (en el observatorio de aves) hasta el canal principal hay una zona fangosa de unos 100 m de longitud colonizada por *Vaucheria* sp. y clorofíceas, que ocupan el 50% de la zona (*Vaucheria* sp. ocupa el 25% y las clorofíceas el 75%). El 50% restante está ocupado por *Gracilaria* sp. (35%), *Z. noltei* (35%) y clorofíceas laminares (30%). Se aprecia que *Gracilaria* sp. va perdiendo espacio en favor de *Z. noltei*. Se observan también, al igual que en 2008, algunos pequeños islotes de *Spartina* sp. (14, contando los anteriores). Debajo de estos islotes se distingue una gran mancha de *Z. noltei* de 30 m de longitud, 20 m de anchura y 60% de cobertura. En la zona de los islotes de *Spartina* que están frente al observatorio, y un poco antes, hay una zona de *Z. noltei* de unos 70 m de longitud, 50 m de anchura media y 30% de cobertura media. En la parte más baja, más cercana al canal principal, *Z. noltei* representa el total de la cobertura vegetal, mientras que de los islotes hacia arriba está mezclada con *Gracilaria* sp. (25%) y con clorofíceas laminares (40%).

Desde el canal horizontal hacia la franja de los tamarindos, y antes de llegar al observatorio, se extiende una plataforma fangosa colonizada por *Gracilaria* sp. y clorofíceas, con 80% de cobertura (50% de *Gracilaria* sp., menos que en 2008; 40% de clorofíceas laminares), aunque en la parte final (150 m antes de llegar al observatorio), por encima del cinturón de *Gracilaria* sp. se desarrolla un cinturón de *Z. noltei*, muy continuo y tupido, de 5 m de anchura media y 60% de cobertura, cubierto en muchas partes por clorofíceas laminares. A la altura del observatorio, el cinturón se ensancha y 15 m antes del mismo ralea (15% de cobertura). Un poco más adelante, al comienzo del lezón, desaparece. También antes de llegar al observtorio, en la parte superior del intermareal, se observan varios islotes de *Spartina* sp.

Hacia el norte, pasados los islotes de *Spartina* sp., *Z. noltei* presenta un gran desarrollo, igual que antes de los islotes, manteniendo el intermareal una estructura similar: Tras el canal principal, se observa un borde con *Vaucheria* sp., seguido por una plataforma arenoso-fangosa con *Z. noltei* (20 m de anchura y 60% de cobertura) que llega hasta el canal que divide de oeste a este la plataforma. En la parte superior de este horizonte se distingue una plataforma, que se va haciendo más alta y seca, con *Vaucheria* sp., clorofíceas filamentosas e, incluso, una zona que está siendo colonizada por *Salicornia* sp. En la parte superior se desarrolla un horizonte de *Gracilaria* sp. y clorofíceas laminares. A cada lado de este canal se observa un gran desarrollo de *Z. noltei*.

Siguiendo la línea de los islotes de *Spartina* sp., ligada a la primera bifurcación de la parte derecha del gran canal (mirando hacia el canal principal), se distingue una gran zona con *Z. noltei*, acompañada de clorofíceas laminares y *Gracilaria* sp. Esta zona tiene forma de globo, con 14 m de anchura media, que se va ensanchando a partir del canal. La cobertura de *Z. noltei* es del 35%, las clorofíceas laminares suponen el 35% y *Gracilaria* sp., el 5%. Por encima de esta zona, y entre dos bifurcaciones del gran canal, se distingue otra gran zona de unos 30 m de longitud, 30 m de anchura y 35% de cobertura, con *Z. noltei*, clorofíceas y matas dispersas de *Gracilaria* sp.

Hacia el norte, en diagonal, tras atravesar otro pequeño canal, se aprecia otra zona (30 m de anchura y 30 m de longitud) cubierta por *Z. noltei* (25% de cobertura) y clorofíceas (45%). Esta zona también se desarrolla en la margen derecha del canal.

En la margen izquierda del gran canal hay una zona con *Z. noltei* y *Vaucheria* sp. formando pequeñas manchas aisladas de forma redondeada. A continuación se desarrolla otra zona de *Z. noltei* (20 m de longitud, 2 m de anchura y 60-70% de cobertura). A la izquierda de esta mancha, se ditstingue otra similar, de 15 m de longitud. En la parte de abajo, diagonalmente hacia los siguientes islotes de *Spartina* sp., ligada a una bifurcación del canal principal, hay una gran zona con *Z. noltei* de unos 60 m de longitud, 25 m de anchura y 25% de cobertura, junto con clorofíceas (65% de cobertura) (Foto 10-2011). Más adelante, al llegar a la altura de los islotes de *Spartina* sp., esta mancha se distribuye en dirección norte y continúa paralelamente al canal principal, ocupando el espacio por debajo de los islotes, y forma un gran cinturón (40 m de anchura y 100 m de longitud) compuesto por *Z. noltei* (30% de cobertura, especialmente desarrollada a partir de los islotes, hacia el norte) y clorofíceas (30%). El resto es sedimento arenoso.



Por delante de los islotes de *Spartina* sp., frente al Centro de Biodiversidad de Euskadi (Torre Madariaga), del canal principal se extiende una zona en dirección hacia los islotes de unos 40 m de anchura media, 80 m de longitud y 70% de cobertura, con *Z. noltei*. y algunas clorofíceas. Hacia el norte, se desarrolla una zona más alta con clorofíceas filamentosas y plantas jóvenes de *Z. noltei*. A esta zona le sigue otra, arenosa y con *Z. noltei*, de unos 60 m de longitud, 50 m anchura y 70% de cobertura. En algunos puntos de esta zona *Z. noltei* presenta un gran desarrollo y la cobertura llega al 100%.

ZONA M-EOK7

En la primera parte de esta zona (Foto 11-2011) se desarrollan grandes praderas de *Spartina* sp., a continuación de la zona de islotes y canales de marisma alta (*H. portulacoides*, *Juncus* sp…). Entre dos grandes canales de desagüe, se distinguen una pradera circular de *Spartina* sp. de gran cobertura (70-80%) de 40 m de diámetro y otra más pequeña de 50 m de longitud, 10 m de anchura media y 50% de cobertura, divididas por una pequeña depresión. En algunas zonas se aprecian clorofíceas laminares mezcladas con *Gracilaria* sp. En zonas más altas del intermareal, se extienden dos grandes praderas irregulares y una más pequeña y circular de *Spartina* sp., bordeadas por un cinturón de *Vaucheria* sp. Sobre los sedimentos de mayor pendiente se desarrollan matas de cloroficeas filamentosas, con coberturas de hasta el 95%.



Entre el segundo y el tercer canal (menos profundo), en el centro se desarrolla una gran pradera circular de *Spartina* sp. (140 m de diametro), junto con otras de menor tamaño y de formas irregulares. En una zona situada al suroeste de la gran pradera se desarrolla una mancha irregular de *Z. noltei* (30 m de longitud, 10 m de anchura y 65% de cobertura) mezclada con clorofíceas laminares y *Gracilaria* sp.

El borde de toda esta zona es un intermareal pedregoso, con ramas y troncos, de 3 m de anchura, cubierto por clorofíceas y *B. scorpioides* en zonas más altas y sombrías. En esta zona, y en algunas piedras sobre la plataforma fangosa, se han detectado matas dispersas de *F. ceranoides*, con presencia testimonial.

A continuación se observan tres grandes praderas de *Spartina* sp. semi-circulares, de 50 m de diametro, junto con otras de forma irregular y tamaño decreciente hacia el canal (de oeste a este). Bordeando las praderas, se distinguen clorofíceas filamentosas con gran cobertura (80%). Entre estas praderas y el canal, se desarrolla una zona mas arenosa con *Z. noltei* de 15 m de longitud, 8 m de anchura y 70% de cobertura. Aguas abajo, frente a esta mancha y hacia el canal, se distingue una gran zona de *Z. noltei* de 40 m de longitud, 20 m de anchura y 65% de cobertura. Sobre las matas de *Z. noltei* hay clorofíceas laminares, aunque podrían ser de arribazón. En la parte exterior proxima al canal, se desarrolla un cinturón homogéneo de cloroficeas (70% de cobertura media). En zonas más elevadas *Vaucheria* sp. coloniza el sedimento con menor cobertura (30%).

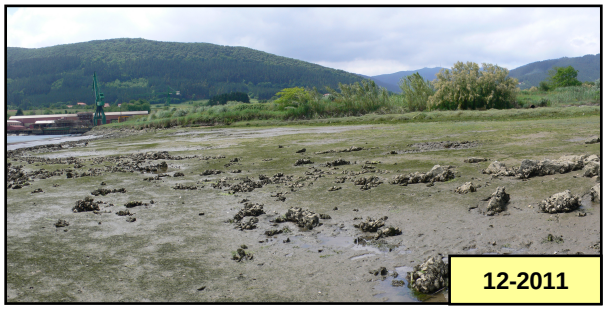
A partir de aquí hasta la ostrera de Kanala, en un área de 350 m longitud y 100 m de anchura, se desarrollan praderas de *Spartina* sp. de diferentes tamaños, en forma de mosaico. Bordeando las praderas, se distinguen clorofíceas laminares y filamentosas y, en menor medida, *Gracilaria* sp.

ZONA M-EB8

En su primera parte, en la zona alta del intermareal, se aprecian matas muy desarrolladas de *F. ceranoides* sobre las piedras sueltas que hay en el sedimento

fangoso. Por debajo, hacia el canal, las piedras están cubiertas por *Crassostrea* sp.

Desde la parte superior hasta el canal, se distingue una banda en forma de media luna, de unos 15 m de anchura. En su primera mitad está cubierta por algas clorofíceas filamentosas (50% de cobertura). A continuación, se desarrolla un horizonte de *Vaucheria* sp. (60% de cobertura) seguido por una zona con *Crassostrea* sp., epifitadas algunas de ellas por *C. ustulatus*. Finalmente, se observa una zona fangosa que llega hasta el canal. En su parte superior, antes de llegar a la zona de marisma con *H. portulacoides* se observan ejemplares juveniles de *Salicornia* sp. (Foto 12-2011).



En su zona final, más cercana al canal que separa esta zona de la M-EOK6, la plataforma fangosa que sigue a *H. portulacoides* está siendo colonizada por *Salicornia* sp. en su parte superior. A continuación se desarrolla una banda de *Gracilaria* sp. de 7 m de longitud, 3 m de anchura y 30% de cobertura. La parte inferior es una zona casi sin vegetación, con matas dispersas de *Gracilaria* sp. (1%). Por debajo, cerca del canal se desarrolla una banda de *Vaucheria* sp. de 3 m de anchura, con 70% de cobertura. En las zonas alrededor del canal también se observan algunas matas dispersas de *Gracilaria* sp..

En general, esta zona ha cambiado respecto a 2008. Ha aumentado la cobertura de plantas pioneras de marisma (*Salicornia* sp.) en detrimento de la distribución de *Gracilaria* sp.

CALIDAD BIOLÓGICA

En la Tabla 149 se observan los datos obtenidos para la masa de agua de transición del Oka Exterior en 2011 con objeto de calificar cada tramo. La metodología utilizada se explica en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja et al., 2004d).

En la presente campaña de 2011, la calificación es de 'Muy Buen Estado' para el tramo más exterior de la masa de agua y de 'Buen Estado' para el tramo interior (Tabla 149). Por tanto, se aprecia una recuperación en la calidad de las comunidades de macrófitos en el tramo exterior de la masa de agua, que pasa de 'Buen Estado' en las campañas de 2002 y 2005 a 'Muy Buen Estado' en 2008 y 2011.

La mejora detectada se debe, básicamente, a una mayor cobertura de algas una vez eliminadas las especies indicadoras de contaminación y a un menor ratio de algas verdes respecto a la cobertura vegetal total.

Por el contrario, el tramo interior mantiene la misma calificación que las pasadas campaña de 2002, 2005 y 2008.

La valoración global para la masa de agua, aplicando al conjunto de zonas delimitadas la misma media ponderada que se hace para el cálculo por tramo, es de '**Buen Estado**', debido a la superficie relativa mucho mayor del tramo interior, frente al tramo exterior.

INDICADORES	M-EOK1	M-EOK2	M-EOK3	M-EOK4	M-EOK5	M-EOK6	M-EOK7	M-EOK8
1- Riqueza	5	5	5	5	3	5	5	5
3- Cobertura indicadores contaminación	3	5	3	1	3	1	1	3
4- Cobertura media algas sin indic contamin.	5	5	1	5	5	5	5	5
5- Ratio verdes/resto	5	3	3	3	3	5	5	5
SUMA=	18	18	12	14	14	16	16	18
CALIFICACIÓN AREA=	MB	MB	A	B	B	B	B	MB
EQUIVALENCIA=	10	10	6	8	8	8	8	10
SUPERFICIE DE LA ZONA=	22.000	6.250	2.450	3.500	100.000	47.000	525.000	8.000
PORCENTAJE SOBRE EL TRAMO=	0,64	0,18	0,07	0,10	0,15	0,07	0,77	0,01
VALOR GLOBAL=	6,4	1,8	0,4	0,8	1,2	0,6	6,2	0,1
EQUIVALENCIA TRAMO=	9,5				8,0			
CALIFICACIÓN TRAMO=	MB				B			
ESTACIÓN RED ASIGNADA=	M-EOK20				M-EOK10			

Tabla 149 Calificación de cada indicador de macroalgas y las equivalencias para la calificación de cada tramo de la masa de agua, asignado a cada estación de muestreo de la Red de Calidad, en la presente campaña de 2011

7.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

7.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En la Tabla 150 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en la masa de agua del Oka exterior, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

En el año 2011 la temperatura media del agua varía entre 16.7º C y 16.9º C. El porcentaje de saturación de oxígeno y la salinidad aumentan desde la zona interior hasta la desembocadura. El oxígeno disuelto tanto en superficie como en fondo no alcanza el 80% en la estación más interna lo que indica cierto déficit de oxígeno en el que predominan procesos heterótrofos sobre los autótrofos. A partir de los datos de salinidad se ha calculado la proporción de agua fluvial. Aunque tanto la zona interna como la zona externa de la masa de agua se caracterizan por un predominio de agua marina, la estación más interna (E-OK10) muestra un porcentaje de agua fluvial superior al de la estación exterior (E-OK20).

El gradiente de dilución de los aportes de origen terrestre, desde la estación E-OK10 hasta la estación E-OK20, se pone de manifiesto en los valores medios de concentración de todos los nutrientes recogidos en la Tabla 150.

En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad y de las fluctuaciones en el caudal en la composición de los aportes. La influencia del estado de la marea es un factor de variabilidad importante y, también se observan, cambios relacionados con la evolución de las cargas y concentraciones aportadas por el río, en función de la evolución del caudal y duración de la avenida.

Variable	Unidad	E-OK10-S	E-OK10-F	E-OK20-S	E-OK20-F
Temperatura	℃	16,95	16,98	16,79	16,90
Salinidad	USP	22,25	27,51	32,48	33,62
Agua fluvial	%	37,50	22,73	8,76	5,58
Saturación O_2	%	67,13	76,75	99,69	100,74
pH		7,72	7,83	8,02	8,09
Silicato	µmol.dm^{-3}	45,25		8,49	
Amonio	µmol.dm^{-3}	66,98		10,51	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	2,74		0,44	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	23,52		8,03	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	143,90		31,96	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	1,48		0,56	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	3,37		1,01	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	170,93		94,25	

Tabla 150 Masa de agua del Oka exterior. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico. F: fondo, S: superficie.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. Tal como se señala en el estudio de presiones e impactos (Borja et al., 2006a), el nivel de presión relacionado con la entrada de nutrientes es moderado en el estuario del Oka.

En cuanto a nutrientes, dentro de la alta variabilidad característica de los estuarios, y de fluctuaciones asociadas a la estacionalidad y a las diferentes condiciones hidrológicas, no se observa una tendencia a la disminución en los últimos años. En la estación E-OK10 el valor máximo de NID se detectó en invierno de 1998. Posteriormente este valor descendió pero a partir de 2004 los valores de NID han ido subiendo paulatinamente. En la estación E-OK20, situada en la zona exterior del estuario, los valores de NID sufren oscilaciones moderadas (Figura 164) pero desde el verano de 1998 no se han superado valores de NID superiores a 100 µmol L^{-1}. Asimismo, el patrón de distribución temporal del fosfato en esta estación es muy similar, con una destacable covarianza, tanto con el NID como con la fracción del NID constituida por el amonio, que contribuye de forma importante a los máximos citados (Figura 164).

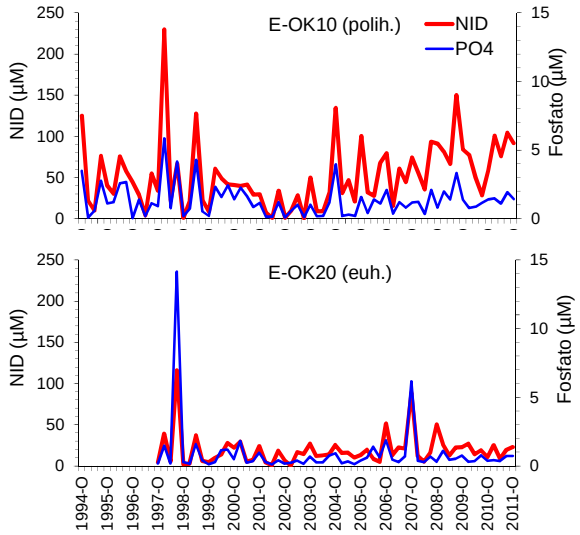


Figura 164 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en las estaciones de la masa de agua de transición del Oka exterior en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar).

La Figura 165 muestra la evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno en las estaciones del Oka exterior. Se experimentó una situación de casi saturación en ambas estaciones hasta el 2001. Posteriormente se da un período de descenso en la saturación hasta finales de 2005. A partir de entonces la situación de la estación E-OK20 se estabiliza mientras la estación E-OK10 va disminuyendo mostrando valores próximos al 80% de saturación.

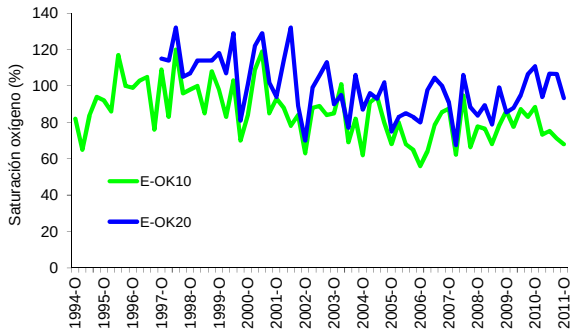


Figura 165 Evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en las dos estaciones de la masa de agua de transición del Oka exterior (E-OK10 situada en la zona interior y E-OK20 en la desembocadura), media de pleamar y bajamar, superficie y fondo. (O: otoño).

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie de las estaciones de la masa de transición exterior del estuario del Oka se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (2, 3 y 0.3 $\mu g \cdot l^{-1}$ respectivamente).

En la Figura 166 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre invierno de 1998 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las dos estaciones de muestreo de la masa exterior del estuario (E-OK10 y E-OK20), hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

En este estuario no se observan tendencias bien definidas en la evolución de las concentraciones de los distintos metales. Aunque se podría decir que la tendencia de los últimos años ha sido a disminuir la concentración. Respecto al año 2011 se observa una ligera subida en al concentración en las dos campañas excepto para el manganeso donde se observa un ligero descenso. La concentración del cadmio ha subido ligeramente respecto a 2010 solamente superando el objetivo de calidad (0.2 $\mu g \cdot l^{-1}$) en las dos estaciones en las dos campañas, excepto en la de invierno del E-Ok10.

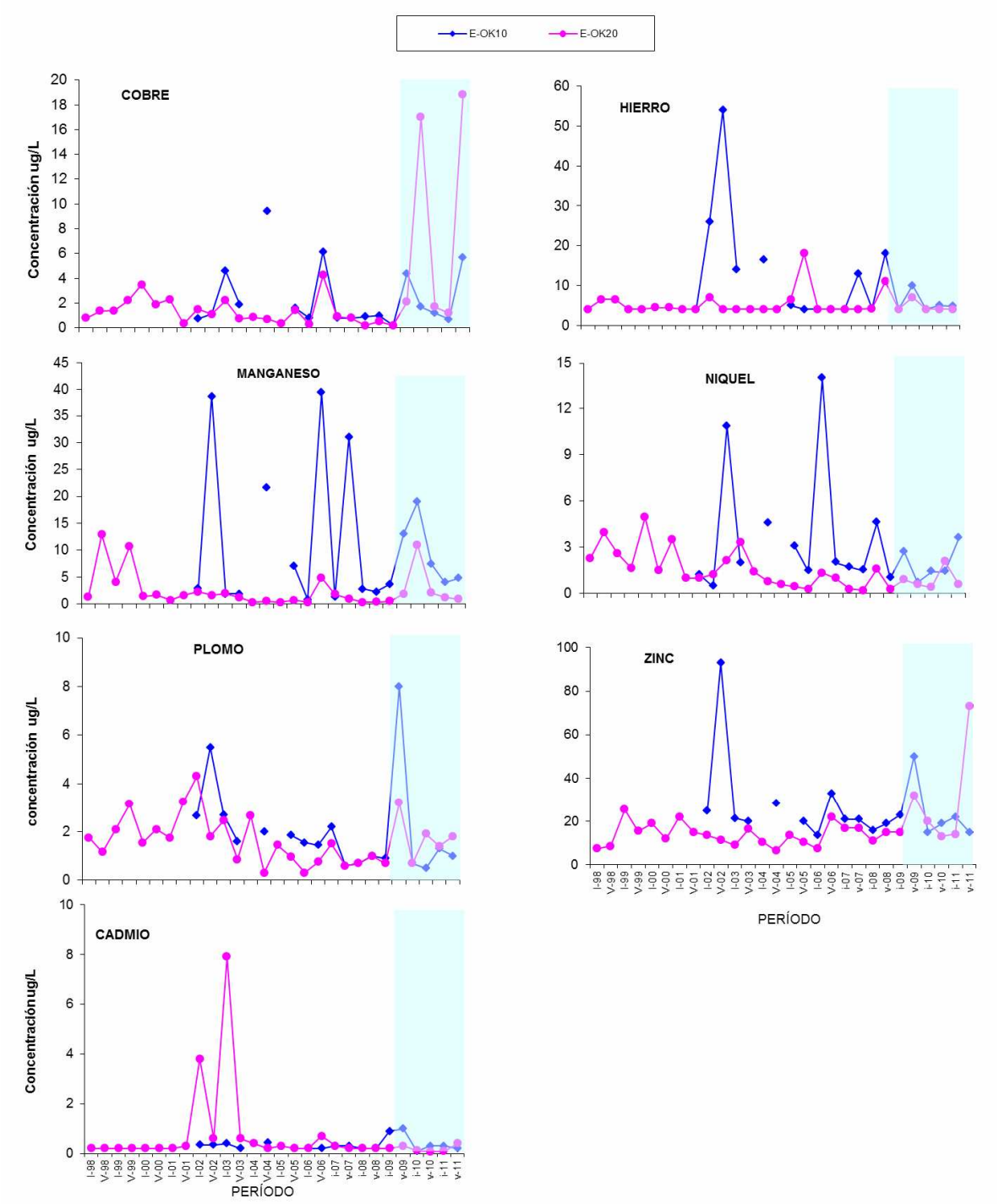


Figura 166 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Oka en el periodo que abarca desde otoño de 1996 a verano de 2007, desde el año 2007 sólo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

De los compuesto orgánicos superan los limites de detección establecidos algunos congéneres de PAHs (fenantreno, pireno, antraceno, fluoranteno, acenafteno y fluoreno) aleatoriamente en las dos estaciones sin superar en ningun caso el objetivo de calidad establecido para el antraceno (0.4 $\mu g \cdot l^{-1}$) y el fluoranteno (1 $\mu g \cdot l^{-1}$).

7.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en la estación E-OK10, y desde 1998, en la estación E-OK20, se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado. A partir de esta información, en la Figura 167 y Figura 168 se ha establecido una evolución temporal para ambas estaciones. Además, en la Tabla 151 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En cuanto a la variabilidad espacial de los datos obtenidos en la presente campaña, la estación más interna (E-OK10) muestra una granulometría fangoarenosa, con valores elevados de materia orgánica, potencial redox negativo y ratio C/N bajo. Por el contrario, la estación más externa (E-OK20), presenta una granulometría predominantemente arenosa, con un contenido de materia orgánica bajo, con valores de potencial redox positivos y el ratio C/N alto.

En cuanto a la variabilidad temporal, en las campañas más recientes, existe poca variabilidad temporal en el contenido de las fracciones granulométricas en ambas estaciones. El contenido en materia orgánica muestra un descenso discontinuo en ambas estaciones. En el caso del carbono orgánico particulado (COP) y el nitrógeno orgánico particulado (NOP), en la estación E-OK20, no se observa ningún patrón temporal definido. Por el contrario, en la estación E-OK10, se aprecia un incremento discontinuo de ambas variables.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-OK10	0,25	24,94	74,81	6,29	-16	2,44	0,17	14,60
E-OK20	0,15	99,80	0,05	0,68	367	2,90	0,04	78,94

Tabla 151 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011 en cada estación. (GRAVA > 2 mm > ARENA > 63 µm > FINO). M.O.: materia orgánica; C.O.P.: carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno.

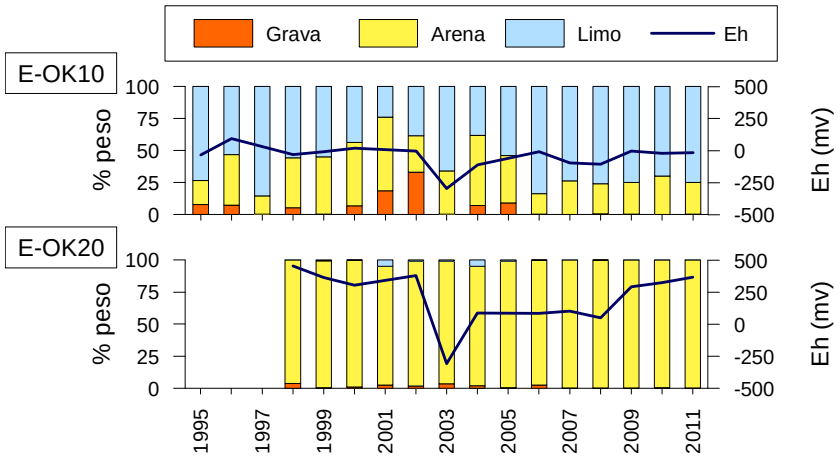


Figura 167 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos de la masa de agua de transición Oka exterior (muestreos de invierno).

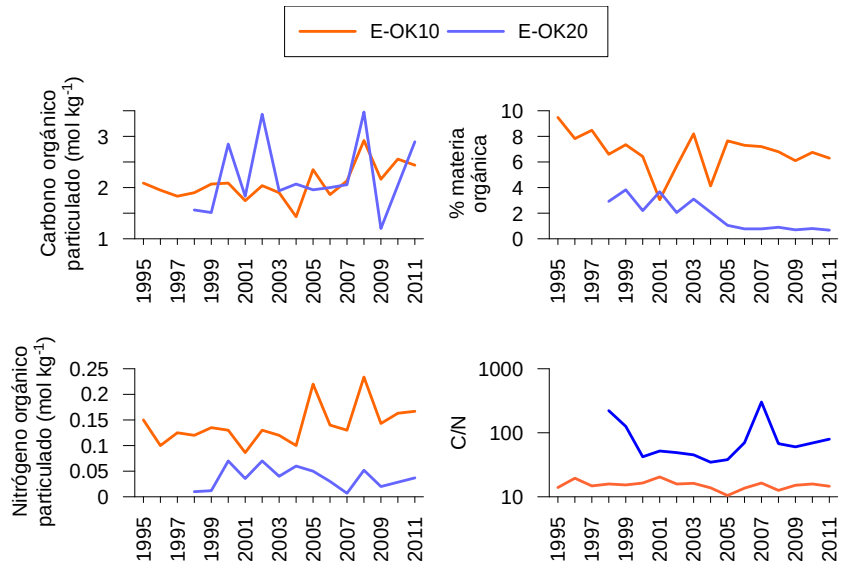


Figura 168 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

La Tabla 152 recoge las concentraciones de metales pesados analizados en la estación E-OK10 y en la E-OK20 de la campaña de invierno de 2011. En general, todos los metales, excepto el Fe y el Mn, muestran concentraciones superiores en la estación más interna (E-OK10).

En la Figura 169 se muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-OK10, desde 1995 y en la estación E-OK20 desde el muestreo de invierno de 1998.

En ambas estaciones, en las últimas campañas, todos los metales analizados, se encuentran por debajo del umbral del nivel de fondo. Además, en ninguna de las dos estaciones se observa un patrón temporal definido, excepto en el caso del Cr y el Pb, para los que se observa un patrón descendente en los últimos años.

Por otro lado, en la Figura 170 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. En la estación más externa (E-OK20), ningún metal supera el valor TEL o concentración por encima de la cual se esperan efectos adversos en la biota. Sin embargo, en la estación más interna (E-OK10), el Ni supera el valor PEL y el resto de metales el valor TEL. En este punto, conviene recordar que aunque dichas concentraciones de metales puedieran implicar efectos biológicos negativos en la biota, tales concentraciones, como ya se ha comentado anteriormente, se encuentran en su mayoría por debajo del umbral del nivel de fondo.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
E-OK10	0,18	41	29	24704	0,19	238	31,7	12	118
E-OK20	0,05	6	4	36209	0,07	191	25,7	0,8	67
Media	0,12	23,92	16,73	30456	0,13	215	28,73	6,29	92,72
Desv. est.	0,10	24,15	17,90	8135	0,08	33	4,27	7,77	36,33

Tabla 152 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

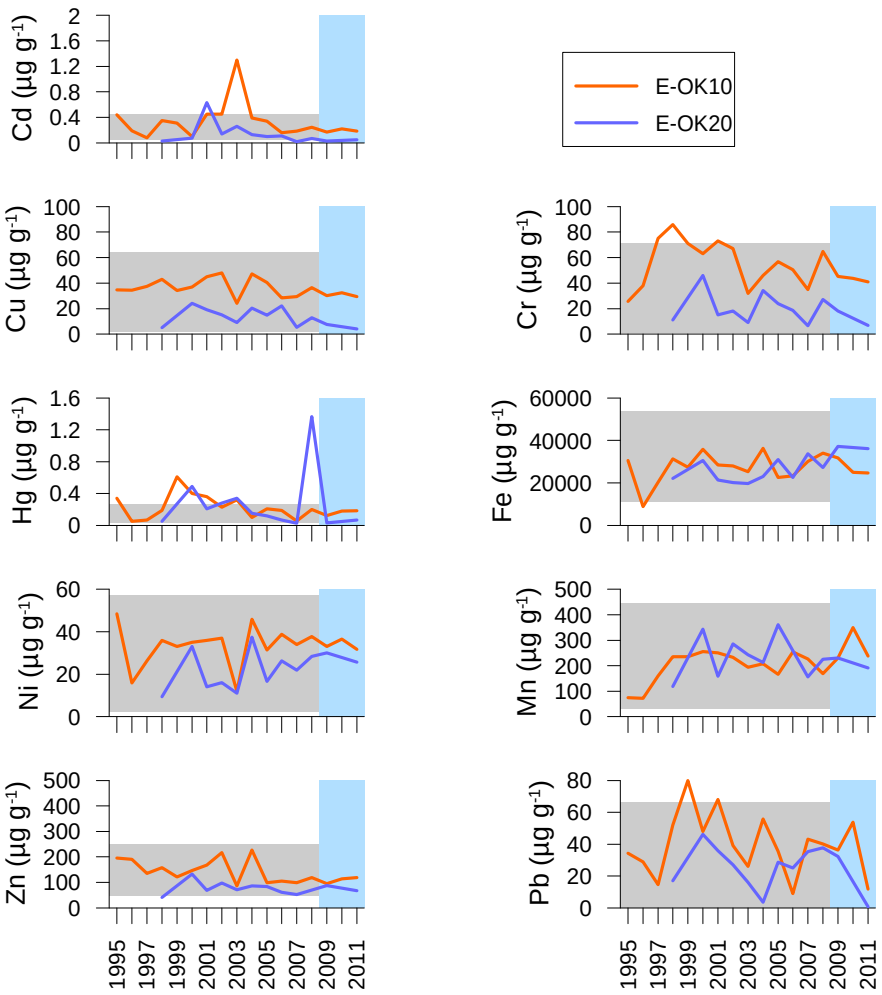


Figura 169 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial de las estaciones E-OK10 (desde 1995) y E-OK20 (desde 1998) (muestreos de invierno). La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

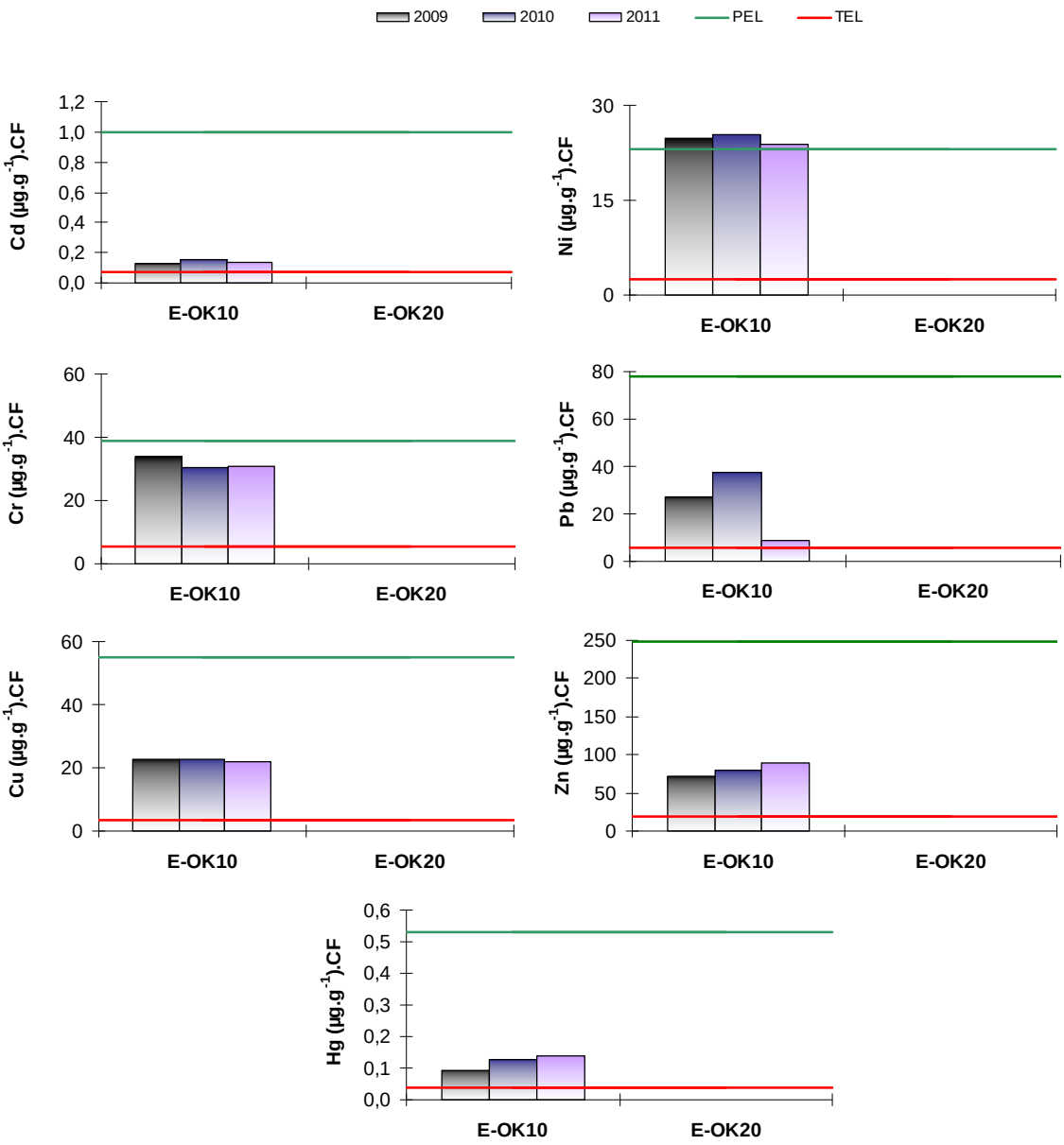


Figura 170 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones E-OK10 y E-OK20, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 153 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las dos estaciones de estudio. La Figura 171 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados en la estación E-OK10 (desde 1995) y en la E-OK20 (desde 1998).

Durante las últimas campañas, en general, todos los compuestos orgánicos analizados muestran concentraciones cercanas (en el caso del DDE en la estación E-OK10) o inferiores al límite de determinación analítico, excepto los PAHs, aunque en ningún caso superan el objetivo de calidad (44792 ng g^{-1}). Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos en ambas estaciones no implican efectos negativos sobre la biota.

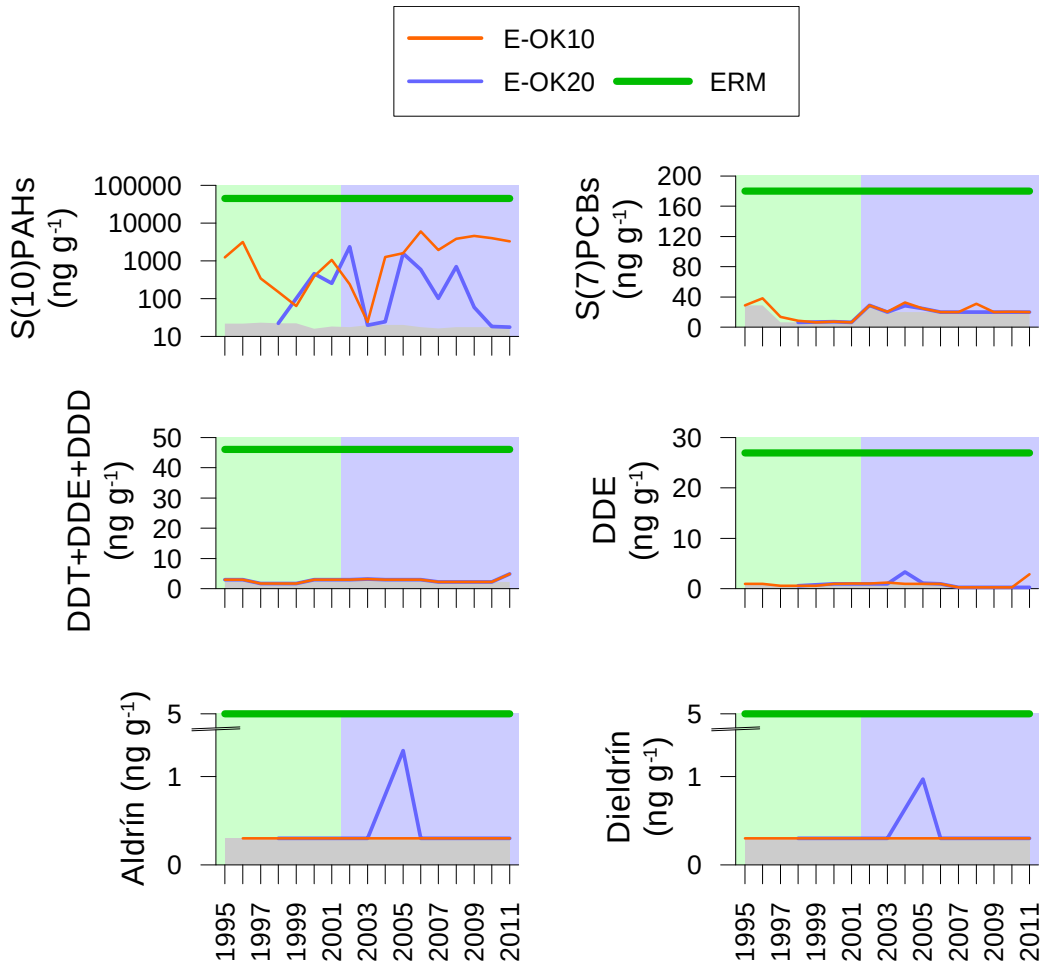


Figura 171 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long et al., 1995).

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-OK10	<0,30	<0,30	<0,30	2,89	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	3321,25
E-OK20	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	17,83

Tabla 153 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 154 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Oka exterior para la campaña de invierno de 2011. Según estos valores de ICC globales, ninguna de las dos estaciones presenta contaminación por metales.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-OK10	NC	CL	NC	NC	CL	NC	CL	NC	NC	NC
E-OK20	NC	NC	NC	CL	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Total	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC

Tabla 154 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

En la Figura 172 se presenta la evolución del ICC global para la estación E-OK10 desde invierno de 1995, y en la estación E-OK20 desde 1998. En las campañas más recientes, la estación E-OK10 muestra valores ICC globales próximos o en el límite de sedimentos no contaminados (*i.e.*, ICC < 1). La estación E-OK20 presenta valores dentro del rango de sedimentos no contaminados.

En cuanto a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, la estación E-OK20 no presenta contaminación, mientras que la estación E-OK10 muestra contaminación ligera, debida principalmente a la presencia de PAHs.

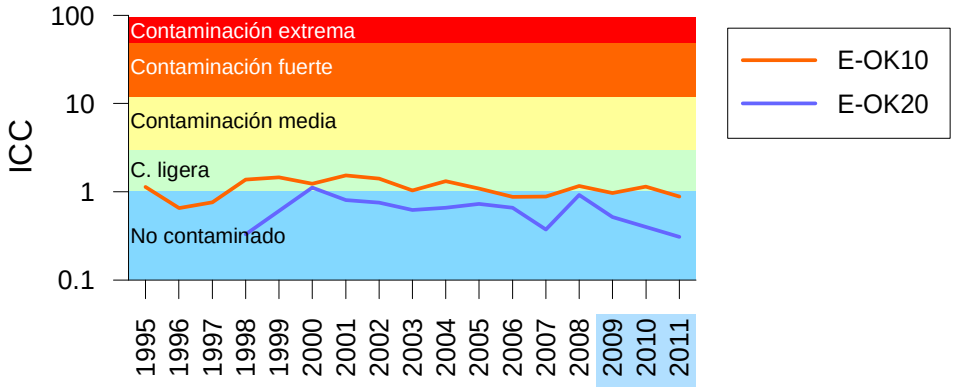


Figura 172 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

TOXICIDAD EN SEDIMENTOS

La muestra de sedimento de la estación estuárica del Oka (E-OK10) fue tomada el 2 de febrero de 2011 y directamente congelada, manteniéndose a -20 ℃ dura nte casi 4 meses. Al cabo de este tiempo se descongeló y se tamizó (< 1 mm). Los ensayos ecotoxicológicos con anfípodos (Corophium multisetosum) se iniciaron dentro de la semana posterior a la descongelación de la muestra.

De esta manera, se siguieron las recomendaciones sobre conservación de muestras de sedimento que figuran en los protocolos y en la literatura científica (USEPA/USACE, 1998; Geffard *et al.*, 2004). Estos trabajos indican que, a ser posible, las muestras han de mantenerse refrigeradas para realizar su análisis dentro de las cuatro primeras semanas, con un tiempo de almacenamiento máximo de dos meses, y que, si se prevé que no pueden realizarse los ensayos ecotoxicológicos en ese plazo, las muestras deberán congelarse. En este caso, se decidió congelar las muestras debido a que los anfípodos de la especie Corophium multisetosum, necesarios para los bioensayos de toxicidad, no estaban disponibles en el campo en la época del muestreo de sedimentos.

Test de anfípodos

La toxicidad de los sedimentos del estuario del Oka se analizó mediante dos bioensayos con anfípodos: uno agudo (10 días de duración) y otro crónico (28 días). Ambas pruebas se iniciaron el 27 de mayo de 2011, acabándose la primera el 6 de junio y la segunda el 24 de junio. Se utilizaron individuos de la especie Corophium multisetosum recogidos el 16 de mayo en la zona interna del estuario del Bidasoa. El sedimento control utilizado (C.B.) corresponde a la zona donde habitan los anfípodos empleados en el test.

Bioensayo agudo:

El sedimento control presentó un porcentaje medio (± desviación típica) de mortalidad del 11% (± 6,5). Las mortalidades de anfípodos en el sedimento del Oka correspondiente a la estación E-OK10 fue cercana a la del control (8%) y, por tanto, no se superó la diferencia del 20% (Figura 28). Por otro lado, dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$).

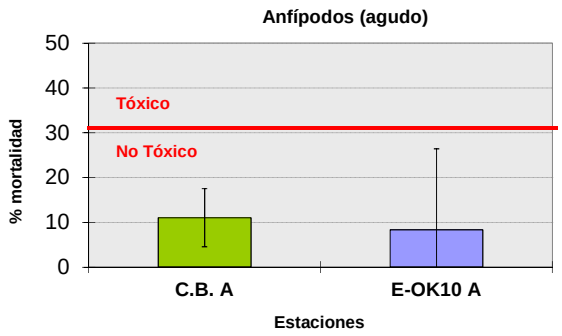


Figura 173 Porcentaje de mortalidad de anfípodos (*Corophium multisetosum*) en sedimentos del estuario del Oka (E-OK10) y en una muestra control procedente de la zona de recogida de los anfípodos en el estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras indican la desviación típica. La línea roja señala el umbral por encima del cual puede considerarse tóxica una muestra. La letra A identifica las muestras del test agudo.

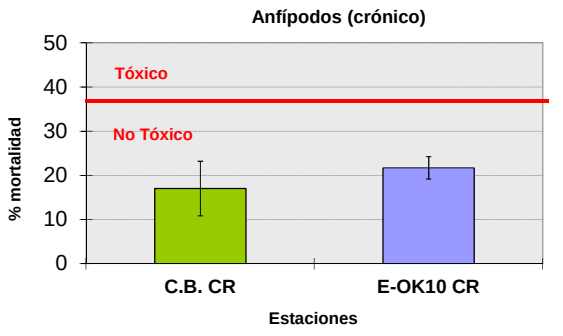


Figura 174 Porcentaje de mortalidad de anfípodos (*Corophium multisetosum*) en sedimentos del estuario del Oka (E-OK10) y en una muestra control procedente de la zona de recogida de los anfípodos en el estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras indican la desviación típica. La línea roja señala el umbral por encima del cual puede considerarse una muestra tóxica. Las letras CR identifican las muestras del test crónico.

Siguiendo el criterio de diversas normativas basadas en el test de anfípodos para clasificar un sedimento en la categoría de tóxico (EEUU, Holanda, Hong Kong, España), la mortalidad de los anfípodos en las muestras de sedimento debe superar a la de la muestra control en más de un 20% y, además, dichas diferencias deben ser estadísticamente significativas (Belzunce y Castro, 2004). De acuerdo con este criterio, el bioensayo de anfípodos realizado indica la ausencia de toxicidad en los sedimentos de estudio del estuario del Oka (estación E-OK10 situada en la zona media).

Bioensayo crónico:

El sedimento control presentó un porcentaje medio (± desviación típica) de mortalidad del 17% (± 6,2). La mortalidad de anfípodos en los sedimentos del Oka correspondientes a la estación E-OK10 fue cercana a la del control (22%) y, por tanto, no se superó la diferencia del 20% (Figura 174). Además, dicha diferencia no fue estadísticamente significativa ($p \geq 0,05$).

Por otro lado, el crecimiento en peso de los anfípodos ha sido distinto en cada uno de los sedimentos y con respecto al control (Figura 175): en el control (CB) la diferencia de peso individual entre el inicio y el final del bioensayo ha sido de 0,00133 g y en E-OK10 de 0,00321 g. Es decir, en el control se ha observado un menor crecimiento que en la muestra (lo que supone un aumento de los anfípodos de 1,40 y 2,06 veces su peso corporal, respectivamente). Los análisis estadísticos determinan que desde un mismo punto de partida (donde las 2 muestras no difieren significativamente ($p=0,05$)), los resultados obtenidos al final del bioensayo en la muestra del Oka son significativamente diferentes con respecto al control ($p<0,05$).

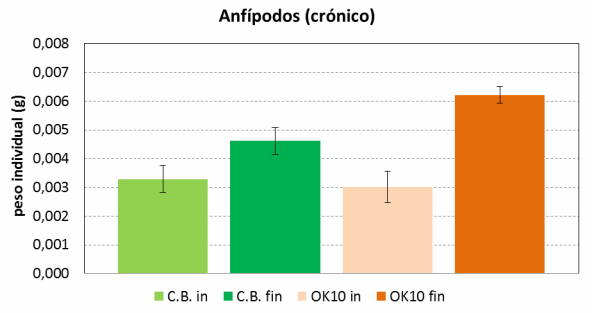


Figura 175 Test crónico con anfípodos: crecimiento en peso (g). Peso medio individual de los anfípodos en la muestra del estuario del Oka (E-OK10) y del control del estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras corresponden a la desviación típica. 5 réplicas en C.B. y 3 en OK10.

Del mismo modo que se observó en el peso, el crecimiento en tamaño experimentado por los anfípodos ha sido distinto en la muestra analizada con respecto al control (Figura 175). En el control (CB) dicho crecimiento ha sido claramente inferior al observado en la muestra del Oka (E-OK10): las diferencias de los promedios de longitud han sido, respectivamente, de 0,54 y 1,34 mm. Los análisis estadísticos ofrecen los mismos resultados que en el caso del peso: las 2 muestras no difieren significativamente ($p=0,05$) al inicio del bioensayo, mientras que al final, la muestra del Oka es significativamente diferente con respecto al control ($p<0,05$), es decir, el crecimiento experimentado en la muestra del Oka ha sido significativamente superior al observado en el control.

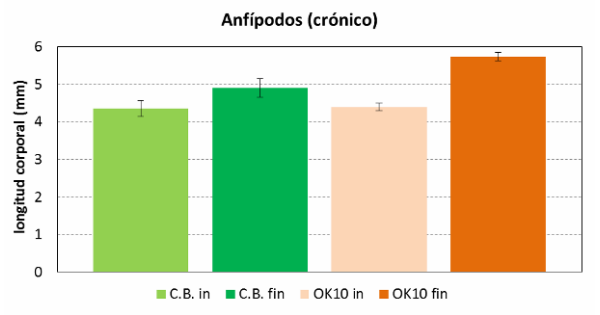


Figura 176 Test crónico con anfípodos: crecimiento en tamaño (mm). Longitud corporal de los anfípodos en la muestra del estuario del Oka (E-OK10) y del control del estuario del Bidasoa (C.B.). Las barras corresponden a la desviación típica. 5 réplicas en C.B. y 3 en E-OK10.

En este bioensayo crónico, si bien el parámetro de porcentaje de mortalidad de anfípodos ha mostrado que la muestra de sedimento del estuario del Oka (E-OK10) no es tóxica (al igual que en el bioensayo agudo), el parámetro del crecimiento indica que hay diferencias significativas entre la muestra control y la muestra del estuario del Oka.

Discusión

Uno de los parámetros a tener en cuenta como posible responsable de efectos en los resultados de los bioensayos es el amonio. En el caso del bioensayo agudo, el amonio fue medido en el agua sobrenadante al inicio y al final del test; en el caso del bioensayo crónico, además de al inicio y al final, también se midió en el tiempo intermedio (al día 10). La concentración de amonio analizada en ambos bioensayos muestra un aumento de la concentración entre el inicio y el final (Figura 32), aunque en todos los casos la concentración de amonio en el agua fue inferior a 20 mg/l TAN (Nitrógeno Total de Amonio), umbral a partir del cual se considera que puede haber interferencia con el test (Ferreti et al., 2000). Por tanto, en principio, se podría descartar el potencial efecto nocivo del amonio sobre los anfípodos. La disminución en la concentración de amonio observada en E-OK10 CR en la fase final del bioensayo con respecto a la fase intermedia, así como los valores inferiores medidos en el bioensayo crónico comparado con el agudo en el día 10, probablemente se debe al efecto de la renovación del agua llevada a cabo cada 3 días durante el bioensayo crónico.

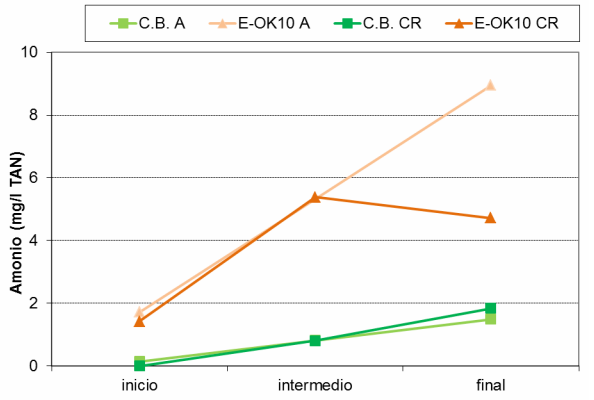


Figura 177 Contenido en amonio (mg/l TAN, en inglés Total Ammonia Nitrogen) de las muestras de agua en el bioensayo agudo (A) y crónico (CR), al inicio (día 0), tiempo intermedio (día 10, solo en el caso del crónico) y al final (día 10 en el agudo; día 28 en el crónico).

Otro parámetro a tener en cuenta como factor de confusión en los resultados de toxicidad es la composición granulométrica del sedimento. La estación del Oka analizada presenta un mayor contenido en finos que el sedimento procedente del hábitat natural del anfípodo (C.B.) (Figura 33). Sin embargo, esta diferencia no parece afectar negativamente ya que la mortalidad observada en los sedimentos de estudio no es significativamente diferente a la del control.

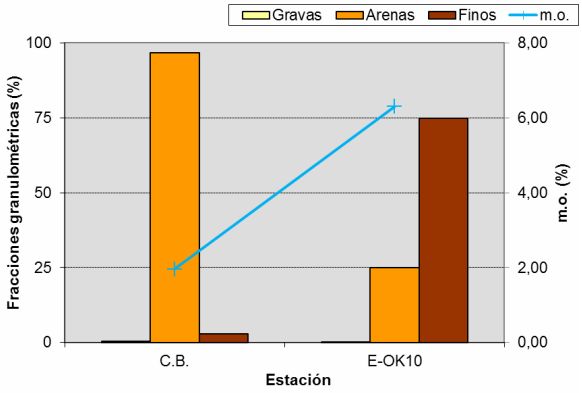


Figura 178 Composición granulométrica (% de gravas, arenas y finos) y contenido en materia orgánica (m.o.) del sedimento control de Bidasoa (C.B.) y del sedimento recogido en 2011 en la estación E-OK10 del estuario del Oka.

Respecto a la carga contaminante, en el sedimento de E-OK10 el Ni supera el valor PEL (Probable Effect Level) y el resto de los metales superan el valor TEL (Threshold Effect Level). En este punto conviene recordar que, aunque dichas concentraciones de metales pudieran implicar efectos biológicos negativos en la biota, tales concentraciones se encuentran dentro del rango del nivel de fondo. Del mismo modo, los compuestos orgánicos analizados muestran concentraciones cercanas o inferiores al límite de determinación analítico excepto los PAHs, que se mantienen sin superar el ERL (Effects Range Low). Por lo tanto, las concentraciones de

contaminantes orgánicos no parecen implicar efectos negativos sobre la biota.

En el año 2004 también se realizó un test toxicológico con anfípodos en sedimentos recogidos en esta misma estación del estuario del Oka, habiéndose considerado entonces el sedimento de E-OK10 como no tóxico (Borja *et al*., 2005). Del mismo modo, en 2011, los resultados de mortalidad de anfípodos obtenidos en los bioensayos agudo y crónico en el sedimento correspondiente a esta estación del Oka tampoco indican toxicidad.

No obstante, el crecimiento de los organismos reflejado en el bioensayo crónico muestra resultados reseñables. A la hora de detectar los posibles efectos subletales en sedimentos potencialmente contaminados, se espera hallar uno de los dos tipos de respuestas: a) no diferente con respecto al control; b) diferente con respecto al control. En el primer caso se descarta la presencia de toxicidad en el sedimento y en el segundo caso se acepta su efecto. Además, este efecto suele estar representado por una respuesta negativa (menor crecimiento que en el control) (Scarlett *et al*., 2007). Sin embargo, en este caso, se han obtenido respuestas positivas, es decir, el crecimiento experimentado en los sedimentos a analizar ha sido diferente al del control y, además, mayor. Para responder a esta situación se baraja la hipótesis de una mayor disponibilidad de alimento en los sedimentos del Oka que conlleve una mayor ingestión y, por tanto, mayor crecimiento. Al respecto, Bridges *et al*. (1997) y Winner *et al*. (1977) señalan que la cantidad y calidad del alimento pueden influir en el resultado de los bioensayos crónicos, por lo que es muy importante el régimen de alimentación planificado para el desarrollo de este tipo de bioensayos (McGee *et al*., 2004). En este sentido, todas las muestras analizadas cumplieron el mismo calendario de suministro de alimento, pero además, el sedimento del Oka presentó un mayor contenido en materia orgánica (Figura 33) que el del control, lo cual podría haber contribuido a una mayor disponibilidad de alimento.

En definitiva, el bioensayo crónico, por un lado, ha confirmado el resultado del bioensayo agudo (en lo referente a la mortalidad) clasificando el sedimento de E-OK10 como no tóxico; y, por otro lado, ha introducido un matiz o un mayor detalle que evidencia la diferencia existente entre el sedimento de estudio y el control, probablemente debido, en gran medida, a la mayor disponibilidad de alimento (mayor contenido de materia orgánica) en los sedimentos del Oka que en el control. Sin embargo, es un poco prematuro llegar a una conclusión definitiva, pues se necesitan más estudios de este tipo que avalen la hipótesis que se maneja.

7.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En la campaña de 2011, en el estuario del Oka se recolectaron mejillones el pasado 2 de noviembre en el puerto de Mundaka (I-OK10). Los datos correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos se pueden consultar en la Base de Datos.

BACTERIOLOGÍA

En la Figura 179 se muestra la evolución de la concentración de bacterias en la estación I-OK10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

La concentración de **coliformes fecales** (<90 NMP·100 ml^{-1}) es de las más bajas de las observadas desde el inicio del seguimiento en 1994. Como presenta menos de 300 NMP $100ml^{-1}$ se podría clasificar como zona tipo A, es decir, apta para el marisqueo.

En cuanto a los **estreptococos fecales**, la concentración en otoño de 2011 (100 NMP $100ml^{-1}$) también es de las más bajas registradas a lo largo del periodo de estudio.

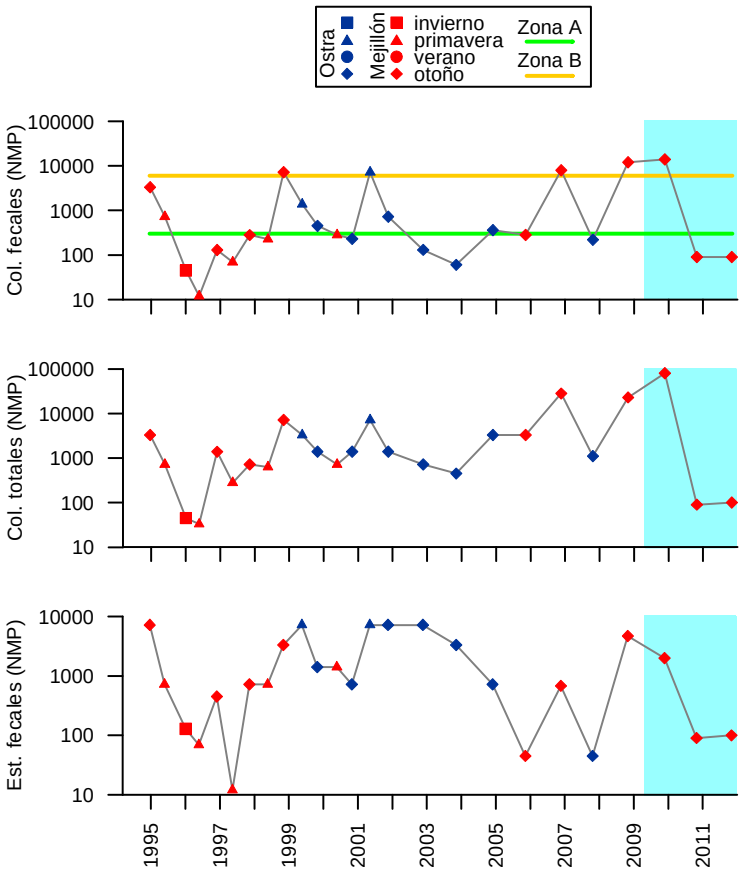


Figura 179 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-OK10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 180 se muestra la evolución de la concentración de los distintos metales estudiados desde 1994.

La concentración de **cadmio** (0,07 mg kg^{-1}) se encuentra dentro del rango de valores determinados en los años más recientes. A lo largo del seguimiento sólo la concentración máxima (1,22 mg kg^{-1}), que se registró en otoño de 1997, supera el límite legal (1,0 mg kg^{-1}) y el valor de referencia del CIEM (0,4 mg kg^{-1}). La concentración observada en otoño de 2007 en ostra (0,42 mg kg^{-1}) también supera el valor de referencia del CIEM.

En otoño de 2011, el **cromo** presenta una concentración de 0,24 mg kg^{-1}, uno de los valores más bajos en los años más recientes. En cuanto al cumplimiento de la legislación (actualmente no vigente), incluso la máxima concentración que se dio en otoño de 2007 (0,74 mg kg^{-1}) es inferior a los 1,8 mg kg^{-1} contemplados para el cromo.

A la hora de interpretar la evolución de la concentración de **cobre** a lo largo del periodo de estudio, hay que tener en cuenta que este metal forma parte de la hemocianina, componente principal del sistema circulatorio de la ostra (Borja y Valencia, 1993). Por lo tanto, es conveniente diferenciar los años en los que se recolectaron mejillones (desde otoño de 1994 hasta otoño de 1998, en primavera de 2000 y en otoño de 2005, 2006, 2008, 2009, 2010 y 2011) de aquellos en los que se ha recolectado ostra (el resto). En otoño de 2011 el cobre se midió en mejillón, con una concentración de 8,8 mg kg^{-1}. En cuanto a las concentraciones en mejillón, sólo en otoño de 1997 (84 mg kg^{-1}) y 1998 (74 mg kg^{-1}) se supera el límite legal para el cobre en mejillón (actualmente no vigente), 20 mg kg^{-1}. Sin embargo, en relación a los valores observados en ostra, tanto el límite legal (actualmente no vigente) como el valor de referencia del CIEM para el cobre en las ostras (60 mg kg^{-1}, en ambos casos) se han superado en la mayoría de los casos correspondientes a ostra.

En cuanto al **mercurio**, la concentración observada en otoño de 2011 (0,018 mg kg^{-1}) es de las más bajas teniendo en cuenta todo el periodo de estudio considerado. En ningún caso se han superado ni el límite legal, 0,5 mg kg^{-1}, ni el valor de referencia del CIEM, 0,2 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 56% de los casos se ha superado la norma de calidad ambiental (20 µg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

El **níquel** en otoño de 2011 (0,11 mg kg^{-1}) presenta una concentración inferior a la observadas en las tres campañas anteriores. Aunque para este metal no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. En el estuario del Oka, este valor sólo se ha visto superado en la primavera de 1995, cuando se alcanzó una concentración de 2,69 mg kg^{-1}.

La concentración de **plomo** en otoño de 2011 (0,02 mg kg^{-1}) es de las más bajas de las observadas a lo largo del periodo de estudio. El límite legal para su consumo (1,5 mg kg^{-1}) se ha superado en otoño de 1995 y 1996 (2,85 y 4,93 mg kg^{-1}, respectivamente).

En cuanto al **zinc**, la concentración medida en mejillón (52 mg kg^{-1}) en otoño de 2011 es de las más bajas de las determinadas en mejillón a lo largo del periodo de estudio. En general, se observan concentraciones de zinc más elevadas aquellos años en los que se recolectaron ostras, debido a que no tienen la capacidad de los mejillones para regular la concentración de este metal (Rainbow, 1990). Sin embargo, a lo largo del seguimiento en ningún caso se ha superado el límite legal (actualmente no vigente), 1.000 mg kg^{-1}, y sólo se supera el valor de referencia dado por el CIEM, 600 mg kg^{-1}, en los otoños de 1999 (837 mg kg^{-1}), 2001 (776 mg kg^{-1}), 2002 (672 mg kg^{-1}), 2004 (837 mg kg^{-1}) y 2007 (900 mg kg^{-1}), cuando las concentraciones se refieren a ostras.

La concentración de **plata**, se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007. En 2011 ha alcanzado un valor inferior al límite de detección (0,01 mg kg^{-1}). En esta estación, el descenso observado en la concentración puede estar relacionado con el cambio de especie analizada, ya que, el contenido en plata en tejido de ostra (otoño de 2007) es superior al de mejillón (otoños de 2008 a 2011).

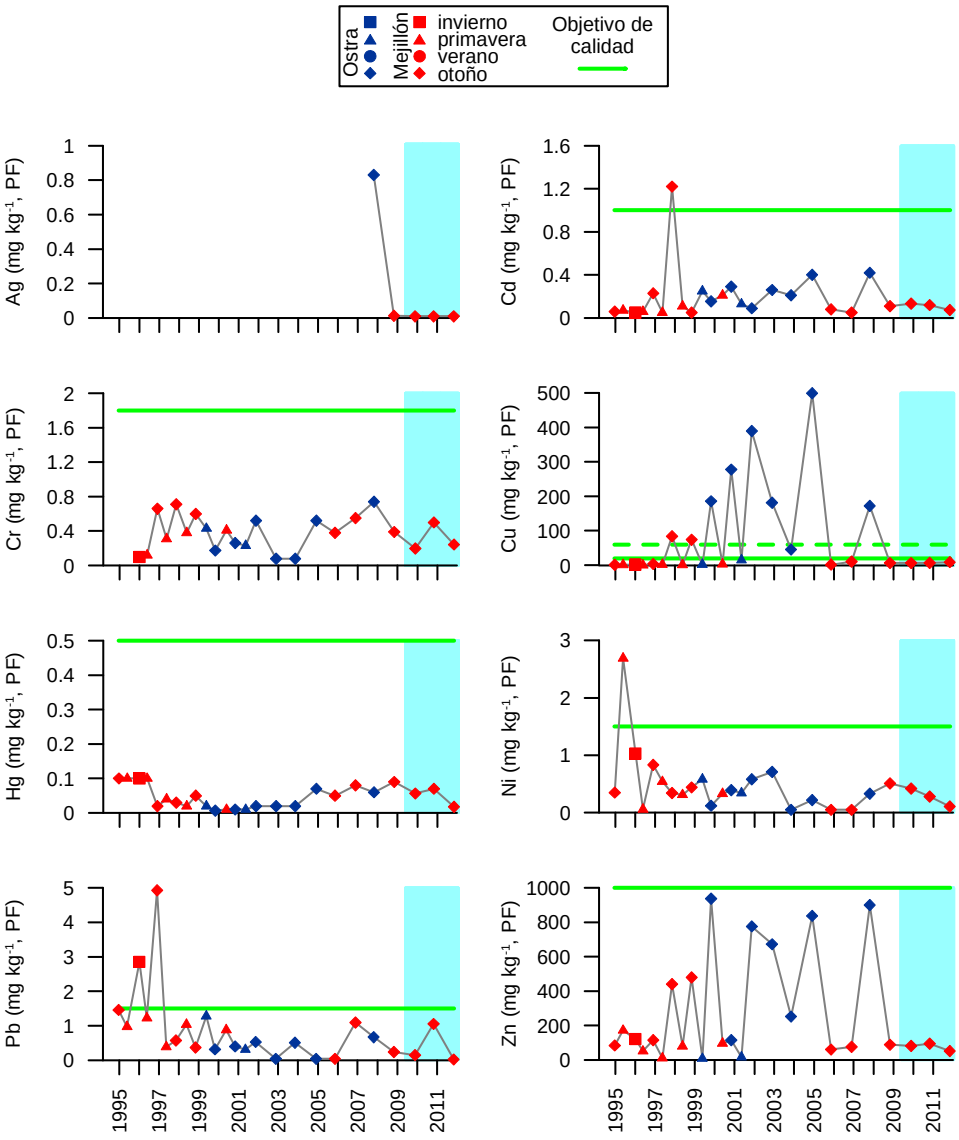


Figura 180 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-OK10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en Nauen (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En la Figura 181 se muestra la evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-OK10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

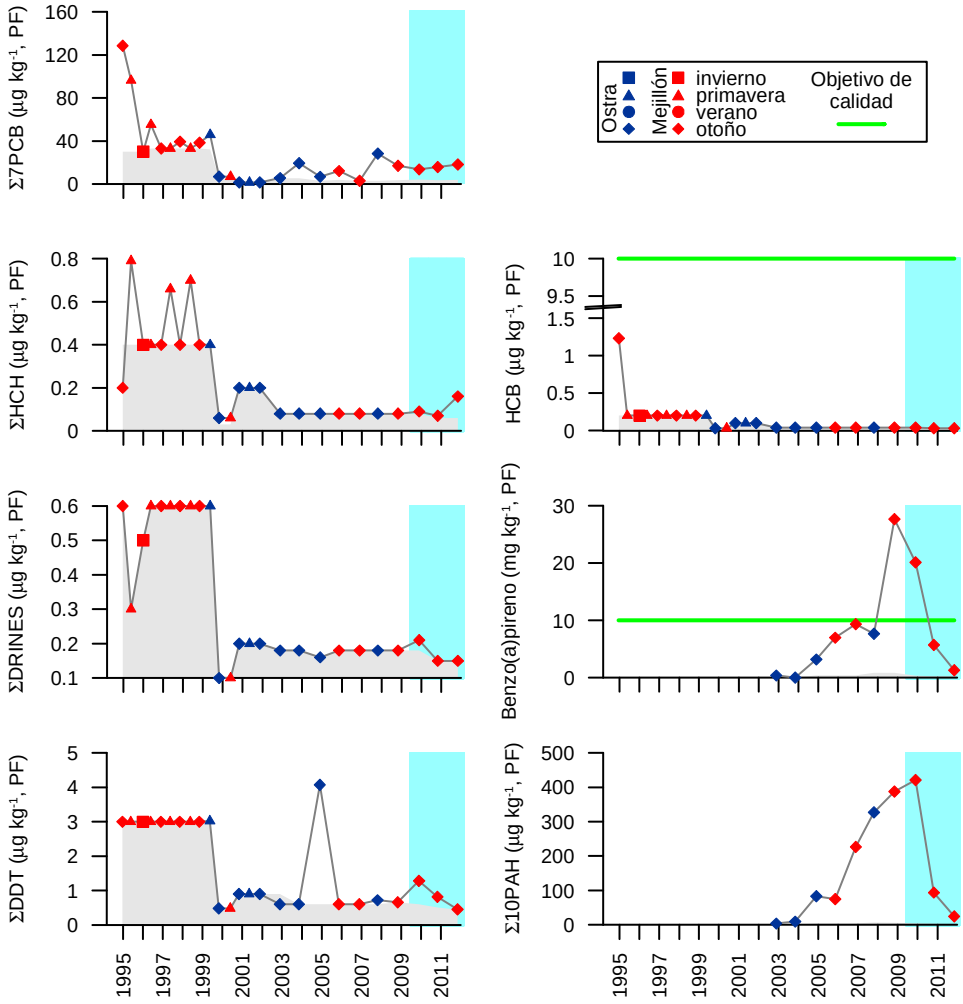


Figura 181 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-OK10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En el caso de los policlorobifenilos **(PCBs)** se han sumado las concentraciones de los congéneres analizados, con objeto de poder compararlos con otros lugares. Hay que tener en cuenta que el dato puede variar al ser menos o más los congéneres estudiados en otras zonas. La concentración de PCBs en la estación I-OK10 en otoño de 2011 (18 µg kg^{-1}) es similar a las concentraciones observadas en esta estación en los muestreos más recientes. Los valores guía que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (Nauen, 1983) oscilan entre 1 a 5 ppm. Si se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs encontradas a lo largo del periodo de estudio están muy alejadas de este valor.

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). La concentración en los años más recientes es inferior al límite de detección correspondinete (en 2011, 0,45 µg kg^{-1}), aunque en 2009 (1,3 µg kg^{-1}) y 2010 (0,8 µg kg^{-1}) se supera ligeramente. A lo largo del periodo de estudio, el objetivo de calidad selecionado (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado.

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). En los años más recientes la concentración ha sido inferior o muy próxima al límite de detección. La concentración más elevada de HCH en el estuario del Oka se dio en primavera de 1995, 0,79 µg kg^{-}

[1]. Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, esta concentración se encuentra muy por debajo de dicho límite.

Las variaciones observadas en la concentración de **HCB** a lo largo del periodo de estudio se deben, en general, al cambio en el límite de detección. Así, sólo en el otoño de 1994 se superó el límite de detección correspondiente (0,20 µg kg^{-1}) y se alcanzó una concentración de 1,23 µg kg^{-1}, valor muy inferior al valor límite para este compuesto, 200 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones de los **drines** (aldrín, dieldrín, e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, desde otoño de 2002 se estudian los **PAH** en moluscos (Borja *et al.,* 2003). Se observa un aumento discontinuo desde dicho año hasta la campaña de 2009 (421 µg kg^{-1}) y una descenso pronunciado en 2010 (94 µg kg^{-1}) y 2011 (25 µg kg^{-1}). La concentración de benzo(a)pireno en 2011 (1 µg kg^{-1}) es inferior a la permitida para el consumo según el Reglamento (CE) n° 208/2005 (10 µg kg^{-1}), mientras que en 2008 (28 µg kg^{-1}) y 2009 (20 µg kg^{-1}) se superó dicho límite.

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación podría ser de Zona tipo A (apta para el marisqueo), según el derogado Real Decreto 571/1999. Actualmente la zona de producción de moluscos localizada en la margen derecha de la parte más externa del este estuario está clasificada como zona B (Solaun *et al.*, 2011), por lo que permanece abierta al marisqueo (siendo necesaria la depuración de los bivalvos extraídos) entre octubre de 2011 y marzo de 2012.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al.,* 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (véase Borja *et al.,* 2003). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los mejillones recolectados en el estuario del Oka, la clasificación general sería de no contaminado, con contaminación ligera por Cu.

En cuanto a los compuestos orgánicos, rara vez alcanzan los límites de detección, por lo que se puede considerar que los moluscos de este estuario no están contaminados por compuestos orgánicos. Los PAHs superan los límites de detección correspondientes, pero no alcanzan los límites establecidos para el consumo según las recomendaciones de la OMS.

7.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011 la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como **'Deficiente' en E-OK10 y 'Buena' en E-OK20.** Ambas estaciones presentan una tendencia estadísticamente significativa al empeoramiento entre 1997 y 2011 en el caso de la estación E-OK20 y entre 2002 y 2011 en el caso de la E-OK10 (Figura 182).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, la estación E-OK10 no cumple para el amonio y el porcentaje de saturación de oxígeno, mientras que la estación E-OK20 no cumple para el amonio.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en el punto E-Ok10 de control el estado físico-químico, basado en las sustancias prioritarias y especificas, es buena en las dos estaciones.

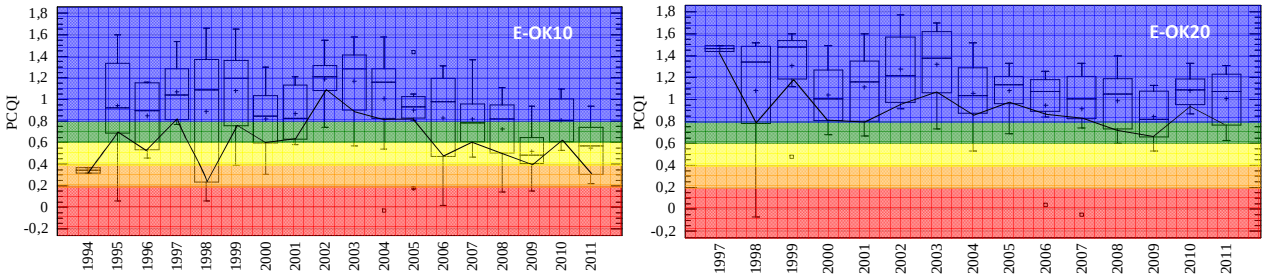


Figura 182 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-OK10 y E-OK20 de la masa de agua de transición del Oka Exterior. La línea negra representa la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-OK10	E-OK20	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,0023	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	0,004	0,003	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,16	0,185	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,3	0,4	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,1	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,1	1	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,14	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,325	0,788	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	21,25	26,5	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,975	5,25	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Bueno	

Tabla 155 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Oka Exterior en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011, en esta masa de agua, de forma global, alcanza el buen estado químico. De esta forma se recupera la tendencia a un buen estado químico que se observaba desde 2005, a excepción de 2010 (Tabla 156).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	Cd (sedimento)
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	No alcanza buen estado	Pb
2011	Bueno	-

Tabla 156 Estado químico de la masa de agua de transición Oka Exterior en los años 2004-2011.

7.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

En este estuario se dan, periódicamente, importantes modificaciones del perfil del cauce, de la profundidad de éste, modificaciones de la corriente, etc., debidas a los dragados que suelen hacerse. A pesar de ello, en 2006 no ha habido alteraciones, por lo que se ha calificado como **'Muy Bueno.'** Por otro lado, a partir del informe realizado en 2004, sobre presiones e impactos (Borja *et al.*, 2004e), se ha determinado que el estuario fue perdiendo superficie a lo largo del siglo XX, al irse ganando terreno al mar por la construcción de lezones para hacer huertas. Otra obra significativa fue la canalización del interior del estuario, lo que cambió la configuración. A pesar de ello el estuario mantiene un alto grado de naturalidad y, a través de las actuaciones recogidas en el mencionado informe, se podría aumentar aún más.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 8 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL LEA

Pasaia, junio de 2012

TOMO 8 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL LEA 253

8.1 Resumen estado ecológico. Lea 255

8.2 Estaciones de muestreo 257

8.3 Macroinvertebrados bentónicos 257
8.3.1 Parámetros estructurales 257
8.3.2 Calidad biológica 259

8.4 Fauna ictiológica 259
8.4.1 Estructura y composición de la comunidad 259
8.4.2 Calidad biológica 262

8.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 263
8.5.1 Fitoplancton 263
8.5.2 Macroalgas 266

8.6 Indicadores Fisicoquímicos 271
8.6.1 Caracterización físico-química en aguas 271
8.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 275
8.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 281
8.6.4 Evaluación del estado 285

8.7 Indicadores hidromorfológicos 286

8.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. LEA

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta Masa de agua.

Respecto a las fuerzas motrices, se puede indicar que sufre la presión directa de una población de menos de 25.000 habitantes, que implica una densidad de 175,2 habitantes km^{-2}. Respecto a establecimientos industriales se alcanza el número de 577, considerándose que implica poca presión industrial y la presencia de actividad de astillero. El puerto de Lekeitio es un puerto pesquero, aunque con gran número de embarcaciones de recreo. Cuenta con 2 astilleros, una rampa, una grúa de 6 t, talleres de reparaciones y carpintería de ribera, tomas de agua, combustible y electricidad y helipuerto. Se puede considerar la existencia de marisqueo ilegal ocasional. Respecto a la explotación agrícola-ganadera se le asocia al estuario del Lea un total de 444 explotaciones en 4.166 Ha.

En la Masa de agua los 5 aliviaderos de tormentas existentes no suponen una presión importante en número. Sin embargo, sí es importante la regulación del cauce, habiéndose identificado 12 tramos modificados (27% de las presiones del estuario). También son importantes las presiones relacionadas con los asentamientos portuarios, con 10 presiones detectadas (22%) entre amarres, fondeaderos, señalizaciones, canalizaciones...

Esta masa de agua está sometida globalmente a una presión baja; y las presiones principales provienen de los vertidos de la depuradora. Hasta hace unos años vertía unos 800.000 $m^3.a^{-1}$ dentro o fuera del estuario, dependiendo de la época del año, pero ahora vierte a la zona costera. Esto podría explicar algunos de los cambios detectados en algunos elementos, como la mejora en las macroalgas y bentos.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE) determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico (Tabla 157), manteniendo el buen estado químico desde 2004 (Tabla 158). Sin embargo, en la parte externa no alcanza el buen estado, debido al Cd.

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en sustancias prioritarias y especiificos, es muy bueno en la estación E-L5 y aceptable para la estación E-L10 (Tabla 157), por su parte, el estado físico-químico, basado en los elementos que soportan a los biológicos, está en muy buen estado (Tabla 159).

En la Tabla 159 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Lea para la campaña 2011.

En el estuario del Lea, la estación más interior (E-L5), incorporada a la Red de Vigilancia en el año 2002, presenta un estado ecológico aceptable, habiendo empeorado este año, respecto de los anteriores. Aunque antes había mejorado, debido fundamentalmente a la mejora en la físico-química y la de todos los elementos biológicos, hasta encontrarse en muy buen estado el bentos, las algas y el fitoplancton. Sin emnargo, en 2011 parece darse una regresión en la calidad, con los peces clasificados en estado entre deficiente y aceptable y las macroalgas entre aceptable y bueno. Esta peor calidad en 2011 se da especialmente en la parte interna. En estudios de años anteriores de la Red de Calidad de Ríos se ha determinado que el tributario principal presenta una calidad mejor que la del estuario, aunque en los últimos años esto parecía mejorar.

La estación E-L10 es la que ha experimentado un cambio más drástico a lo largo del seguimiento de la Red, puesto que en 1995 tenía una contaminación media y a partir de entonces puede considerarse no contaminada, empeorando ligeramente en 1999 para volver a mejorar a partir de 2000. La mejoría entre 1995 y 1996 coincidió con la entrada en funcionamiento del saneamiento de la cuenca. En cambio, el empeoramiento de 1999 puede deberse a vertidos o reboses ocurridos a lo largo de 1998 y observado también en otros compartimentos del sistema, con un intento de restauración del equilibrio en 2000. A partir de 2002-2003 hay un descenso en el porcentaje de saturación de oxígeno. Esta estación presenta en 2011 un estado ecológico 'aceptable' (Figura 183) (bueno o muy bueno en todos los elementos, excepto el aceptable de peces), debido al no cumplimiento de la calidad química, aunque se cumple la predicción realizada en años anteriores de que evolucionaría positivamente. Golbalmente, la masa de agua ha empeorado de buen a aceptable estado.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-L5	E-L10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	0,01	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,00375	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,011	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	0,011	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,51	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	1,7	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,08	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,6	0,5	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,11	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	1,75	Cumple
Estado Quimico				Bueno	No alcanza	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	10	11,25	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,9	1,1	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Aceptable	

Tabla 157 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Lea en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 158 Estado químico de la masa de agua de transición Lea en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-L5	MB	A	B	D	A	MB	Sí	No	MB	A	6	0.1	0.6	6
E-L10	MB	B	MB	A	B	MB	Sí	Sí	MB	A	6	0.9	5.4	

Tabla 159 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Lea, en 2011.

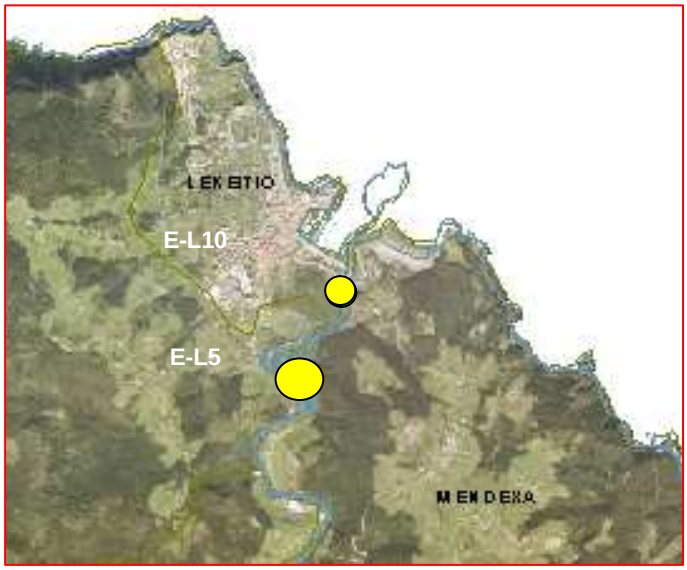


Figura 183 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la Masa de agua del Lea: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

8.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Lea se analiza anualmente un total de 2 estaciones estuáricas y una estación de moluscos. Por otro lado, en 2002, 2005 y 2008, se analizaron tres estaciones para vida piscícola y 6 estaciones para macroalgas en estuarios, que se han vuelto a muestrear en 2011. Las posiciones de todas ellas se observan en la Tabla 160.

Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo
E-L10	Lekeitio (molino) (Lea)	540707,41	4801146,60	Estuarios
E-L5	Lekeitio (astillero)(Lea)	540240,71	4800773,33	
M-EL1	Lea Zona 01.Estuario Macroalgas	540717,93	4801424,30	Estuarios (Macroalgas)
M-EL2	Lea Zona 02.Estuario Macroalgas	540755,46	4801030,21	
M-EL3	Lea Zona 03.Estuario Macroalgas	540436,44	4800864,44	
M-EL4	Lea Zona 04.Estuario Macroalgas	540524,01	4800823,78	
M-EL5	Lea Zona 05.Estuario Macroalgas	540251,90	4800720,57	
M-EL6	Lea Zona 06.Estuario Macroalgas	540489,61	4800432,82	
I-L10	Lekeitio (puente) (Lea)	540714,54	4801184,19	Estuarios (Moluscos)
ALE	Lea (Arrastre zona exterior estuario)	540712,59	4801150,67	Estuarios (Vida piscícola)
ALM	Lea (Arrastre zona media estuario)	540491,83	4800830,72	
ALI	Lea (Arrastre zona interior estuario)	540318,27	4800627,29	

Tabla 160 Estaciones de muestreo en el estuario del Lea

8.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

8.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Lea, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 161.

La estación E-L5, la más interna de las dos estaciones muestreadas en la masa de agua presenta un sedimento constituido en su mayor parte por limos (63,5%) y arenas (34,2%) y altos contenidos en materia orgánica (8,3%). Estos sedimentos parecen propicios para el desarrollo de la comunidad reducida de *Macoma*, característica de la mayoría de los estuarios de la CAPV. Dicha comunidad, presente en E-L5, muestra en 2011 la densidad más alta de todo el periodo de estudio para esta estación (549 ind·m^{-2}).

Muchas de las especies características de la comunidad reducida de *Macoma* están representadas en la comunidad de esta estación. Dominan en abundancia el crustáceo isópodo *Cyathura carinata* (259 ind.m^{-2}), el grupo de oligoquetos (96 ind·m^{-2}), el molusco gasterópodo *Peringia ulvae* (68 ind·m^{-2}), el poliqueto errante *Hediste diversicolor* (67 ind·m^{-2}) y las larvas de dípteros (45 ind.m^{-2}). Cabe recordar que *C. carinata* y *Streblospio shurbsolii* son las especies dominantes prácticamente desde el inicio del seguimiento de esta

estación en 2002 (en 2002, 2003, 2006, 2007, 2010 y 2011, y en 2004 y 2005, respectivamente).

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN	
		E-L5	E-L10
Densidad	nº·m^{-2}	549	105
Biomasa	g·m^{-2}	0,625	0,949
Riqueza	nº	8	12
Diversidad número	bit·ind^{-1}	2,17	2,87
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	1,49	1,19
Equitabilidad número		0,72	0,80
Equitabilidad biomasa		0,50	0,33
Diversidad máxima	bits	3,00	3,58
AMBI		3,39	2,15
Clasificación AMBI		Alteración Moderada	Alteración Ligera

Tabla 161 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Lea.

La densidad más baja se registró en la campaña de 2009 (35 ind·m^{-2}), aunque nunca se han estimado valores de densidad muy altos (Figura 184). La biomasa (0,6 g·m^{-2}) también es baja, pero es la segunda mayor de todo el seguimiento (máxima en 2004: 1,1 g·m^{-2}).

El índice de diversidad calculado a partir de los datos de densidad (2,17 bit·ind^{-1}) es relativamente alto para esta estación, como consecuencia de una distribución relativamente equitativa de las abundancias de las especies en la comunidad (Tabla 161).

La calificación de la estación E-L5 en términos de AMBI es de alteración moderada (AMBI=3,39) (Tabla 161). Exceptuando el año 2009, presenta dominancia de especies tolerantes (grupo ecológico III) y valores de AMBI centrados entre 3,3 y 4,2 (Figura 185).

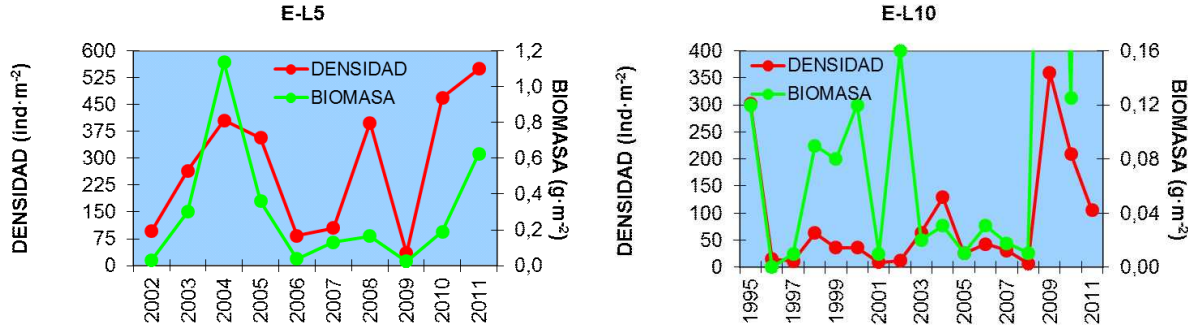


Figura 184 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-L5 y E-L10 (Lea).

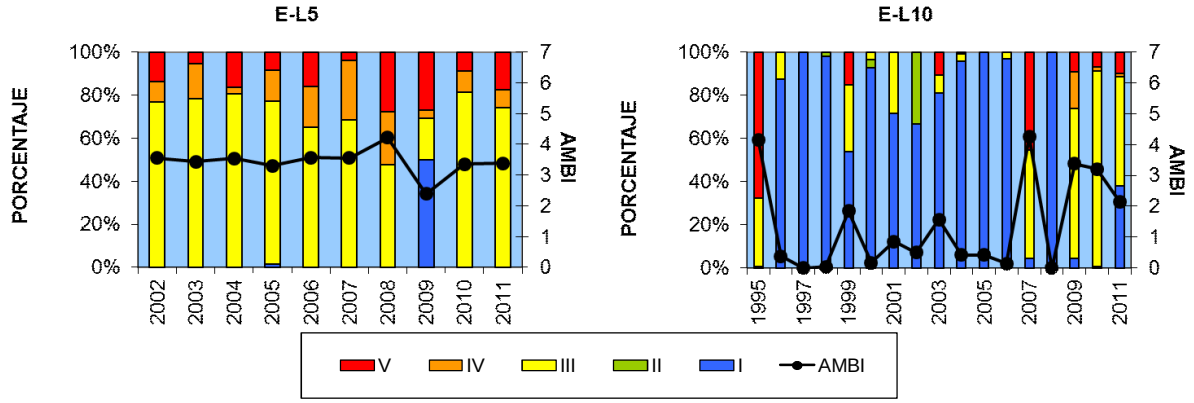


Figura 185 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-L5 y E-L10 del Lea.

La segunda estación muestreada en el estuario del Lea (E-L10), más próxima al mar que la anterior, presenta un sedimento más arenoso (98%), con menor contenido en materia orgánica (1,4%).

Esta estación presenta habitualmente densidades bajas, con el valor máximo en 2009 (360 ind·m^{-2}). En 2011 la densidad disminuye a 105 ind·m^{-2}. La biomasa, a pesar de ser baja (0,9 g·m^{-2}), es la máxima del periodo de estudio (Figura 184, Tabla 161). También la diversidad para las abundancias aumenta (2,87 bit·ind^{-1}), alcanzándose el máximo del seguimiento. Por último, la riqueza específica (11 *taxa*) alcanza el segundo mayor valor del seguimiento (máxima, 13 *taxa* en 1995).

En 2011, los *taxa* dominantes son la almeja *Tapes* sp. (33 ind·m^{-2}), *C. carinata* (25 ind·m^{-2}), el grupo de los oligoquetos (11 ind·m^{-2}), *H. diversicolor* (9 ind·m^{-2}) y *S. shrubsolii* (8 ind·m^{-2}). El resto de especies muestran densidades inferiores a 5 ind.m^{-2}.

La estación presenta una alteración ligera (AMBI=2,15) (Tabla 161), siendo el grupo ecológico III el dominante (Figura 185), como viene haciendo desde 2007 (salvo en 2008, en que dominó el GE I), lo que implica un empeoramiento con respecto al período 1996-2006.

8.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las dos estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

Por un lado, la estación **E-L5** presenta **Buen Estado** (Figura 186), con una tendencia temporal positiva de los valores de M-AMBI desde el inicio del seguimiento, aunque el EQR estimado para la presente campaña de 2011 sea el menor de las últimas 5 campañas (desde 2007, la estación presentaba Muy Buen Estado).

Por otro lado, la estación **E-L10** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 186) con una evolución temporal bastante irregular, donde situaciones de mejora se alternan con situaciones de empeoramiento. De esta manera, la estación alcanzó la máxima calificación en 1995, 1999, 2001, 2009 y 2010; mientras que en 1997 y 2005, la calidad empeoró hasta el Estado Aceptable. Como ya se ha comentado en informes anteriores, estas situaciones de empeoramiento de la calidad estarían relacionados con episodios de disminución de oxígeno, tal y como ocurriera a partir de 2003. A partir de 2005 se observa una progresiva recuperación.

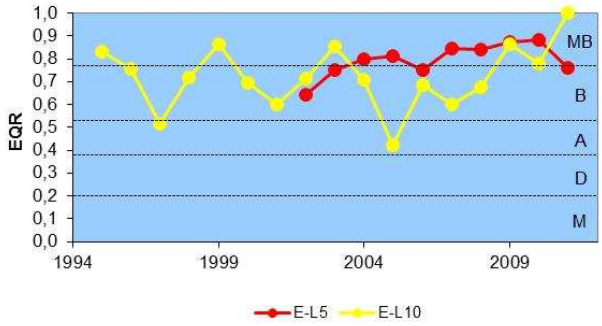


Figura 186 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua de transición del Lea

8.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

8.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Las muestras de fauna demersal que fueron recogidas durante la campaña de campo de 2011 han sido identificadas a nivel de especie, al igual que en los años 2002, 2005 y 2008. Las estaciones o transectos muestreados se pueden ver en la Figura 187.

En general, se recogió muy poca fauna en comparación con años precedentes. Se detectaron algunos problemas asociados a la altura mareal y, a pesar de intentarse un nuevo muestreo, ésta no pudo llevarse a cabo. Por tanto, el próximo año 2012 se volverá a muestrear este estuario para comprobar si los datos obtenidos en 2011 son correctos o ha sido un artefacto de muestreo. En función de los resultados obtenidos, estos resultados serán confirmados o corregidos. No obstante, a continuación se analizarán los resultados obtenidos.

En la campaña realizada en 2011 fueron recogidos un total de cinco taxones (dos peces y tres crustáceos) en las distintas estaciones del estuario, siendo todas ellas especies habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad, principal condicionante de la vida en estas zonas de transición.

En este estuario existen datos del año 2002, 2005 y 2008 (Borja *et al.*, 2003, 2006, 2009) pertenecientes al estudio “Red de Seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco”. El total de especies identificadas en el muestreo de 2002 fue de nueve (tres peces y seis crustáceos), en 2005 fue de trece (nueve peces y cuatro crustáceos) y en 2008 de seis (un pez y cinco crustáceos) (Figura 93).

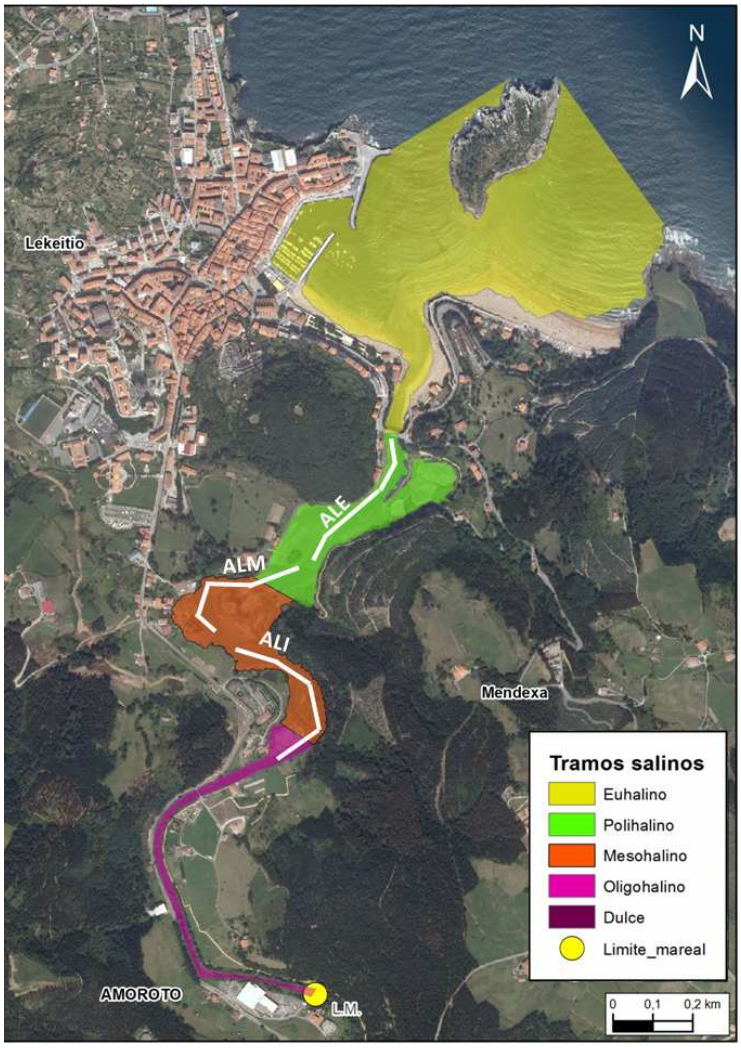


Figura 187 Tramos muestreados en el estuario del Lea en el año 2011 (tramo exterior ALE, tramo medio ALM, tramo interior ALI).

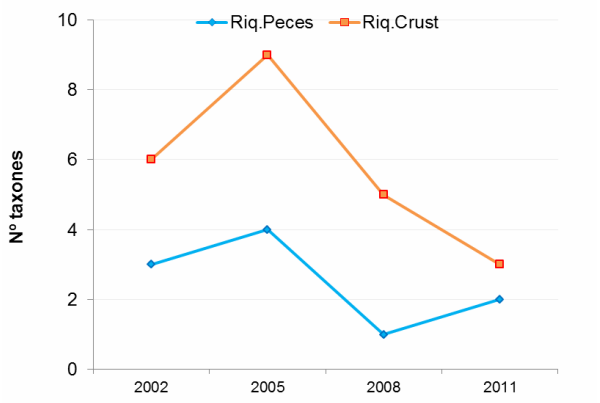


Figura 188 Evolución del número de taxones de peces y crustáceos identificados en los muestreos entre 2002 y 2011 en la masa de agua de transición del Lea.

La Tabla 120 muestra los taxones capturados en cada uno de los tramos muestreados en el año 2011 (exterior-ALE, medio-ALM e interior-ALI). Este año se ha capturado por primera vez en este estuario el gobio *Lesueurigobius friesii*, y ninguna especie fue encontrada distribuida por todo el estuario. En este sentido, en 2008, las tres especies de crustáceos recogidas este último año, *Palaemon* sp. (quisquilla común), *Carcinus maenas* (cangrejo verde) y *Pachygrapsus marmoratus* (cangrejo cuadrado), se encontraban distribuidas por todo el estuario; y las dos últimas, también lo estaban en 2005.

TAXONES	ALE	ALM	ALI
CRUSTÁCEOS			
Quisquilla común - *Palaemon serratus*	X		
Cangrejo verde - *Carcinus maenas*	X		
Cangrejo cuadrado - Pachygrapsus marmoratus		X	
PECES			
Gobio de Fries - Lesueurigobius friesii			X
Sargo - Diplodus sargus			X

Tabla 162 Taxones identificados en cada una de las estaciones de la masa de agua de transición del Lea (ALE tramo exterior, ALM tramo medio, ALI tramo interior).

En la Tabla 100 se muestran las abundancias y densidades de cada una de las especies capturadas por estación. Las mayores capturas, dentro de la mencionada pobreza, han sido registradas en el tramo exterior.

TAXONES	Estación ALE		Estación ALM		Estación ALI	
	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})
CRUSTÁCEOS						
Quisquilla común - *Palaemon serratus*	1	20,00				
Cangrejo verde - *Carcinus maenas*	3	20,00				
Cangrejo cuadrado - Pachygrapsus marmoratus			1	20,00		
PECES						
Gobio de Fries - Lesueurigobius friesii					1	20,00
Sargo - Diplodus sargus					1	20,00

Tabla 163 Abundancia (nº de individuos) y densidad (individuos por hectárea) de los taxones identificados en cada una de las estaciones de la masa de agua de transición del Lea (ALE tramo exterior, ALM tramo medio, ALI tramo interior).

Con objeto de definir la estructura de la comunidad, la Tabla 101 muestra algunos parámetros estructurales (riqueza, abundancia, densidad y diversidad) medidos en las distintas estaciones de la masa de agua de transición del Lea en 2002, 2005, 2008 y 2011. En general, los valores más elevados se encuentran en el tramo exterior, aunque lo más destacable es el progresivo descenso de todos los valores observado en todos los tramos con el paso del tiempo, hasta llegar a unos valores realmente bajos en 2011, como se refleja en la diversidad cuyos valores se encuentran entre 0 y 1.

En comparación con 2008, todos los parámetros han descendido sus valores en 2011 excepto la abundancia y riqueza de peces en el tramo interior que, en ambos casos, ha pasado de 1 a 2.

Estación	ALE				ALM				ALI			
Par. estructurales	2002	2005	2008	2011	2002	2005	2008	2011	2002	2005	2008	2011
Riqueza	7	10	6	2	6	7	3	1	5	9	4	2
Riqueza peces	2	6	1	0	1	4	0	0	2	5	1	2
Nº de individuos	221	137	10	4	66	230	11	1	148	118	12	2
Nº de individuos peces	48	41	1	0	21	33	0	0	53	26	1	2
Densidad	1371,7	799,8	83,1	40	357,9	1212	45,9	20	776,4	683,5	61,4	40
Diversidad	2,15	2,78	2,45	0,81	2,08	2,04	1,31	0	1,71	2,28	1,73	1

Tabla 164 Parámetros estructurales: riqueza (nº de especies), abundancia (nº de individuos), densidad (individuos por hectárea) y diversidad de Shannon medidos en cada una de las estaciones de la masa de agua de transición del Lea (ALE tramo exterior, ALM tramo medio, ALI tramo interior).

En la Figura 94 se muestra la variación de los parámetros estructurales de la riqueza de peces y riqueza de crustáceos, en la Figura 95 el número de individuos y en la Figura 96 la diversidad a lo largo de los últimos diez años en cada uno de los tramos muetsreados.

Exceptuando los aumentos puntuales observados en 2005 (en la riqueza de peces en los tres tramos, abundancia de crustáceos en el tramo medio y diversidad en los tramos externo e interno) y 2011 (en la riqueza de peces), todos los parámetros reflejan un descenso progresivo en sus valores hasta llegar al mínimo de 0 en algunos casos.

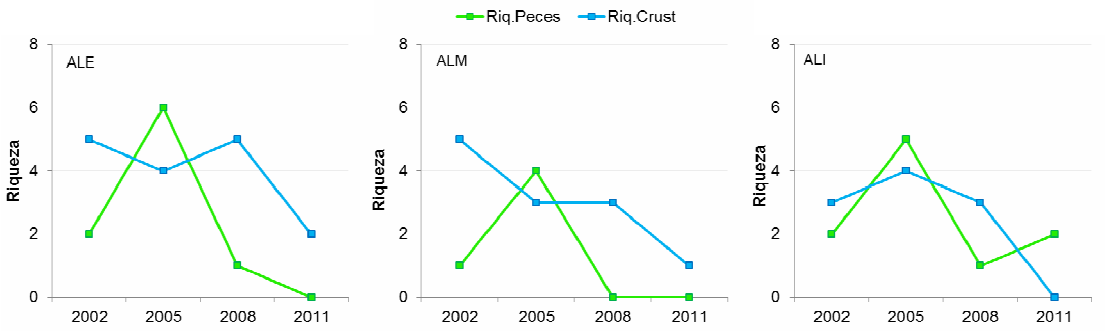


Figura 189 Evolución temporal de la riqueza de peces (color verde) y riqueza de crustáceos (color azul) en la estación exterior (ALE), media (ALM) e interior (ALI) de la masa de agua de transición del Lea. Se muestran los registros correspondientes a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2002, 2005, 2008, 2011).

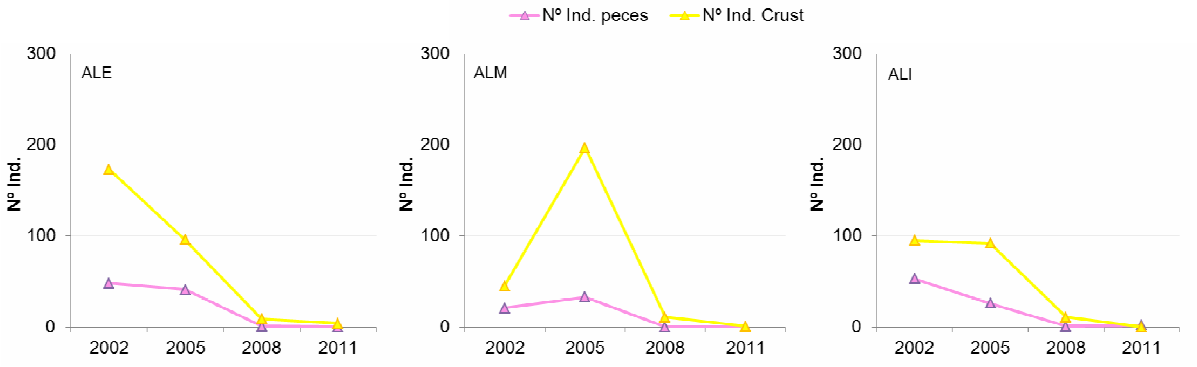


Figura 190 Evolución temporal de la abundancia de peces (color rosa) y abundancia de crustáceos (color amarillo) en la estación exterior (ALE), media (ALM) e interior (ALI) de la masa de agua de transición del Lea. Se muestran los registros correspondientes a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2002, 2005, 2008, 2011).

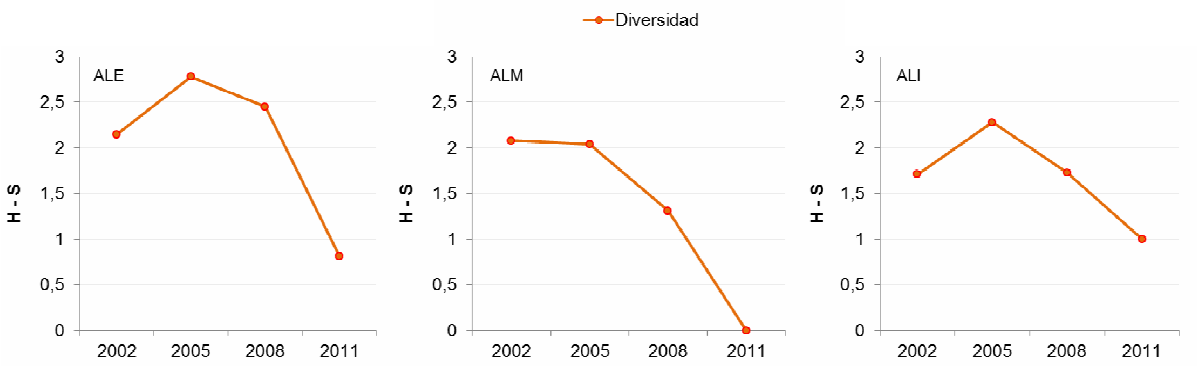


Figura 191 Evolución temporal de la diversidad en la estación exterior (ALE), media (ALM) e interior (ALI) de la masa de agua de transición del Lea. Se muestran los registros correspondientes a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2002, 2005, 2008, 2011).

8.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica. Para ello, se han utilizado los datos obtenidos en los muestreos realizados los años 2002, 2005, 2008 y 2011.

La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1. En la Tabla 165 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio.

Estación/año	ALE				ALM				ALI			
Parámetros	2002	2005	2008	2011	2002	2005	2008	2011	2002	2005	2008	2011
Riqueza	3	5	3	1	3	3	1	1	3	3	3	1
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Esp. Indicadoras contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Peces planos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Omnívoros	3	3	1	1	3	3	1	1	3	3	1	3
Piscívoros	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
Especies residentes (nº)	5	5	5	3	5	5	3	1	3	5	3	1
Especies residentes (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTUACIÓN	29	31	27	23	29	29	23	21	27	29	25	25
AFI	0,56	0,61	0,50	0,39	0,56	0,56	0,39	0,33	0,50	0,56	0,44	0,44
CALIDAD BIOLÓGICA	B	B	A	A	B	B	A	D	A	B	A	A

Tabla 165 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica de peces demersales en cada una de las estaciones. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interna (ALI), media (ALM) y externa (ALE). AFI: AZTI's Fish Index.

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, especies indicadoras de contaminación y salud piscícola son los que favorecen la calidad biológica, alcanzando los valores máximos en toda la serie de datos. En 2011 la presencia de peces planos contribuye con un valor mínimo a la calidad en todos los tramos del estuario. A su vez, en las tres estaciones se observa la misma tendencia de disminución en la riqueza y número de especies residentes, aunque en diferente medida.

De esta manera, el estado de la calidad biológica piscícola alcanzada el año 2011 presenta el valor más bajo obtenido hasta la fecha en todos los tramos del estuario, calificándose la parte externa e interna de la masa de agua como **Aceptable** y la parte media como **Deficiente**. Sin embargo, se piensa que los datos obtenidos este año no están en consonancia con la evolución del estuario, por lo que esta evaluación podría estar influenciada por factores naturales o factores ligados al muestreo. Es por ello que se volverá a repetir el muestreo en 2012, con objeto de confirmar si este dato es correcto.

A su vez, en la Figura 125, se resume cómo ha variado la calidad biológica del estuario del Lea entre los años 2002, 2005, 2008 y 2011. El estado de la calidad biológica piscícola alcanzado en el año 2011 presenta puntuaciones inferiores (o iguales) a los obtenidos en años anteriores en los tres tramos del estuario.

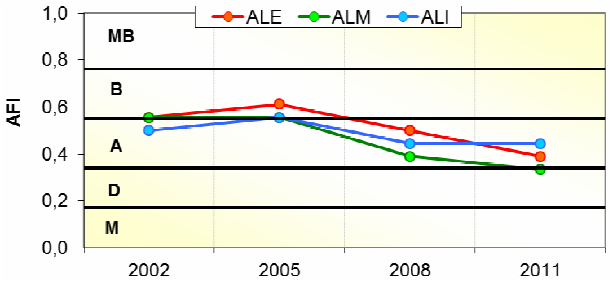


Figura 192 Valores de la calidad biológica obtenidos para cada estación entre los años 2002 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interior (ALI), medio (ALM) y exterior (ALE). AFI: AZTI's Fish Index.

En cuanto a la clasificación de los tramos, la parte externa e interna se mantienen como Aceptables: la parte externa desciende su puntuación debido al descenso de su riqueza y número de especies residentes, pero se mantiene dentro de **Aceptable**; y la parte interna repite puntuación ya que el descenso de la riqueza y número de especies residentes, viene compensado con el aumento de piscívoros y omnívoros. Mientras tanto, la parte media empeora al estado de **Deficiente** por el descenso del número de especies residentes.

Para establecer la calidad biológica en peces de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1. La Figura 193 muestra cómo ha evolucionado la calidad biológica en el estuario del Lea entre los años 2002, 2005, 2008 y 2011. En ella se aprecia una evolución negativa, ya que se pasa de un estado Bueno en 2002 y 2005, a **Aceptable** en 2008 y se mantiene en 2011 pero alcanzando, además, la puntuación más baja lograda hasta la fecha.

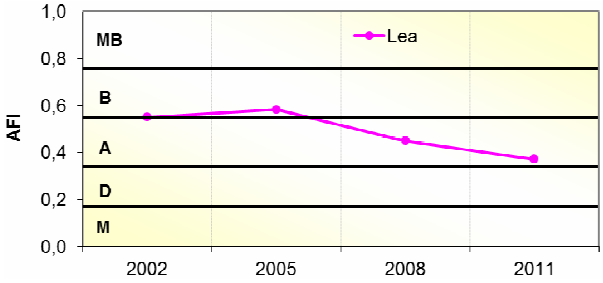


Figura 193 Valores de la calidad biológica obtenidos en la masa de transición del Lea entre los años 2002 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

La mejora detectada en 2005 se debe posiblemente a que en abril de 2005 finalizó la obra de remodelación de la EDAR de Lekeitio construida entre 1993 y 1995. En la EDAR de Lekeitio se recogen también las aguas residuales de Amoroto y parte de Mendexa. A su vez, en 2006 finalizó el saneamiento del puerto (sistema propio de control de vertidos urbanos y tanque de laminación para vertidos de las conserveras), y en 2007 terminaron las obras de reposición de las redes del casco antiguo del municipio.

8.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

8.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

La concentración de clorofila se midió en superficie y en dos estaciones, situadas en la zona superior (E-L5) y media-exterior (E-L10) del estuario. Los muestreos se realizaron en cuatro ocasiones a lo largo del año (invierno, primavera, verano y otoño) y en dos situaciones de marea (pleamar y bajamar), con lo cual se obtuvo un conjunto de 16 datos.

La relación de la concentración de clorofila con la salinidad en las campañas de 2011 se muestra en la Figura 194. La salinidad abarcó un rango muy amplio (1,5-33,3 UPS). La clorofila no mostró grandes picos, estando comprendida entre 0,7 y 5,5 µg l^{-1}. El máximo de clorofila se detectó en verano en la estación de cabecera (E-L5), durante la bajamar, con salinidad de aproximadamente 6 USP. Para este estuario, la magnitud y los patrones de variabilidad espacial y estacional de la

clorofila en el año 2011 fueron muy similares a los observados en 2010.

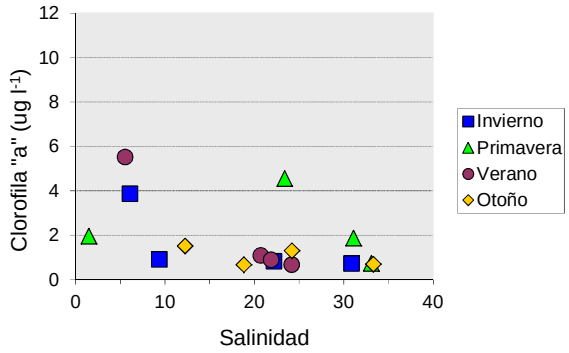


Figura 194 Variación de la concentración de clorofila a lo largo del gradiente salino del estuario del Lea en las cuatro épocas de estudio durante 2011. Los datos son de superficie, en pleamar y bajamar.

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en el estuario del Lea se ha calculado el percentil 90 para periodos móviles de seis años (Figura 195). Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton.

Como puede apreciarse en la Figura 8, en la estación E-L5 (mesohalina), la clorofila ha ido en descenso desde 2002, partiendo de aproximadamente 6 µg l^{-1}, hasta situarse en unos 4 µg l^{-1} actualmente. En la estación E-L10 (polihalina), donde la serie abarca desde el año 1995, se aprecian oscilaciones en una franja de variación bastante similar a la de la cabecera.

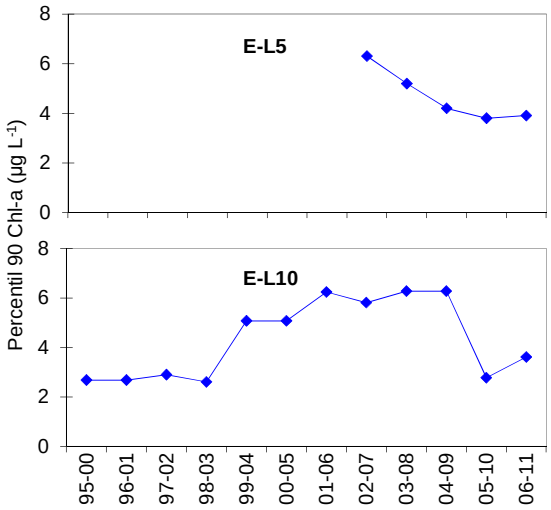


Figura 195 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Lea. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino el percentil 90 de la clorofila normalmente no supera los 8 µg l^{-1}. Por lo tanto, el estuario del Lea se encuentra en el rango de los valores normales respecto a la concentración de clorofila. En las estaciones exteriores de otros estuarios de la costa vasca también se han observado oscilaciones en el percentil 90 de la clorofila (por ejemplo, en el Butroe, Artibai, Deba, Urola y Oria). Estas zonas, por su localización, son generalmente las que tienen menor influencia antrópica dentro de los estuarios, desde el punto de vista de la eutrofización, estando sometidas a una mayor advección mareal y ocupadas en pleamar por comunidades fitoplanctónicas de la costa. Por lo tanto, los cambios observados en la clorofila en la zona media-exterior del Lea podrían estar ligados a cambios en las condiciones océano-meteorológicas a mayor escala espacial (factores como: insolación, turbiedad, aporte de nutrientes mediado por la pluviosidad y el caudal fluvial, estratificación frente a mezcla vertical, afloramiento frente a hundimiento, etc.).

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 166 se muestran las variables que describen, de forma general, a la comunidad fitoplanctónica en el estuario del Lea. Los datos se refieren a las aguas de superficie, en pleamar. No se realizaron muestreos en invierno y otoño, debido a que se esperan muy bajas concentraciones de fitoplancton en dichas épocas del año en la mayoría de los estuarios.

La abundancia total del fitoplancton fue del orden de 10^5-10^6 células l^{-1}. Se observó un patrón de aumento hacia la zona interior del estuario. El valor máximo se observó en verano, con $1{,}7 \cdot 10^6$ células l^{-1}.

Estación	E-L5	E-L10
Fecha	09/05/2011	09/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	887	303
Diversidad (bit/cel)	2,4	2,8
Riqueza (Nº especies)	19	16
Estación	E-L5	E-L10
Fecha	24/08/2011	24/08/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	1.699	1.168
Diversidad (bit/cel)	3,0	2,8
Riqueza (Nº especies)	14	21

Tabla 166 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Lea. Los datos son de superficie, en pleamar.

Las diatomeas no fueron un taxón importante en cuanto a abundancia celular en el Lea, salvo en el caso de las pequeñas formas pennales (posiblemente bentónicas).

En primavera el taxón más abundante en la cabecera (además de las diatomeas pennales) fue la prasinofícea *Tetraselmis* spp., algunas criptofitas y pequeños flagelados. En la estación más exterior se

observó una contribución algo mayor de las haptofitas y los dinoflagelados.

En verano, las comunidades tuvieron una composición muy similar en ambas zonas del estuario, con un carácter muy diverso. Además de los taxones citados en primavera, también se observó el dinoflagelado *Kryptoperidinium foliaceum* (que alcanzó $0{,}3 \cdot 10^6$ células l^{-1} en la estación de cabecera), la euglenofita *Eutreptiella* sp. y pequeñas diatomeas. La clorofícea (*Chlamidomonas* cf. *coccoides*) se observó sólo en la zona exterior, aunque en la cabecera se contó un número mayor de pequeñas formas cocoides no identificadas.

En cuanto a las especies potencialmente tóxicas o nocivas, las abundancias fueron en general bajas. En la zona exterior se identificaron la diatomea *Pseudo-nitzschia* spp. (< 3µm) con ~11.000 células l^{-1}, y con densidades del mismo orden el dinoflagelado *Prorocentrum micans* y la haptofita *Chrysochromulina* spp. También se observó *Kryptoperidinium foliaceum,* éste con mayor densidad en la zona interior.

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en anteriores informes, el fitoplancton en la masa de agua de transición del Lea se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 196 se muestra el valor del indicador calculado con los datos de clorofila "a" (percentil 90). En la estación E-L5 el valor del indicador es 3,91 µg l^{-1} (n=48) lo cual corresponde a un estado "Muy bueno". En la estación E-L10, el valor es 3,62 µg l^{-1} (n=48), indicando también un estado "Muy bueno", en base a la concentración de clorofila.

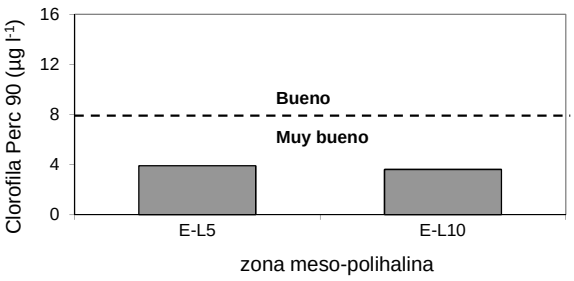


Figura 196 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Lea. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

En la Figura 197 se muestra el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica. En la estación E-L5 la frecuencia de floraciones durante los últimos seis años es 12,5%, lo cual corresponde a un estado "Muy bueno". En la estación E-L10 la frecuencia es 16,7%, indicando también un estado "Muy bueno".

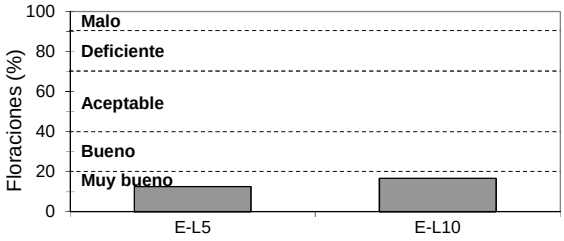


Figura 197 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Lea. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

Tras realizar la integración de los dos indicadores, como se indica en la Tabla 167, el estado global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 en el estuario del Lea se clasifica como "Muy bueno" en ambas estaciones de muestreo, con un EQR de 1,000.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-L5	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
E-L10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)

Tabla 167 Estuario del Lea. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

En la Tabla 168 se muestra la evolución del estado del fitoplancton a lo largo de periodos móviles de seis años, comenzando en 2002. El **estado** se clasificó como **"Muy bueno"** en toda la serie temporal, con valores de EQR muy altos. De hecho, entre las masas de agua de transición del País Vasco y durante los mismos años sólo se ha visto que el EQR global del fitoplancton alcanza el valor máximo (1,000) en el estuario del Oria.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Lea	MB (0,947)	MB (0,933)	MB (0,933)	MB (1,000)	MB (1,000)
E-L5	MB	MB	MB	MB	MB
E-L10	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 168 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Lea, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

8.5.2 MACROALGAS

Como en 2002, 2005 y 2008, la masa de agua de transición del Lease dividió en 2011 en 6 zonas, numeradas del 1 al 6 desde la desembocadura hacia el interior (Figura 103). Las zonas se nombran del siguiente modo: M de "macroalgas", E de "estuario" y L de "Lea", seguido del número (ej.: M-EL2). En la Tabla 106 se muestran los índices de cobertura de cada especie de macroalga para cada una de las zonas.

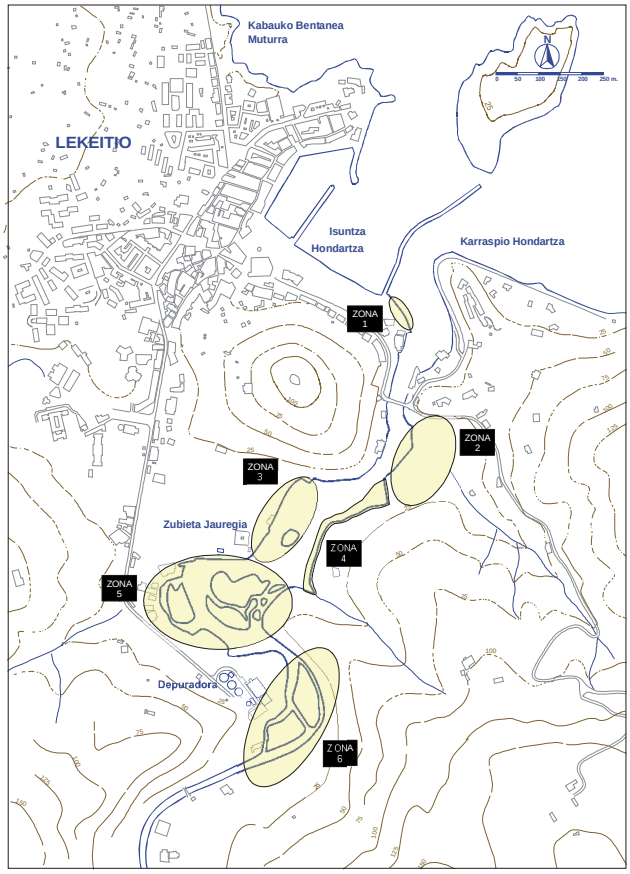


Figura 198 Zonas de estudio de macroalgas en la masa de agua de transición del Oka Exterior.

ZONA M-EL1

Sobre un pequeño muro en la margen izquierda de la desembocadura del estuario, junto a la playa de Isuntza, se desarrolla una comunidad típica de algas fotófilas intermareales, dominada por *Fucus spiralis* var. *limitaneus*, *Gelidium pusillum* y *Ulva* sp. En general, la zona mantiene características similares a las de campañas anteriores, si bien aumenta ligeramente *F. spiralis* y disminuye la cobertura de clorofíceas filamentosas del género *Ulva*, que forman un cinturón continuo de 1,5 m de anchura y 60% de cobertura en la parte superior de la comunidad algal. Este valor es sensiblemente superior a los observados en 2002 (20%) y 2005 (50 %), pero inferior al observado en 2008 (90%).

La tercera especie característica del área, *G. pusillum* alcanza valores de cobertura (60%) similares a los registrados en 2002 y 2005, aumentando respecto a 2008.

Por su proximidad al mar, dicha comunidad no puede considerarse estuárica.

ZONAS	M-EL1		M-EL2		M-EL3		M-EL4		M-EL5		M-EL6	
Superficie (m^2)	120		16.400		19.000		4.500		30.000		11.000	
Área ocupada por macroalgas (m^2)	60		9.000		15.000		1.500		11.000		1.100	
Índice	IC	ID	IC	ID	IC	ID	IC	IC	IC	ID	ID	ID
XANTHOPHYCEAE												
Vaucheria sp.							6	3	3	1		
CLOROPHYCEAE												
Filamentosas	5	5	6	3	4	4	6	4	6	5	6	5
Laminares			4	3	1	2	6	4	5	3		
PHAEOPHYCEAE												
Fucus ceranoides											2	1
Fucus spiralis limitaneus	5	4										
RHODOPHYCEAE												
Bostrychia scorpioides							3	2				
Gelidium pusillum	5	4										
Gracilaria sp.			5	4								
ANGIOSPERMAE												
Zostera noltei					6	4	5	2	6	4		
Total Cobertura Algal (%)	50		55		79		33		37		10	

Tabla 169 Especies de macrófitas identificadas en cada una de las zonas estudiadas en la masa de agua del Lea el día 10 de mayo de 2011. Se representan: Índice de Cobertura (IC), Índice de Distribución (ID) (ver escalas en el Tomo 1), la cobertura total de la estación y la superficie ocupada.

ZONA M-EL2

La llanura de inundación del antiguo molino mareal "Maria Errota", construido en el siglo XVIII, configura una superficie inundable de 16.400 m^2.

La naturaleza fangosa de los sedimentos situados en en la parte central de la llanura y la protección frente al hidrodinamismo que ofrece el muro del molino permiten el desarrollo de *Gracilaria* sp., que presenta coberturas de hasta el 60% (cobertura mínima desde el inicio del estudio) en la zona del carrizal (Foto 1-2011). La feofícea *Fucus ceranoides*, de la que en campañas anteriores sólo se detectaron ejemplares aislados, no se ha encontrado en la presente campaña de 2011.



En campañas anteriores, las clorofíceas laminares (*Ulva* sp.) aparecían únicamente en el canal principal de comunicación con el estuario, donde la inmersión constante a durante todo el ciclo mareal favorece su desarrollo. Como en 2008, esta campaña colonizan zonas más extensas, entremezclándose con *Gracilaria* sp., aunque su máximo desarrollo sigue localizado en el canal (Foto 2-2011). También el talud de piedras que delimita parte del canal presenta un recubrimiento de clorofíceas filamentosas, con una cobertura del 80%.



ZONA M-EL3

Situada en las proximidades del palacio Zubieta, se encuentra una zona de unos 19.000 m^2, cuya mitad norte está ocupada por sustrato limos sobre el que se asienta una pradera de *Zostera noltei* (Foto 3-2011).

Desde el inicio del estudio, esta fanerógama está en continua expansión. En 2002 su distribución era reducida, con coberturas medias del 10%, alcanzándose únicamente densidades reseñables (50-60%) en pequeñas áreas muy puntuales. A partir de 2005 se puede empezar a hablar de una pradera desarrollada con coberturas importantes (70-80%) en áreas más extensas. En 2008 se mantenían las coberturas, siendo la extensión de la pradera notablemente superior. En la actualidad alcanza la máxima cobertura (80-90%) y extensión (2.500 m^2) desde el inicio del estudio.



El mayor desarrollo de *Z. noltei* en 2011 viene acompañado por la desaparición de *Gracilaria* sp., especie que llegaba a formar una pradera mixta con coberturas de hasta el 30% en campañas anteriores.

En la zona M-EL3 se localiza también un islote de 1.000 m^2 bordeado por una banda rocosa en cuya base, la pradera mixta de *Z. noltei* y *Gracilaria* sp. es sustituida por algas clorofíceas. Las clorofíceas filamentosas del género *Ulva* son las más representadas, con coberturas aproximadas del 50-60% (similares a las de campañas anteriores). En menor proporción, se pueden observar también ejemplares de clorofíceas laminares, que limitan su distribución a las charcas de marea.

En 2011, *Z. noltei* ha comenzado a colonizar la plataforma fangosa situada al sur del islote, con varias manchas de 2 m^2 y 70% de cobertura (Foto 4-2011).

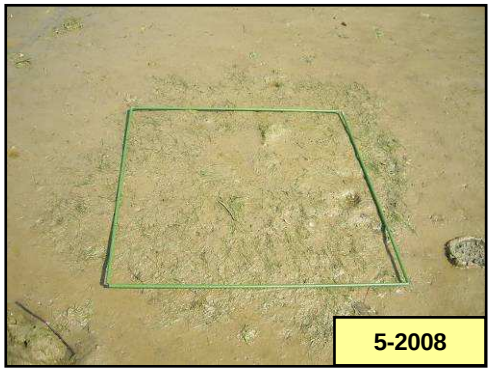


ZONA M-EL4

A lo largo de 300 m de la ribera derecha del estuario, lindando con el bosque Telleriaburua, se puede distinguir una zona con dos partes claramente diferenciadas.

En el límite entre la zona de influencia mareal y el bosque aparece una curiosa comunidad que se distribuye en una franja de apenas 2 m de ancho. Su peculiaridad se debe a la presencia de macrófitas marinas (*Ulva* sp. y *Bostrychia scorpioides*) junto a briofitos y líquenes. En dicha franja, y a mayor altura sobre el nivel de marea, el sustrato se encuentra recubierto mayoritariamente por musgos (75% de cobertura), sobre los que se asienta *Ulva* sp. (10 %). A menor altura, desaparecen los briofitos y aparecen *B. scorpioides* (5 % de cobertura) y, sobre todo, clorofíceas filamentosas del género *Ulva*, con coberturas similares a las de 2005 (60%).

La segunda parte corresponde a una pequeña playa de 3.500 m^2 de extensión, recubierta por rocas de pequeño y mediano tamaño en el 30% de su superficie. En campañas anteriores el sustrato era de naturaleza arenosa, lo que condicionaba que el recubrimiento algal quedara reducido a las rocas, siendo las clorofíceas filamentosas del género *Ulva* las únicas macrófitas representativas. A partir de 2008, cambiaron las características granulométricas de la zona, constatándose un notable predominio de sedimentos fangosos. Este enfangamiento permitió el asentamiento de *Z. noltei*, especie hasta entonces representada únicamente en la zona M-EL3. En 2008, el desarrollo era muy limitado, y aunque las coberturas eran aparentes (30-40%) se encontraron únicamente 5 manchas aisladas de apenas 1 m^2 de extensión (Foto 5-2008). En 2011, dicha fanerógama alcanza mayor desarrollo en la zona, tanto en cobertura (60%) como en extensión (manchas de hasta 7 m^2) (Foto 6-2011).





Como en 2008, se observa un cinturón discontinuo, de hasta 2 m de ancho, de clorofíceas laminares del género *Ulva* (Foto 7-2011). Como ocurría en la zona M-EL2, no se ha observado presencia de *F. ceranoides*.



En la parte más próxima al muro del molino Maria Errota, aparecen manchas aparentes de *Vaucheria* sp. (Foto 8-2011), no encontradas en campañas anteriores.



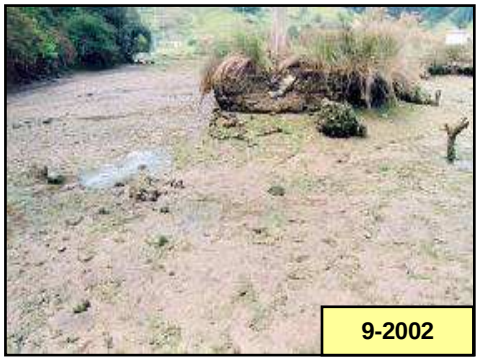
ZONA M-EL5

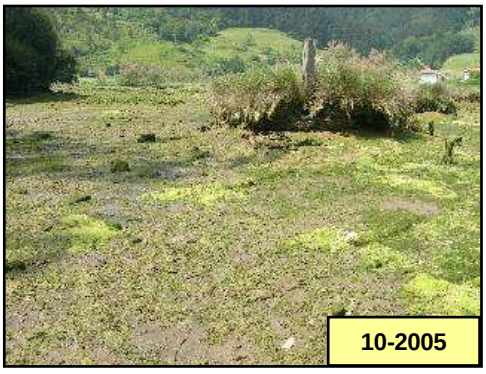
A la altura del astillero se distingue una amplia zona que se puede dividir en tres partes bien diferenciadas: las instalaciones exteriores del propio astillero (rampa y paredes), un conjunto de islas atravesadas por canales y la zona más próxima al cauce.

La rampa del astillero y los muros adyacentes presentan un aspecto similar al observado en campañas previas, estando recubiertos por clorofíceas filamentosas hasta una altura de aproximadamente 1,5 m.

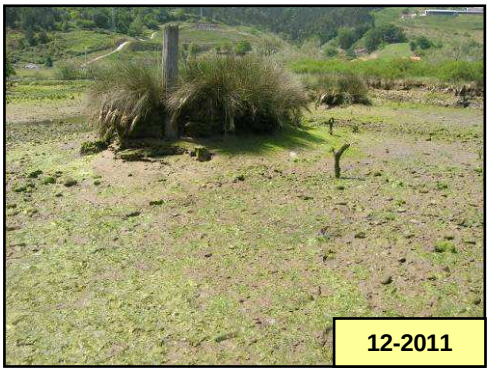
El sistema de islas, con una extensión aproximada de 22.000 m^2, está separado por el cauce del estuario en una isla de 5.500 m^2 y otra de 16.500 m^2. En 2002, el sedimento fangoso de las islas estaba recubierto por clorofíceas filamentosas (20-30% de cobertura). En 2005 su desarrollo fue superior, alcanzándose valores superiores al 90%. En 2008, en cambio, disminuyó, quedando reducido a pequeños cinturones que bordeaban las islas, con coberturas similares a las de 2002 (Fotos 9-2002, 10-2005 y 11-2008). En 2011 (Foto 12-2011), la cobertura de clorofíceas filamentosas vuelve a aumentar y es similar a la de 2005.

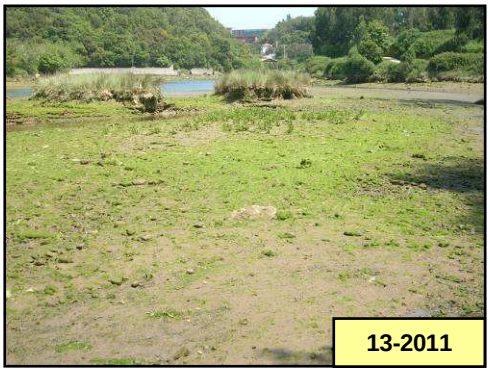
En campañas anteriores, las clorofíceas laminares del género *Ulva* se localizaban en los canales que atraviesan las islas. En 2008 se observó que su área de distribución se extendió a las plataformas de fango adyacentes, aunque con coberturas pequeñas (20%). En 2011, su cobertura alcanza el 60% (Foto 13-2011).











La rodofícea *Gracilaria* sp. se detectó por primera vez en la campaña 2008, en dos manchas a ambos lados del canal principal: una de 150 m^2 con 10% del cobertura (Foto 14-2008) en la margen derecha y un cinturón conspicuo de 150 m de largo y 2 m de ancho (Foto 15-2008) con una cobertura máxima del 90% en la izquierda. En 2011, el cinturón de la ribera izquierda se ha reducido a matas dispersas.



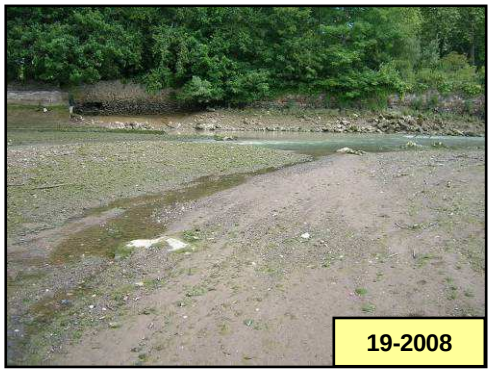

15-2008

Como en M-EL-3 y M-EL4, se constata un mayor desarrollo de *Z. noltei*: las 7 manchas de 1-5 m^2 y 60% de cobertura descritas en 2008 (Foto 16-2008), se unen en una pradera más o menos discontinua (Foto 17-2011) de 350 m^2 de superficie y 90% de cobertura máxima. Además, *Z. noltei* está colonizando el entrante de 900 m^2 que comunica con el paseo del bosque Telleriaburua (Foto 18-2011), con dos manchas de 10 m^2 y hasta 80% de cobertura. En dicho entrante, aparecen, además, pequeñas manchas de *Vaucheria* sp. (5% de cobertura


16-2008


17-2011


18-2011


19-2008

Por último, en las áreas más cercanas al cauce, gran cantidad de cantos depositados sirven como soporte a algas verdes filamentosas del género *Ulva*, que alcanzan mayor desarrollo que en campañas anteriores, con coberturas de hasta el 90 % (Fotos 19-2008 y 20-2011).

Desaparecen los ejemplares de F. ceranoides localizados en la campaña 2008.

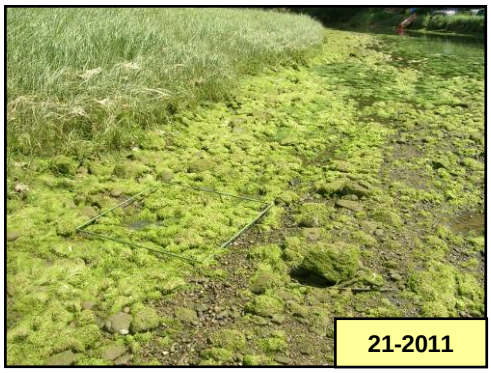

20-2011

ZONA M-EL6

Junto a la depuradora, dos islas con una extensión de 4.500 m^2 y 5.600 m^2 definen la zona límite en la que el ecosistema comienza a ser fluvial.

En esta zona se encuentra la única población de *F. ceranoides* de la masa de agua. Aparecen matas aisladas en un canal adyacente a la depuradora, en la isla situada al sur. A lo largo del periodo de estudio, la distribución de esta feofícea en el estuario del Lea ha sido muy limitada, con presencia de ejemplares aislados en la práctica totalidad de las campañas, excepto en 2008 cuando se alcanzaron coberturas del 20-30%.

El desarrollo de las clorofíceas filamentosas del género *Ulva* es el más elevado desde el inicio del estudio alcanzo coberturas de hasta el 90% (Foto 21-2011).



CALIDAD BIOLÓGICA

En la Tabla 170 se observan los datos obtenidos para la masa de agua de transición del Lea en 2011 con objeto de calificar cada tramo. La metodología utilizada se explica en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d).

En la presente campaña de 2011, la calificación es de 'Buen Estado' para el tramo más exterior de la masa de agua y de 'Estado Aceptable' para el tramo interior (Tabla 170). Por tanto, se aprecia un empeoramiento de la calidad de las comunidades de macrófitos en ambos tramos, ya que en 2008 presentaban 'Muy Buen Estado', y vuelve a obtener la calificación que les correspondió en 2002, al inicio del seguimiento.

El empeoramiento se debe, básicamente, a que en las cuatro zonas más internas aumenta la cobertura de especies indicadoras de contaminación en detrimento de la cobertura de las no indicadoras.

La valoración global para la masa de agua, aplicando al conjunto de zonas delimitadas la misma media ponderada que se hace para el cálculo por tramo, es de '**Estado Aceptable**', debido a la superficie relativa mucho mayor del tramo interior, frente al tramo exterior.

INDICADORES	M-EL1	M-EL2	M-EL3	M-EL4	M-EL5	M-EL6
1- Riqueza	3	3	3	3	3	3
3- Cobertura indicadores contaminación	3	3	5	1	3	5
4- Cobertura media algas sin indic contamin.	5	5	1	1	1	1
5- Ratio verdes/resto	5	3	5	3	3	1
SUMA=	16	14	14	8	10	10
CALIFICACIÓN AREA=	B	B	B	D	A	A
EQUIVALENCIA=	8	8	8	4	6	6
SUPERFICIE DE LA ZONA=	120	16.400	19.000	4.500	30.000	11.000
PORCENTAJE SOBRE EL TRAMO=	0,00	0,41	0,47	0,11	0,73	0,27
VALOR GLOBAL=	0,0	3,3	3,8	0,4	4,4	1,6
EQUIVALENCIA TRAMO=	7,6				6,0	
CALIFICACIÓN TRAMO=	B				A	
ESTACIÓN RED ASIGNADA=	E-L10				E-L5	

Tabla 170 Calificación de cada indicador de macroalgas y las equivalencias para la calificación de cada tramo de la masa de agua, asignado a cada estación de muestreo de la Red de Calidad, en la presente campaña de 2011

8.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

8.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

Debido a la morfología del estuario y a su situación respecto a la desembocadura, el nivel de superficie de la estación de control E-L10 responde bien a la dualidad de pleamar y bajamar excepto en las situaciones de fuerte avenida del río Lea.

En la Tabla 171 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en el estuario del Lea, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

Variable	Unidad	E-L5-S	E-L5-F	E-L10-S	E-L10-F
Temperatura	℃	15,46	16,38	16,45	16,73
Salinidad	USP	13,86	23,16	25,98	32,93
Agua fluvial	%	61,06	34,93	27,01	7,50
Saturación O2	%	89,48	94,26	89,94	85,28
pH		7,81	7,90	7,98	8,10
Silicato	µmol.dm^{-3}	53,63		31,64	
Amonio	µmol.dm^{-3}	8,56		6,91	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	0,54		0,39	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	32,96		22,22	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	67,19		46,94	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	0,59		0,39	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	1,14		0,81	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	113,76		102,23	

Tabla 171 Masa de agua del Lea. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico. F: fondo, S: superficie.

En el año 2011 el promedio de la temperatura del agua varía de 15.4º a 16.7ºC. La salinidad media del agua aumenta del interior al exterior del estuario siendo prácticamente salina en la desembocadura (33 USP). A partir de los datos de salinidad se ha calculado el porcentaje relativo de agua dulce en cada punto de muestreo. Así, la estación E-L5 registra un incremento de la presencia de agua de origen fluvial respecto a la estación E-L10.

El oxígeno disuelto, en promedio anual, no alcanza el 100% de saturación en ambas estaciones (promedio: 89.7%), lo que denota un cierto déficit de oxígeno en el que predominan procesos heterótrofos sobre los autótrofos. En cuanto a los nutrientes, se observa el característico patrón de dilución de las sustancias disueltas procedentes del río con el agua marina. Por otra parte, tanto en la zona interior como en la exterior se constata el predominio de las formas de nitrógeno oxidadas (nitrato y nitrito) frente a las reducidas (amonio). Ambas estaciones presentan valores similares de carbono orgánico total a los registrados en 2010.

En los datos generales se observa cierta influencia de la estacionalidad y de las fluctuaciones en el caudal en la composición de los aportes, con máximos de nitrato y silicato en invierno coincidentes con valores mínimos de salinidad.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En la mayoría de las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. Tal como se señala en el estudio de presiones e impactos (Borja et al., 2006a), el nivel de presión relacionado con la entrada de nutrientes es moderado en el estuario del Lea. Dentro de la alta variabilidad característica de los estuarios, y de fluctuaciones asociadas a la estacionalidad y a las diferentes condiciones hidrológicas, no se observa una tendencia a la disminución en los últimos años. Aunque en la estación E-L5 se registró el valor máximo de NID en 2005, en los últimos años se han observado subidas moderadas. En la estación E-L10, algunos de los máximos más importantes de NID se han registrado en los últimos años (Figura 199).

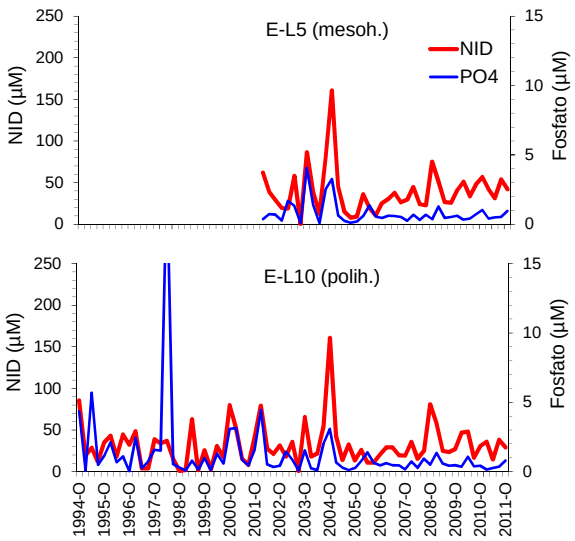


Figura 199 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en las estaciones E-L5 y E-L10. (O: otoño).

Para el fosfato el patrón de distribución temporal es algo diferente (Figura 199). Exceptuando un valor máximo detectado en primavera de 1998 en la estación E-L10, se observa una tendencia hacia la disminución de la concentración de fosfato en ambas estaciones.

En cuanto a la evolución del porcentaje de saturación de oxígeno de la estación E-L10 situada en la desembocadura, ésta experimentó un aumento de la saturación de oxígeno entre 1994 y 1996, para luego permanecer en una situación de sobresaturación hasta finales de 2001, en que se da un período de descenso en la saturación hasta 2003. Posteriormente, empieza a

aumentar hasta alcanzar valores superiores al 100% en 2009 (Figura 200). De 2009 a 2011 se observa un leve descenso, donde los valores se aproximan al 80% de saturación. Aunque la serie temporal de la estación E-L5, la que se encuentra en la cabecera del estuario, sea más corta, ésta sigue el mismo patrón que la estación de la desembocadura (E-L10) pero presenta una mayor variabilidad (Figura 200).

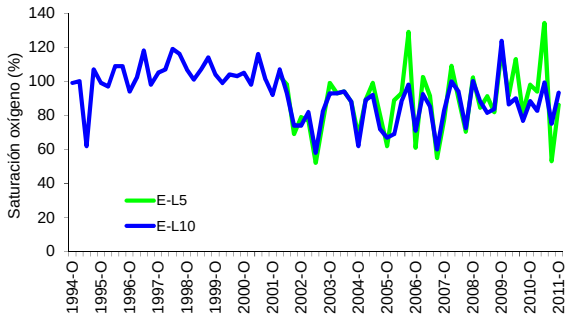


Figura 200 Evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el estuario del Lea (estaciones EL-5 y E-L10), media de pleamar y bajamar, superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie de las estaciones del estuario de Lea se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (2, 3 y 0,3 $\mu g \cdot l^{-1}$ respectivamente).

En la Figura 201 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1995 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las dos estaciones de muestreo del estuario (E-L5 y E-L10), hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

En general, no se observan tendencias bien definidas en la evolución de las concentraciones de los distintos metales en las aguas del estuario y predominan las oscilaciones en la mayoría de los metales, siendo, en general, estas concentraciones superiores en la parte más externa del estuario E-L10 (molino de Lekeitio) que en la interna E-L5 (astillero de Lekeitio). En el caso del cadmio, plomo y manganeso se observan máximos puntuales, que solamente sobrepasan el objetivo de calidad para el cadmio y plomo. Sin embargo, cabe destacar, que para estos metales la mayoría de los puntos se encuentran por debajo del límite de detección o muy cercanos a éste.

A pesar de que en 2005 se registro un descenso generalizado de las concentraciones respecto a años anteriores, en 2006 vuelven a aumentar las concentraciones para todos los metales excepto para hierro pero sin acercarse en ningún caso a los objetivos de calidad. Este año 2011 las concentraciones de manganeso y plomo se mantienen respecto al año anterior. La concentración de cadmio, zinc y niquel han ascendido en la estación E-L10, mientras que en la estación E-L5 han descendido. El cobre ha descendido en las dos estaciones de estudio. Solamente supera el objetivo de calidad el cadmio (0.2 $\mu g\ l^{-1}$) en la estación E-L10 en la campaña de verano, con un valor de 1.7 $\mu g\ l^{-1}$.

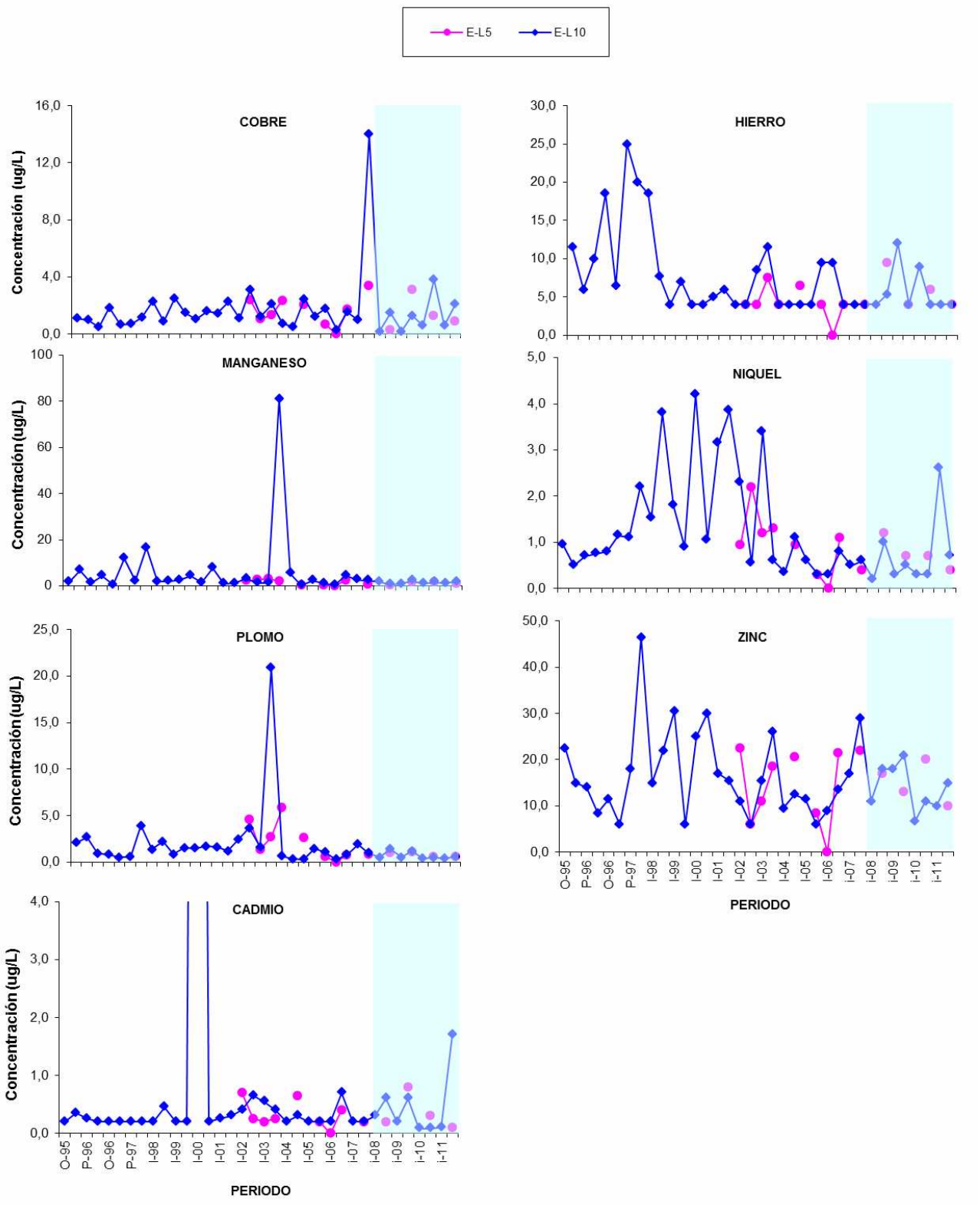


Figura 201 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario de Lea en el periodo que abarca desde otoño de 1995 a verano de 2006, desde el año 2007 sólo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

En la campañas de 2011 en el estuario de Lea se ha detectado (superan el límite de detección) la presencia de los siguientes congéneres de PAHs acenafteno en las dos estaciones de estudio y acenafteno, fenantreno, pireno y fluoranteno solamente en la estación E-L10. En el caso del naftaleno no se supera el objetivo de calidad establecido para el mismo (1.2 µg l^{-1}).

8.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en las estaciones E-L5 y desde el año 2002, en la estación E-L10 se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado. A partir de esta información, en la Figura 202 y en la Figura 203 se ha establecido una evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 172 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En relación a la variabilidad espacial, la estación más externa (E-L10) muestra un sedimento predominantemente arenoso, con valores superiores de potencial redox y ratio C/N y con menor contenido en materia orgánica y nitrógeno que la estación más interna (E-L5), que presenta un sedimento fangoarenoso.

En cuanto a la evolución temporal, en la estación E-L5, en las campañas más recientes, se observa un descenso discontinuo del contenido en materia orgánica. En el caso del carbono orgánico particulado y del nitrógeno orgánico partículado no se observa un patrón temporal definido en ninguna de las dos estaciones de estudio.

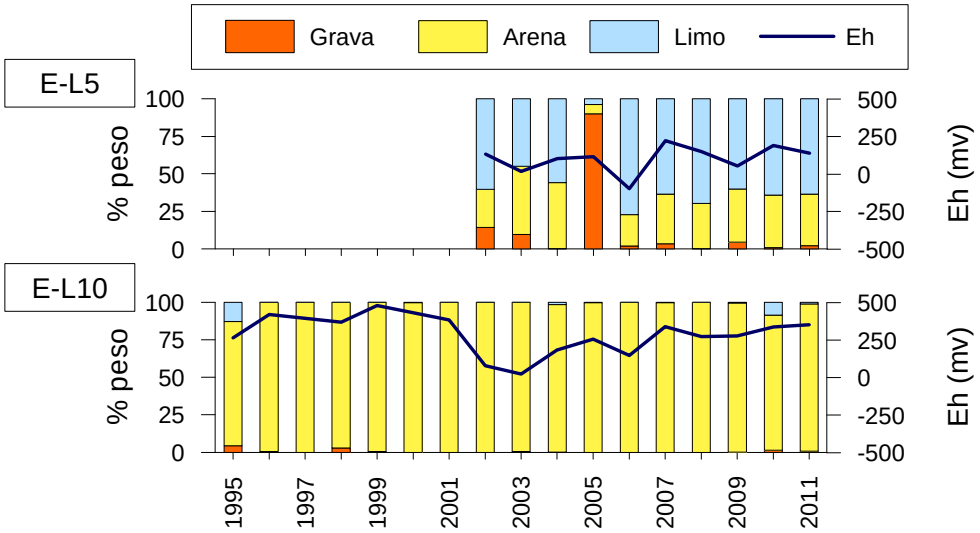


Figura 202 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-L5	2,21	34,25	63,54	8,32	139	2,84	0,21	13,51
E-L10	0,76	98,10	1,14	1,44	351	3,25	0,01	465,21

Tabla 172 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

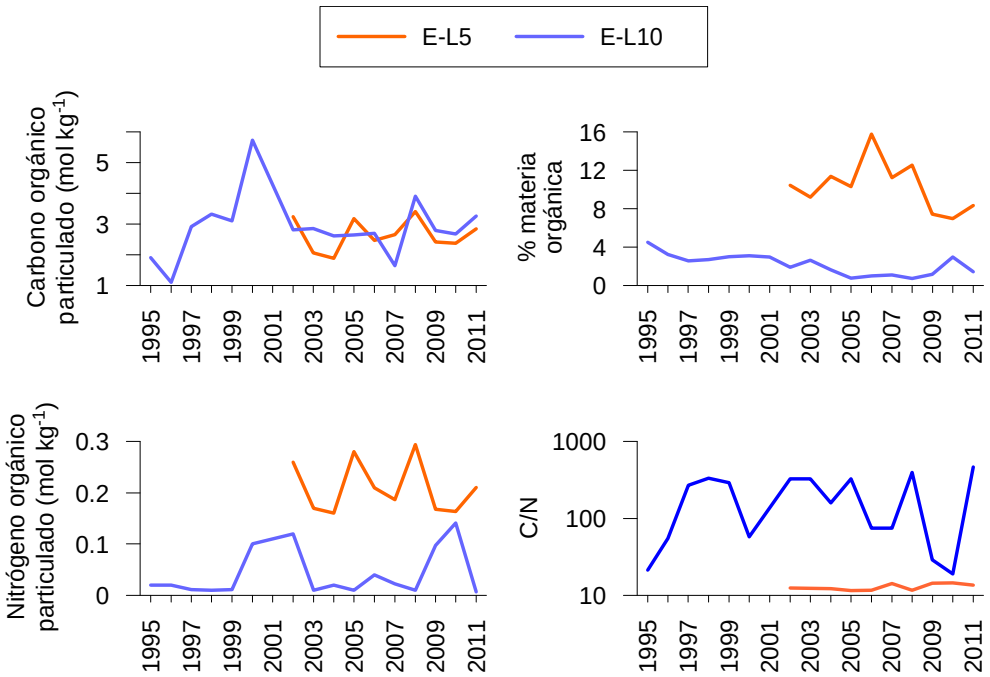


Figura 203 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

La Tabla 173 recoge las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011, donde se observa que ambas estaciones presentan concentraciones similares para todos los metales.

La Figura 204 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales desde 1995 en la estación E-L10 y desde 2002 en la estación E-L5.

En relación a la variabilidad espacial, durante las últimas campañas, no se observa ningún patrón espacial en el contenido de metales en ninguna de las dos estaciones de estudio.

En cuanto a la evolución temporal, durante las tres últimas campañas, todos los metales, excepto el Cd –en la estación E-L5– presentan concentraciones dentro del nivel de fondo. Además, no se observa ningún patrón temporal para ninguna ninguna de las dos estaciones.

Por otro lado, en la Figura 205 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. De esta manera, durante la última campaña, en ninguna de las dos estaciones ningún metal supera el valor PEL. Sin embargo, en la estación E-L5, todos los metales, excepto el Cd y el Pb, superan el valor TEL, lo que indica la existencia de riesgo bajo de afección sobre la biota.

En este punto, conviene recordar que aunque dichas concentraciones de metales puedieran implicar efectos biológicos negativos en la biota, tales concentraciones, como ya se ha comentado anteriormente, se encuentran en su mayoría por debajo del umbral del nivel de fondo.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
E-L5	0,12	23	43	26993	0,18	128	28,1	9	106
E-L10	0,07	15	36	38343	0,31	418	31,0	11	102
Media	0,10	19,0	39,2	32668	0,24	273	29,5	10,5	104
Desv. est.	0,04	5,6	5,0	8026	0,10	205	2,1	1,7	2

Tabla 173 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

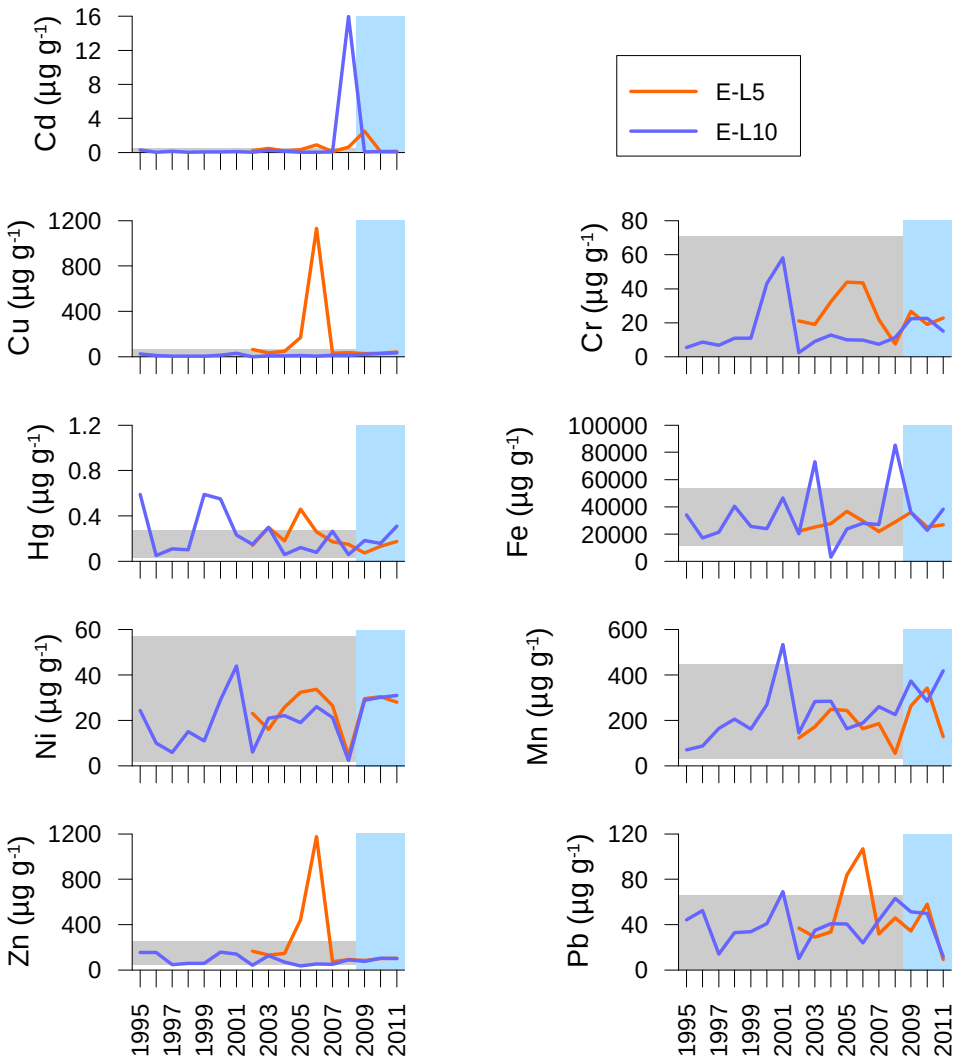


Figura 204 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

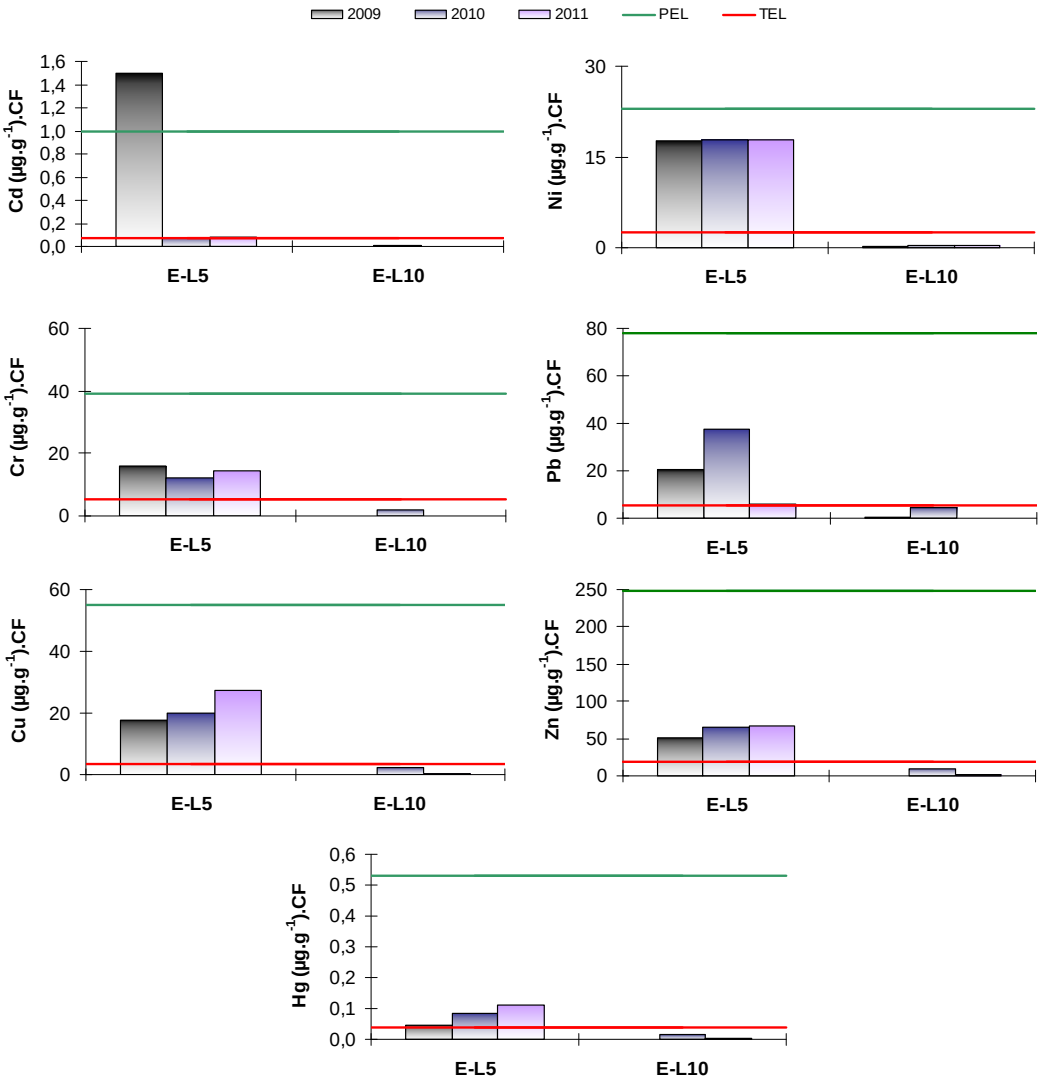


Figura 205 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Lea, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 174 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las dos estaciones de estudio. La Figura 206 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados desde 1995 en la estación E-L10 y desde 2002 en la estación E-L5.

En las últimas campañas, los compuestos orgánicos analizados presentan concentraciones generalmente inferiores o cercanas al límite de determinación analítico, excepto en el caso de los PAHs. Estos últimos muestran una tendencia ascendente de las concentraciones aunque sin superar el objetivo de calidad (44792 ng g^{-1}). Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos en ambas estaciones no implican efectos negativos sobre la biota.

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-L5	<0,30	<0,30	<0,30	2,60	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	74	3354
E-L10	<0,30	<0,30	<0,30	0,84	4,29	<1,00	<2,00	<0,2	<20	1197

Tabla 174 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

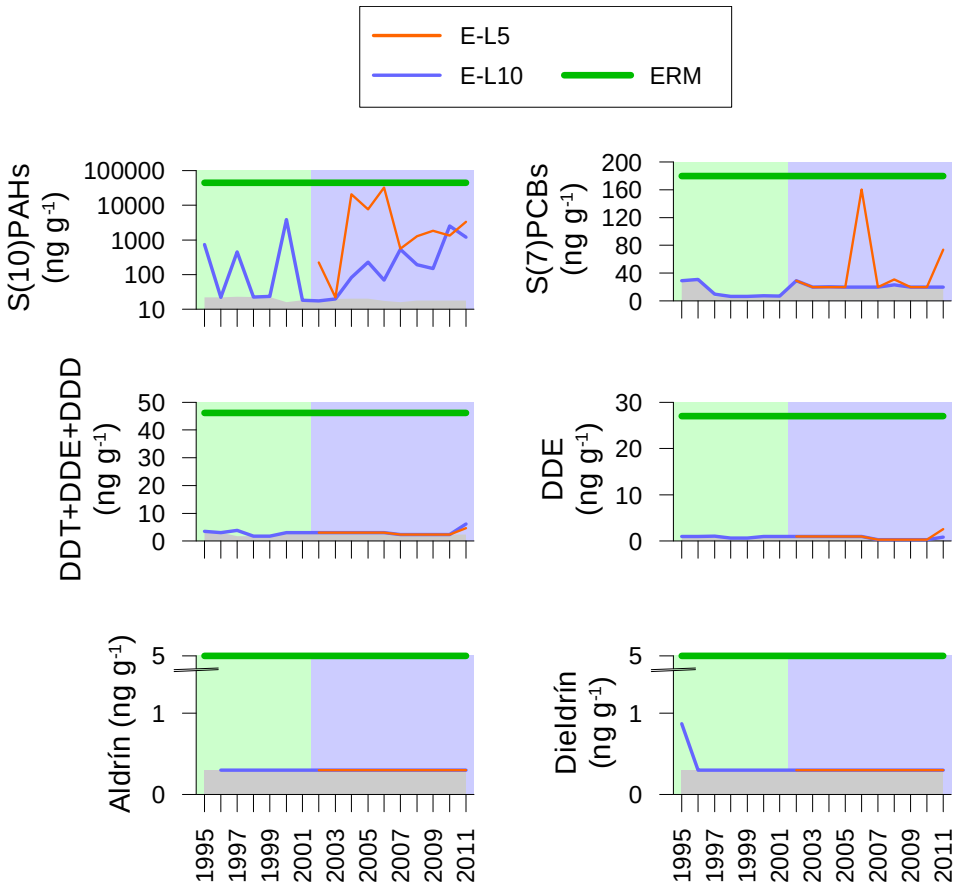


Figura 206 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos (muestreos de invierno). La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long *et al*., 1995).

TOXICIDAD EN SEDIMENTOS

Las muestras de sedimento de las estaciones E-L5 (zona interior del estuario) y E-L10 (zona exterior del estuario) se tomaron el 6 de febrero de 2008 y se mantuvieron congeladas (-20 ℃) durante 4 meses. Al cabo de este tiempo se descongelaron y se tamizaron (< 1 mm). Los ensayos ecotoxicológicos con bacterias (Microtox) y anfípodos (*Corophium multisetosum*) se realizaron en las dos semanas posteriores a la descongelación de las muestras.

Test Microtox

Los valores de EC_{50} calculados con Microtox en los sedimentos del estuario del Lea se muestran en la Figura 207. En la zona exterior del estuario (estación E-L10) el EC_{50} fue 5.424 mg l^{-1}, mientras que en la zona interior el valor obtenido fue de 900 mg l^{-1}. El elevado valor registrado en L-10 nos indica la ausencia de toxicidad en el sedimento ya que supera claramente el valor guía propuesto por la normativa canadiense (Chevrier y Topping, 1998), que corresponde a 1.000 mg l^{-1}. El test Microtox se considera un test de "screening", con lo cual, mediante este test, normalmente, la probabilidad de clasificar erróneamente una muestra como inocua es bastante baja. Con ello, el riesgo de toxicidad en la estación E-L10 queda casi completamente descartado. Sin embargo, el valor observado en E-L5 es, aunque por poco margen, inferior al citado valor guía, por lo cual deberemos considerar dicho sedimento como potencialmente tóxico.

La utilización de varias especies en las pruebas de ecotoxicología (en este estudio, bacterias y anfípodos) permite evaluar la calidad del sedimento en distintos niveles de la cadena trófica, así como obtener una información más completa, ya que cada organismo puede responder de forma diferente a ciertas condiciones. Además, en la estación E-L5 resulta imprescindible contrastar el riesgo de toxicidad de dichos sedimentos con otro tipo de test (bioensayo de toxicidad aguda con anfípodos), ya que se encuentra próximo al valor umbral del test Microtox.

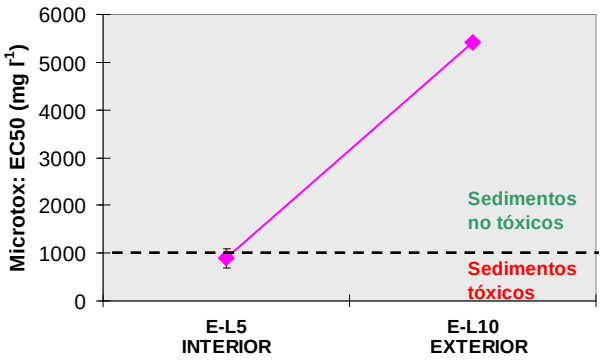


Figura 207 Valores de EC_{50} calculados mediante la técnica de Microtox en sedimentos de la zona interior (E-L5) y exterior (E-L10) del estuario del Lea. La línea punteada indica el valor guía que especifica la normativa canadiense (1.000 mg l^{-1}). Las barras indican el intervalo de confianza del 95% para los valores obtenidos.

Test de anfípodos

En la Figura 208 se presenta el porcentaje de mortalidad de *Corophium multisetosum* al ponerse en contacto con los sedimentos del estuario del Lea y en un sedimento control procedente del estuario del Bidasoa (zona donde habita la especie utilizada). El porcentaje de mortalidad en el sedimento control fue de 6 ± 2,2% (media ± desv. típica). Los sedimentos de la zona interior del estuario (E-L5) presentaron un porcentaje de mortalidad muy similar al del sedimento control (7 ± 5,8 %), mientras que el porcentaje de mortalidad en la zona exterior (E-L10) fue algo superior (17 ± 5,8 %).

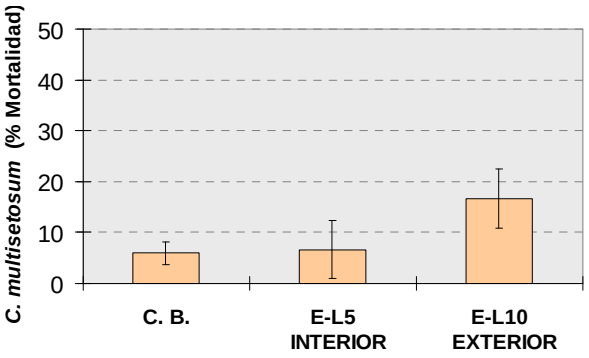


Figura 208 Porcentaje de mortalidad de anfípodos (*Corophium multisetosum*) en sedimentos de la zona interior (E-L5) y exterior (E-L10) del estuario del Lea, y en una muestra control (C. B.) procedente del estuario del Bidasoa. Las barras indican ± la desviación típica.

Siguiendo el criterio de diversas normativas basadas en el test de anfípodos (EEUU, Holanda, Hong Kong, España) para clasificar un sedimento en la categoría de tóxico su mortalidad debe superar a la del control en más de un 20% y las diferencias deben ser estadísticamente significativas (Belzunce y Castro, 2004). En las dos estaciones consideradas, en ninguno de los casos el bioensayo de anfípodos dio resultados significativamente diferentes a los del control, ni mostraron diferencias de mortalidades superiores al 20%. Por tanto, según el test de anfípodos no podemos considerarlas tóxicas.

A la vista de los datos de granulometría de los sedimentos del estuario del Lea (Figura 209) se puede concluir que la especie de anfípodo utilizada (*C. multisetosum*) presentó un porcentaje de mortalidad relativamente bajo durante el bioensayo tanto en sedimentos de naturaleza predominantemente fangosa (E-L5) como en sedimentos donde dominaban las arenas (C. B. y E-L10), mostrándose así la tolerancia de esta especie a las diferentes granulometrías de los sedimentos.

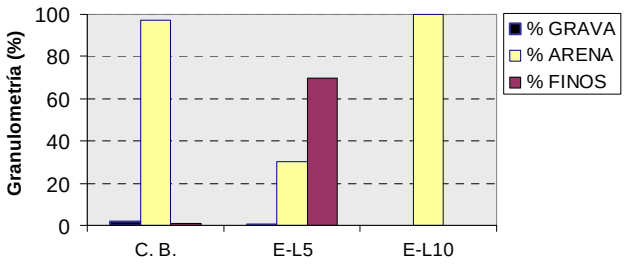


Figura 209 Composición granulométrica (% de gravas, arenas y limos) de los sedimentos en las muestras sometidas a los test de toxicidad: C. B. (control de Bidasoa), E-L5 (zona interior del Lea), E-L10 (zona exterior del Lea).

Con respecto al contenido de contaminantes, los análisis realizados indican contaminación ligera por metales en la muestra exterior E-L10 y contaminación extrema por cadmio en la misma muestra exterior. En esta estación las concentraciones de plomo, cobre y mercurio se encuentran por encima de los valores bajos de toxicidad ERL. Los compuestos tipo PCBs están presentes en concentraciones por encima de los ERL en ambas estaciones.

La no respuesta tóxica en los test llevados a cabo en el laboratorio no parece relacionarse con la contaminación extrema por cadmio detectada en la muestra exterior E-L10, lo que podría estar indicando la no disponibilidad de este metal a los organismos testados. Por otra parte, la cierta toxicidad observada mediante la prueba de microtox en E-L5 podría estar más relacionada con la composición en finos (70 %) y el contenido en materia orgánica (12,55 %) que con la contaminación química.

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 175 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Lea, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Ambas estaciones presentan un ICC global no contaminado.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-L5	NC	NC	CL	NC	CL	NC	NC	NC	NC	NC
E-L10	NC	NC	CL	CL	CL	CL	CL	NC	NC	NC
Total	NC	NC	CL	CL	CL	NC	CL	NC	NC	NC

Tabla 175 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

La Figura 210 muestra la evolución temporal del ICC global, donde se observa que en las campañas más recientes ambas estaciones muestran valores de ICC próximos al límite de contaminación ligera (*i.e.*, ICC = 1).

En relación a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, la estación más interna (E-L5) presenta un ICC global de contaminado ligera, mientras que la estación más externa (E-L10) no presenta contaminación por compuestos orgánicos.

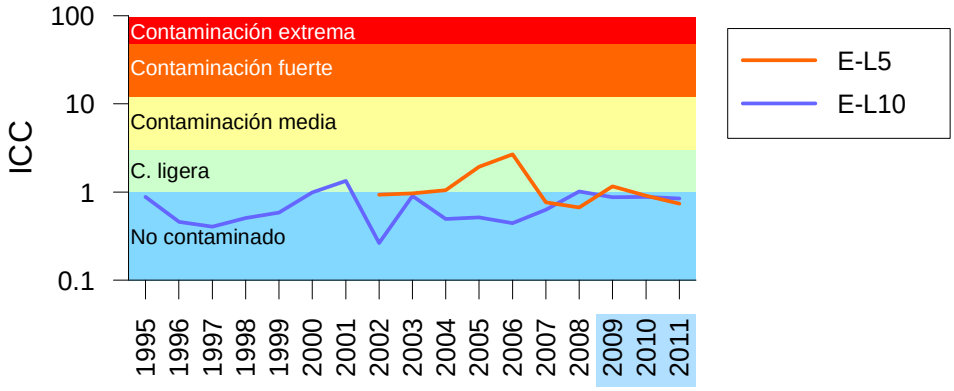


Figura 210 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

8.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En el estuario del Lea el 8 de noviembre de 2011 se recolectaron ostras junto al puente de Lekeitio (I-L10), como se ha venido haciendo en años anteriores. Los datos correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos de la campaña de otoño de 2011 se pueden consultar en la Base de Datos.

BACTERIOLOGÍA

La evolución de las concentraciones de bacterias en el estuario en la estación I-L10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011) se muestra en la Figura 211.

La concentración de **coliformes fecales** en otoño de 2011 (410 NMP $100ml^{-1}$) se encuentra dentro del rango de los valores determinados en los muestreos más recientes. Al ser inferior a 6000 NMP $100ml^{-1}$, se podría clasificar como zona tipo B, es decir, apta para el marisqueo destinado a depuración.

En cuanto a los **estreptococos fecales**, la concentración en otoño de 2011 (100 NMP $100ml^{-1}$) se encuentra dentro del rango de los valores determinados en los muestreos más recientes.

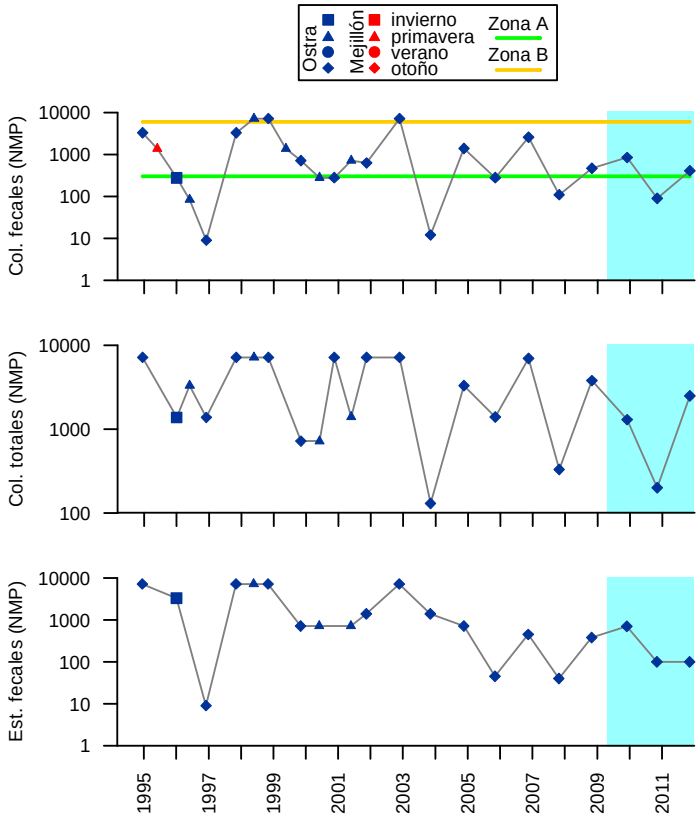


Figura 211 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-L10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 212 se muestra la evolución de la concentración de los distintos metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-L10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de **cadmio** (0,17 mg kg^{-1}) es superior a la concentración observada en la campaña anterior (0,14 mg kg^{-1}), pero inferior a la media del periodo de estudio (0,22 mg kg^{-1}). Las concentraciones de Cd medidas en la estación I-L10 desde otoño de 1994 son inferiores al límite legal (1 mg kg^{-1}), aunque el valor de referencia del CIEM (0,4 mg kg^{-1}) se supera en varias ocasiones.

El **cromo** presenta en 2011 (0,23 mg kg^{-1}) la concentración más elevada de los tres último años de estudio. En otoño de 1997 se alcanzó la máxima concentración de todo el periodo (1,05 mg kg^{-1}). Sin embargo, ni en esta ocasión se superan los 1,8 mg kg^{-1} contemplados para el cromo como límite legal (actualmente no vigente).

En la campaña de 2011 el **cobre** presenta una concentración de 120 mg kg^{-1}, valor dentro del rango de los valores observados desde 2000. Al tratarse de concentraciones en ostra, a excepción de primavera de 1995 cuando se recolectó mejillón, las concentraciones observadas a lo largo del periodo de estudio son superiores (rango: 1,2 – 286 mg kg^{-1}) a las observadas en estuarios como, por ejemplo, Butroe (rango: 0,42 – 3,41 mg kg^{-1}) o Urumea (rango: 0,10 – 103 mg kg^{-1}), en los que se han muestreado sólo mejillones. En numerosas ocasiones se superan los 60 mg kg^{-1}, límite legal (actualmente no vigente) para el cobre en ostra.

En cuanto al **mercurio**, la concentración determinada en la campaña de otoño de 2011 (0,024 mg kg^{-1}) se encuentra dentro del rango de concentraciones de los últimos años. El máximo, 0,15 mg kg^{-1}, se observó en otoño de 1998, pero, a lo largo del periodo de estudio, en ningún caso se han superado ni el límite legal, 0,5 mg kg^{-1}, ni el valor de referencia del CIEM, 0,2 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 68% de los casos se ha superado la norma de calidad ambiental (20 µg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

El **níquel** presenta una concentración en 2011 de 0,09 mg kg^{-1}, una de las más bajas de todo el periodo de estudio. Aunque para el níquel no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. Este valor sólo se ve superado por las concentraciones observadas en otoño de 1994 (1,59 mg kg^{-1}) y primavera de 1998 (2,08 mg kg^{-1}).

El **plomo**, en otoño de 2011 presenta una concentración de 0,01 mg kg^{-1}, valor mínimo del periodo de estudio considerado. Desde otoño de 1995 se aprecia un descenso discontinuo en la concentración de este metal y en ninguna ocasión se ha superado el límite legal para consumo (1,5 mg kg^{-1}).

En cuanto al **zinc**, la concentración en otoño de 2011 (252 mg kg^{-1}) es la más baja de los valores medidos desde otoño de 2001. Teniendo en cuenta que el valor de referencia dado por el CIEM para el zinc es 600 mg kg^{-1}, sólo ha sido superada en otoño de 1996 (876 mg kg^{-1}), que corresponde a la máxima concentración a lo largo del seguimiento. Sin embargo, en ningún caso se ha superado el límite legal (actualmente no vigente), 1000 mg kg^{-1}.

La concentración de **plata** se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007 con un valor de 0,88 mg kg^{-1}, descendiendo progresivamente en 2008 y 2009. Aunque en 2010 aumentó a 0,39 mg kg^{-1}, la concentración en 2011 ha vuelto a disminuir hasta 0,05 mg kg^{-1}

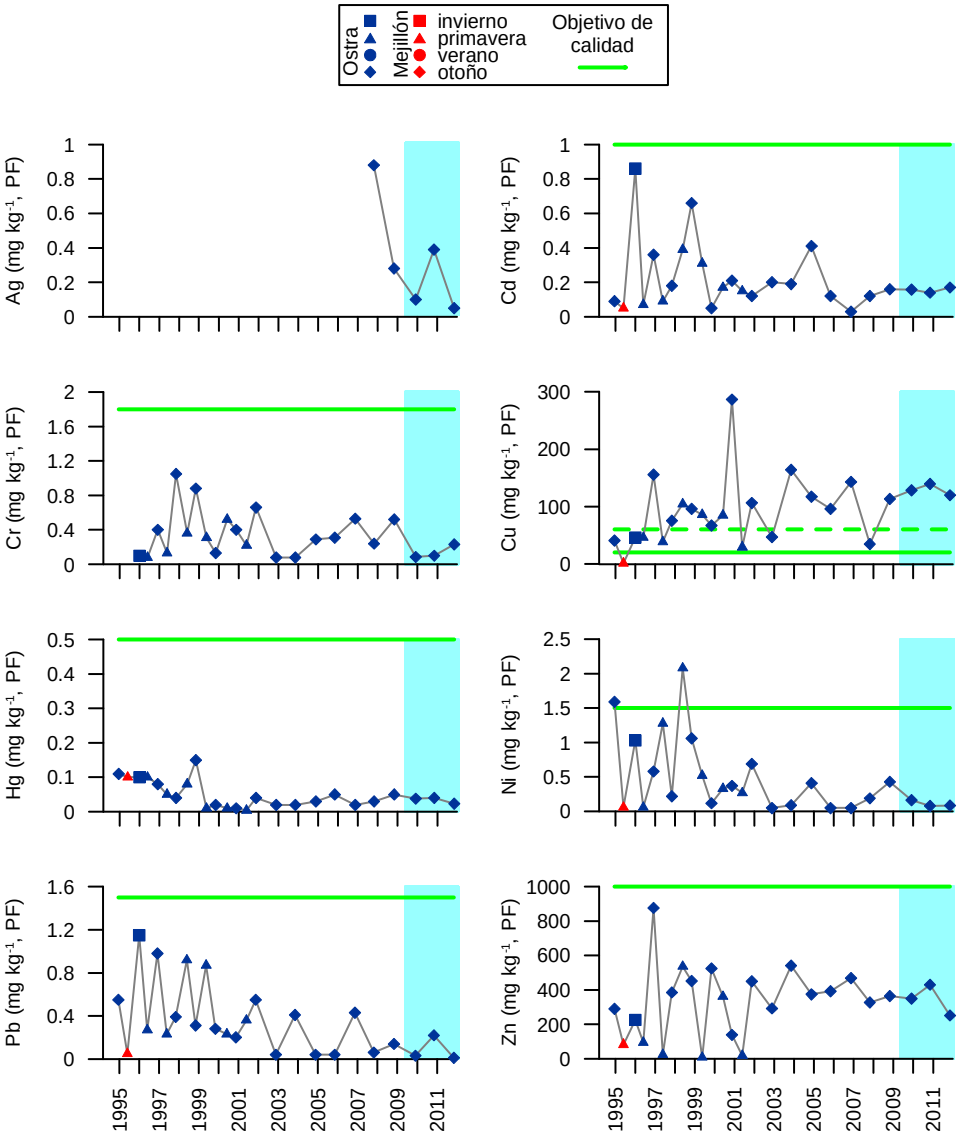


Figura 212 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-L10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En la Figura 213 se muestra la evolución de la concentración de compuestos orgánicos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-L10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

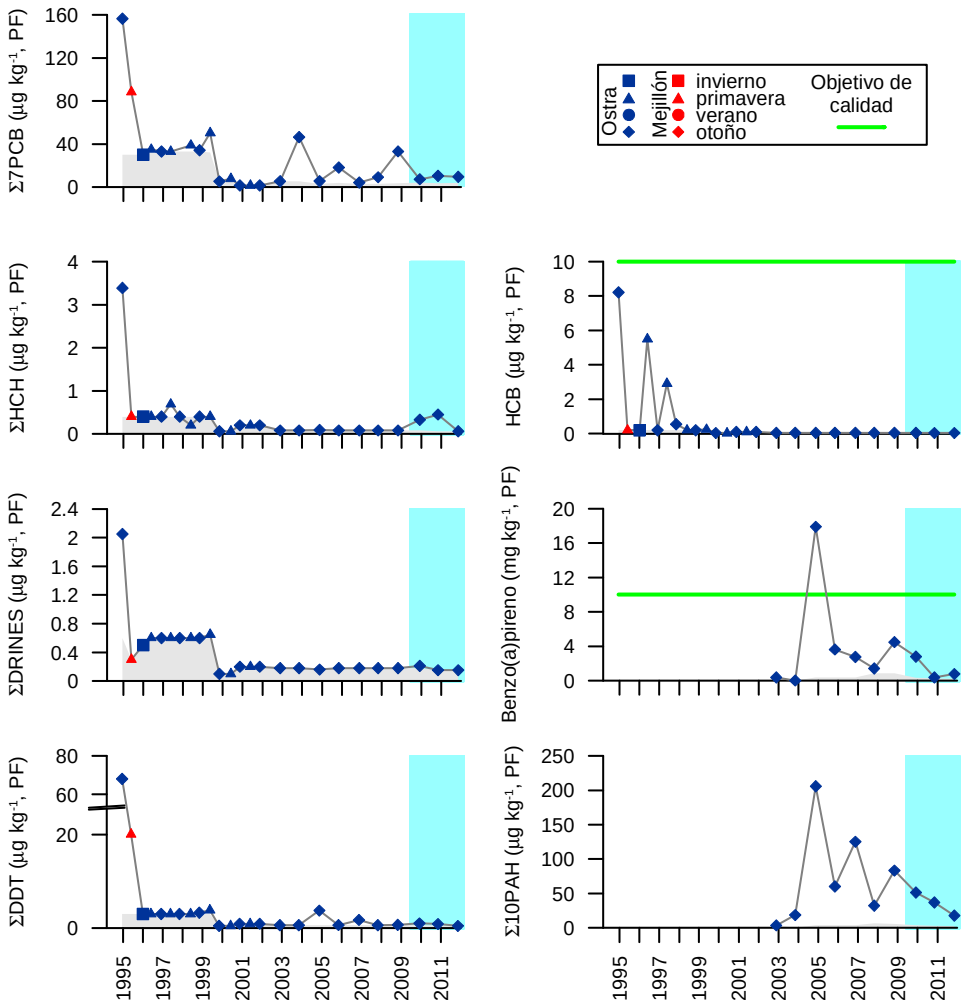


Figura 213 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-L10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En el caso de los policlorobifenilos **(PCBs)** se han sumado las concentraciones de los 7 congéneres analizados, con objeto de poder compararlas con las de otros lugares. Hay que tener en cuenta que el dato puede variar al ser menos o más los congéneres estudiados en otras zonas.

En esta estación se observa que la concentración de PCBs en los moluscos presenta valores inferiores a 40 µg kg^{-1} desde 2004. Los valores que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 a 5 ppm. Si se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs encontradas a lo largo del periodo de estudio están muy alejadas de este valor.

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). En muestreos recientes, alguno de los congéneres estuvo por encima del nivel de detección correspondiente, sin embargo, no se alcanzó la concentración de DDTs más elevada de todo el periodo de estudio, que se observó en otoño de 1994, cuando se alcanzó el valor de 68 µg kg^{-1}. Incluso en este caso el valor límite (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado.

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). En otoño de 2011 tanto el lindano como el α-HCH se encuentra por debajo de los límites de deteción correspondientes. La concentración más elevada de HCH en el estuario del Lea se dio en otoño de 1994 (3,4 µg kg^{-1}). Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, esta concentración se encuentra muy por debajo de dicho límite.

Las concentraciones de **HCB** a lo largo del periodo de estudio son, en general, inferiores a los límites de detección correspondientes. Así, en otoño de 1994 se alcanzó la máxima concentración de todo el periodo (8,21 µg kg^{-1}), valor inferior al del objetivo de calidad propuesto para este compuesto, 10 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones los **drines** (aldrín, dieldrín, e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, desde otoño de 2002 se estudian los **PAHs** en moluscos (Borja *et al.,* 2003). En esta estación se observa un descenso discontinuo desde el muestreo de otoño de 2004, midiéndose un sumatorio de (10) **PAHs** en 2011 de 18 µg kg^{-1}. La concentración de benzo(a)pireno (0,8 µg kg^{-1}) es inferior al máximo permitido para el consumo según el Reglamento (CE) n° 1881/2006, valor que sólo se ha superado en la campaña de otoño de 2004 (18 µg kg^{-1}).

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación podría ser de Zona tipo B (apta para el marisqueo destinado a depuración), según el derogado Real Decreto 571/1999.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al.,* 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (véase Borja *et al.*, 2003). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en el estuario del Lea, la clasificación general sería de no contaminado, aunque con contaminación ligera por Cu.

En cuanto a los compuestos orgánicos, rara vez alcanzan los límites de detección, por lo que se puede considerar que los moluscos de este estuario no están contaminados por compuestos orgánicos, con la excepción de PAHs. Éstos puntualmente alcanzan valores relativamente elevados, por lo que no serían aptos para el consumo según las recomendaciones de la OMS y/o la EPA.

8.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011 la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como **'Muy Buena'** en E-L10 y en E-L5. Por otra parte, ninguna de las dos estaciones presenta una tendencia significativa, habiéndose mantenido durante todo el periodo de seguimiento disponible (1994-2011) en niveles medios de muy buen estado físico-químico (Figura 214).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, las estaciones E-L5 y E-L10 cumplen para todas las variables controladas.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en sustancias prioritarias y especificas, es muy bueno en la estación E-L5 y aceptable en la estación E-L10 (Tabla 176).

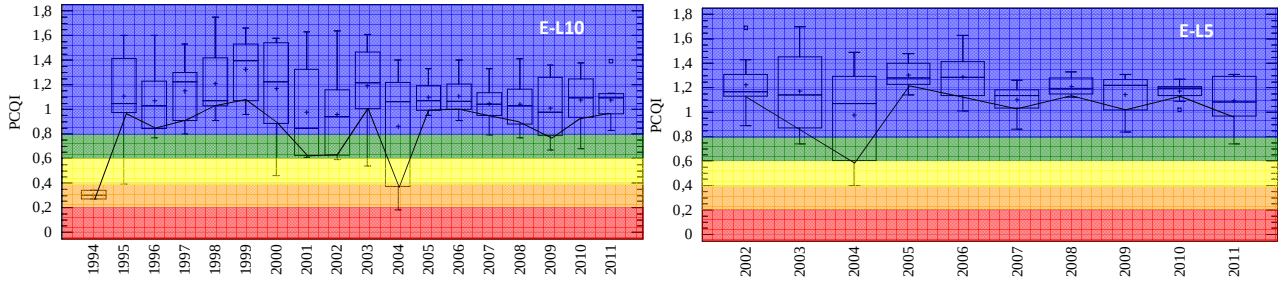


Figura 214 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-L10 y E-L5 de la masa de agua de transición del Lea. La línea negra representa la evolución anaul del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-L5	E-L10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	0,01	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,00375	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,011	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	0,011	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,51	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	1,7	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,08	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,6	0,5	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1}/ CF	0,007 µg g-1	0,11	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	1,75	Cumple
Estado Quimico				Bueno	No alcanza	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	10	11,25	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,9	1,1	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Aceptable	

Tabla 176 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Lea en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE) determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico como se venia viendo desde el 2004 (Tabla 177).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 177 Estado químico de la masa de agua de transición Lea en los años 2004-2011.

8.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

En este estuario no hay ninguna actividad, acción u obra que haya alterado la morfología de la zona en 2005, por lo que se califica como **Muy Buena**. Por otro lado, a partir de los estudios de presiones e impactos realizados en 2004, se ha observado que históricamente el estuario ha perdido un 15% de la superficie Intermareal, además contiene el puerto de Lekeitio en la parte exterior, presentando hasta un 58% de las márgenes del estuario canalizadas.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 9 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL ARTIBAI

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 9 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL ARTIBAI.....287

9.1 Resumen estado ecológico. Artibai..... 289

9.2 Estaciones de muestreo..... 291

9.3 Macroinvertebrados bentónicos..... 292
9.3.1 Parámetros estructurales 292
9.3.2 Calidad biológica..... 293

9.4 Fauna ictiológica..... 294
9.4.1 Estructura y composición de la comunidad 294
9.4.2 Calidad biológica..... 296

9.5 Vida vegetal asociada al medio acuático..... 298
9.5.1 Fitoplancton 298
9.5.2 Macroalgas..... 300

9.6 Indicadores Fisicoquímicos 307
9.6.1 Caracterización físico-química en aguas 307
9.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos..... 311
9.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 316
9.6.4 Evaluación del estado..... 320

9.7 Indicadores hidromorfológicos 321

9.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. ARTIBAI

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta Masa de agua.

Respecto a las fuerzas motrices puede considerarse que sufre la presión directa de una población de menos de 25.000 habitantes, con una densidad de 305,8 habitantes km^{-2}. El número de establecimientos industriales asciende a 1.054, considerándose que la actividad industrial es importante. Respecto a la actividad portuaria, situado en la desembocadura del río Artibai, el puerto pesquero de Ondarru es hoy en día el más importante del Cantábrico por su volumen de capturas. La construcción del nuevo puente, entrada y amplios muelles han permitido duplicar la lámina de agua abrigada. Existe, ría arriba, una pequeña dársena deportiva para 70 embarcaciones con un calado de 1,5 m que siempre se encuentra llena. La flota pesquera de Ondarru cuenta con 20 barcos de bajura que suman un tonelaje 1.300 TRB y una potencia de 6.450 BHP y que dan empleo a 214 marineros. También cuenta con 64 barcos de altura que suman 14.056 TRB y 46.969 BHP, dando empleo a 894 marineros. Respecto a la explotación agrícola-ganadera se le asocia al estuario del Artibai un total de 435 explotaciones y 4.126 Ha.

En la Masa de agua la presión más importante en número es la de los aliviaderos de tormenta, con 23 vertidos (28%) sobre un total de 83 presiones detectadas. Le sigue la regulación del cauce, con 17 presiones contabilizadas (21%) entre diferentes tramos de lezones, escolleras, diques, presas, etc. Por último, cabría destacar los vertidos urbanos, depurados y sin depurar, de los que se han contabilizado hasta 14 entradas a través de colectores y/o emisarios (17%). Artibai soporta una fuerte presión antrópica, lo que ha canalizado casi toda la parte final, hay también varios vertidos importantes urbanos e industriales (aproximadamente 1,3 10^6 $m^3.a^{-1}$), en la zona exterior se draga regularmente, además de que existen numerosos amarres y el puerto de Ondarru, que representa una superficie muy elevada (27% de la masa).

Globalmente la presión en la masa de agua es baja, aunque en la zona portuaria es mayor, por lo que podría considerarse en el límite con presión moderada (de hecho, aunque la calificación global sea baja, las presiones más importantes se valoran como 'moderadas', siendo claros los impactos producidos). A partir de finales de 2007 se comenzaron a realizar obras de consolidación de márgenes, paseos, y excavaciones en el cauce, lo que contribuyó a una degradación de la calidad ecológica del estuario, especialmente en su parte externa, en 2008 y parte de 2009. En 2010 se volvieron a realizar dragados, tanto en el estuario como en el puerto.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE) determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico (Tabla 178). De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más recientes, así desde 2004 de forma global se ha alcanzado el buen estado químico (Tabla 179).

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en las sustancias prioritarias y especificas, es muy buena en la estación E-A5 y buena en la estación E-A10 (Tabla 178). Por otro lado, en relación a los elementos físico-químicos que soportan a los biológicos, la calidad es buena en el interior y en el exterior (Tabla 180). La bajada en la calidad en 2010 y su posterior recuperación en 2011, en el exterior, podría estar relacionada con los dragados efectuados.

En la Tabla 180 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Artibai.

En el estuario de Artibai, la estación más interior (E-A5) presenta un deficiente estado ecológico (Figura 215), algo peor que el tributario principal, habiendo empeorado respecto a 2010. Hay que hacer notar que en este estuario no hay saneamiento desarrollado completamente, por lo que las condiciones físico-químicas generales pueden ser malas en algunos momentos. Respecto a 2007 y 2008 ha empeorado algo la estación, debido al bentos y los peces, posiblemente debido a los dragados efectuados.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-A5	E-A10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,00225	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,005	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,3	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	1,0	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,04	0,11	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,6	0,8	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,02	0,066	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	1,638	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	13	16,75	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	4,9	1,475	Cumple
Estado Fisico-Quimico Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Bueno	Bueno

Tabla 178 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Artibai en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 179 Estado químico de la masa de agua de transición Artibai en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-A5	D	D	D	D	D	B	Sí	No	D	D	4	0.15	0.6	4
E-A10	MB	M	D	A	D	B	Sí	No	D	D	4	0.85	3.4	

Tabla 180 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Artibai, en 2011

Sin embargo, en la parte externa, la estación E-A10 empeoró sustancialmente en 2008, ya que presentó un mal estado ecológico, habiendo mejorado algo en 2009-2010 y empeorando en 2011. En este caso la

clasificación viene determinada por el estado de las macroalgas, el bentos y los peces (hay que hacer notar que algas y peces se han muestreado en 2008 y 2011, por lo que la influencia de los dragados no se ha notado hasta este año, en que empeora la situación). La estación E-A10, muestreada desde el comienzo del seguimiento, se ha clasificado casi todos los años como fuertemente contaminada. En 1999, 2001 y 2002 las comunidades bentónicas experimentaron cierta mejoría. Aparentemente no hubo acciones que explicaran esta mejoría, como no fueran los dragados efectuados que hubieran contribuido a "limpiar" los fondos o un posible saneamiento de la cuenca. Sin embargo, en 2008 empeoró mucho debido a la consolidación de márgenes y trabajos en el cauce y se ha mantenido así hasta 2011.



Figura 215 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la masa de agua del Artibai: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo

9.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Artibai se analiza anualmente un total de 2 estaciones estuáricas y una estación de moluscos. Por otro lado, en 2002, 2005 y 2008, se analizaron tres estaciones para vida piscícola y 9 estaciones para macroalgas en estuarios, que han vuelto a muestrearse en 2011. Las posiciones de todas ellas se observan en la Tabla 181.

Código Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo
E-A10	Ondarroa (embarcadero)	547056,16	4796710,33	Estuario
E-A5	Ondarroa (Errenteria)	545241,86	4796940,50	
AAI	Artibai (Arrastre zona interior estuario)	546506	4796703	Arrastre
AAM	Artibai (Arrastre zona media estuario)	546865	4796688	
AAE	Artibai (Arrastre zona exterior estuario)	547104	4797029	
M-EA2	Artibai Zona 02.Estuario Macroalgas	546471,03	4796733,73	Macroalgas
M-EA10	Artibai Zona 10.Estuario Macroalgas	545206,14	4796726,95	
M-EA3	Artibai Zona 03.Estuario Macroalgas	546226,86	4796747,30	
M-EA4	Artibai Zona 04.Estuario Macroalgas	545891,14	4796584,52	
M-EA5	Artibai Zona 05.Estuario Macroalgas	545901,32	4796672,69	
M-EA6	Artibai Zona 06.Estuario Macroalgas	545789,41	4796794,77	
M-EA7	Artibai Zona 07.Estuario Macroalgas	545518,12	4796872,77	
M-EA8	Artibai Zona 08.Estuario Macroalgas	545358,74	4796957,55	
M-EA9	Artibai Zona 09.Estuario Macroalgas	545250,22	4796950,76	
M-EA1	Artibai Zona 01.Estuario Macroalgas	546955,96	4796726,95	
I-A10	Ondarroa	547301,88	4797281,30	Moluscos

Tabla 181 Estaciones de muestreo en el estuario del Artibai.

9.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

9.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Artibai en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 182.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN	
		E-A5	E-A10
Densidad	$n^o \cdot m^{-2}$	5.607	7.925
Biomasa	$g \cdot m^{-2}$	1,30	2,29
Riqueza	n^o	8	10
Diversidad número	$bit \cdot ind^{-1}$	0,21	0,96
Diversidad biomasa	$bit \cdot g^{-1}$	1,16	0,52
Equitabilidad número		0,07	0,29
Equitabilidad biomasa		0,39	0,16
Diversidad máxima	bits	3,00	3,32
AMBI		5,91	5,33
Clasificación AMBI		Alteración Fuerte	Alteración Fuerte

Tabla 182 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Artibai.

La estación más interna (E-A5) presenta en 2011 un sedimento predominantemente arenoso (60%) con contenido en materia orgánica del 4,7%.

En la mayoría de los muestreos previos (excepto 2009) el *taxon* dominante de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos ha sido el grupo de oligoquetos, hecho que se repite en 2011 (5.461 $ind \cdot m^{-2}$; 97% dominancia). El resto de especies aparecidas en las muestras (7 *taxa* más) presentan densidades menores. En todo caso, destacan las abundancias del poliqueto *Hediste diversicolor* (97 $ind \cdot m^{-2}$) y del crustáceo isópodo *Cyathura carinata* (12 $ind \cdot m^{-2}$).

Parece razonable considerar que estas poblaciones de oligoquetos son esenciales en el funcionamiento del ecosistema de la ría de Artibai, especialmente en esta estación. Este grupo faunístico es característico de medios oligohalinos, lo que parece indicar que la estación está fuertemente influida por las aguas fluviales, además, posiblemente, los altos contenidos en materia orgánica contribuyen al desarrollo de estas poblaciones.

A nivel general, los oligoquetos constituyen un grupo de especies pertenecientes a varias familias entre las que no suelen faltar Tubificidae y Enchytraeidae. El grupo como tal presenta ciertas características de interés medioambiental. Por ejemplo, este grupo se ha asociado a la presencia de fibra vegetal o materia orgánica, componentes del sedimento que propician el desarrollo de poblaciones bacterianas de las que obtienen gran parte de sus nutrientes (Kathman *et al.*, 1984; Denis, 1983). Igualmente, en otras ocasiones su presencia se ha relacionado con el enriquecimiento orgánico (Bamber y Espencer, 1984) y, también, con los medios de baja salinidad, tales como ciertas áreas de los estuarios, generalmente las más internas (Sola, 1994).

La densidad de la macrofauna de E-A5 en 2011 presenta un valor alto (5.606 $ind \cdot m^{-2}$) aunque inferior al registrado en 2002 (11.059 $ind \cdot m^{-2}$) (Figura 216). La biomasa (1,3 $g \cdot m^{-2}$), aunque moderada, es relativamente alta para la estación (máxima, 3,6 $g \cdot m^{-2}$ en 2009).

Los valores de la diversidad relativos a las abundancias (0,21 $bit \cdot ind^{-1}$) y la equitabilidad (0,07) son muy bajos como consecuencia de la gran dominancia del grupo de los oligoquetos (Tabla 182). Por esta misma razón, el grupo trófico mejor representado es el de los detritívoros subsuperficiales (97%).

En relación a AMBI en la estación E-A5, en 2011 se confirma la ruptura (detectada la pasada campaña de 2010) de la tendencia de mejora observada desde 2005 hasta 2009 (Figura 217), con un valor de 5,91 (alteración fuerte), debido a la dominancia de los oligoquetos (*taxon* adscrito al grupo ecológico V).

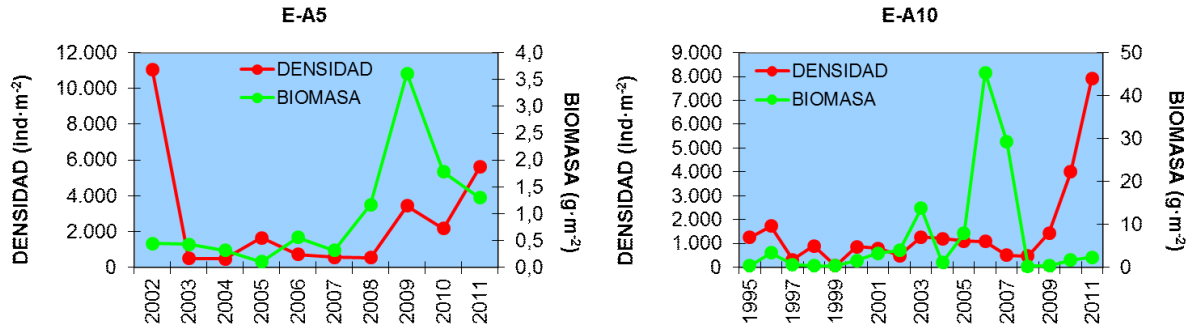


Figura 216 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-A5 y E-A10 (Artibai).

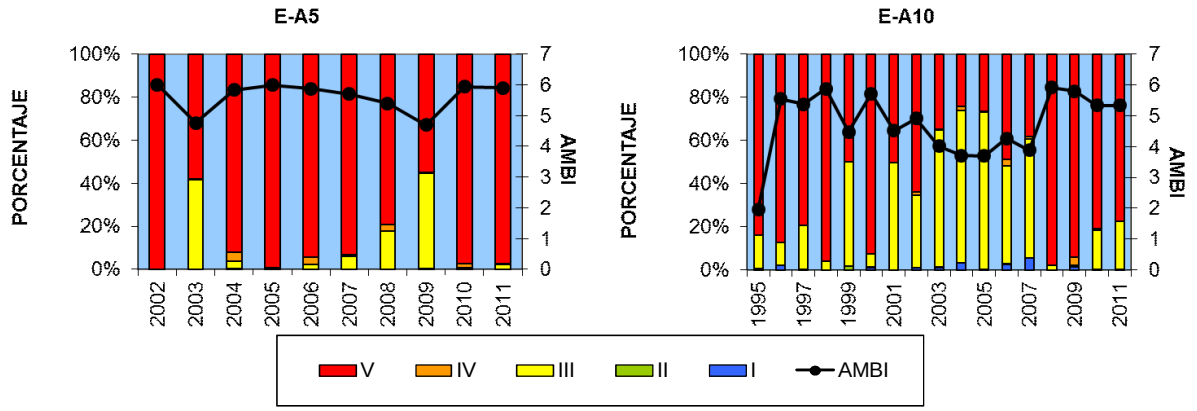


Figura 217 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-A5 y E-A10 del Artibai.

La segunda estación (E-A10) de muestreo en el estuario del Artibai, ubicada en una zona más próxima a la desembocadura, presenta en 2011 un sedimento predominantemente limoso (61%) y elevado contenido en materia orgánica (11%).

Acorde con tan alto contenido en materia orgánica, se observa una clara dominancia del poliqueto *Capitella capitata* (6.070 ind·m^{-2}, 77% de dominancia). Otros *taxa* relativamente bien representados son el grupo de los nematodos (1.657 ind·m^{-2}) y, en menor medida, el molusco *Scrobicularia plana* (75 ind.m^{-2}) y los oligoquetos (70 ind.m^{-2}). Los otros 6 *taxa* presentes en las muestras presentan densidades no superiores a los 15 ind·m^{-2}.

La densidad de la comunidad (7.925 ind·m^{-2}) es alta (máxima) para esta estación debido al gran desarrollo en 2011 del poliqueto *C. capitata* (Tabla 182; Figura 216). La biomasa (2,29 g·m^{-2}) se encuentra en el rango de las estimada para la estación desde el inicio del seguimiento. Tanto la riqueza específica (10 *taxa*), como la diversidad (0,96 ind·bit^{-1}) y equitabilidad (0,29) para las abundancias, son bajas. Estos dos últimos parámetros están especialmente condicionadas por la fuerte dominancia de *C. capitata*.

Según el valor de AMBI (5,33 en 2011), la estación presenta alteración fuerte (Tabla 182), con dominancia del grupo ecológico V (78%). El aumento de la densidad relativa de especies oportunistas de primer orden se produjo en 2008, interrumpiendo la progresiva mejora que se venía detectando en la estación en términos de AMBI, debida precisamente al desplazamiento de especies adscritas al grupo ecológico V por especies tolerantes (Figura 217).

El cambio observado en 2008, así como los valores negativos estimados para los parámetros estructurales, probablemente estén relacionados con las obras que se llevaron a cabo en la zona coincidiendo con la campaña de 2008 y posteriormente. Así, los movimientos de material (eliminación de sustrato, incorporación de nuevos materiales como restos de cemento, resuspensión del sedimento como consecuencia del movimiento de máquinas, etc.) pudieron afectar de negativamente al macrobentos.

9.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las dos estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

Por un lado, la estación **E-A5** presenta un **Estado Deficiente** (Figura 218). Esta situación contrasta con la tendencia temporal positiva de los valores de M-AMBI desde 2005 hasta 2009 (de 0,24 a 0,69, respectivamente), año en el que se alcanzó la calificación de Buen Estado. Sin embargo, la pasada campaña de 2010 se produjo una importante regresión en la calidad que se confirma en 2011.

Del mismo modo, también la estación **E-A10** presenta **Estado Deficiente** (Figura 218). Esta situación contrasta también con la tendencia positiva de los valores de M-AMBI entre 1998 y 2007. Durante este periodo los valores de M-AMBI pasaron de 0,14 a 0,58, situación que supuso un cambio en la calificación del estado ecológico Malo a Bueno, siguiendo una tendencia similar a la de E-A5. Sin embargo, en la campaña de 2008 la calidad empeoró hasta el Mal Estado. Como ya se comentó en informes anteriores, este cambio tuvo lugar como consecuencia de las actividades de dragado del canal de acceso al puerto y consolidación de márgenes desde el puente de Calatrava hasta el puerto viejo.

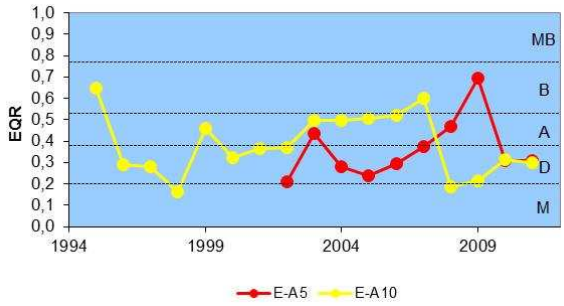


Figura 218 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua de transición del Artibai.

9.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

9.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Las muestras de fauna demersal que fueron recogidas durante la campaña de campo de 2011 han sido identificadas a nivel de especie al igual que en los años 2002, 2005 y 2008. Las estaciones o transectos muestreados se pueden ver en la Figura 92.

En la campaña realizada en 2011 fueron recogidos un total de seis taxones (cuatro peces y dos crustáceos) en las distintas estaciones del estuario (Tabla 99), siendo todas ellas especies habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad, principal condicionante de la vida en estas zonas de transición, y recogiéndose por primera vez en este estuario el sargo breado (*Diplodus cervinus*).

TAXONES	AAE	AAM	AAI
CRUSTÁCEOS			
Cangrejo verde - *Carcinus maenas*		X	X
Quisquilla común - *Palaemon serratus*			X
PECES			
Sargo breado - Diplodus cervinus		X	
Sargo - Diplodus sargus	X	X	X
Chaparrudo - *Gobius niger*	X		
Cabuxino - *Pomatoschistus* sp.	X		X

Tabla 183 Taxones identificados en cada una de las estaciones de la masa de agua de transición del Artibai (AAE tramo exterior, AAM tramo medio, AAI tramo interior).

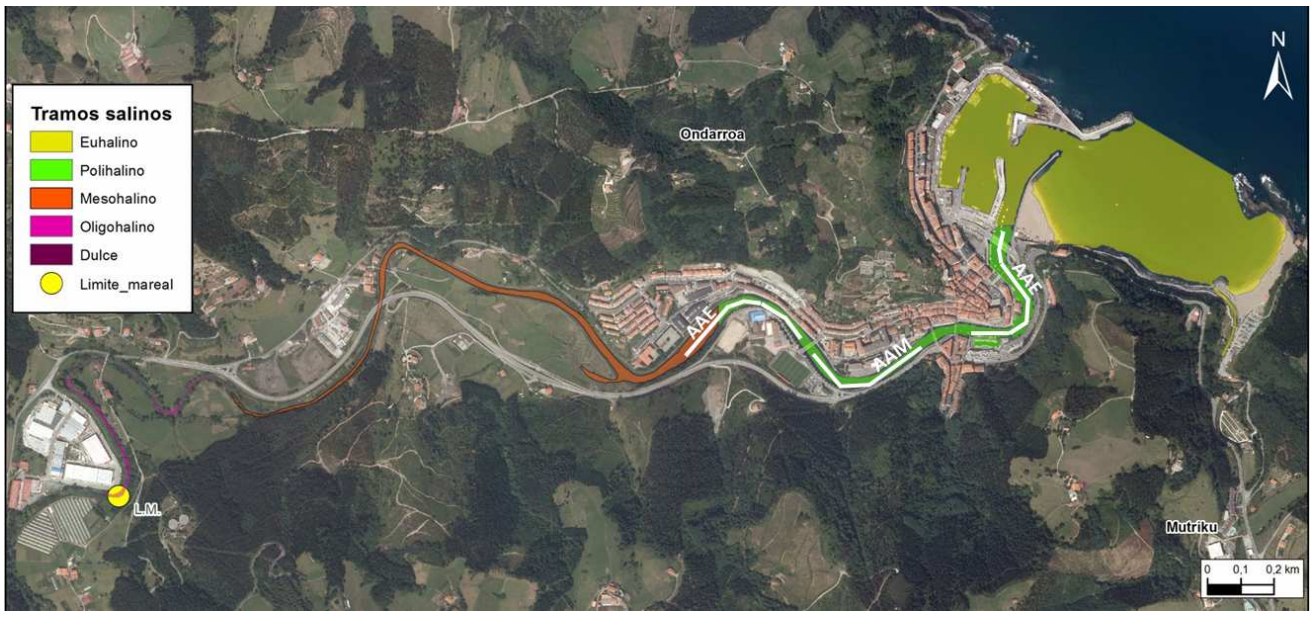


Figura 219 Tramos muestreados en el estuario del Artibai en el año 2011 (tramo exterior AAE, tramo medio AAM, tramo interior AAI).

En este estuario existen datos de los años 2002, 2005 y 2008 pertenecientes al estudio "Red de Seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco" (Borja *et al*., 2003, 2006, 2009). El total de especies identificadas en en el muestreo de 2002 fue de ocho taxones (cinco peces y tres crustáceos), en 2005 nueve (siete peces y dos crustáceos) y en 2008 once (seis peces y cinco crustáceos). En todas las campañas realizadas hasta la fecha, se ha recogido un mayor número de especies de peces que de crustáceos (Figura 93).

En 2011 la única especie que aparece distribuida por todo el estuario es el sargo (*Diplodus sargus*). El cangrejo verde (*Carcinus maenas*), las quisquillas comunes (*Palaemon* sp.), el chaparrudo (*Gobius niger*) y el cabuxino (*Pomatoschistus* sp.) son las especies que han aparecido en todas las campañas realizadas hasta la fecha en este estuario, mientras que el lenguado (*Solea solea*) y la platija (*Platichthys flesus)* están ausentes por primera vez en 2011, habiendo aparecido en todas las campañas precedentes.

En la Tabla 100 se muestran las abundancias y densidades de cada una de las especies capturadas por estación. Las mayores capturas corresponden al tramo interior AAI.

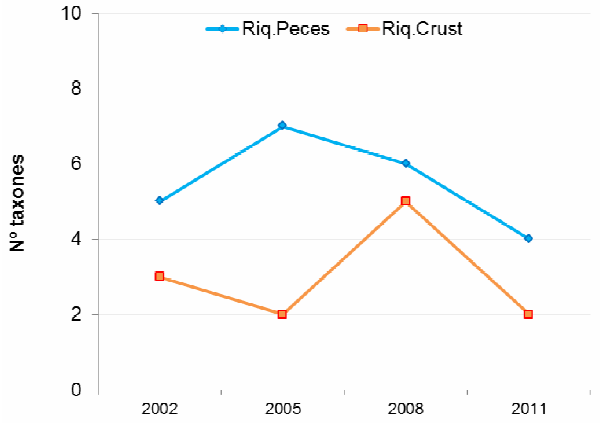


Figura 220 Evolución del número de taxones de peces y crustáceos identificados en los muestreos entre 2002 y 2011 en la masa de agua de transición del Artibai.

TAXONES	Estación AAE		Estación AAM		Estación AAI	
	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})	Nº ind. totales	Densidad (ind*ha^{-1})
CRUSTÁCEOS						
Cangrejo verde - *Carcinus maenas*			5	28,84	1	20,00
Quisquilla común - *Palaemon serratus*					4	34,64
PECES						
Sargo breado - Diplodus cervinus			1	20,00		
Sargo - Diplodus sargus	4	25,20	1	20,00	4	25,20
Chaparrudo - *Gobius niger*	2	40,00				
Cabuxino - *Pomatoschistus* sp.	3	20,00			2	20,00

Tabla 184 Abundancia (nº de individuos) y densidad (individuos por hectárea) de los taxones identificados en cada una de las estaciones de la masa de agua de transición del Artibai (AAE tramo exterior, AAM tramo medio, AAI tramo interior).

Con objeto de definir la estructura de la comunidad, en la Tabla 101 se presentan los parámetros estructurales medidos (riqueza de especies, nº de individiuos, densidad y diversidad) en las distintas estaciones de la masa de agua de transición del Artibai. En el año 2011 los valores más elevados para todos los parámetros se observan el tramo interior (AAI) y los más bajos en elmedio (AAM).

En comparación con 2008, en los tramos exterior y medio todos los parámetros han descendido sus valores en 2011, mientras que en el tramo interior estos parámetros han aumentado.

Estación	AAE				AAM				AAI			
Par. estructurales	2002	2005	2008	2011	2002	2005	2008	2011	2002	2005	2008	2011
Riqueza	5	7	7	3	3	5	6	3	4	6	2	4
Riqueza peces	3	6	4	3	2	5	3	2	2	4	0	2
Nº de individuos	40	46	43	9	19	33	14	7	45	33	6	11
Nº de individuos peces	25	43	16	9	8	33	4	2	27	30	0	6
Densidad	236,5	278,6	212,5	85,2	75,5	203,0	83,6	68,8	250,7	191,7	35,6	99,8
Diversidad	1,57	1,29	2,34	1,53	1,21	1,42	2,15	1,15	1,61	1,34	0,65	1,82

Tabla 185 Parámetros estructurales: riqueza (nº de especies), abundancia (nº de individuos), densidad (individuos por hectárea) y diversidad de Shannon medidos en cada una de las estaciones de la masa de agua de transición del Artibai (AAE tramo exterior, AAM tramo medio, AAI tramo interior).

En la Figura 94 se representa la variación de los parámetros estructurales de la riqueza de peces y riqueza de crustáceos, en la Figura 95 el número de individuos y en la Figura 96 la diversidad a lo largo de los últimos diez años en cada uno de los tramos muestreados.En dichas figuras se observa que la diversidad desciende en los tramos exterior y medio debido a la disminución general (en peces y crustáceos) de especies y efectivos. Sin embargo, el tramo interior muestra un aumento en su diversidad como consecuencia de una mayor aparición de peces (en 2008 no se recogió ninguno), alcanzando el valor más elevado observado hasta la fecha. No obstante, en cierta medida es engañoso y debe tenerse en cuenta que dicho valor no es resultado de un significativo aumento de la riqueza faunística, sino de un equilibrado reparto de los ejemplares entre las especies presentes.

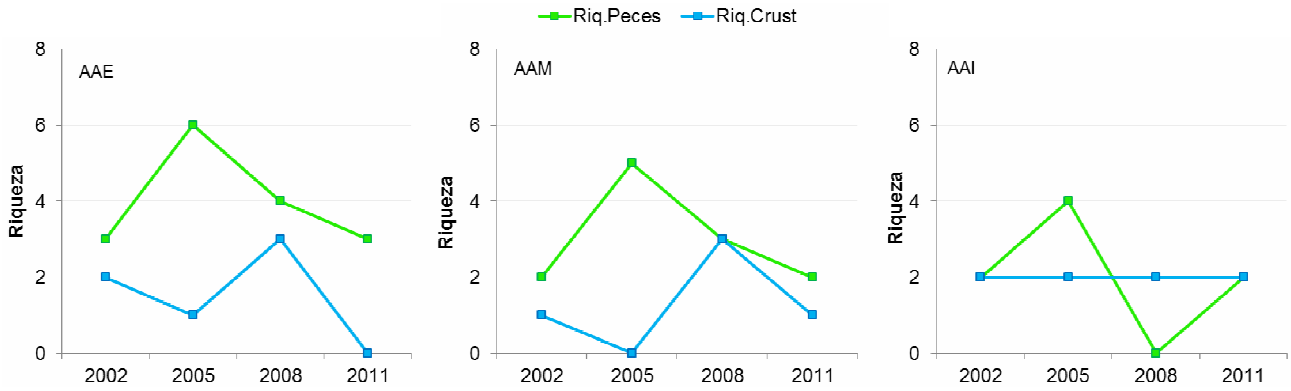


Figura 221 Evolución temporal de la riqueza de peces (color verde) y riqueza de crustáceos (color azul) en la estación exterior (AAE), media (AAM) e interior (AAI) de la masa de agua de transición del Artibai. Se muestran los registros correspondientes a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2002, 2005, 2008, 2011).

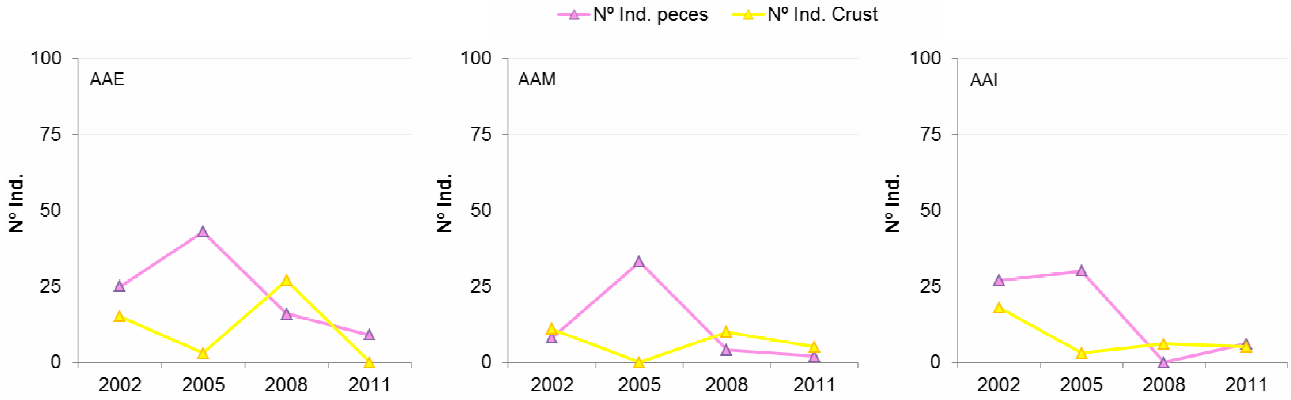


Figura 222 Evolución temporal de la abundancia de peces (color rosa) y abundancia de crustáceos (color amarillo) en la estación exterior (AAE), media (AAM) e interior (AAI) de la masa de agua de transición del Artibai. Se muestran los registros correspondientes a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2002, 2005, 2008, 2011).

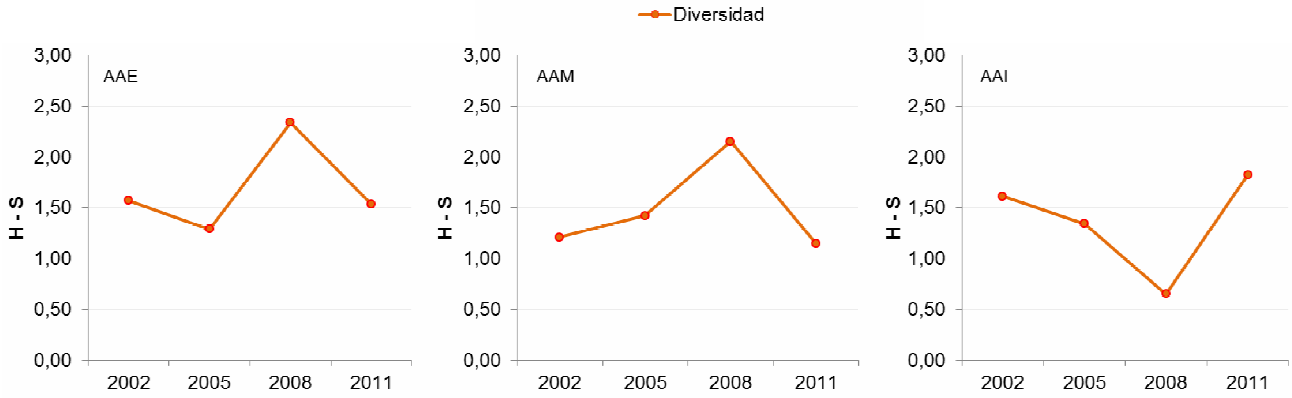


Figura 223 Evolución temporal de la diversidad en la estación exterior (AAE), media (AAM) e interior (AAI) de la masa de agua de transición del Artibai. Se muestran los registros correspondientes a la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las aguas de transición y costeras de la CAPV (2002, 2005, 2008, 2011).

9.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica. Para ello, se han utilizado los datos obtenidos en los muestreos realizados los años 2002, 2005, 2008 y 2011. La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1. En la Tabla 186 se exponen los valores obtenidos en cada uno de los indicadores considerados en el cálculo del estado para cada tramo del estuario del Artibai.

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, presencia de especies indicadoras de contaminación y salud piscícola son los que contribuyen a una buena calidad biológica, alcanzando los valores máximos.

El número de especies residentes se mantiene en valores intermedios, excepto en 2011 en el tramo medio

donde desciende al mínimo. Mientras tanto, el mismo indicador en porcentajes, no refleja variación en todos estos años ni en las estaciones, presentando el valor mínimo.

Estación/año	AAE				AAM				AAI			
Parámetros	2002	2005	2008	2011	2002	2005	2008	2011	2002	2005	2008	2011
Riqueza	3	3	3	1	1	3	3	1	3	3	1	3
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Esp. Indicadoras contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Peces planos	3	3	3	1	3	1	3	1	1	1	1	1
Omnívoros	3	5	3	3	3	3	1	1	3	3	1	1
Piscívoros	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Especies residentes (nº)	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3
Especies residentes (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTUACIÓN	29	31	29	25	27	27	27	21	27	27	23	25
AFI	0,56	0,61	0,56	0,44	0,50	0,50	0,50	0,33	0,50	0,50	0,39	0,44
CALIDAD BIOLÓGICA	B	B	B	A	A	A	A	D	A	A	A	A

Tabla 186 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica de peces demersales en cada una de las estaciones en 2002, 2005, 2008 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interna (AAI), media (AAM) y exterior (AAE). AFI: AZTI's Fish Index.

En cuanto a la composición trófica de peces, los piscívoros muestran en todo momento el valor mínimo, mientras que los omnívoros descienden sus registros en los últimos años en todos los transecto. De esta manera, se observa una tendencia hacia el equilibrio en valores mínimos, alcanzándose la relación 3:1 en el tramo exterior y 1:1 en los tramos medio e interior.

En la Figura 224 se muestra cómo ha evolucionado la calidad biológica en el Artibai entre los años 2002, 2005, 2008 y 2011. En La calidad biológica alcanzada en 2011 en el tramo medio (AAM) es de **'Deficiente'**, mientras que en los tramos externo e interno del estuario es de **'Aceptable'**. Tanto en el tramo exterior como en el medio, se ha registrado la calidad más baja hasta la fecha, pasando en este último año de Bueno a Aceptable en el primer caso, y de Aceptable a Deficiente en el segundo. En el tramo interior, la calificación se ha mantenido dentro del rango Aceptable, aunque su valor haya aumentado ligeramente.

Como ya se especifica en el apartado inicial, el Artibai soporta presiones bastante fuertes: vertidos urbanos e industriales, canalización del estuario, dragados continuos (dársena Egidazu, canal, bocana), puerto pesquero en la desembocadura y puerto deportivo en la zona de la estación media. Entre 2007 y 2008 se llevaron a cabo además obras de mejora del puerto deportivo y de los muelles del canal, lo que afectó a los peces de la parte exterior, tal y como ocurrió en procesos similares en otros estuarios de la costa vasca (Uriarte y Borja, 2009).

Para establecer la calidad biológica en peces de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1. La Figura 225 muestra la evolución de la calidad biológica de la masa de agua del estuario del Artibai entre los años 2002 y 2011. En dicha figura se aprecia la disminución de la calidad, ya que se pasa de un estado Bueno en 2005, a Aceptable en 2008, manteniéndose en esta calificación de **Aceptable** en 2011, pero alcanzando el valor AFI más bajo observado hasta la fecha.

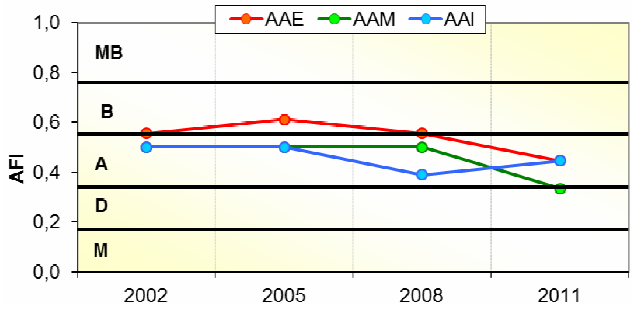


Figura 224 Valores de la calidad biológica de peces demersales obtenidos para cada estación los años 2002, 2005, 2008 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34 Malo (M): ≤ 0,17. Interna (AAI), media (AAM) y externa (AAE). AFI: AZTI's Fish Index.

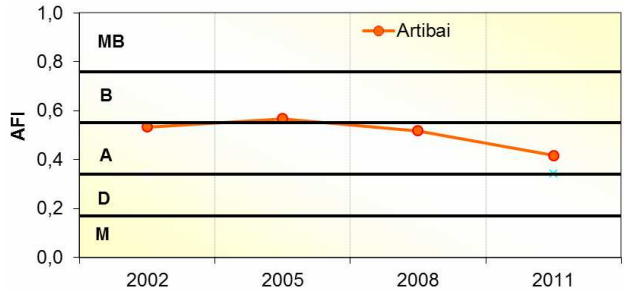


Figura 225 Valores de la calidad biológica obtenidos en la masa de transición del Artibai entre los años 2002, 2005, 2008 y 2011. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34 Malo (M): ≤0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

9.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

9.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En el estuario del Artibai se midió la concentración de clorofila en dos puntos, uno situado en la zona superior (estación E-A5), y otro en la zona inferior (E-A10). Las muestras se tomaron sólo en superficie. Considerando todas las situaciones de muestreo (pleamar y bajamar, en cuatro ocasiones a lo largo del año) se tomaron un total de 16 muestras.

En el conjunto de los datos de 2011, la salinidad varió entre 0,2 y 34,3 UPS (Figura 226). La estación de cabecera, en las cuatro épocas del año, mostró una salinidad ≤1 en bajamar, e ≤5 en pleamar. Esto pone de manifiesto la influencia de los aportes de agua dulce en esta zona del estuario. El máximo anual de la clorofila en el estuario (10,8 µg l^{-1}) se registró en esta estación, en primavera, en aguas con 4,5 UPS (la máxima salinidad registrada en esta zona). La salinidad en primavera, relativamente alta, indica una disminución de la descarga fluvial, lo cual habría favorecido la acumulación de biomasa fitoplanctónica en la zona superior del estuario.

En la estación situada aguas abajo, E-A10, los valores máximos de clorofila se midieron en verano; éstos no superaron 4 µg l^{-1}. La salinidad en esta estación fue mucho mayor que en cabecera, variando a lo largo del año entre 22 y 34 UPS (Figura 226).

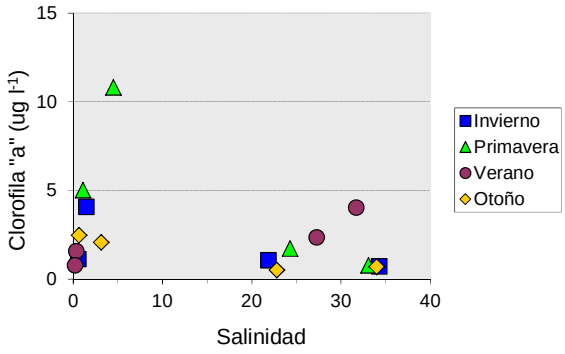


Figura 226 Variación de la concentración de clorofila a lo largo del gradiente salino del estuario del Artibai en las cuatro épocas de estudio durante 2011. Los datos son de superficie, en pleamar y bajamar.

Las concentraciones de clorofila observadas en el Artibai en el año 2011 estuvieron en el rango de la mayoría de los estuarios del País Vasco durante dicha campaña. Dichas concentraciones son bastante moderadas y se alejan de los picos más destacables de 2011, que se midieron en primavera en el Urola y el Urumea (aproximadamente 30 µg l^{-1}).

No obstante, hay que señalar que en el estuario del Artibai suelen detectarse concentraciones muy elevadas de amonio, lo cual indica la existencia de vertidos de aguas residuales. En el muestreo de verano de 2011 el amonio superó el umbral que señala mal estado físico-químico, según Bald (2005), en las aguas oligohalinas de la cabecera (63 µM), así como en la zona polihalina del exterior (32 µM). En concreto, se midieron concentraciones de 71-196 µM en la estación E-A5, y 29-58 µM en la estación E-A10. Los picos de amonio coincidieron con concentraciones relativamente altas de fosfato (otro nutriente indicador de aguas residuales) y caídas en el porcentaje de saturación de oxígeno. La situación de eutrofia que indican las variables físico-químicas en el Artibai durante 2011 no se correspondió con una intensa respuesta del fitoplancton (en términos de biomasa, o clorofila "a"). Como ya se ha indicado en anteriores capítulos, el indicador de biomasa no siempre responde a la presión por nutrientes y, por ello, es importante utilizar al menos otro indicador para evaluar el estado biológico del fitoplancton.

Para estudiar la evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Artibai se ha calculado el valor del percentil 90 para periodos móviles de seis años. Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton (Figura 227).

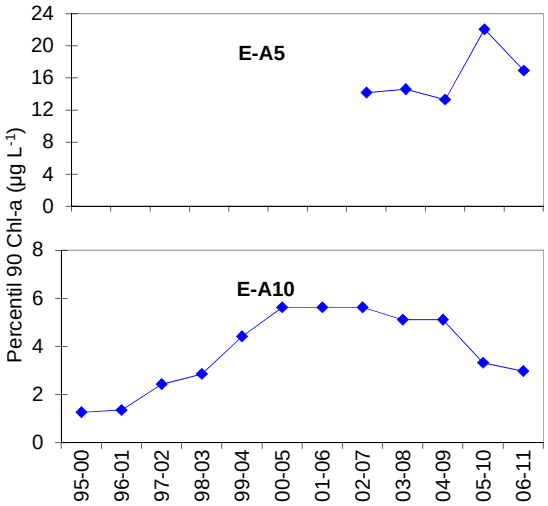


Figura 227 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Artibai. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

Como puede apreciarse en la Figura 227, en la estación oligohalina E-A5, la clorofila aumentó a finales de la década del 2000, desde aproximadamente 14 hasta 22 µg l^{-1}, para volver a descender recientemente a niveles de 17 µg l^{-1}. De forma contraria, en la estación polihalina E-A10, después de apreciarse una tendencia ascendente a comienzos de la década del 2000, y posteriormente una estabilización en valores cercanos a 6 µg l^{-1}, en los últimos años ha ido en descenso, situándose actualmente en unos 3 µg l^{-1}.

En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino el percentil 90 de la clorofila normalmente no supera los 8 µg l^{-1}. Por lo tanto, actualmente la biomasa fitoplanctónica en la cabecera del estuario del Artibai (E-A5) puede considerarse de magnitud elevada, del mismo orden que la que se observa en la masa de agua del Oka interior o, en periodos anteriores, en la cabecera del estuario del Nerbioi.

Sin embargo, en la zona exterior del estuario, las oscilaciones registradas en la clorofila también se aprecian en otros estuarios del País Vasco (por ejemplo, en el Butroe, Lea, Deba, Urola y Oria). Dicho aumento de la biomasa fitoplanctónica en las desembocaduras de los estuarios podría estar ligado a cambios en las condiciones océano-meteorológicas a escala espacial amplia (factores como: insolación, turbiedad, aporte de nutrientes mediado por la pluviosidad y el caudal fluvial, estratificación frente a mezcla vertical, afloramiento frente a hundimiento, etc.).

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 187 se muestran las variables que describen de manera general a la comunidad fitoplanctónica, en las zonas superior e inferior del estuario. La abundancia celular y la composición de las comunidades presentaron una gran variabilidad espacial.

Estación	E-A5	E-A10
Fecha	09/05/2011	09/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	6.107	372
Diversidad (bit/cel)	2,3	3,4
Riqueza (Nº especies)	13	22
Estación	E-A5	E-A10
Fecha	24/08/2011	24/08/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	414	9.431
Diversidad (bit/cel)	2,4	3,0
Riqueza (Nº especies)	10	34

Tabla 187 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Artibai. Los datos son de superficie, en pleamar.

El máximo de clorofila encontrado en la estación de cabecera en primavera correspondió a una floración del dinoflagelado *Kryptoperidinium foliaceum* (~3,0·10^6 células l^{-1}) y del grupo de las criptofitas, entre las que destacó por su abundancia *Teleaulax* spp. (0,9·10^6 células l^{-1}), aunque también se identificaron *Chroomonas* spp., *Plagioselmis* spp. y *Urgorri complanatus*. Además, se encontró una elevada concentración de diatomeas pennales (1,2·10^6 células l^{-1}), que posiblemente fueran de origen bentónico.

En la zona exterior (E-A10) se encontró un mayor número de especies, pero con una abundancia mucho menor en primavera. La máxima abundancia, del orden de 10^4 células l^{-1}, se encontró en algunas criptofitas (*Teleaulax* spp. y *Plagioselmis* spp.) y pequeños flagelados autótrofos que no pudieron identificarse.

En verano, el patrón de variabilidad espacial fue el inverso. Al igual que se observaba con la clorofila, la abundancia fitoplanctónica aumentó hacia la zona más exterior, la de salinidad más alta. Así, en la estación E-A10 se encontró un bloom de la clorofícea *Chlamydomonas* cf. *coccoides,* con 3,9·10^6 células l^{-1}. Los pequeños flagelados sin identificar fueron también numerosos (~2·10^6 células l^{-1}). Además, se observaron densidades relativamente altas (~400.000 células l^{-1}) dentro del grupo de las prasinofíceas, las diatomeas (*Lithodesmium undulatum*), las criptofitas y las haptofitas.

La comunidad en la cabecera del estuario en verano fue muy distinta. Con una densidad celular muy baja, estuvo dominada por pequeñas diatomeas pennales, clorofíceas (*Kirchneriella* sp.) y pequeñas formas flageladas sin identificar.

En resumen, como en años anteriores se encontraron floraciones de criptofitas y dinoflagelados en la zona superior de este estuario.

En cuanto a las especies potencialmente perjudiciales, el dinoflagelado *Kryptoperidinium foliaceum* es citado en la bibliografía como causa de estrés metabólico en ostras; además, la criptofita *Urgorri complanatus* puede causar coloraciones del agua. En la estación de cabecera también se detectó el dinoflagelado potencialmente tóxico cf. *Pfiesteria* (127.000 células l^{-1}).

En la zona exterior se identificaron algunas especies potencialmente tóxicas para la salud humana, como la diatomea *Pseudo-nitzchia* spp. (43.000 células l^{-1}) y los dinoflagelados *Alexandrium* spp. (5.300 células l^{-1}) y *Prorocentrum minimum* (21.000 células l^{-1}). Además, se observaron algunos taxones potencialmente nocivos para los ecosistemas, como *Prorocentrum micans* (43.000 células l^{-1}) y *Chrysochromulina* spp. (340.000 células l^{-1}).

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en anteriores informes, el fitoplancton en la masa de agua de transición del Artibai se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 228 se muestra el valor del indicador calculado con los datos de clorofila "a" (percentil 90). En la estación E-A5 el valor del indicador es 16,90 µg l^{-1} (n=48), lo cual corresponde a un estado "Deficiente". En la estación E-A10 el valor es 2,97 µg l^{-1} (n=48), indicando un estado "Muy bueno", en base a la concentración de clorofila.

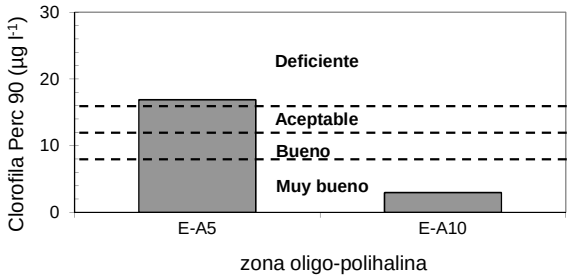


Figura 228 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Artibai. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

En la Figura 229 se muestra el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica. En la estación E-A5 la frecuencia de floraciones es muy alta (75,0%) e indica un estado "Deficiente". En la estación E-A10 es 25,0%, lo cual corresponde a un estado "Bueno".

En la Tabla 188 se indica el estado del fitoplancton en cada una de las estaciones del Artibai, integrando los resultados de ambos indicadores. Se indican también los valores de EQR. El EQR global se calcula como la media aritmética de los EQRs resultantes de ambos indicadores. El estado global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 se clasifica como ""Deficiente" en la estación de cabecera (E-A5) y como "Muy bueno" en la de desembocadura (E-A10).

Finalmente, en la Tabla 189 se muestra la evolución temporal del estado del fitoplancton a lo largo de periodos móviles de seis años, comenzando en 2002. El **estado del fitoplancton** en la masa de agua del **Artibai** se clasifica como "**Bueno**" en toda la serie temporal. Sin embargo, la zona interior (E-A5) no cumple los objetivos de calidad. La desembocadura del estuario (E-A10) presenta una calificación mucho mejor, lo cual da lugar a un estado "Bueno" en el conjunto de la masa de agua de transición, debido al elevado porcentaje que representa esta estación sobre el total de su superficie (el 85%).

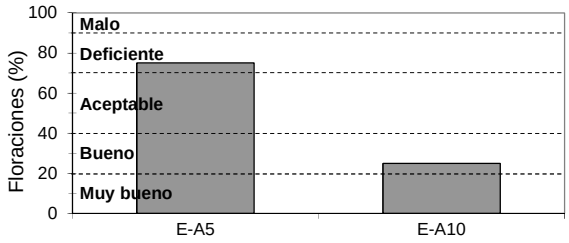


Figura 229 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Artibai. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-A5	0,315	0,223	Deficiente (0,269)
E-A10	1,000	0,668	Muy bueno (0,834)

Tabla 188 Estuario del Artibai. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Artibai	B (0,740)	B (0,749)	B (0,684)	B (0,742)	B (0,749)
E-A5	A	D	A	D	D
E-A10	MB	MB	B	MB	MB

Tabla 189 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Artibai, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

9.5.2 MACROALGAS

Como en 2002, 2005 y 2008, la masa de agua de transición del Artibai se dividió en 2011 en 7 zonas, numeradas del 1 al 7 desde la desembocadura hacia el interior (Figura 103). Las zonas se nombran del siguiente modo: M de "macroalgas", E de "estuario" y A de "Artibai", seguido del número (ej.: M-EA2). En la Tabla 106 se muestran los índices de cobertura de cada especie de macroalga para cada una de las zonas.

ZONAS	M-EA1		M-EA2		M-EA3		M-EA4		M-EA5		M-EA6		M-EA7	
Superficie (m^2)	12.000		3.000		10.000		6.000		2.100		1.000		1.300	
Área ocupada por macroalgas (m^2)	10.200		2.850		8.000		2.000		1.800		800		1.000	
Índice	IC	ID	IC	ID	IC	ID	IC	IC	IC	ID	ID	ID	IC	ID
XANTHOPHYCEAE														
Vaucheria sp.							6	2						
CLOROPHYCEAE														
Filamentosas	6	5	6	5	6	5	6	4	5	5	6	5	6	5
Laminares					4	2	5	3	4	3	2	1		
PHAEOPHYCEAE														
Fucus ceranoides	2	1	3	2	3	2	4	2	2	1	2	1	1	1
RHODOPHYCEAE														
Catenella caespitosa	4	3												
Total Cobertura Algal (%)	85		95		80		33		86		80		77	

Tabla 190 Especies de macrófitas identificadas en cada una de las zonas estudiadas en la masa de agua del Artibai el día 5 de mayo de 2011. Se representan: Índice de Cobertura (IC), Índice de Distribución (ID) (ver escalas en el Tomo 1), la cobertura total de la estación y la superficie ocupada.

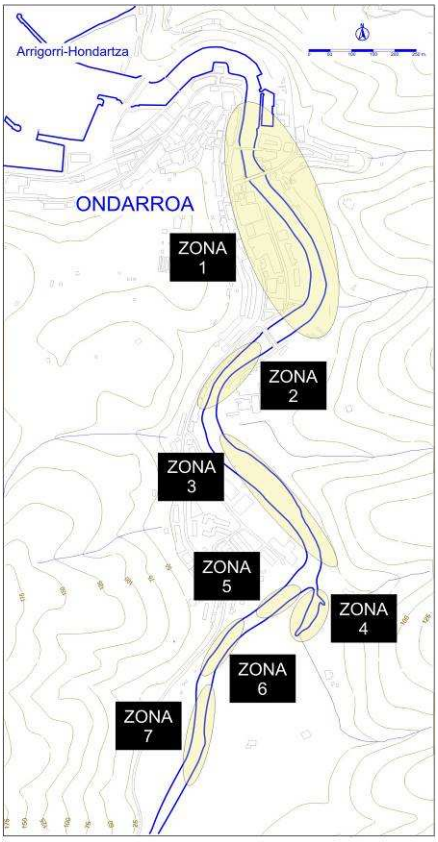


Figura 230 Zonas de estudio de macroalgas en la masa de agua de transición del Artibai.

ZONA M-EA1

Desde el segundo puente hasta la rampa del puerto deportivo, el intermareal está formado por la pared del paseo que tiene una inclinación de 60-70º y una anchura de unos 8 m. Se desarrolla un cinturón de 4 m de anchura. Las algas clorofíceas filamentosas del género *Ulva* ocupan los 2,5 m superiores con una cobertura del 80% y *Catenella caespitosa* el 1,5 m inferior, con una cobertura del 70% (Foto 1-2011).



Desde el final de la rampa del puerto deportivo hasta el tercer puente, el intermareal tiene 200 m de longitud y 3 m de anchura. En los 2 m superiores, las clorofíceas filamentosas del género *Ulva* alcanzan una cobertura del 30%, frente al 70% de campañas anteriores.En el metro inferior *C. caespitosa* continúa presentando una cobertura del 30%. Al acercarse al cuarto puente, ambos cinturones alcanzan anchuras similares, de en torno a 1,5 m.

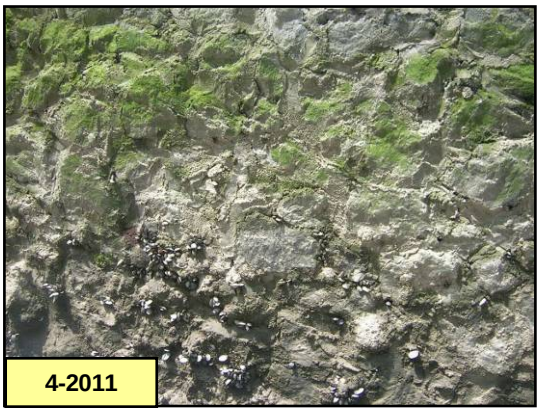
Entre el 4º y el 5º puente (final de la zona M-EA1), se desarrolla un intermareal de unos 450 m de longitud. Se distinguen dos partes diferenciadas: un muro vertical y un intermareal rocoso. En el muro, se aprecia un cinturón de 2 m de anchura, cuyo metro superior está ocupado por *Ulva* sp. (90% de cobertura), asentándose en el metro inferior *C. caespitosa* (80% de cobertura).

Los primeros 300 m de la plataforma intermareal, que tiene 2 m de anchura media, son de naturaleza pedregosa. Se encuentran dos macrófitas: clorofíceas filamentosas y *C. caespitosa*, ambas con una cobertura del 40%. (Foto 2-2011) No aparecen los ejemplares aislados de *Fucus ceranoides* de campañas anteriores. En los últimos 80 m, junto al quinto puente, se encuentra una playa de cantos de 15 m de anchura media, con 60% de cobertura de clorofíceas filamentosas y algunas matas de *C. caespitosa* (Foto 3-2011).


2-2011


3-2011

En la margen izquierda, entre los pantalanes y el tercer puente, el intermareal tiene una longitud de unos 300 m y una nachura de 3 m. Las macrófitas más abundantes en esta franja son las clorofíceas filamentosas, con 10% de cobertura (Foto 4-2011). La rodofícea *C. caespitosa*, que no apareció la pasada campaña de 2008, aparece en forma de manchas dispersas, entremezclada en un cinturón de *Mytilus* sp., aunque sin alcanzar el desarrollo de 2005 (50% de cobertura).


4-2011

También en la margen izquierda, entre los puentes tercero y cuarto, bajo el mercado de pescado, se desarrolla un cinturón algal vertical de 80 m de longitud y 2 m de anchura. La parte superior está colonizada por *Ulva* sp. (40% de cobertura) y la inferior, por *C. caespitosa* (40%).

Desde el cuarto puente hasta el final de la zona M-EA1, a lo largo de unos 450 m, la marquen izquierda está formada por un muro vertical y por plataformas intermareales pedregoso-fangosas. En el muro se observa un cinturón de 1 m de anchura formado por *Ulva* sp. con 90% de cobertura, algunas manchas de *C. caespitosa* y ejemplares aislados de *F. ceranoides*.

Desde el I.E.S. “Ondarroa-Lekeitio” hasta el quinto puente, la sedimentación propia en la margen izquierda del meandro, ha configurado una plataforma de fango y cantos de 200 m de longitud y una anchura media de 20-30 m (Foto 5-2011).


5-2011

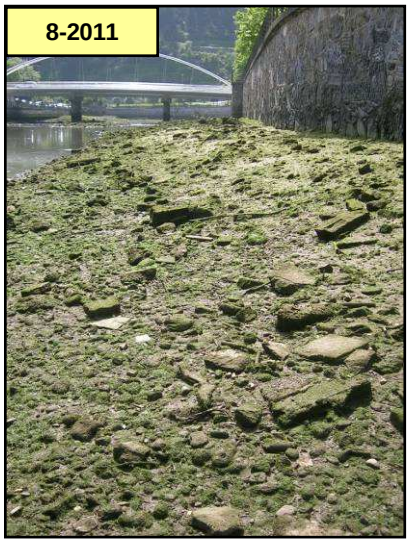
Los cantos de la plataforma están recubiertos por clorofíceas filamentosas del género *Ulva* (90% de cobertura) y manchas aisladas de *C. caespitosa*. La mancha de *F. ceranoides* de 30 m de largo, 2 m de ancho y 20% de cobertura que se encontró en 2008 junto al muro (Foto 6-2008), queda reducida en la presente campaña de 2011 a ejemplares aislados (Foto 7-2011).


6-2008



ZONA M-EA2

En la margen derecha, el intermareal tiene 10 m de anchura media y 225 m de longitud. Este intermareal está formado por el muro que canaliza la ría y una plataforma continua de naturaleza fangosa, con piedras de pequeño y mediano tamaño (Fotos 8-2011).



En el muro se desarrolla un cinturón de *Ulva* sp. (forma filamentosa) de medio metro de anchura y 80% de cobertura. Las piedras de la plataforma están colonizadas por *Ulva* sp. (60% de cobertura). La feofícea *F. ceranoides*, que en 2008 alcanzaba importantes coberturas en la plataforma (70 %), actualmente forma un cinturón poco denso de 2 m de anchura (20% de cobertura) (Foto 9-2011).



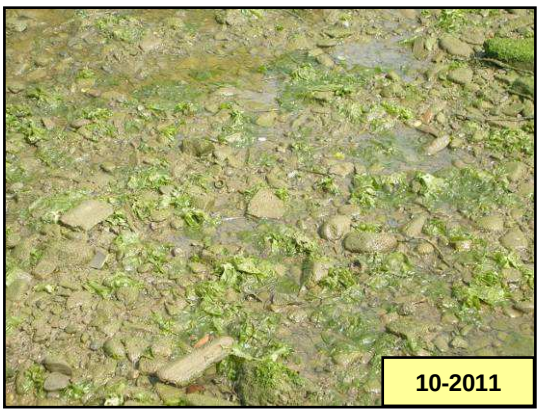
En la margen izquierda, el intermareal alcanza 2 m de anchura, repartidos en una pared vertical y un pequeño talud de fango y piedras. El recubrimiento de *Ulva* sp. es del 80% tanto en la pared como en el talud, mientras que *F. ceranoides* disminuye respecto a campañas anteriores, apareciendo únicamente ejemplares aislados sobre algunas piedras del talud.

ZONA M-EA3

En la margen derecha, frente a la gran plataforma situada en la orilla opuesta, el intermareal tiene una longitud de 300 m y una anchura media de 2 m. Se observa una cobertura del 80% de clorofíceas filamentosas, mientras que *F. ceranoides*, especie que en campañas anteriores alcanzó una cobertura del 70%, aparece tan sólo en forma de ejemplares aislados.

En la margen izquierda de esta zona, se extiende una plataforma intermareal fangosa recubierta de cantos de 9.000 m^2, que presenta características muy diferentes a las observadas en campañas anteriores.

En la zona superior, en una franja de unos 10 m de ancho, la cobertura algal es superior a la encontrada anteriormente: aparecen clorofíceas filamentosas sobre las piedras (40% de cobertura) y clorofíceas laminares del género *Ulva* (20% de cobertura) en pequeños canales (Foto 10-2011). El resto de la plataforma está formada por cantos tapizados por clorofíceas filamentosas con 90% de cobertura (Foto 11-2011).





F. ceranoides, especie que desde el inicio del estudio en 2002 había colonizado esta plataforma con más del 90% de cobertura en 2002 y más del 70% en años sucesivos, actualmente queda restringida a un pequeño cinturón con una cobertura máxima del 5% (Fotos 12-2002, 13-2005, 14-2008 y 15-2011).









ZONA M-EA4

Corresponde a las marismas de Arrabeta.

La cobertura algal de toda esta zona es superior a la observada en 2005 y 2008 (Fotos 16-2005, 17-2008 y 18-2011). *F. ceranoides* forma una mancha de 30 m^2 con 20% de cobertura en el interior de la marisma, en la parte más alejada del cauce, aunque su máximo desarrollo se observó en 2002 (Foto 19-2002) cuando formaba una mancha continua, que llegaba a la parte media de la marisma, con 90% de cobertura. Por el contrario, las clorofíceas filamentosas alcanzan en 2011 el mayor desarrollo desde el inicio del estudio, formando dos grandes manchas que ocupan 300 m^2 de superficie con 90% de cobertura (Foto 20-2011). En el resto de la marisma, aparecen de forma más dispersa y con coberturas menores (30-40%).











Las clorofíceas laminares del género *Ulva* aparecen formando dos cinturones de 15 m de longitud y 2 m de anchura, con hasta el 70% de cobertura, en los recodos a ambos lados de la marisma (Foto 21-2011).

También se distinguen pequeñas manchas dispersas de *Vaucheria* sp., de menos de 1 m^2 con 80% de cobertura.

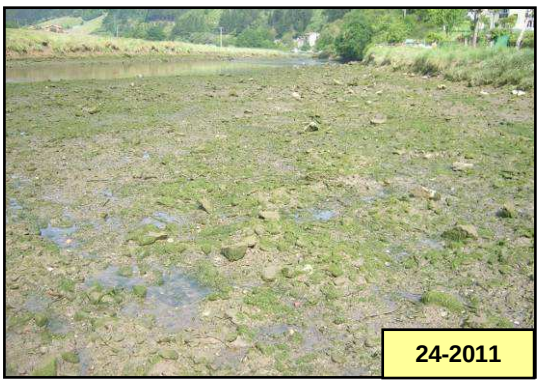


ZONA M-EA5

Frente a la marisma de Arrabeta, en la margen izquierda, se encuentra un intermareal de unos 140 m de longitud y 15 m de anchura. *F. ceranoides* presenta menor desarrollo que en campañas previas (70% de cobertura en 2002, 80% en 2005, 10% en 2008 y ejemplares aislados y poco desarrollados en 2011). Por el contrario, las clorofíceas filamentosas del género *Ulva* alcanzan coberturas del 60% (Fotos 22-2005, 23-2008 y 24-2011). También se distingue un cinturón de 30×2 m de clorofíceas laminares, con 40% de cobertura, que no se encontró en las campañas previas (Foto 25-2011).






24-2011


25-2011

ZONA M-EA6

La zona, que había mantenido características similares en cuanto a su composición algal desde el inicio del estudio, presenta cambios sustanciales en 2011.

En la margen izquierda hay una zona de 30 m de largo y 3 m de ancho con acumulación de troncos y rocas colonizados por clorofíceas filamentosas (*Ulva* sp.) con 70% de cobertura (Foto 26-2011). *F.ceranoides*, que presentaba 40% de cobertura, aparece en forma de matas sueltas. También se observan en la presente campaña ejemplares aislados de clorofíceas laminares.


26-2011

En la margen derecha se encuentra una plataforma intermareal pedregosa de unos 40 m de longitud y 6 m de anchura media. *F. ceranoides*, que formaba un horizonte bien desarrollado con 60% de cobertura (Foto 27-2008) prácticamente desaparece. Las clorofíceas filamentosas presentan 80% de cobertura (Foto 28-2011).

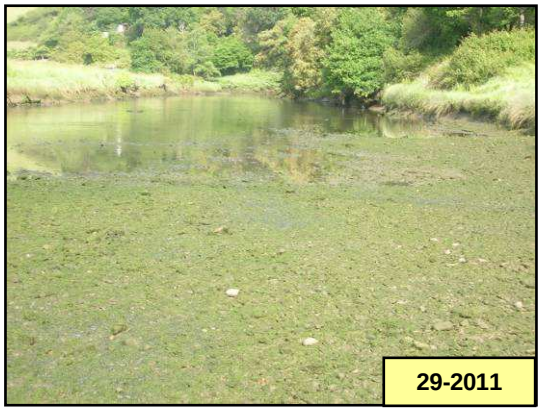

27-2008


28-2011

ZONA M-EA7

En la margen izquierda, sobre una plataforma intermareal de 80 m de longitud y 15 m de anchura, desaparecen las matas aisladas de *F. ceranoides* encontradas en campañas anteriores. Las únicas macrófitas identificadas son las clorofíceas filamentosas, con una cobertura media del 90% (Foto 29-2011).

En la margen derecha, el intermareal tiene 80 m de largo y unos 2 m de anchura media. Aparecen alguna mata suelta de *F. ceranoides* y clorofíceas filamentosas con coberturas similares a las de la otra orilla.


29-2011

CALIDAD BIOLÓGICA

En la Tabla 107 se observan los datos obtenidos para la masa de agua de transición del Artibai en 2011 con objeto de calificar cada tramo. La metodología utilizada se explica en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja et al., 2004d).

En la presente campaña de 2011, la calificación es de 'Mal Estado' para el tramo más exterior de la masa de agua y de 'Estado Deficiente' para el tramo interior (Tabla 107). Por tanto, se aprecia un empeoramiento en la calidad de las comunidades de macrófitos en ambos tramos de la masa de agua, ya que en la campaña de 2002 ambos tramos se encontraban en 'Estado Aceptable' (en 2005 pasaron a 'Estado Deficiente' y en 2008 el tramo interior pasó a 'Estado Aceptable').

El empeoramiento detectado se debe, básicamente, a un aumenton en la cobertura de especies indicadoras de contaminación y a un aumento del ratio de algas verdes respecto a la cobertura vegetal total.

La valoración global para la masa de agua, aplicando al conjunto de zonas delimitadas la misma media ponderada que se hace para el cálculo por tramo, es de 'Mal Estado', debido a la superficie relativa mucho mayor del tramo exterior (más del 50% de la superficie total del estuario), frente al tramo interior.

INDICADORES	M-EA1	M-EA2	M-EA3	M-EA4	M-EA5	M-EA6	M-EA7
1- Riqueza	3	3	3	3	3	3	3
3- Cobertura indicadores contaminación	1	1	1	1	3	3	3
4- Cobertura media algas sin indic contamin.	1	1	1	1	1	1	1
5- Ratio verdes/resto	1	1	1	3	1	1	1
SUMA=	6	6	6	8	8	8	8
CALIFICACIÓN AREA=	M	M	M	D	D	D	D
EQUIVALENCIA=	2	2	2	4	4	4	4
SUPERFICIE DE LA ZONA=	12.000	3.000	10.000	6.000	2.100	1.000	1.300
PORCENTAJE SOBRE EL TRAMO=	0,48	0,12	0,40	0,58	0,20	0,10	0,13
VALOR GLOBAL=	0,96	0,24	0,80	2,31	0,81	0,38	0,50
EQUIVALENCIA TRAMO=	2,00			4,00			
CALIFICACIÓN TRAMO=	M			D			
ESTACIÓN RED ASIGNADA=	E-A10			E-A5			

Tabla 191 Calificación de cada indicador de macroalgas y las equivalencias para la calificación de cada tramo de la masa de agua, asignado a cada estación de muestreo de la Red de Calidad, en la presente campaña de 2011

9.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

9.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En los datos generales se observa cierta influencia de la estacionalidad y de las fluctuaciones del caudal en la temperatura y en la composición química del agua. También se aprecia la influencia del estado de la marea en la estación E-A10.

En la Tabla 192 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en el estuario del Artibai, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

Variable	Unidad	E-A5-S	E-A5-F	E-A10-S	E-A10-F
Temperatura	℃	14,86	15,40	16,78	17,11
Salinidad	USP	1,51	3,72	28,68	34,26
Agua fluvial	%	95,76	89,54	19,44	3,76
Saturación O_2	%	69,43	51,90	72,91	76,13
pH		7,39	7,31	7,89	7,99
Silicato	µmol.dm^{-3}	85,63		21,55	
Amonio	µmol.dm^{-3}	51,31		21,98	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	2,79		1,11	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	40,11		17,01	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	147,63		64,94	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	3,26		0,98	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	5,31		1,78	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	201,93		150,60	

Tabla 192 Masa de agua del Artibai. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico y presencia de agua de origen fluvial.

En el año 2011, la temperatura media varía entre 14.8° C y 17.1º C entre los distintos puntos de muestreo. Los valores medios de salinidad muestran el incremento característico hacia la desembocadura del estuario (E-A10) y hacia el fondo de la columna de agua. A partir de

los datos de salinidad se ha calculado la proporción de agua fluvial en las diferentes masas de agua. En la cabecera del estuario (E-A5) la columna de agua se encuentra prácticamente mezclada, presentando un alto porcentaje de agua fluvial (~92%). La zona media-inferior del estuario (E-A10) se encuentra ligeramente estratificada, aunque con un elevado porcentaje de agua marina tanto en superficie (~80%), como en fondo (~96%).

Como puede observarse en la (Tabla 192), el porcentaje de saturación de oxígeno registrado en las dos estaciones del Artibai no supera el 77%, lo cual denota un predominio de procesos heterótrofos sobre los autótrofos, especialmente en la estación situada en la cabecera (E-A5).

En cuanto a otras sustancias disueltas, todos los nutrientes muestran una disminución proporcional a la del agua fluvial entre la estación superior (E-5) e inferior del estuario (E-A10). Generalmente, en los estuarios, la fuente principal de estos nutrientes suele ser el agua procedente del río (origen terrestre).

Respecto a la importancia relativa de las formas inorgánicas respecto a las totales, el nitrógeno inorgánico disuelto (suma de nitrato, nitrito y amonio) supone aproximadamente el 63% del nitrógeno total y el fosfato el 61% del fósforo total en la zona de cabecera (E-A5). Las relaciones son similares en la zona de la desembocadura (E-A10), siendo el NID el 61% del nitrógeno total y el fosfato el 55% del fósforo total. Proporciones muy altas de formas reducidas (amonio, así como, N y P orgánicos) indican eutrofización, en concreto, de aportes elevados de aguas residuales ricas en materia orgánica como aguas domésticas o de industrias conserveras u otras similares. En el estuario del Artibai en 2011 se evidencia dicha situación en ambas estaciones en la medida en que se da un predominio de la concentración de nitrato sobre la de amonio. Por otra parte, los valores de saturación de oxígeno indican una demanda y consumo de oxígeno a medio término que, deben estar relacionados principalmente con la remineralización de materia orgánica en el estuario.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. Tal como se señala en el estudio de presiones e impactos (Borja *et al.,* 2006a), el nivel de presión relacionado con la entrada de nutrientes es moderado en el estuario del Artibai. Dentro de la alta variabilidad característica de los estuarios, y de fluctuaciones asociadas a la estacionalidad y a las diferentes condiciones hidrológicas, en las estaciones E-A5 y E-A10 para NID y concentración de fosfato no se observa una disminución en los últimos años. Es más, algunos de los máximos más importantes se han registrado en los últimos años, especialmente en la estación situada en la cabecera del estuario (Figura 231).

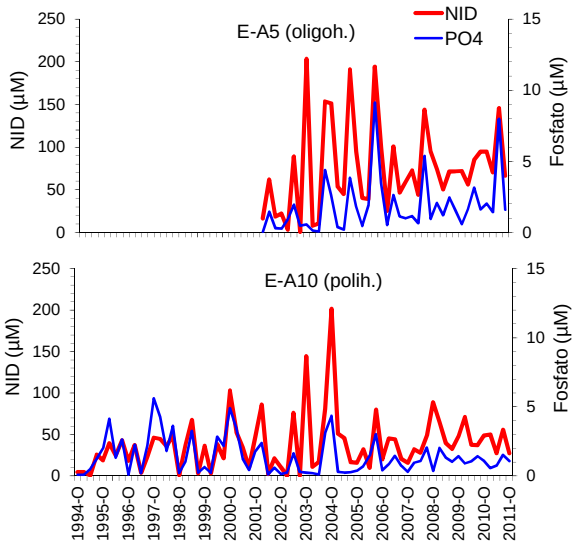


Figura 231 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en las estaciones E-A5 y E-A10. (O: otoño).

En términos generales, si bien se observa una progresiva mejora en el balance entre nitrato y amonio, aún se producen esporádicamente situaciones en las que la calidad físico-química del agua es deficiente. Así, en la campaña de verano de 2005, en la estación E-A5 (durante la pleamar) se detectaron concentraciones de carbono orgánico y nitrógeno total superiores a 1.000 $\mu mol.dm^{-3}$, amonio ~200 $\mu mol.dm^{-3}$ y un 43% de porcentaje de saturación de oxígeno.

En cuanto a la evolución de la saturación de oxígeno, en el estuario de Artibai se experimentó un aumento de la saturación de oxígeno entre 1994 y 2001. Posteriormente, en la estación E-A10, se observa un descenso llegando a mostrar valores inferiores al 60% de saturación, que es seguido de un periodo de aumento (2008 y 2009) que termina por presentar un descenso en los dos últimos años (Figura 232). La estación E-A5, localizada en la cabecera del río, sigue presentando una alta variabilidad en los valores de oxígeno presentando en general valores bajos en veranos y altos en invierno. En 2010 la estación E-A5 presentó los valores de oxígeno más altos de toda la serie en los que alcanza

una saturación de oxígeno de 132% en invierno. Sin embargo, en verano del 2011 registra uno de sus valores mínimos de saturación de oxígeno (25%) (Figura 232).

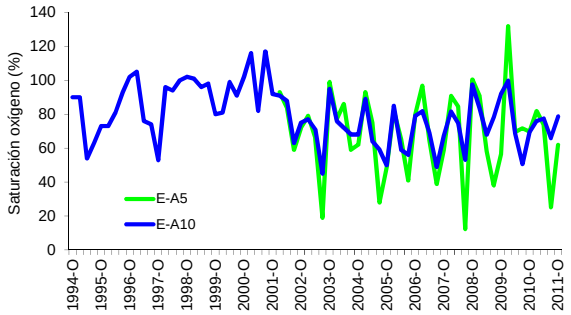


Figura 232 Evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el estuario del Artibai (estaciones E-A5 y E-A10), media de pleamar y bajamar, superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo total y de mercurio en las aguas de superficie de las estaciones del estuario de Artibai se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (3 y 0,3 $\mu g \cdot l^{-1}$ respectivamente).

En la Figura 233 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1995 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las dos estaciones de muestreo del estuario Artibai (E-A5 y E-A10) hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

En este estuario no se observan tendencias bien definidas en la evolución de las concentraciones de los distintos metales. Se podría destacar que en los últimos años el cadmio y hierro, en la mayoría de los muestreos, registran concentraciones inferiores al limite de detección, excepto en casos puntuales donde se supero el objetivo de calidad para el cadmio (0,2 $\mu g \cdot l^{-1}$ con 10,6 $\mu g \cdot l^{-1}$ en invierno de 2002). El resto de metales presentan tendencias bastante irregulares con concentraciones bajas. Los nuevos objetivos de calidad establecido para el zinc son más permisivos (60 $\mu g \cdot l^{-1}$), solamente superando los objetivos de calidad en la estación E-A10, llegando a alcanzar hasta 67 $\mu g \cdot l^{-1}$ verano de 2000.

En general la mayoría de los metales presentan una tendencia a disminuir la concentración. No obstante este año, se registro ligero aumento de concentración para el níquel, plomo y cobre en las dos estaciones, sin llegar a superar el objetivo de calidad establecido (20 $\mu g \cdot l^{-1}$ Ni, 7,2 $\mu g \cdot l^{-1}$ Pb y 25 $\mu g \cdot l^{-1}$ Cu). En el caso de Cu se aprecia un descenso de concentración en la estación E-A10 en la campaña de invierno. En el zinc se observa un ligero aumento en la estación E-A10 en la campaña de invierno, mientras que el resto de la valores disminuyen ligeramente. El Cd supera el objetivo de calidad establecido (0,2 $\mu g \cdot l^{-1}$) en l-A10 en la campaña de verano el resto de los valores se mantienen respecto al año anterior. En el caso del hierro y manganeso se observa un ligero descenso de la concentración en las dos estaciones y en las dos campañas.

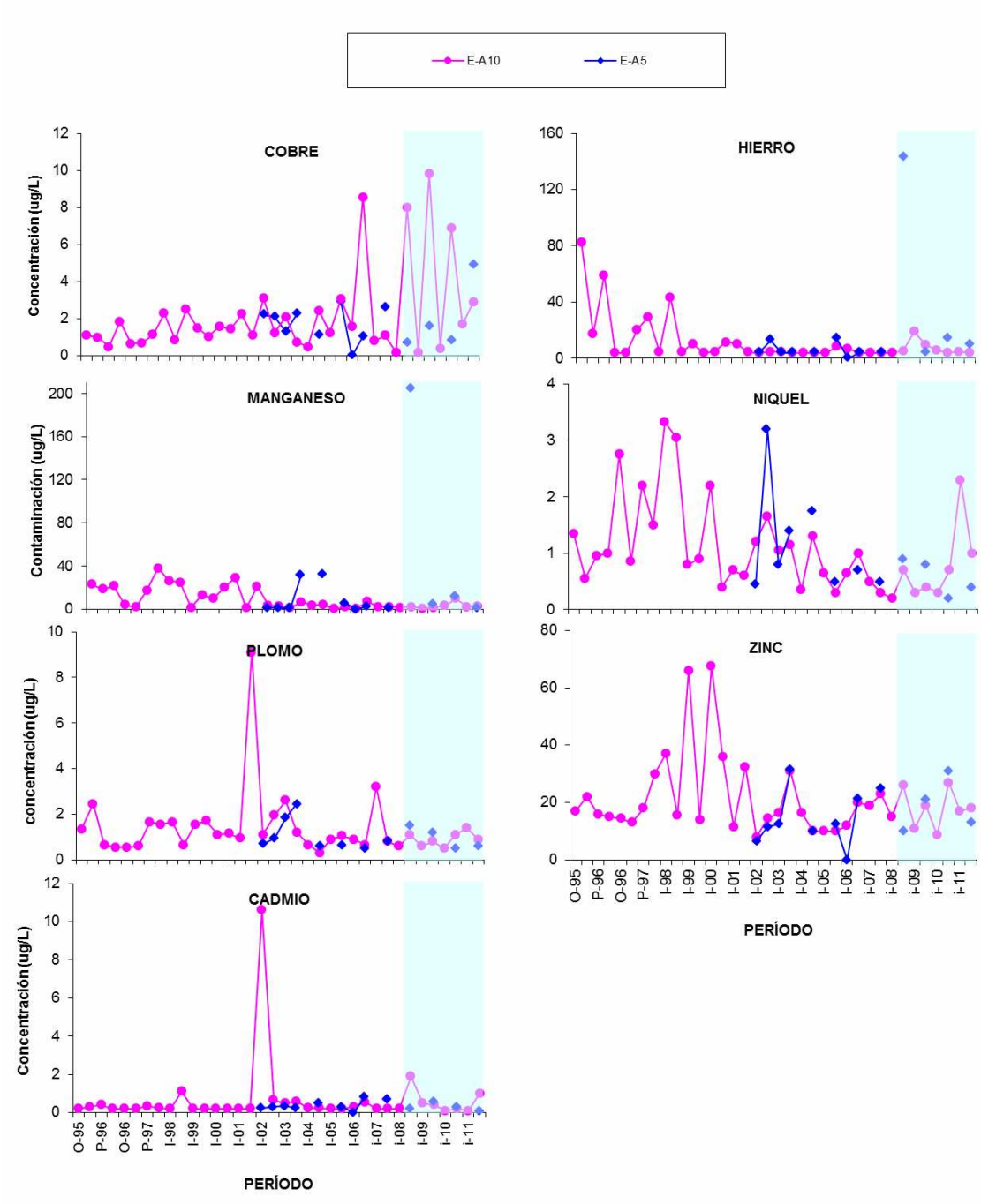


Figura 233 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Artibai en el periodo que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2006, desde el 2007 sólo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

Respecto a los contaminantes orgánicos estudiados PAHs, solamente superan el limite de detección los siguiente congéneres, el acenafteno en las dos estaciones y el fenatreno, acenaftileno, pireno y fluoranteno en la estación E-A10, este útlimo sin llegar a superal el objteivo de calidad establecido (0.1 $\mu g \cdot l^{-1}$).

9.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en la estación E-A10 y desde 2002 en la E-A5 se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado. A partir de esta información, en la Figura 234 y en la Figura 235 se ha establecido una evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 193 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En relación a la variabilidad espacial, en la presente campaña, la estación más interna (E-A5), muestra un sedimento con un importante contenido en arenas y un aumento del contenido en gravas, respecto al año anterior. Esta situación contrasta con la estación más externa (E-A10), la cual presenta un sedimento fangoarenoso y un mayor porcentaje en materia orgánica. Ambas estaciones presentan un sedimento con promedios similares de contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado y ratio C/N.

En cuanto a la evolución temporal de la composición granulométrica, la estación más interna (E-A5) presenta una elevada variabilidad temporal, sin mostrar patrones temporales bien definidos. Por el contrario, en la estación más externa (E-A10), en las últimas campañas, se aprecia un aumento del porcentaje de limos. En relación a este aumento de limos en la estación E-A10, se observa un aumento en el contenido en materia orgánica, que contrasta con una disminución discontinua en la estación más interna.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-A5	20,82	60,17	19,01	4,74	-46	2,02	0,11	18,62
E-A10	0,14	38,73	61,12	11,32	-103	3,31	0,17	19,02

Tabla 193 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

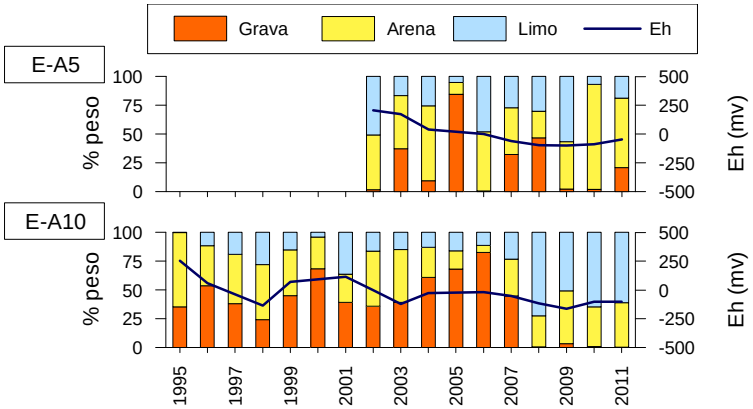


Figura 234 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos de la masa de agua de transición Artibai (muestreos de invierno).

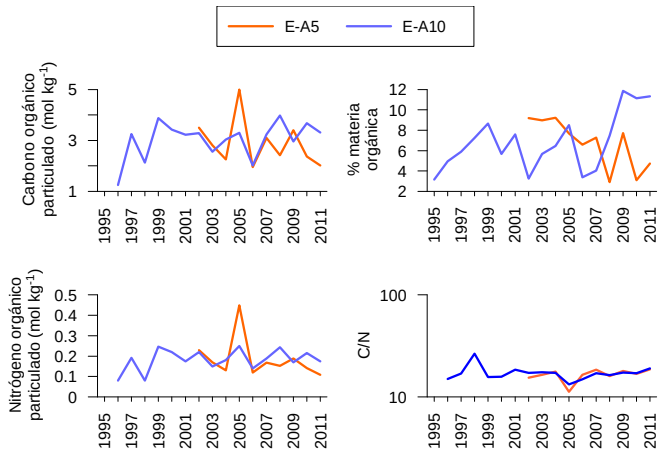


Figura 235 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 194 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011, donde se observa que todos los valores, excepto el Mn en la estación interna (E-A5), son inferiores o cercanos al nivel de fondo. Además, ambas estaciones presentan concentraciones similares para todos los metales.

La Figura 236 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-A10 desde 1995 y en la estación E-A5 desde 2002.

En las campañas más recientes, se observa una disminución discontinua generalizada en el contenido de metales –excepto el Mn en la estación interna (E-A5) – en ambas estaciones, hasta alcanzar concentraciones inferiores o cercanas al nivel de fondo.

Por otro lado, en la Figura 25 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. De esta manera, durante la última campaña, todos los metales en la estación E-A10 y el Cu, Ni, Zn en la estación E-A5 superan el valor TEL. Sin embargo, aunque dichas concentraciones de metales pudieran implicar efectos biológicos negativos en la biota, tales concentraciones, como ya se ha comentado anteriormente, se encuentran en su mayoría por debajo o cercanas al nivel de fondo.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
E-A5	0,22	25	54	32075	0,11	359	32,5	9	159
E-A10	0,19	23	56	29411	0,11	215	33,3	37	153
Media	0,20	24,4	55	30743	0,11	287	32,9	23,65	156,2
Desv. est.	0,02	1,4	1,77	1884	0,00	102	0,62	19,78	4,17

Tabla 194 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

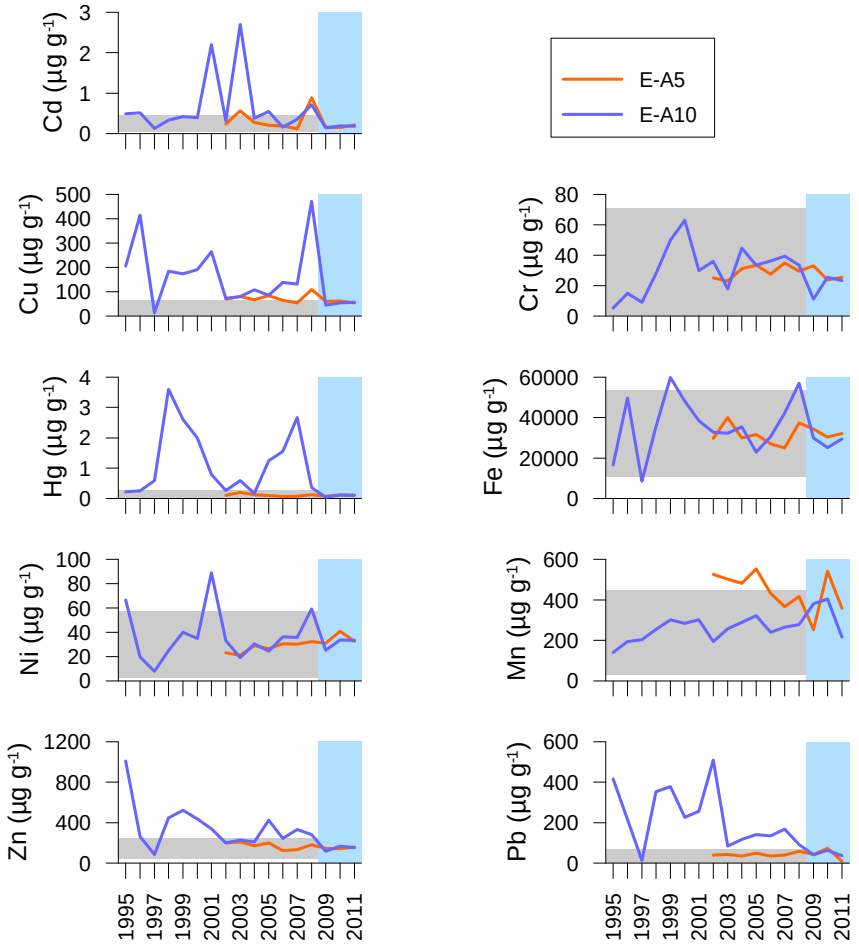


Figura 236 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

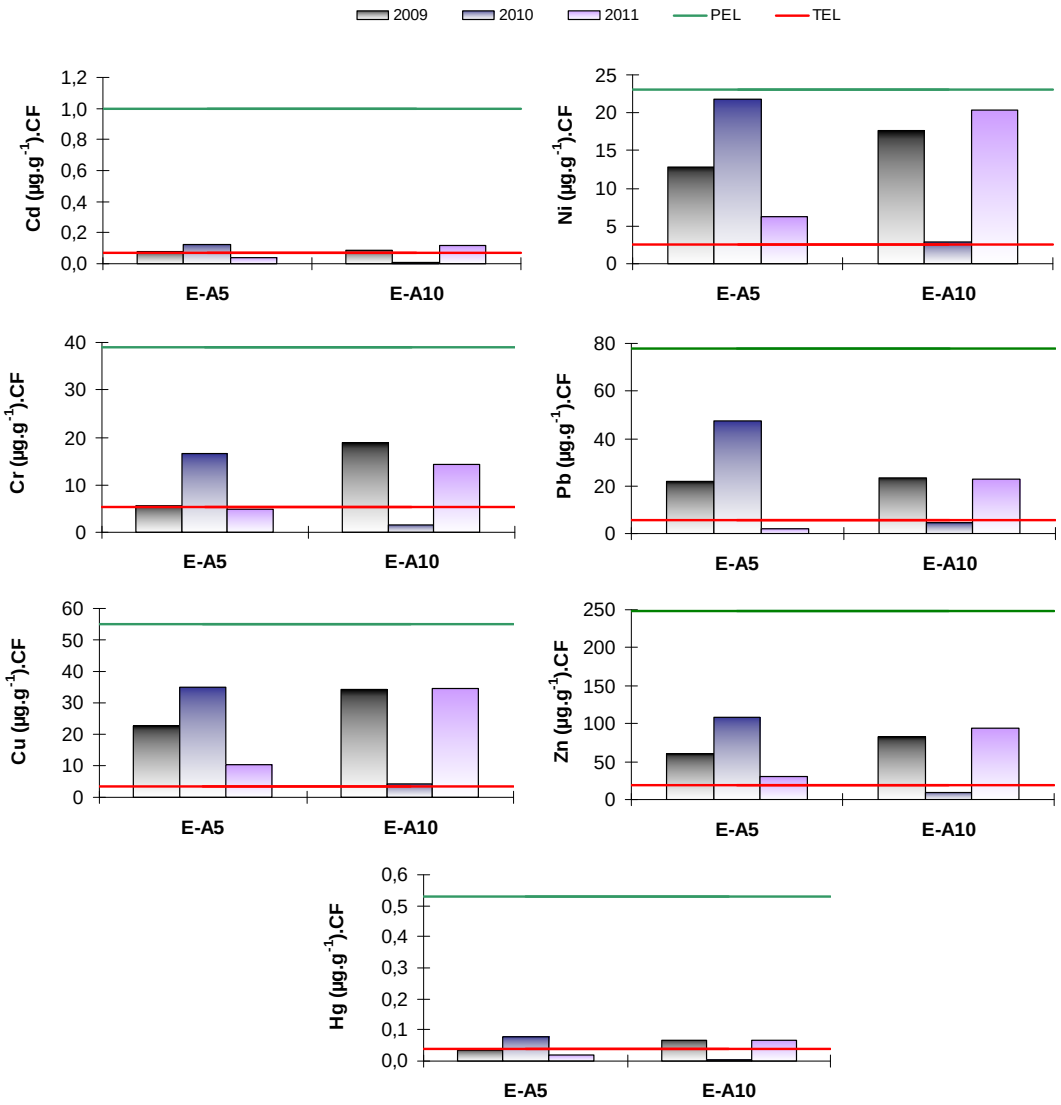


Figura 237 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Artibai, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 195 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las dos estaciones de estudio. La Figura 238 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados en la estación E-A10 desde 1995 y en estación E-A5 desde 2002.

En general, en las campañas más recientes, los compuestos orgánicos analizados, presentan concentraciones generalmente inferiores o cercanas al límite de determinación analítico, a excepción de los PAHs, aunque estos no superar el objetivo de calidad (44792 ng g^{-1}). Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos en ambas estaciones no implican efectos negativos sobre la biota.

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-A5	<0,30	<0,30	<0,30	2,97	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	23,05	5301
E-A10	<0,30	<0,30	<0,30	5,35	<1,00	<1,00	16,17	1,44	25,09	912

Tabla 195 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

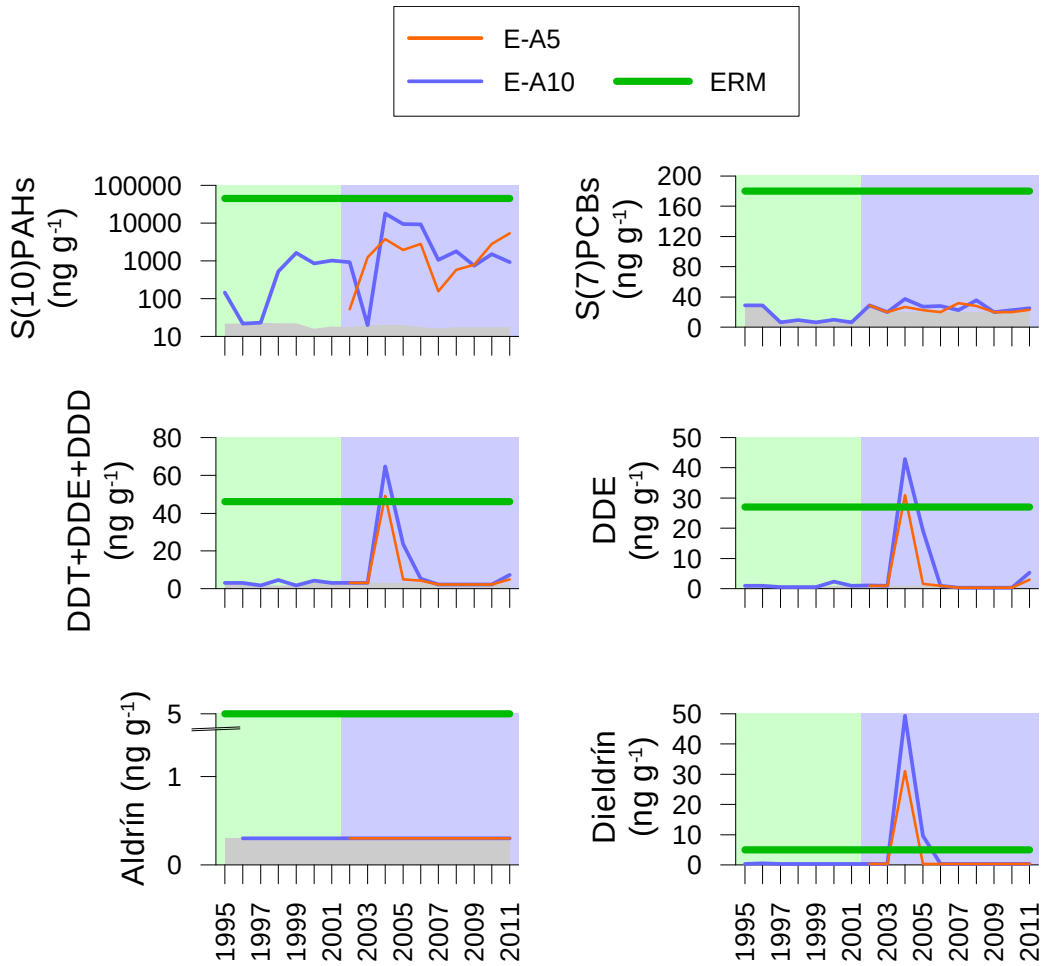


Figura 238 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long et al., 1995).

TOXICIDAD EN SEDIMENTOS

Las muestras de sedimento para realizar los análisis ecotoxicológicos se tomaron el 8 de enero de 2008 en dos estaciones: E-A5 (zona interior del estuario) y E-A10 (zona exterior del estuario). Las muestras se mantuvieron refrigeradas durante 1 mes y posteriormente se congelaron a -20 ℃. Los sedimentos se descongelaron al cabo de 4 meses y tamizaron (< 1 mm), para completar su análisis, dentro de las dos semanas siguientes, con bacterias (Microtox) y anfípodos (*Corophium multisetosum*).

Test Microtox

Los valores de EC_{50} calculados con Microtox en los sedimentos del estuario del Artibai se muestran en la Figura 239. En la zona interior del estuario (estación E-A5) el EC_{50} fue 3.533 mg l^{-1}, mientras que en la zona exterior el valor obtenido fue de 808 mg l^{-1}. El elevado valor registrado en la estación E-A5 refleja la ausencia de toxicidad en su sedimento ya que supera claramente el valor guía propuesto por la normativa canadiense (Chevrier y Topping, 1998), que corresponde a 1.000 mg l^{-1}.

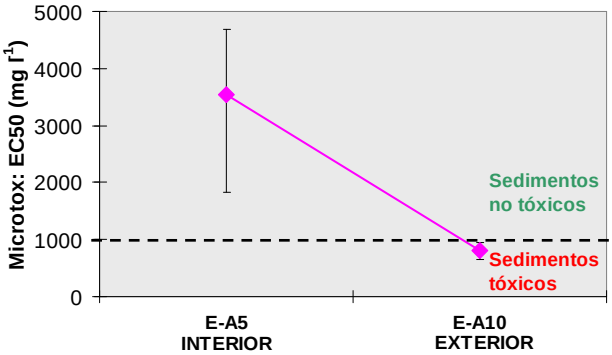


Figura 239 Valores de EC_{50} calculados mediante la técnica de Microtox en sedimentos de la zona interior (E-A5) y exterior (E-A10) del estuario del Artibai. La línea punteada indica el valor guía que especifica la normativa canadiense (1.000 mg l^{-1}). Las barras indican el intervalo de confianza del 95% para los valores obtenidos.

El test Microtox se considera un test de "screening", es decir, mediante este test, normalmente es bastante baja la probabilidad de clasificar erróneamente una muestra como inocua. Con ello, el riesgo de toxicidad en

la estación E-A5 queda casi completamente descartado. Sin embargo, la utilización de varias especies en las pruebas de ecotoxicología (en este estudio, bacterias y anfípodos) permite evaluar la calidad del sedimento en distintos niveles de la cadena trófica, así como obtener una información más completa, ya que cada organismo puede responder de forma diferente a ciertas condiciones.

Por otra parte, el valor observado en la estación E-A10 es inferior al citado valor guía, por lo cual deberemos considerar dicho sedimento como potencialmente tóxico y, en este caso, resulta imprescindible contrastar el riesgo de toxicidad de dichos sedimentos con otro tipo de test (bioensayo de toxicidad aguda con anfípodos).

Test de anfípodos

En la Figura 240 se presenta la mortalidad de *Corophium multisetosum* en contacto con los sedimentos del estuario del Artibai y en un sedimento control procedente del estuario del Bidasoa. El porcentaje de mortalidad en el sedimento control fue de 6 ± 2,2% (media ± desv. típica). Los sedimentos de la zona interior del estuario (E-A5) presentaron un porcentaje de mortalidad muy similar al del sedimento control (7 ± 2,9 %), mientras que el porcentaje de mortalidad en la zona exterior (E-A10) fue algo superior (12 ± 2,9 %).

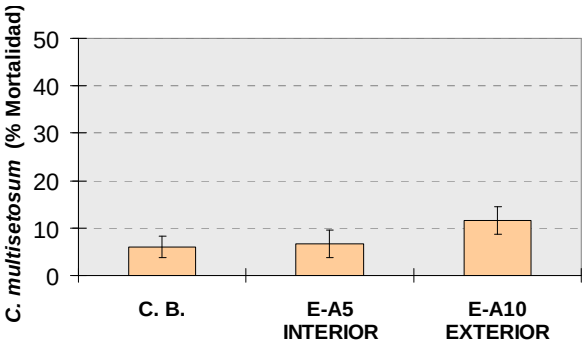


Figura 240 Porcentaje de mortalidad de anfípodos (*Corophium multisetosum*) en sedimentos de la zona interior (E-A5) y exterior (E-A10) del estuario del Artibai, y en una muestra control (C. B.) procedente del estuario del Bidasoa. Las barras indican ± la desviación típica.

Según el criterio de diversas normativas basadas en el test de anfípodos (EEUU, Holanda, Hong Kong, España) para clasificar un sedimento en la categoría de tóxico su mortalidad debe superar a la del control en más de un 20% y las diferencias deben ser estadísticamente significativas (Belzunce y Castro, 2004). En ninguna de las dos estaciones consideradas el bioensayo de anfípodos dio resultados significativamente diferentes a los del control, ni mostraron diferencias de mortalidades superiores al 20%. Por tanto, podemos considerarlas no tóxicas aunque una de ellas (E-A10) había dado valores de toxicidad potencial en la prueba del Microtox.

A la vista de los datos de granulometría en los sedimentos analizados en 2008 (Figura 241), se puede deducir que los anfípodos utilizados en el bioensayo (*C. multisetosum*) presentaron porcentajes de mortalidad relativamente bajos y muy similares entre sí, independientemente del tipo de grano de la muestra. Hay que recordar que en los sedimentos utilizados para los bioensayos se han eliminado todas las gravas y la arena gruesa mediante un proceso de tamizado previo (< 1 mm). En la Figura 241 se muestran los datos de granulometría del sedimento sin tamizar, pero hay que tener en cuenta que las gravas y parte de la arena (1-2 mm) no intervienen en el bioensayo. Por lo tanto, el material analizado en el bioensayo podría definirse como arena fina en el caso del control, arena fangosa en la estación E-A5 y fango-arenoso en la estación E-A10. En todos ellos no se observaron efectos negativos sobre la supervivencia de los anfípodos de la especie *C. multisetosum* que pudieran estar relacionados con la composición en arenas finas o limos de los sedimentos.

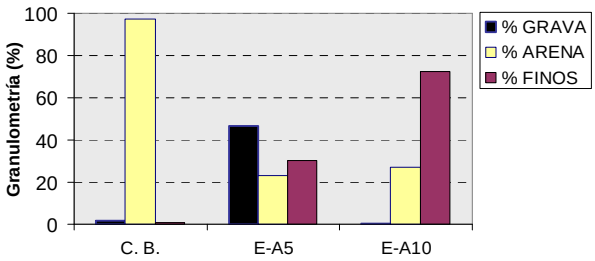


Figura 241 Composición granulométrica (% de gravas, arenas y limos) de los sedimentos en las muestras sometidas a los test de ecotoxicología. C. B. (control de Bidasoa), E-A5 (zona interior del Artibai), E-A10 (zona exterior del Artibai).

En cuanto a la relación de la contaminación con la toxicidad, únicamente se encuentra contaminación fuerte por cobre en la muestra exterior E-A10 y contaminación moderada por cadmio y cobre en la estación interior E-A5. La ligera toxicidad detectada por microtox en la estación exterior puede ser debida más al efecto de los finos (hasta un 73% en finos) y de la materia orgánica (hasta 7,46 %) que a los contaminantes químicos.

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 196 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Artibai, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. La estación E-A5 presenta un ICC global de no contaminación, mientras que la estación E-A10 muestra un ICC global de contaminación ligera.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-A5	NC	NC	CL	CL	NC	CL	CL	NC	CL	NC
E-A10	NC	NC	CL	NC	NC	NC	CL	CL	CL	CL
Total	NC	NC	CL	NC	NC	CL	CL	NC	CL	NC

Tabla 196 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

En la Figura 242 se presenta la evolución del ICC global. En las campañas más recientes, se observa que ambas estaciones mantienen valores cercanos al límite de no contaminación (*i.e.*, ICC < 1).

En cuanto a los compuestos orgánicos, siguiendo los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, ambas estaciones muestran un ICC global de contaminación ligera.

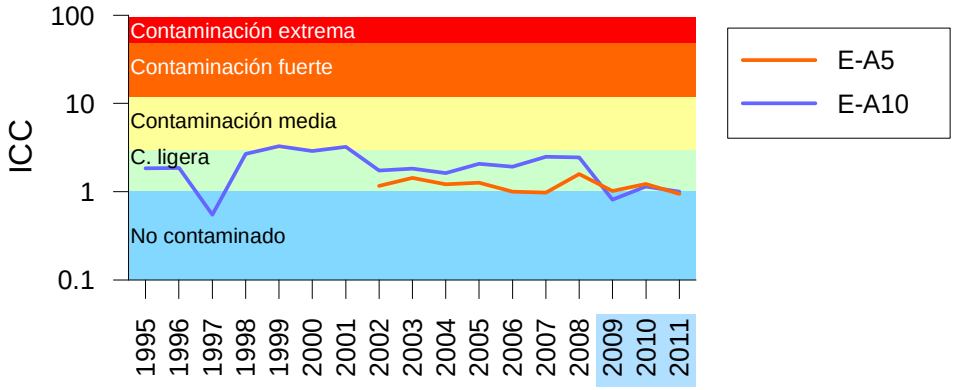


Figura 242 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

9.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En el estuario del Artibai el 2 de noviembre de 2011 se recolectaron mejillones en el puerto de Ondarroa (I-A10).

BACTERIOLOGÍA

En otoño de 2011, la concentración de coliformes fecales (<90 NMP·100 ml^{-1}) es de las más bajas observadas a lo largo del periodo de estudio (Figura 243). Por lo tanto, como presenta menos de 300 NMP·100 ml^{-1} se podría calsificar como zona tipo A, es decir, apta para el marisqueo.

En cuanto a los estreptococos fecales, la concentración observada en otoño de 2011 (700 NMP·100 ml^{-1}) está dentro del rango de los valores medidos en los muestreos más recientes (Figura 243).

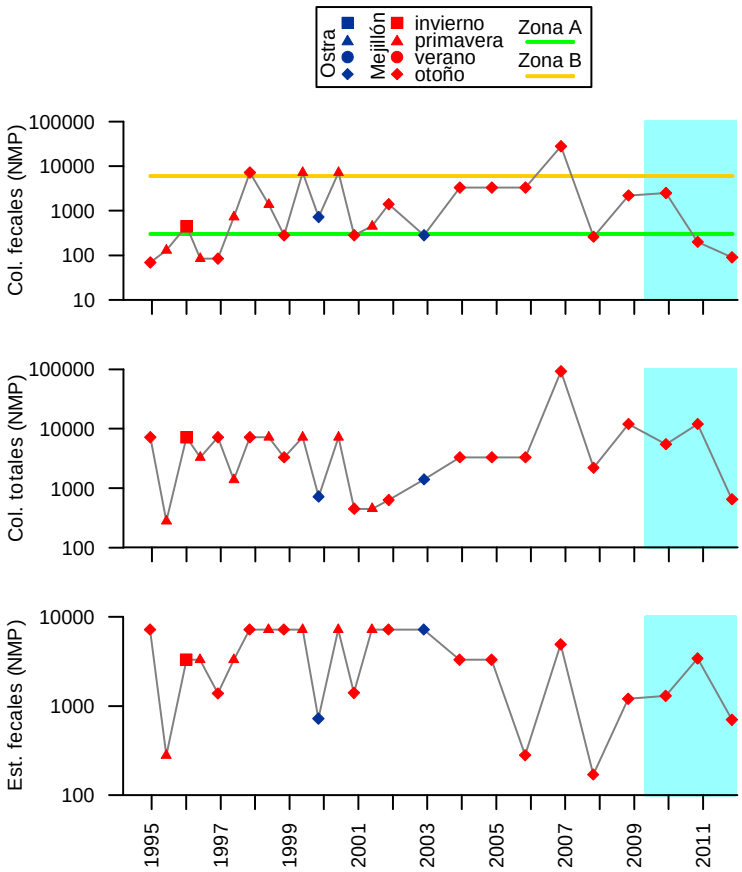


Figura 243 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-A10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 244 se muestra la evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-A10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de **cadmio** en 2011 (0,09 mg kg^{-1}) es una de las más bajas observadas a lo largo del periodo de estudio en esta estación. La concentración máxima se observó en primavera de 2000 (0,44 mg kg^{-1}), pero no supera el límite legal (1 mg kg^{-1}), aunque sí el valor de referencia del CIEM (0,4 mg kg^{-1}).

El **cromo** presenta en 2011 una concentración de 0,22 mg kg^{-1}, un valor dentro del rango de las concentraciónes observadas en las campañas más recientes en esta estación. En cuanto al cumplimiento de la legislación, incluso la máxima concentración que se dio en otoño de 1997 (1,39 mg kg^{-1}) es inferior a los 1,8 mg kg^{-1} contemplados para el cromo (valor actualmente no vigente).

En otoño de 2011 la concentración de **cobre** en mejillones (1,2 mg kg^{-1}) está en el rango de los valores determinados en los muestreos de los años más recientes. En cuanto a los límites legales, en ningún caso se superan los 20 mg kg^{-1} (valor actualmente no vigente) cuando se ha muestreado mejillón, pero sí los 60 mg kg^{-1} (valor actualmente no vigente) cuando se ha muestreado ostra (en otoño de 1999, 99,7 mg kg^{-1}).

Las concentraciones de **mercurio** observadas en los muestreos más recientes están próximas o son inferiores a los límites de detección, que han ido variando a lo largo del periodo de estudio. Además, en ningún caso se han superado ni el límite legal, 0,5 mg kg^{-1}, ni el valor de referencia del CIEM, 0,2 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 42% de los casos se ha superado la norma de calidad ambiental establecida (20 µg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

En otoño de 2011 el **níquel** presenta una concentración de 0,12 mg kg^{-1}, uno de los valores más bajos óbservados a lo largo del periodo de estudio. Aunque para el níquel no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. A lo largo del periodo de estudio, este valor sólo se ve superado en primavera de 1997, con un valor de 2,52 mg kg^{-1}.

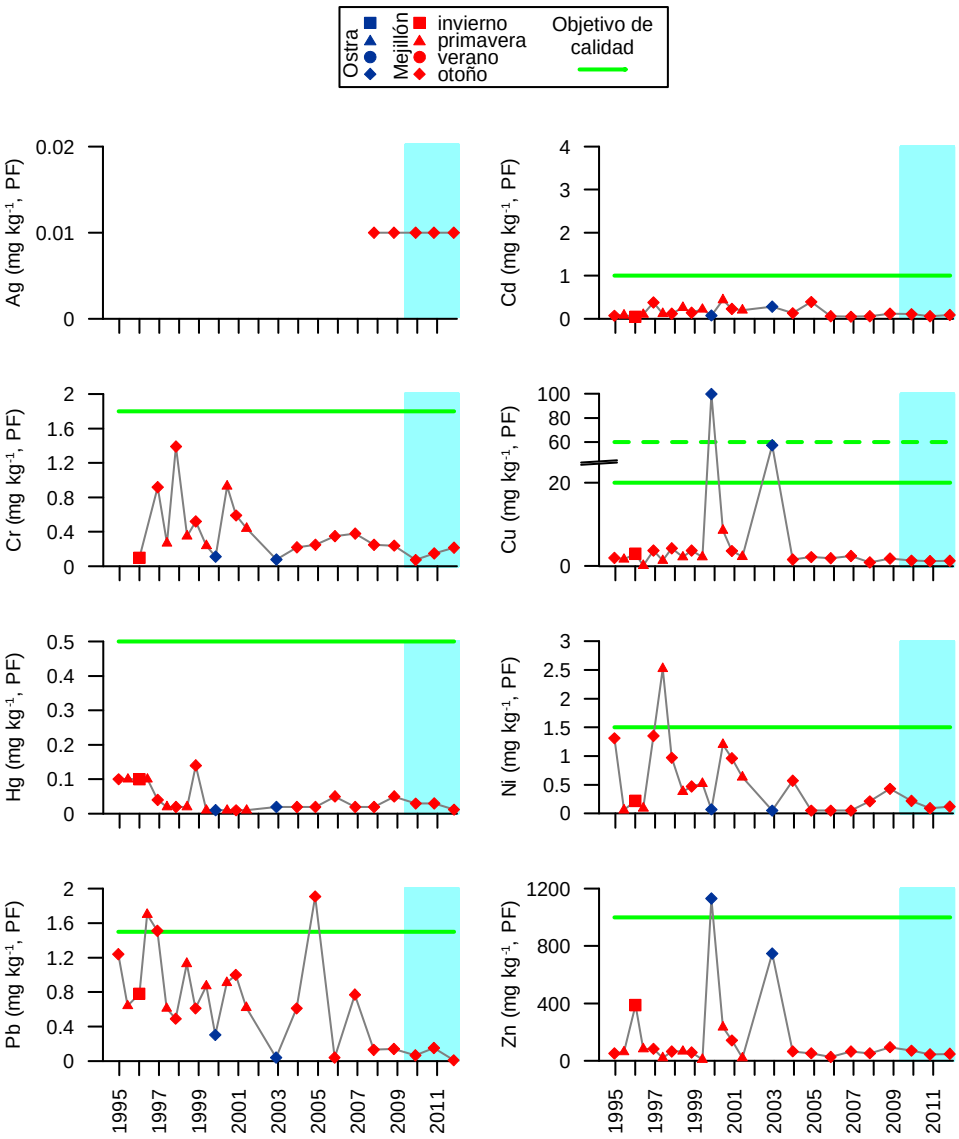


Figura 244 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-A10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

Para el **plomo**, en otoño de 2011 (0,08 mg kg^{-1}) se observa la concentración más baja de las obtenidas a lo largo del periodo de estudio en esta estación. El límite legal para su consumo (1,5 mg kg^{-1}) se ha superado en muestreos previos.

En cuanto al **zinc**, la concentración en otoño de 2011 (48 mg kg^{-1}) se encuentra en el rango de las observadas recientemente en esta estación. A lo largo del seguimiento realizado en esta estación, el límite legal (1.000 mg kg^{-1}, valor actualmente no vigente) se ha superado en otoño de 1999 (1131 mg kg^{-1}); además, el valor de referencia dado por el CIEM, 600 mg kg^{-1} también se supera en otoño de 2002; en ambos casos la especie recolectada fue ostra.

La concentración de **plata** se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007, con un valor de 0,01 mg kg^{-1}; en 2011 la concentración es inferior al límite de detección correspondiente (0,01 mg kg^{-1}).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico, además de los hidrocarburos poliaromáticos (PAHs). En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En la Figura 245 se muestra la evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-A10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En el caso de los policlorobifenilos (**PCBs**) se han sumado los 7 congéneres analizados, con objeto de poder compararlos con otros lugares. Hay que tener en

cuenta que el dato puede variar al ser menos o más los congéneres analizados en otras zonas.

La concentración de PCBs en los moluscos muestra una tendencia decreciente desde 1994. En 2011 la concentración (35 µg kg^{-1}) ha aumentado con respecto a la observada en 2010 (10 µg kg^{-1}). Los valores que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 a 5 ppm. Si se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs encontradas a lo largo del periodo de estudio están muy alejadas de este valor.

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). En los años más recientes es frecuente la presencia de alguno de estos congéneres en concentraciones ligeramente superiores al límite de detección, aunque no en 2011. Desde 1994 el valor máximo se midió en primavera de 1995 (19 µg kg^{-1}). Todas las concentraciones medidas en este punto de muestreo se encuentran muy alejadas del valor guía límite (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}).

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). A lo largo del periodo de estudio la concentración más elevada de HCH se ha observado en la campaña de otoño de 2009 (5,3 µg kg^{-1}). Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, esta concentración se encuentra muy por debajo de dicho límite.

Las concentraciones de **HCB** a lo largo del periodo de estudio rara vez han superado en límite de detección. Así, las concentraciones de HCB en el estuario del Artibai están alejadas del valor límite para este compuesto, 10 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones de **drines** (aldrín, dieldrín, e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, el sumatorio de (10) **PAHs** en moluscos en la campaña de 2011 (26 µg kg^{-1}) ha disminuído con respecto a la observada en otoño de 2010 (67 µg kg^{-1}). En cuanto a la concentración de benzo(a)pireno, en 2011 se observa un valor (1 µg kg^{-1}) inferior al máximo permitido para el consumo según el Reglamento (CE) n° 1881/2010 (10 µg kg^{-1}), valor que sólo se superó en la campaña de otoño de 2005 (11 µg kg^{-1}).

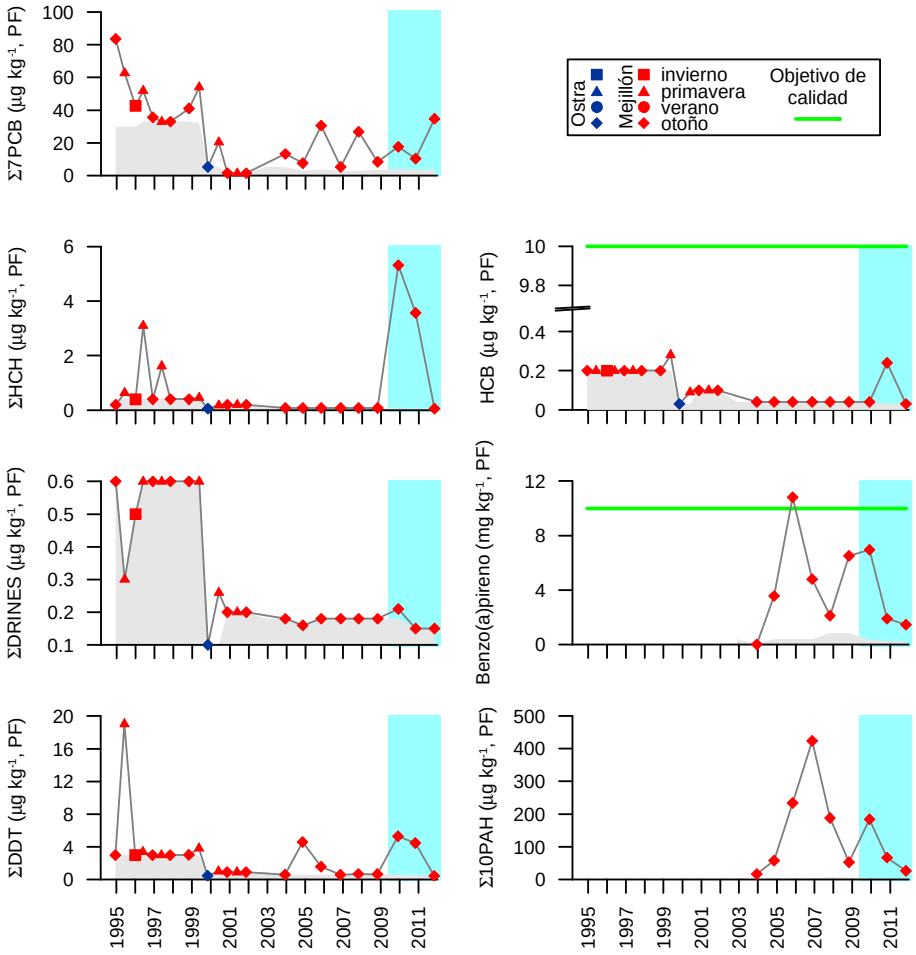


Figura 245 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-A10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación podría ser de Zona tipo A (apta para el marisqueo), según el derogado Real Decreto 571/1999.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al.*, 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos. A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en el estuario del Artibai la clasificación general sería de no contaminado.

En cuanto a los compuestos orgánicos, rara vez alcanzan los límites de detección, por lo que se puede considerar que los moluscos del estuario del Artibai no están contaminados por compuestos orgánicos, con la excepción de PAHs que alcanzan, en algunos muestreos previos, valores relativamente elevados. En 2011 los niveles de PAHs no superan los límites para el consumo según las recomendaciones de la OMS y de la EPA.

9.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como: **'Buena'** en E-A10 y E-A5 y a diferencia de años anteriores, su tendencia al empeoramiento ya no se observa con el dato obtenido en 2011 (Figura 246).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química en 2011, la estación E-A5 no cumple para el amonio y la E-A10 no cumple para oxígeno y amonio.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en las sustancias prioritarias y especificas, es muy buena en la estación E-A5 y buena en la estación E-A10 (Tabla 197).

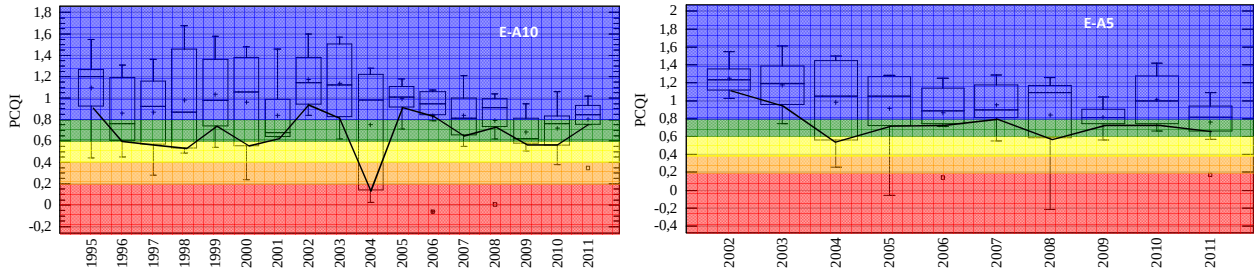


Figura 246 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-A10 y E-A5 de la masa de agua de transición del Artibai. La línea roja representa la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-A5	E-A10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,00225	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,005	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0.05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,3	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	1,0	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,04	0,11	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,6	0,8	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,02	0,066	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	1,638	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	13	16,75	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	4,9	1,475	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Bueno	Bueno

Tabla 197 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Artibai en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE) determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico. De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más recientes, así desde 2004 de forma global se ha alcanzado el buen estado químico (Tabla 198).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 198 Estado químico de la masa de agua de transición Artibai en los años 2004-2011.

9.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

En este estuario, en 2003 se procedió al dragado del canal de entrada al puerto, y en 2007 se comenzaron obras de encauzamiento, que continuaron con intensidad en 2008 y algo menos en 2009. Además, en 2010 se dragó en la parte externa del estuario y en el puerto, por lo que hemos calificado la situación para este indicador en 2011 como **'Deficiente'.** A pesar de ello, el estuario está altamente canalizado y presenta un importante puerto, que representa un porcentaje elevado (>25%) de la masa de agua, lo que sin duda condiciona su funcionalidad general.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 10 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL DEBA

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 10 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL DEBA 323

10.1 Resumen estado ecológico. Deba 325

10.2 Estaciones de muestreo 327

10.3 Macroinvertebrados bentónicos 328
10.3.1 Parámetros estructurales 328
10.3.2 Calidad biológica 329

10.4 Fauna ictiológica 330
10.4.1 Estructura y composición de la comunidad 330
10.4.2 Calidad biológica 330

10.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 332
10.5.1 Fitoplancton 332
10.5.2 Macroalgas 334

10.6 Indicadores Fisicoquímicos 335
10.6.1 Caracterización físico-química en aguas 335
10.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 339
10.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 344
10.6.4 Evaluación del estado 348

10.7 Indicadores hidromorfológicos 349

10.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. DEBA

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta Masa de agua.

Respecto a las fuerzas motrices, se debe considera que sufre la presión directa de menos de 25.000 habitantes, con una densidad de 111,4 habitantes km^{-2} a los que se le pueden asociar la existencia de importantes vertidos sin saneamiento en el río, si bien en los últimos años el saneamiento ha avanzado mucho en la cuenca. Respecto a los establecimientos industriales, es destacable al alto número relativo de establecimientos del sector de industria y energía. Este sector representa el 19% con 174 establecimientos, sobre un total de 931. El puerto de Deba, originalmente de carácter comercial, mantiene ahora una flota deportiva. Entre la desembocadura y el puente de Deba existe una pequeña dársena deportiva con capacidad para 70 embarcaciones fondeadas. Respecto al uso del suelo para silvicultura, en el estuario del Deba, la superficie arbolada es de 6.213 Ha. El 59% corresponde a bosque de coníferas, destacando el *P. radiata* que ocupa 3.522 Ha. Respecto a la explotación agrícola-ganadera se le asocia al estuario del Deba un total de 507 explotaciones en 7.824 Ha.

El estuario del Deba presenta una fuerte canalización, con aportes contaminantes (metales, etc.) provenientes fundamentalmente del río, a ello hay que sumar los vertidos al estuario (abundantes aunque de caudal relativamente bajo: 350.000 $m^3.a^{-1}$, si bien se han reducido progresivamente en los últimos años, redundando en una mejora de la calidad progresiva en este tiempo) y la presencia de numerosos amarres y un pequeño puerto que, debido a lo pequeño del estuario, representa el 10% de su superficie. En los últimos años, alguno de estos vertidos se ha desviado a la depuradora que vierte al mar, además en la cuenca alta se han hecho actuaciones para reducir los vertidos de metales. Por otro lado, en el estuario se han hecho obras de restauración, recuperando zonas que se habían ganado al mar en Casecampo, habiendo finalizado las obras en un puente, que ocupó el cauce durante un tiempo. Globalmente la presión en la masa de agua fue moderada en 2004.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, alcanza un buen estado químico (Tabla 199). Se alcanzó el buen estado químico entre los años 2005 y 2008. En 2004 no alcanzó el buen estado químico por presencia de Ni y en 2009 año por presencia del sumatorio de PAHs de Benzo(g,h,i)perileno + Indeno(1,2,3-cd)pireno (Tabla 200).

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en sustancias prioritarias y especificas, es muy bueno en las dos estaciones de estudio (Tabla 199), mientras que el estado basado en los elementos físico-químicos, soporte de los biológicos, es bueno en ambas estaciones (Tabla 201).

En la Tabla 201 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua de Deba. En el estuario existen dos estaciones, E-D5 y E-D10, la primera incorporada a la Red de Vigilancia en 2002 y la segunda muestreada desde el comienzo del seguimiento.

En este sistema los indicadores físico-químicos presentan una gran variabilidad, lo que ha producido notables cambios en la clasificación global desde el comienzo del seguimiento en la estación E-D10. Esto posiblemente se deba a variaciones en la contaminación del estuario por vertidos no habituales, o por riadas que afecten periódicamente a la zona de estudio. En 2011 la estación interior se ha clasificado en aceptable estado y la externa en buen estado ecológico (Figura 247). Esto se debe fundamentalmente al estado de las algas y peces, muestreados en 2009. En cambio, hay que hacer notar que el río Deba ha ido mejorando en la calidad, como se observa también en la evolución en el estuario de los metales pesados en aguas, con niveles que tienden a decrecer, especialmente los referidos a los tratamientos de superficies metálicas (níquel, cromo, zinc, etc.). Así, en 2010-2011 el estado químico ha mejorado ligeramente y el estado físico-químico ha mejorado en ambas estaciones. Esto se ha traducido en una mejora en algunos elementos biológicos (en 2009 algas y peces en la parte externa, y en 2010-2011 fitoplancton y bentos en la interna), pero, al ser un estuario muy influenciado por el río y con poco desarrollo de los ecosistemas estuáricos, es difícil que pueda mantener comunidades bien desarrolladas y que éstas experimenten avances y retrocesos en función de variables ambientales. Sin embargo, en 2011, la valoración global del estuario sigue estando en buena, habiendo mejorado algunos elementos, lo que hace que sea un estuario en que se nota claramente el efecto del saneamiento y los cambios

en los modelos de producción en las empresas de tratamientos metálicos.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-D5	E-D10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,1	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,2	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,2	0,01	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,5	0,5	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,12	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,7	1,9	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	13	15	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,3	1,1	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Muy Bueno	

Tabla 199 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Deba en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	Ni
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	No alcanza buen estado	ΣBenzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 200 Estado químico de la masa de agua de transición Deba en los años 2004-2011.

ELEMENTOS BIOLOGICOS					ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-D5	MB	D	B	A	A	B	Sí	No	B	A	6	0.54	3.24	6.92
E-D10	MB	A	MB	B	B	B	Sí	No	B	B	8	0.46	3.68	

Tabla 201 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Deba en 2011.

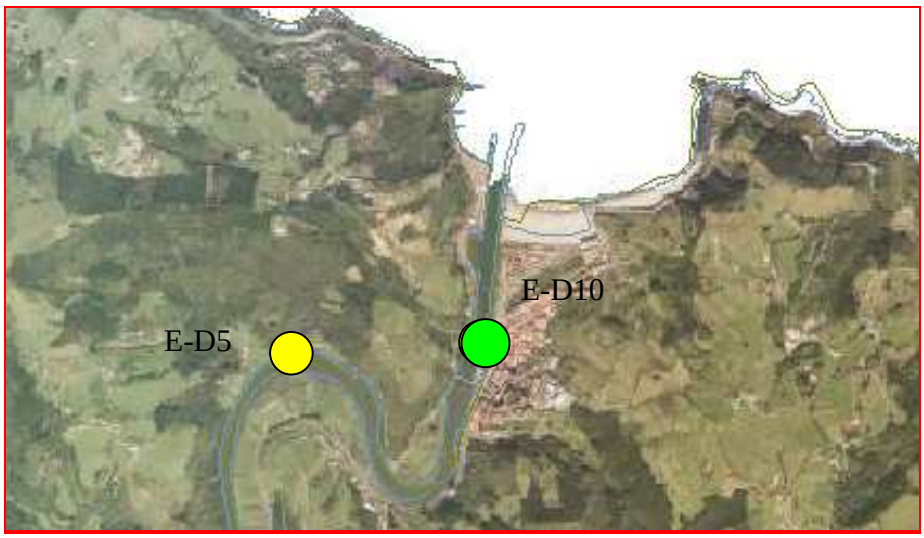


Figura 247 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la Masa de agua Deba: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

10.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Deba, la Red de Vigilancia cuenta con dos estaciones estuáricas, y una estación de moluscos. Asimismo en 2003, 2006 y 2009 se analizaron un total de 3 estaciones para el análisis de vida piscícola, 7 tramos para el análisis de macroalgas y 2 transectos litorales de macroalgas (Tabla 202).

Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo estación
E-D10	Deba (puente) (Deba)	552250,56	4793702,61	Estuarios
E-D5	Deba (campo de fútbol) (Deba)	551706,65	4793803,20	
I-D10	Mutriku (playa) (Deba)	552482,88	4794604,21	Estuarios (Moluscos)
ADE	Deba (Arrastre zona exterior estuario)	552356,34	4794102,82	Estuarios (Vida piscícola)
ADI	Deba (Arrastre zona interior estuario)	551899,60	4793574,18	
ADM	Deba (Arrastre zona media estuario)	552208,33	4793493,83	
M-ED1	Deba Zona 01. Estuario Macroalgas	552306,12	4794228,90	Estuarios (Macroalgas)
M-ED2	Deba Zona 02. Estuario Macroalgas	552334,03	4793956,00	
M-ED3	Deba Zona 03. Estuario Macroalgas	552250,29	4793655,19	
M-ED4	Deba Zona 04. Estuario Macroalgas	552206,88	4793459,82	
M-ED5	Deba Zona 05. Estuario Macroalgas	552154,16	4793317,16	
M-ED6	Deba Zona 06. Estuario Macroalgas	551902,96	4793574,56	
M-ED7	Deba Zona 07. Estuario Macroalgas	551437,79	4793695,50	

Tabla 202 Estaciones de muestreo en el estuario del Deba.

10.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

10.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Deba, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 203.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN	
		E-D5	E-D10
Densidad	nº·m^{-2}	343	335
Biomasa	g·m^{-2}	4,29	1,21
Riqueza	nº	8	9
Diversidad número	bit·ind^{-1}	1,98	2,28
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	0,18	1,29
Equitabilidad número		0,66	0,72
Equitabilidad biomasa		0,06	0,41
Diversidad máxima	bits	3,00	3,17
AMBI		4,11	2,04
Clasificación AMBI		Alteración Moderada	Alteración Ligera

Tabla 203 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Deba.

La estación más interna del estuario del Deba, E-D5, en 2011 presenta una biocenosis compuesta por especies de macroinvertebrados bentónicos habituales en la mayoría de las estaciones muestreadas en los estuarios de la CAPV.

Así, por ejemplo, caben destacar por sus densidades el grupo de los oligoquetos (129 ind·m^{-2}), el molusco bivalvo *Scrobicularia plana* (129 ind·m^{-2}), el crustáceo isópodo *Cyathura carinata* (40 ind·m^{-2}), las larvas de dípteros (29 ind·m^{-2}) y el poliqueto errante *Hediste diversicolor* (15 ind·m^{-2}).

La densidad registrada para esta comunidad en 2011 (Tabla 203) es relativamente baja (343 ind·m^{-2}). La mínima del seguimiento se registró en 2010 (100 ind·m^{-2}) y la máxima (4.187 ind·m^{-2}), en 2005 (Figura 248). La biomasa en 2011 es de 4,3 g·m^{-2}, aportada en su mayor parte por el bivalvo *S. plana* (4,2 g·m^{-2}).

La diversidad para las abundancias es moderada (1,98 bit·ind^{-1}) debido a la ausencia de fuertes dominancias por alguna especie (mínima, 0,40 bit·ind^{-1} en 2008; máxima, 2,39 bit·ind^{-1} en 2010). La riqueza específica es baja, por lo general, durante todos los años de seguimiento, oscilando entre 4 *taxa* en 2002 y 10 *taxa* en 2005 (8 *taxa* en 2011).

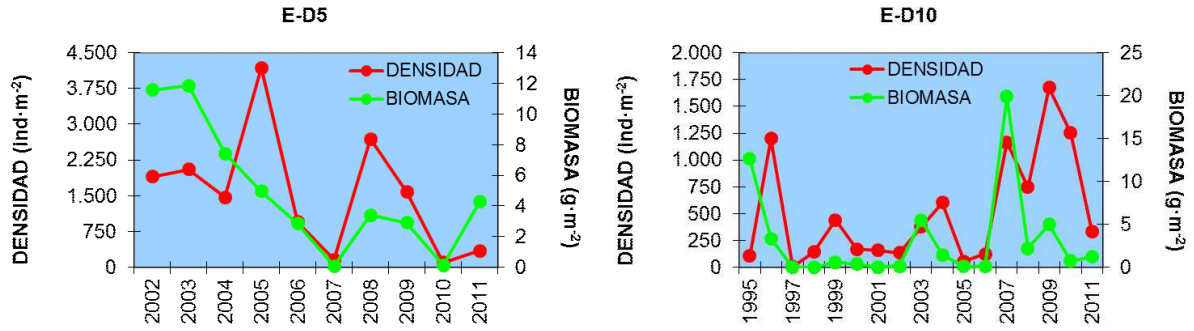


Figura 248 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-D5 y E-D10 (Deba).

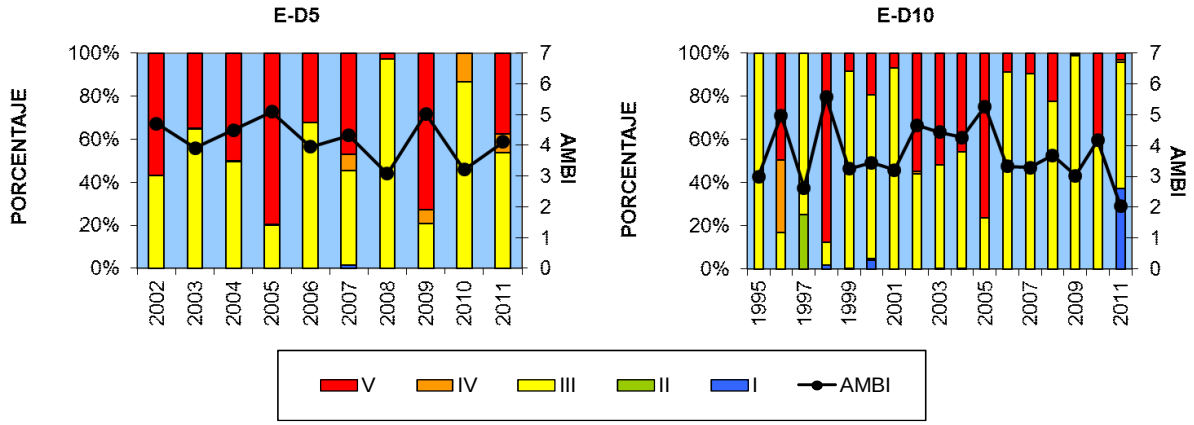


Figura 249 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-D5 y E-D10 del Deba.

La estación presenta alteración moderada (Tabla 203), con un valor de AMBI de 4,11. Se observa una muy ligera tendencia global discontinua de mejora desde el inicio del seguimiento en esta estación en 2002 (Figura 249).

La estación E-D10 del estuario del Deba, se sitúa en una localización más próxima a la desembocadura. Los

sedimentos de esta estación están dominados por limo arena (98%). El contenido en materia orgánica en 2011 es de 2,5%.

En la estación E-D10 vuelven a estar presentes muchas de las especies más representativas de la comunidad reducida de *Macoma*, con elevada presencia en otros estuarios de la CAPV. La biocenosis de esta estación ha estado generalmente dominada por *Streblospio shrubsolii* (1997, 1999, 2000 y 2001), *H. diversicolor* (1995, 2004, 2006, 2007, 2008 y 2009) y el grupo de los oligoquetos (1998, 2002, 2203, 2005 y 2010).

En 2011, aunque están presentes los *taxa* citados, la comunidad está dominada tanto en densidad como en biomasa por los moluscos *Tapes* sp. (124 ind·m^{-2}) y *S. plana* (81 ind·m^{-2}). Aunque menos abundantes, también destacan *S. shrubsolii* (71 ind·m^{-2}), *Hydrobia ulvae* (23 ind·m^{-2}) y *H. diversicolor* (21 ind·m^{-2}).

La densidad de la comunidad (335 ind·m^{-2}) se encuentra en el rango de las registradas a lo largo del estudio (mínima en 1997, 5 ind.m^{-2}; máxima en 2009, 1.676 ind·m^{-2}) (Figura 248). También la biomasa se encuentra en el rango de las registradas a lo largo del seguimiento (1,2 g·m^{-2}).

La riqueza específica (9 *taxa* en 2011) presenta baja variabilidad temporal durante el periodo de seguimiento. La diversidad para las abundancias presenta generalmente valores bajos, con un importante incremento en 2011 (diversidad, 2,28 bit·ind^{-1}; equitabilidad, 0,72).

En términos de AMBI, la estación presenta alteración ligera (Tabla 203). Durante los años más recientes, y hasta la pasada campaña de 2010, dominaban las especies adscritas a los grupos ecológicos III y V (Figura 249), con densidades relativas variables, lo cual hacía que los valores de AMBI fluctuaran entre 2,6 y 5,6. Además, de forma global, en el periodo 2006-2010 se observaba una ligera mejoría, con respecto a los años anteriores. La presente campaña de 2011, dicha mejoría se confirma, con un aumento importante de las especies sensibles a la alteración al medio, que pasan a representar hasta un 37% de la comunidad, lo que permite el importante descenso detectado para AMBI.

10.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las dos estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

Por un lado, la estación **E-D5** presenta **Buen Estado** (Figura 250), con una tendencia temporal creciente y discontinua. De esta manera, los valores de M-AMBI han pasado de 0,39 (Estado Aceptable) al comienzo del seguimiento en 2002 hasta 0,68 en la presente campaña. Así, se produce una pequeña recesión en la calidad, de un EQR de 0,77 en 2010 (correspondiente a Muy Buen Estado, aunque en el límite con el Buen Estado) a 0,68. Sin embargo, como ya se ha comentado, se sigue manteniendo una tendencia positiva global para el seguimiento en su conjunto.

Por otro lado, la estación **E-D10** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 250) con una evolución temporal bastante irregular, donde situaciones de mejora se alternan con situaciones de empeoramiento. En las campañas más recientes el estado ecológico ha ido variando entre Aceptable y Bueno. De esta manera, entre 2005 y 2007 se observa un fuerte incremento de los valores de M-AMBI (de 0,38 a 0,70), al que le sigue un ligero retroceso hasta 0,56 en 2009 y finalmente una aparente mejoría en las dos últimas campañas.

Tal y como se ha comentado en informes anteriores, esta evolución de "dientes de sierra" puede tener relación con la puesta en marcha y finalización de diversas intervenciones en la zona, tales como procesos de saneamiento, obras de regeneración así como las obras del puente de la variante de Deba.

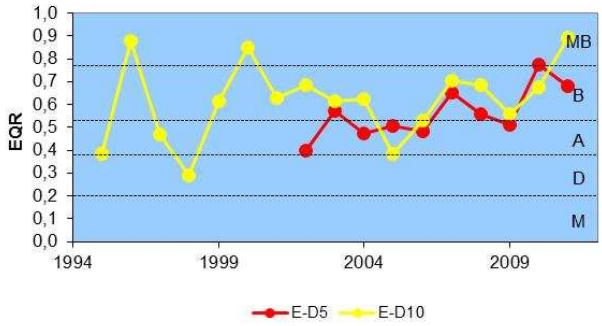


Figura 250 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua de transición del Deba.

10.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

10.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Las muestras de fauna demersal fueron recogidas durante la campaña de campo de 2009, por tanto, en este informe se re-analizan los datos obtenidos con anterioridad.

En este estuario existen datos del año 2003 y 2006 pertenecientes al estudio "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco" (Borja *et al.,* 2007), datos pertenecientes a 1996 (Franco *et al.,* 1996) y datos anteriores pertenecientes a los años 1987 y 1988 (San Vicente *et al*., 1988); sin embargo, los transectos estudiados y la metodología empleada por estos últimos no son equiparables al empleado actualmente.

El total de especies identificadas en 2009, 2006 y 2003 fue de nueve (tres peces y seis crustáceos en 2009 y 2006; cuatro peces y cinco crustáceos en 2003). A su vez, en el estudio de 1996 fueron identificadas ocho (cuatro crustáceos y cuatro peces).

El número de especies distribuidas por todo el estuario ha ido decreciendo de forma progresiva: tres en 1996 y 2003, dos en 2006 y uno en 2009. *Pomatoschistus* sp. (cabuxino) es la única especie que abarca todo el estuario en todos los años muestreados; *Carcinus maenas* (cangrejo verde) en 1996, 2003 y 2006; *Palaemon* sp. (quisquilla común) solo en 2003 y *Crangon crangon* (quisquilla gris) en 1996.

En 2009, la estación exterior (ADE) ha sido la estación que presentaba los valores más altos en abundancia, riqueza y diversidad. Por el contrario, la estación media (ADM) obtiene los valores más bajos (en todos ellos). Comparando estos resultados con los obtenidos años atrás se puede apreciar que los valores de la riqueza total obtenidos en 2009 son superiores a los de 2006 en la estación exterior e interior, aunque no superan los obtenidos en 2003.

A su vez, en la parte interna y externa del estuario la diversidad se recupera, alcanzando además en el tramo exterior el valor máximo de toda la serie de datos.

10.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica. Para ello, se han utilizado los datos obtenidos en las campañas realizadas en 2003, 2006 y 2009 para la "*Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco"* (Borja *et al*., 2004; 2007; 2010) y los obtenidos en la campaña de campo efectuada en el estudio similar realizado para la Diputación Foral de Gipuzkoa (Franco *et al.*, 1996), lo que permite establecer una comparación.

La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1. En la Tabla 204 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio.

Estación/año	ADE			ADM			ADI		
Parámetros	2003	2006	2009	2003	2006	2009	2003	2006	2009
Riqueza	3	3	3	3	3	1	3	1	3
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Esp. Indicadoras contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Peces planos	1	5	5	1	1	5	1	1	1
Omnívoros	3	3	3	3	3	3	3	5	3
Piscívoros	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Especies residentes (nº)	5	3	5	3	5	3	3	3	3
Especies residentes (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTUACION	29	31	33	27	29	29	27	27	27
AFI	0,56	0,61	0,67	0,50	0,56	0,56	0,50	0,50	0,50
CALIDAD BIOLÓGICA	B	B	B	A	B	B	A	A	A

Tabla 204 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica de peces demersales en cada una de las estaciones. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interna (ADI), media (ADM) y externa (ADE). AFI: AZTI's Fish Index.

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, indicadoras de la contaminación y salud piscícola son los que favorecen la calidad biológica, alcanzando los valores máximos. Otro indicador que contribuye con un valor alto, de 5, a la calidad es el indicador de la presencia de peces planos en la parte externa y media del estuario. El indicador número de especies residentes alcanza el valor máximo en la estación externa y un valor medio en el resto.

En cuanto a la composición trófica, esta es similar en los distintos tramos del estuario, existiendo en las tres estaciones una relación no equilibrada en la relación entre omnívoros y piscívoros (valor porcentual de 1:1).

En la Figura 251 se resume cómo ha variado la calidad biológica del estuario del Deba entre los años 1996, 2003, 2006 y 2009. El estado de la calidad biológica piscícola alcanzado en 2009 fue de **'Aceptable'** en el tramo interior del estuario y de **'Bueno'** en el tramo medio (límite con bueno) e externo. En términos de tendencias, se aprecia cómo la calidad biológica disminuye hacia el interior del estuario. El único tramo que mejora su calificación respecto a años anteriores fue el tramo exterior; en el resto la calidad se mantiene.

Para establecer la calidad biológica en peces de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1.

La Figura 252 muestra la evolución de la calidad biológica en el estuario del Deba entre los años 1996 y 2006. El valor de la calidad biológica de esta masa de transición evoluciona de forma favorable, aunque todavía se mantiene cerca del límite inferior de "**Bueno**". El peor de los valores obtenidos hasta ahora fue el de 1996.

El estuario del Deba es un sistema muy canalizado que presenta contaminantes (metales, etc.) provenientes fundamentalmente del río y al que le afectan los vertidos sin depurar, los vertidos puntuales y los vertidos difusos que se realizan, además de la presencia de numerosos amarres y un pequeño puerto que, debido a lo pequeño del estuario, representa el 10% de su superficie. Recientemente alguno de estos vertidos se ha desviado a la depuradora que vierte al mar y la puesta en marcha de la nueva EDAR de Elgoibar (que recogerá las aguas residuales de Mendaro, Elgoibar, Eibar, Ermua y Mallabia) probablemente provocará una mejora en la calidad del agua del río y, por ende, del estuario.

Durante el año 2006, y debido a las obras de construcción del puente que une las carreteras GI-638 y N-634 (puente que une Mutriku y Deba), el cauce a la altura del tramo medio estaba reducido casi hasta la mitad de su anchura normal y además, se apreciaba que algunas zonas inundables habían sido rellenadas con tierra. En enero de 2007, el cauce presentaba casi su anchura natural pero las zonas inundables todavía no han sido recuperadas totalmente, ni tampoco han sido retirados los pivotes de cemento ni otros materiales propios de la obra.

Según datos del informe realizado por Ekolur-Ikaur para la Diputación Foral de Gipuzkoa, en las aguas dulces del Deba solamente se ha detectado la presencia de la especie *Anguilla anguilla* (anguila –catádroma-); el resto de las especies migradoras *Salmo salar* (salmón atlántico –anádroma-), *Salmo truttta morpha trutta* (trucha de mar –anádroma-), *Alosa alosa* (sábalo –anádroma-) y *Petromyzon marinus* (lamprea de mar –anádroma-) están extintas.

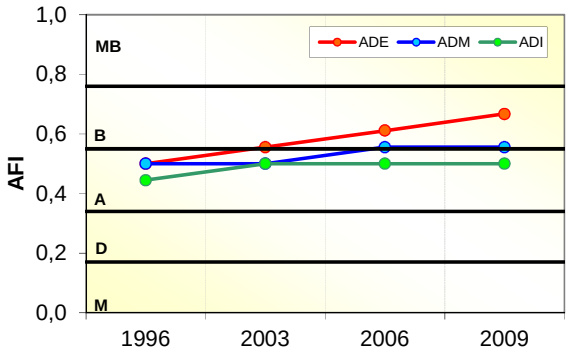


Figura 251 Valores de la calidad biológica obtenidos para cada estación entre los años 1996 y 2009. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interior (ADI), medio (ADM) y exterior (ADE). AFI: AZTI's Fish Index.

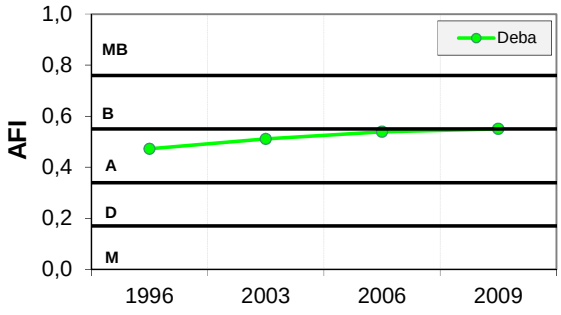


Figura 252 Valores de la calidad biológica obtenidos en la masa de transición del Deba entre los años 1996 y 2009. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

10.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

10.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

Se midió la concentración de clorofila en la cabecera (estación E-D5) y en la zona inferior (E-D10), sólo en superficie. Considerando el conjunto de situaciones de muestreo (pleamar y bajamar; en cuatro ocasiones a lo largo del año) se tomaron 16 muestras.

En 2011, la salinidad cubrió un gradiente de 1,1 a 26,9 USP. En invierno y primavera se observaron valores relativamente más bajos. Ello indica una mayor influencia de los aportes de agua dulce durante dichos muestreos. (Figura 253).

La estación E-D5 presentó concentraciones de clorofila más elevadas que la E-D10. Así, en cabecera la clorofila varió entre 0,8 y 8,3 µg l^{-1}, mientras que en la zona inferior del estuario el rango fue de 0,5 a 3,2 µg l^{-1}. En ambas se midió el valor máximo en el muestreo de invierno (Figura 253). Este máximo estuvo asociado a una salinidad de 2 USP en cabecera (pleamar) y de 12 USP en la zona inferior (bajamar). La concentración de clorofila en el Deba durante la campaña de 2011 se encuentra en el rango de la mayoría de los estuarios de la costa vasca durante el mismo periodo.

No es frecuente encontrar altas concentraciones de clorofila en el estuario del Deba ya que, debido a su pequeño tamaño, este estuario presenta un corto tiempo de residencia del agua, del orden de horas (Borja *et al*., 2006). Esta situación puede cambiar en las épocas de baja descarga fluvial (más habituales en verano, pero también probables en primavera y otoño). Cuando disminuye el caudal fluvial, en la zona superior del estuario el mayor tiempo de residencia del agua permite el crecimiento y la acumulación del fitoplancton. Por ejemplo, en verano se han llegado ha registrar concentraciones de 99 y 25 µg l^{-1} en los años 2004 y 2005 respectivamente, en la estación E-D5. En 2010 el valor máximo de clorofila registrado en el Deba fue cercano a 30 µg l^{-1}, observándose en primavera y también en la estación de cabecera (aguas < 5 USP).

Para estudiar la tendencia a larga escala temporal de la concentración de clorofila se ha calculado el valor del percentil 90 para periodos móviles de seis años. Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton (Figura 254).

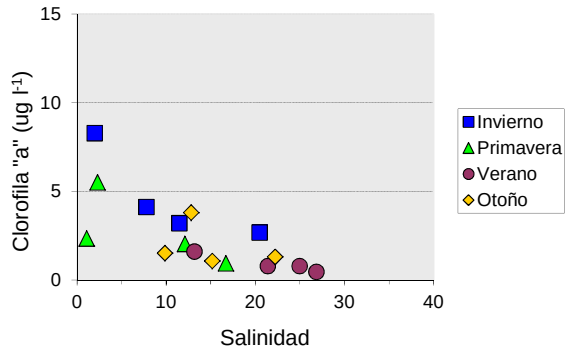


Figura 253 Variación de la concentración de clorofila a lo largo del gradiente salino del estuario del Deba en las cuatro épocas de estudio durante 2011. Los datos son de superficie, en pleamar y bajamar.

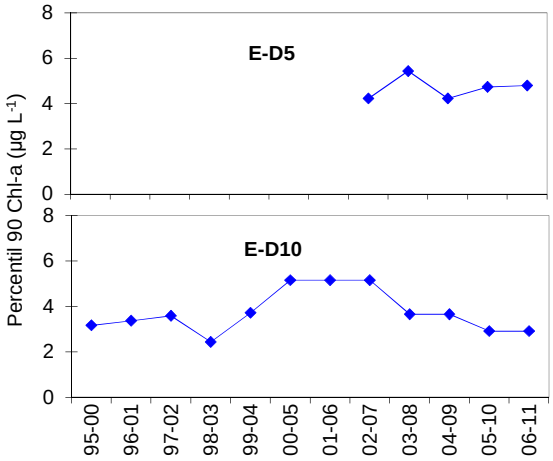


Figura 254 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Deba. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

Como puede apreciarse en la Figura 254, en la zona superior del estuario del Deba, estación E-D5 (oligohalina), el percentil 90 de la concentración de clorofila se mantiene en torno a 5 µg l^{-1}, aunque la serie temporal únicamente abarca desde el año 2002. En la estación E-D10 (mesohalina), situada en la parte exterior del estuario, se aprecian algunas oscilaciones. Al comienzo de la serie (periodo 1995-2000) el percentil estaba en 3,2 µg l^{-1} y fue en ascenso hasta mediados de la década del 2000, situándose entonces en 5,2 µg l^{-1}. A partir de entonces y hasta el último periodo de estudio, la clorofila observa un ligero descenso, situándose actualmente en 2,9 µg l^{-1}.

En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino el percentil 90 de la

clorofila normalmente no supera los 8 µg l^{-1}. Por lo tanto, los valores del Deba están dentro del rango normal.

Las oscilaciones registradas en la clorofila en la zona inferior del estuario del Deba (estación E-D10) también se ha observado en otros estuarios del País Vasco, con mayor o menor intensidad (por ejemplo, en el Butroe, Lea, Artibai, Urola y Oria). Dichos cambios de la biomasa fitoplanctónica en las desembocaduras de los estuarios podrían estar ligado a cambios en las condiciones océano-meteorológicas a escala espacial más amplia (factores como: insolación, turbiedad, aporte de nutrientes mediado por la pluviosidad y el caudal fluvial, estratificación frente a mezcla vertical, afloramiento frente a hundimiento, etc.).

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 205 se muestran los resultados de la abundancia, riqueza y diversidad fitoplanctónica en primavera y verano, para la zona superior (E-D5) e inferior (E-D10) del estuario.

Estación	E-D5	E-D10
Fecha	09/05/2011	09/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	510	313
Diversidad (bit/cel)	0,9	1,4
Riqueza (Nº especies)	5	9
Estación	E-D5	E-D10
Fecha	05/09/2011	05/09/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	335	239
Diversidad (bit/cel)	2,6	3,2
Riqueza (Nº especies)	15	14

Tabla 205 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Deba. Los datos son de superficie, en pleamar.

La abundancia total del fitoplancton varió muy poco, entre aproximadamente 200.000 y 500.000 células l^{-1}. Por lo tanto, no se registraron floraciones fitoplanctónicas en este estuario en las muestras de primavera y verano. Estos valores de densidad fitoplanctónica se encontraron entre los más bajos de los estuarios vascos, del mismo orden que los del Oria y el Urumea.

La riqueza o número de especies tampoco mostró mucha variabilidad (5-14). La riqueza fue algo más alta en las muestras de verano, para ambas zonas del estuario.

En primavera, en la cabecera del estuario, coincidiendo con una salinidad relativamente alta (23 USP), se observó una elevada proporción de diatomeas pennales (90% de la abundancia total). Éstas posiblemente fueran de origen bentónico y habrían alcanzado la columna de agua debido a la resuspensión del sedimento. En la zona inferior del estuario (33 USP), la comunidad presentó una composición bastante similar.

En verano, la salinidad mostró valores muy similares en las muestras de pleamar de la cabecera y la desembocadura (34-35 UPS). Las comunidades fitoplanctónicas no difirieron apenas entre ambas zonas del estuario, con una composición de carácter mixto y baja dominancia.

No se observó ningún taxón potencialmente tóxico. Únicamente pueden citarse algunos taxones potencialmente nocivos para los ecosistemas, pero en muy baja abundancia, <20.000 células l^{-1} (*Chrysochromulina* spp. y *Kryptoperidinium foliaceum*).

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en anteriores informes, el fitoplancton en la masa de agua de transición del Deba se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 255 se muestra el valor de la métrica calculada con los datos de clorofila “a” de los últimos seis años. En la cabecera (E-D5) su valor es 4,79 µg l^{-1} (n=48) y en la desembocadura (E-D10) es 2,91 µg l^{-1} (n=48). Ambos valores no superan el límite de 8 µg l^{-1}, fijado entre las clases de estado superiores, para las aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino de los estuarios del Cantábrico. Por lo tanto, las dos estaciones presentan un estado “Muy bueno” en cuanto a la biomasa fitoplanctónica (clorofila).

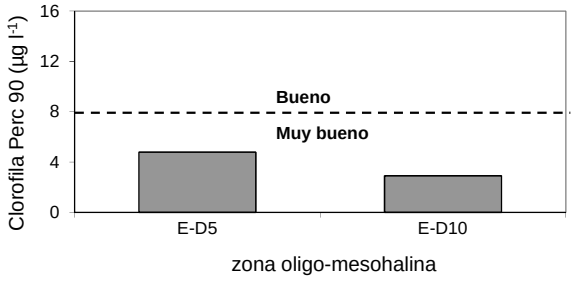


Figura 255 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Deba. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

En la Figura 256 se muestra el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica. En la cabecera la frecuencia de floraciones en el último periodo es 20,0%, lo cual indica que está en el límite entre el estado “Muy bueno” y el “Bueno”. En la desembocadura la frecuencia es 8,3%, lo que corresponde a un estado “Muy bueno”.

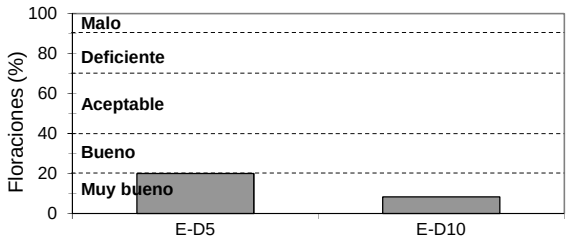


Figura 256 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Deba. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

Tras realizar la integración de los dos indicadores, como se indica en la Tabla 206, el Estado Global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 se clasifica como "Muy bueno" en las dos estaciones de muestreo. Se indican también los EQRs parciales (para cada indicador) y el EQR global. Este último equivale a la media aritmética de los EQRs parciales.

Finalmente, en la Tabla 207 se muestra la evolución del estado del fitoplancton a lo largo de periodos móviles de seis años, comenzando en 2002. El **estado del fitoplancton** en la masa de agua de transición del **Deba** se clasifica como **"Muy bueno"** en toda la serie temporal.

El EQR global manifiesta además una tendencia de aumento (Tabla 207). Dicha tendencia se debe a una progresiva reducción en el porcentaje de floraciones en la estación de cabecera (datos no mostrados). No obstante, esta tendencia hay que tomarla con precaución, ya que no hay datos de abundancia fitoplanctónica en esa zona (estación de grado II) para los años 2002, 2004, 2005 y 2007, con lo cual la precisión de las evaluaciones es algo menor para los primeros periodos.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-D5	1,000	0,835	Muy bueno (0,918)
E-D10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)

Tabla 206 Estuario del Deba. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Deba	MB (0,820)	MB (0,860)	MB (0,865)	MB (0,910)	MB (0,955)
E-D5	B	B	B	MB	MB
E-D10	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 207 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Deba, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

10.5.2 MACROALGAS

Para su estudio la masa de agua se dividió en 7 zonas tanto en 2003, como en 2006 y 2009, numeradas del 1 al 7 desde la desembocadura al interior. Estas 7 zonas representan dos tramos del estuario, que se pueden adscribir a las estaciones E-D10 (zonas 1 a 4) y E-D5 (zonas 5 a 7), desde la desembocadura al interior.

Así, en la Tabla 208 se observan los resultados obtenidos de aplicar el método explicado en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d) para la masa de agua en las tres campañas arriba indicadas.

La calificación obtenida en 2009 fue de **'Estado Aceptable'** para el global de la masa de agua; el mismo que en 2003. En 2006 pasó a 'Estado Deficiente' debido a una disminución general en el estuario de la riqueza de especies y a un aumento en el tramo interior del ratio de clorofíceas frente al resto de algas. Sin embargo, en 2009, el tramo exterior mejoró la calificación obtenida en la campaña de 2006, recuperando la correspondiente a la campaña de 2003, debido, básicamente, a un incremento en la riqueza de especies vegetales y en la cobertura de especies no indicadoras de contaminación en la zona M-ED3. Por otro lado, el tramo interior mantuvo la calificación obtenida en la campaña de 2006, debido a la baja riqueza y a un ratio algas verdes/resto de especies vegetales alto.

	E-D10	E-D5	GLOBAL
2003	A	A	A
2006	D	D	D
2009	A	D	A

Tabla 208 Calificación obtenida para cada uno de los tramos en que se divide la masa de agua (M-ED1 a M-ED4, se adscriben a E-D10; M-ED5 a M-ED7, se adscriben a E-D5) y para el global de la misma, en cada una de las campañas muestreadas (D=Estado Deficiente; A=Estado Aceptable).

10.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

10.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En la Tabla 209 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en el estuario del Deba, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y, especialmente, de las fluctuaciones en el caudal y su efecto sobre la composición de los aportes. También se aprecia la influencia del estado de la marea aunque, en la estación E-D5, debido a la fuerte influencia de las condiciones hidrológicas, las diferencias de la salinidad de superficie entre los dos estados de marea resultan poco importantes.

Debido a su morfología, la mayor parte del estuario del Deba se encuentra fuertemente influenciada por el río. Como en otros casos, la estación E-D5 denota un importante incremento de la presencia de agua fluvial respecto a la estación E-D10. Al igual que en años anteriores las concentraciones de los nutrientes disueltos siguen un patrón de disminución a lo largo del eje longitudinal del estuario en respuesta al incremento de la proporción de agua marina hacia la zona de desembocadura.

Respecto a la importancia relativa de las formas inorgánicas, el nitrógeno inorgánico (suma de nitrato, nitrito y amonio), así como el fosfato suponen un elevado porcentaje del total de N y P en ambas zonas del estuario (aproximadamente el 52-62% en el caso del nitrógeno y 65-67% en el caso del fósforo). Además, el nitrato se encuentra, en promedio, en niveles más altos que el amonio. Proporciones muy altas de formas reducidas (amonio, así como, N y P orgánicos) suelen indicar aportes elevados de aguas residuales domésticas. En el estuario del Deba no se evidencia dicha situación en el año 2011.

Por otra parte, las situaciones con notable déficit de oxígeno observadas en años anteriores han desaparecido. Los valores de saturación de oxígeno varían entre 85 y 89%.

Variable	Unidad	E-D5-S	E-D5-F	E-D10-S	E-D10-F
Temperatura	℃	16,28	16,69	16,19	16,50
Salinidad	USP	8,81	21,18	18,76	32,21
Agua fluvial	%	75,25	40,51	47,30	9,52
Saturación O_2	%	85,04	85,38	89,29	89,41
pH		7,56	7,74	7,73	7,91
Silicato	µmol.dm^{-3}	71,25		41,10	
Amonio	µmol.dm^{-3}	18,11		16,61	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	6,87		4,17	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	128,63		81,88	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	244,75		152,75	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	5,58		3,14	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	10,64		4,76	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	187,31		157,46	

Tabla 209 Estuario del Deba. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico. F: fondo, S: superficie.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. Tal como se señala en el estudio de presiones e impactos (Borja et al., 2006a), el nivel de presión relacionado con la entrada de nutrientes es medio en el estuario del Deba. Dentro de la alta variabilidad característica de los estuarios, y de fluctuaciones asociadas a la estacionalidad y a las diferentes condiciones hidrológicas, para NID en la estación E-D5 se observa un aumento paulatino mientras que en la estación E-D10 se muestra una disminución de los casos en los que se dan valores muy altos (Figura 257). También disminuye la fracción del NID correspondiente al amonio indicando, como sucede con el fosfato, una reducción de las cargas de nutrientes de origen urbano vertidas directamente a la cuenca y al estuario (Figura 257). El fosfato, del modo similar a lo observado para la fracción del NID constituida por el amonio, muestra en la estación E-D10 situada en la zona exterior del estuario, una tendencia descendente acorde

con la disminución de los vertidos urbanos directos a la cuenca y al estuario. Sin embargo, en la estación E-D5, situada en la cabecera del estuario, al igual que ocurre para la concentración de NID se observa un aumento (Figura 257).

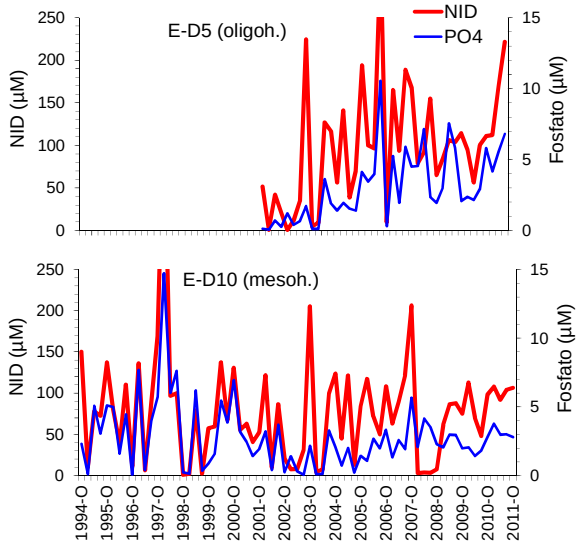


Figura 257 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en las estaciones E-D5 y E-D10.

Por otra parte, en el estuario del Deba se observa un claro descenso de concentración para el carbono orgánico total respecto a los datos de verano del 2005 y para el amonio, respecto a los datos registrados en otoño del 2006 indicando una menor incidencia de aportes de origen detrítico respecto a años anteriores.

En la Figura 258 se muestra la evolución temporal del oxígeno disuelto en el estuario del Deba. En cuanto a la serie temporal, se experimentó un aumento de la saturación de oxígeno entre 1994 y mediados del 2000 (valores de 70-120%). Posteriormente, se da un período de descenso en la saturación hasta mediados de 2002 llegando a alcanzar valores inferiores a 60%. Sin embargo, en los últimos años, las situaciones con notable déficit de oxígeno observadas en años anteriores han empezado a mejorar obteniendo porcentajes de saturación en torno al 80% tanto en la estación E-D10 situada en la desembocadura. La estación E-D5, muestra un aumento de la saturación de oxígeno desde el año 2001 al 2009. En los dos últimos años, por el contrario, se observa un ligero descenso (Figura 258).

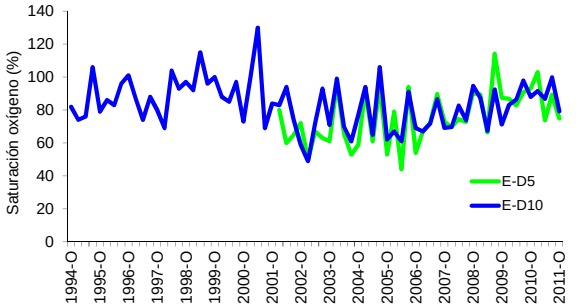


Figura 258 Evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el estuario del Deba (estaciones E-D5 y E-D10), media de pleamar y bajamar, superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de mercurio en las aguas de superficie de las estaciones del estuario del Deba se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de su límite de detección (0,3 $\mu g \cdot l^{-1}$).

En el caso del cromo (trivalente y hexavalente) para la estación de muestreo E-D5, las concentraciones también se encuentran por debajo de sus límites de detección (2 y 3 $\mu g \cdot l^{-1}$). Sin embargo, en la estación E-D10 aparecieron valores significativos y relativamente elevados, de ambas especies de cromo, en las primeras series de muestreo debido a las actividades industriales de la zona (recubrimientos electrolíticos de superficies: cromados, niquelados…etc). Hoy en día, aunque estas actividades siguen en vigor, existe un mayor control sobre los vertidos de efluentes de los procesos productivos, por lo que estas concentraciones han descendido drásticamente desde verano de 1998 hasta llegar a concentraciones inferiores al límite de detección en la actualidad.

En la Figura 259 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las dos estaciones de muestreo del estuario (E-D5 y E-D10) hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

En general, no se observan tendencias bien definidas en la evolución de las concentraciones de los distintos metales en las aguas del estuario y predominan las oscilaciones en la mayoría de los metales, siendo, en general, estas concentraciones superiores en la parte más externa del estuario E-D10 (puente de Deba) que en la interna E-D5 (campo de fútbol de Deba).

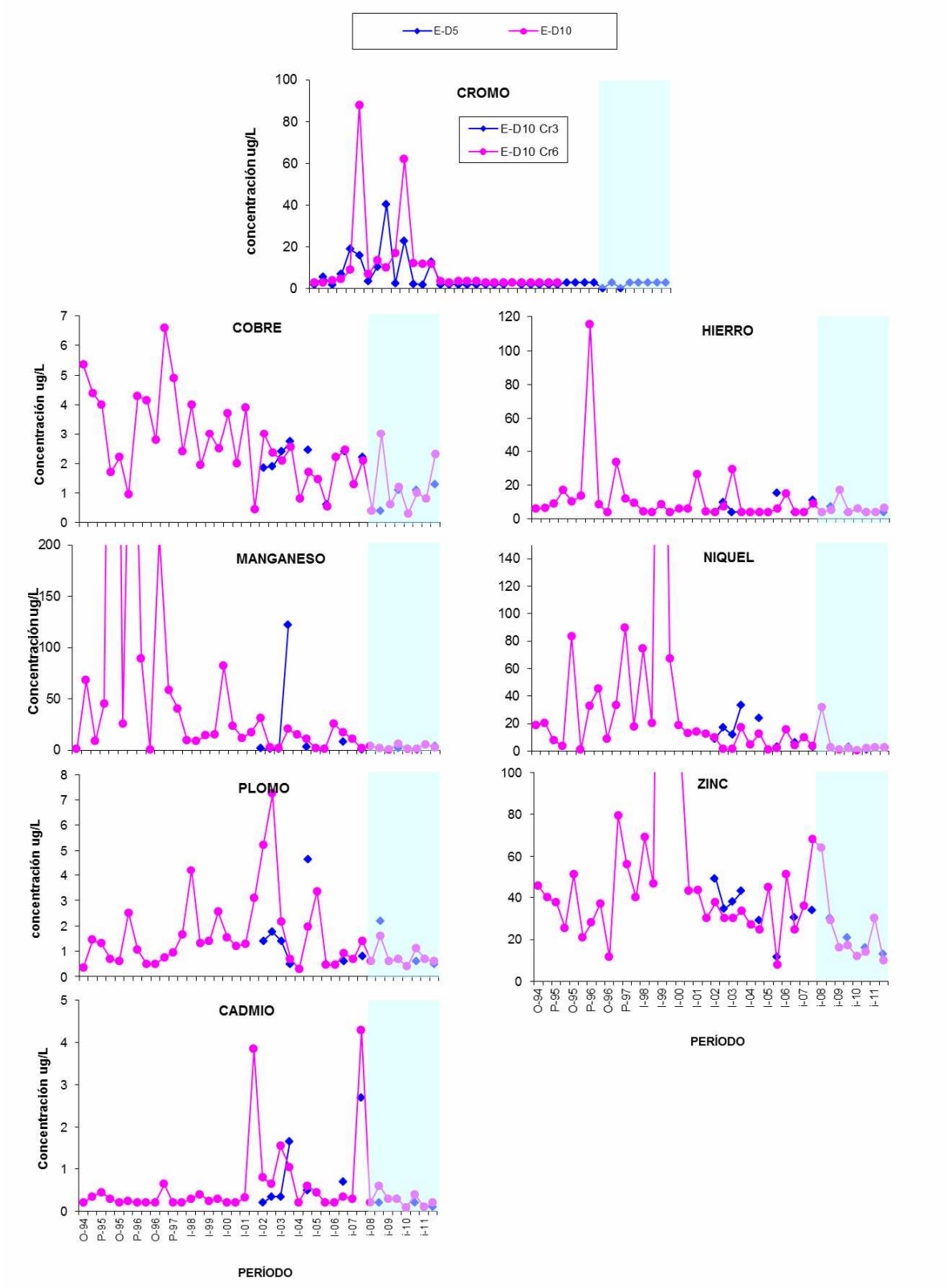


Figura 259 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Deba en el periodo que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2006, desde el año 2007 solo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

Cabe destacar para el caso del níquel y zinc, las elevadas concentraciones registradas en las primeras series de muestreo, muy superiores en muchos casos a los objetivos de calidad fijados para cada metal (20 y 60 $\mu g \cdot l^{-1}$ respectivamente), llegando a registrar valores tan elevados como 493 $\mu g \cdot l^{-1}$ para níquel y 406 $\mu g \cdot l^{-1}$ para zinc en invierno de 1999.

En 2011 las concentraciones de todos los metales, excepto el cadmio, plomo y zinc, han subido ligeramente respecto al año anterior. Así, el cobre, manganeso y el

niquel han subido ligeramente en las dos estaciones y en las dos campañas y en el caso del hierro la subida se ha dado en la estación E-D10 en la campaña de verano. En el caso del cadmio se sigue superando el objetivo de calidad (0.2 µg·l^{1}) en la capaña de verano en la estación E-D10. En el caso del plomo y el zinc se ha detectado un ligero descenso en las dos estaciones.

La masa de agua del Deba, ha estado históricamente muy contaminada debido a vertidos procedentes de la industria metalúrgica (industria de tratamiento químico y electrolítico de superficies y la industria del hierro y el acero) como se ha mencionado anteriormente. Los cambios producidos en los procesos productivos de las industrias localizadas en la cuenca del río Deba (sistemas de recuperación de residuos, cambios en la gestión industrial, etc.), desde 1998, han generado una disminución de la concentración de aquellos metales relacionados con la industria electrolítica como Cu, Cr, Ni, Zn, Fe y Mn. Por todo esto esta masa de aguas se denomina como 'masa de agua con presión alta'. A falta de datos más actualizados en ríos en el 2008 se comprobó que la evolución de la concentración de metales en las aguas del río y del estuario del Deba son paralela, así, se pudo mostrar claramente el destino de estos metales a lo largo de la cuenca hidrográfica y su disminución en concentración.

Muestreos mensuales

Se ha estudiado la evolución de la concentración de mercurio, cadmio, níquel y plomo durante todos los meses del año 2011 en la estación E-D10 correspondiente a la masa de agua de la transición del Deba.

En la Figura 260 se puede observar la evolución mensual del año 2011 en la estación descrita anteriormente. Se han observado concentraciones de mercurio por debajo del límite de detección (0,3 µg·l^{1}).

En el caso del cadmio el objetivo de calidad (0,2 µg·l^{1}) se sobrepasa en marzo, junio, julio y septiembre con valores de 0.2µg·l^{1} en todos los casos. No se observa una tendencia definida durante el año, pero los valores significativamente más altos se encuentran en las campañas de primavera y verano.

En el caso del plomo y niquel no se observan tendencias definida en el estudio mensual. Las medias anuales, se encuentran por debajo del objetivo de calidad (7,2 µg·l^{1} y 20 µg·l^{1}, respectivamente), sin superar el objetivo en ninguno de los meses de muestreo.

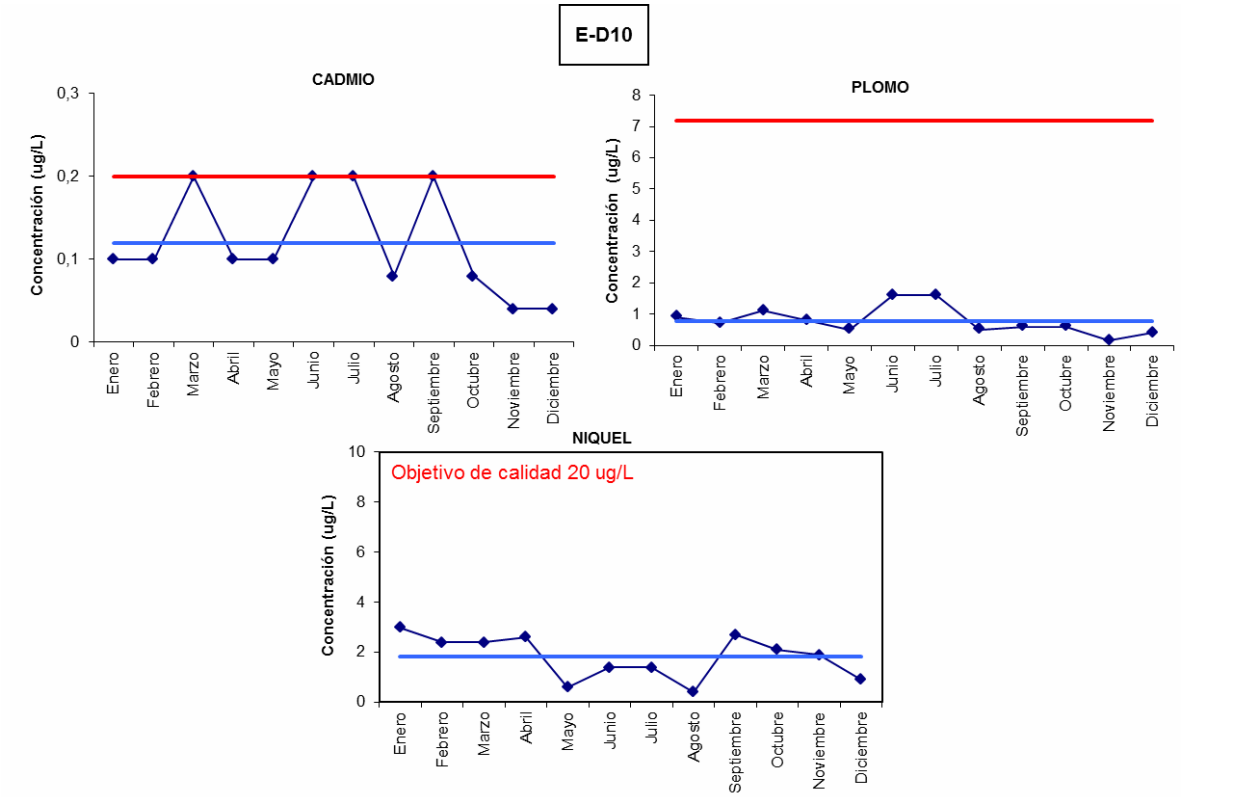


Figura 260 Evolución mensual del 2011 de la estación E-D10 para el cadmio, plomo y níquel. Donde la línea roja indica el objetivo de calidad para cada metal y la azul la media anual de los datos obtenidos, en el caso del Cd la media anual y el objetivo de calidad coinciden.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

Se han detectado concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) de varios congéneres de PAH el acenafteno en la dos estaciones y fenantreno, pireno, fluoranteno, naftaleno y fluoranteno en la estación E-D10, pero sin superar los objetivos de calidad establecidos para cada uno de los compuestos.

Muestreos mensuales

De los resultados obtenidos de los PAH analizados en la estación E-D10, se superan los límites de detección de los siguiente congeneres fenantreno, acenafteno, pireno, fluoranteno y naftaleno solamente en la campaña de invierno, sin superar los objetivos de calidad establecidos para cada uno.

10.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en la estación E-D10, y desde 2002, en la estación E-D5, se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado. A partir de esta información, en la Figura 261 y Figura 262 se ha establecido una evolución temporal para ambas estaciones. Además, en la Tabla 210 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En relación a la variabilidad espacial, durante la última campaña, la estación más interna externa (E-D10) muestra un sedimento predominantemente arenoso y con valores de potencial redox positivos. Por el contrario, la estación más interna (E-D5) presenta un sedimento de carácter limoarenoso y valores de potencial redox más reducidos (negativos).

En cuanto a la evolución temporal, durrante las campañas más recientes, la estación más externa (E-D10) muestra una tendencia descendente del contenido en materia orgánica y del ratio C/N. Por el contrario, la estación más interna (E-A5) presenta una elevada variabilidad temporal, sin mostrar patrones temporales bien definidos para dichos parámetros sedimentológicos.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-D5	0,06	39,08	60,86	5,58	-62	3,39	0,21	16,34
E-D10	0,58	98,10	1,32	2,49	74	3,16	0,19	16,27

Tabla 210 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

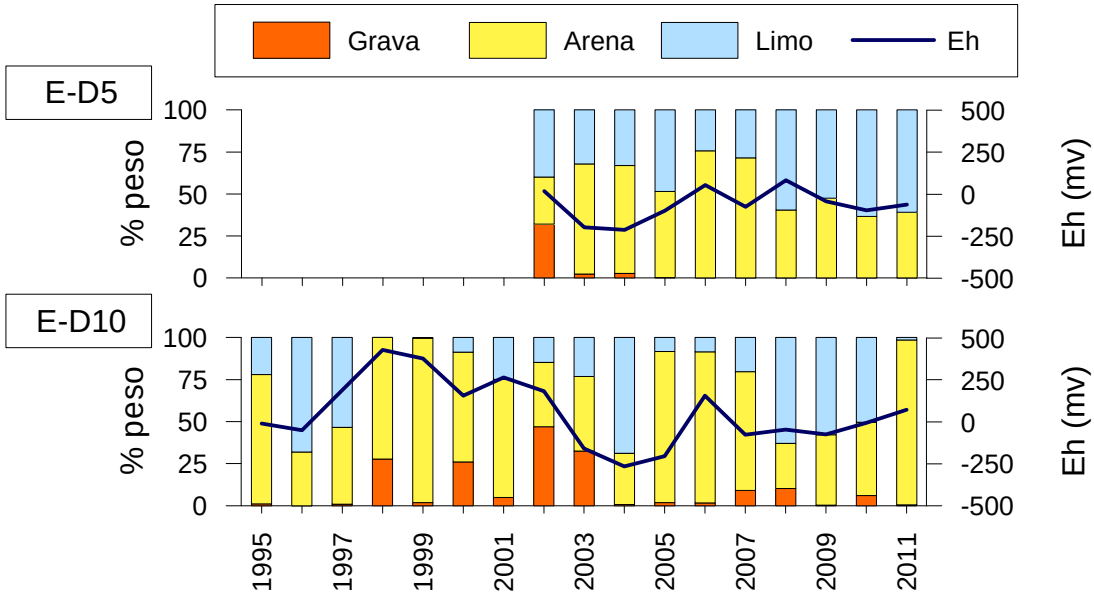


Figura 261 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos de la masa de agua de transición Deba (muestreos de invierno).

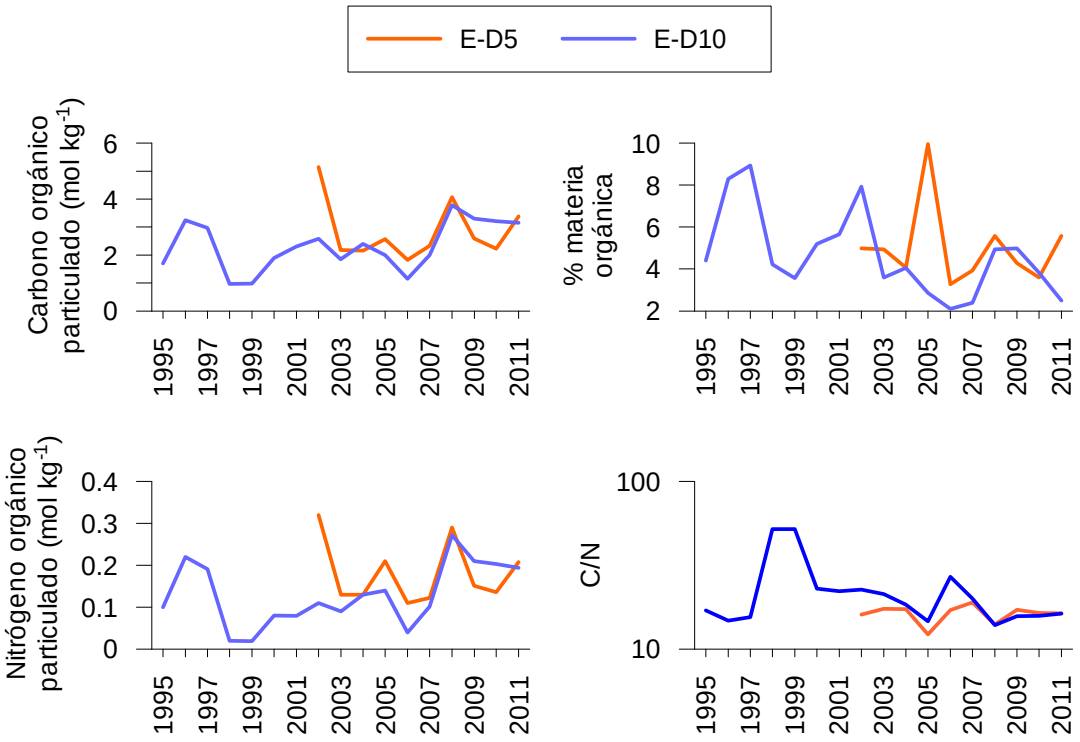


Figura 262 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

La Tabla 211 recoge las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011, donde se observa que la estación E-D10 presenta concentraciones mayores para todos los metales excepto para el Hg y el Pb.

La Figura 263 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-D10, desde 1995 y en la estación E-D5, desde 2002.

La concentración de Cd presenta en muestreos recientes valores superiores al nivel de fondo en ambas estaciones, observándose en la presente campaña un notable descenso de la concentración en la estación más interna (E-D5) respecto al año anterior, hasta alcanzar valores inferiores al nivel de fondo.

La concentración de Cu presenta, en general, valores superiores al nivel de fondo en ambas estaciones, aunque en la estación E-D5 se observa una tendencia discontinua decreciente.

La concentración de Hg, durante las últimas campañas, presenta valores dentro del nivel de fondo, a excepción de la pasada campaña en la estación E-D5.

Cr, Ni y Zn, únicamente en el caso de la estación E-D5, muestran una tendencia decreciente, hasta alcanzar valores por debajo del umbral del nivel de fondo.

Fe, Mn y Pb muestran una tendecia descendente en ambas estaciones, hasta alcanzar valores promedio dentro del nivel de fondo en los muestreos más recientes.

Por otro lado, en la Figura 263 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. De esta manera, durante la última campaña, únicamente en la estación interna (E-D5), todos los metales se encuentran por encima de los valores de TEL y PEL, pudiendo implicar efectos biológicos negativos.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
E-D5	0,25	44	55	31751	0,19	268	39	48	194
E-D10	0,39	73	101	43563	0,11	409	71,1	47	420
Media	0,32	59,1	78,6	37657	0,15	339	55	47,8	307,4
Desv. est.	0,10	20,5	33,0	8352	0,06	100	22,7	0,67	159,6

Tabla 211 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

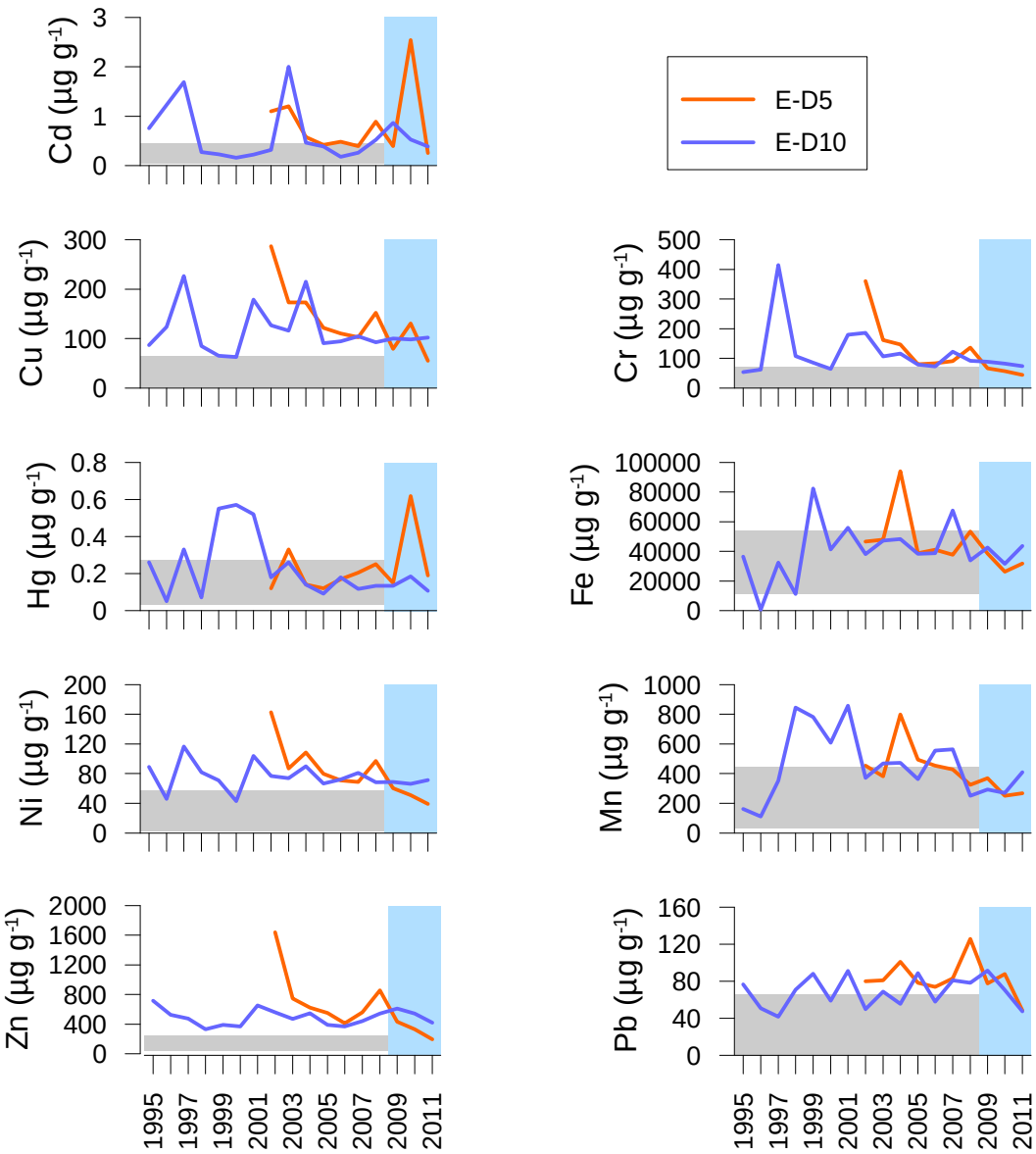


Figura 263 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

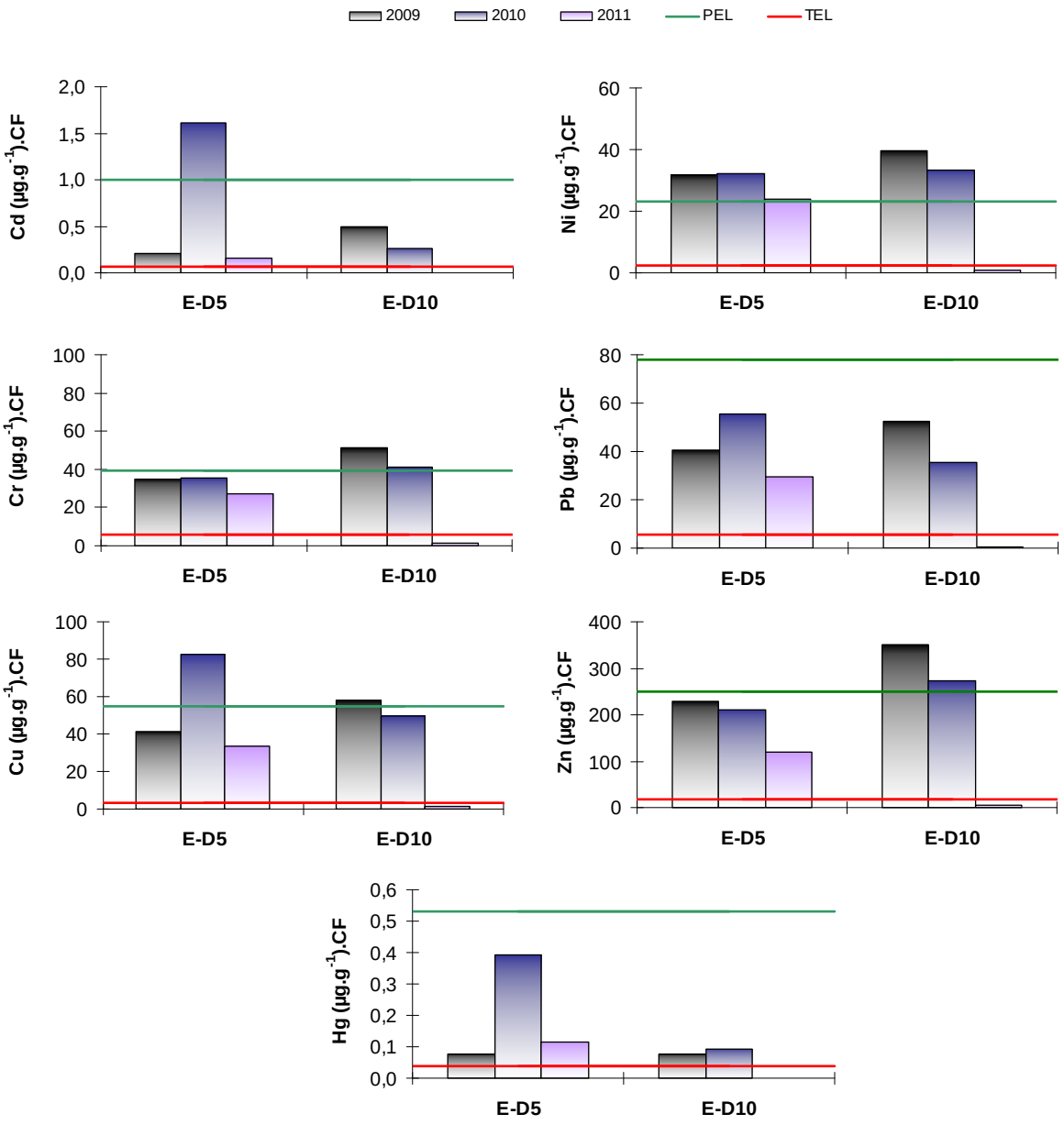


Figura 264 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones E-D5 y E-D10, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 212 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las dos estaciones de estudio. La Figura 265 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados desde 1995 en la estación E-D10 y desde 2002 en la estación E-D5.

.

En la presente campaña, los compuestos orgánicos analizados presentan concentraciones generalmente inferiores o cercanas al límite de determinación analítico, excepto en el caso de los PCBs y PAHs. Estos últimos, que no muestran un patrón temporal definido, en las campañas más recientes, no superan en ningún caso el objetivo de calidad (189 ng. g^{-1} y 44792 ng. g^{-1}, respectivamente). Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos en ambas estaciones no implican efectos negativos sobre la biota.

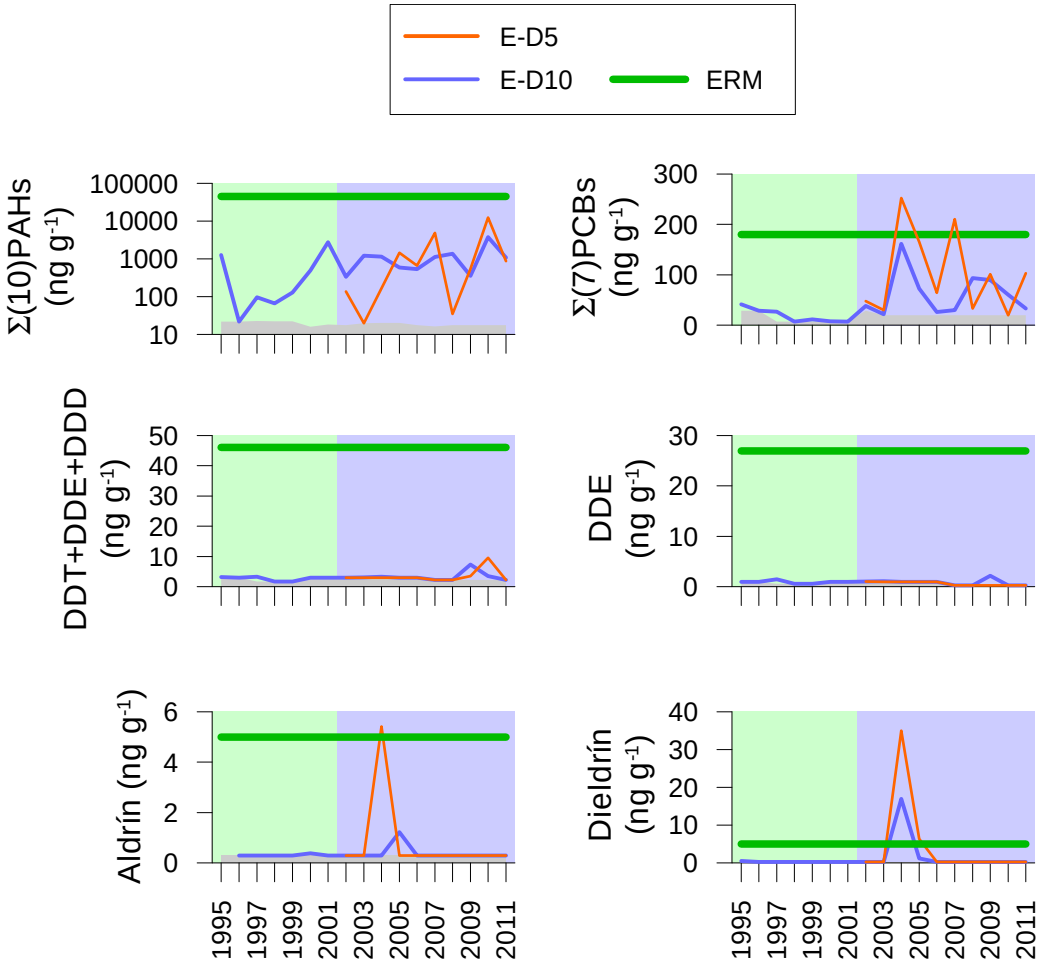


Figura 265 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos (muestreos de invierno). La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long *et al*., 1995).

Estación	Aldrín (ng g-1)	Dieldrín (ng g-1)	Isodrín (ng g-1)	DDE (ng g-1)	DDD (ng g-1)	DDT (ng g-1)	S.HCH (ng g-1)	HCB (ng g-1)	S.PCB (ng g-1)	S.PAH (ng g-1)
E-D5	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	11,10	2,53	103,49	873,63
E-D10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	33,04	1076,46

Tabla 212 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 213 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Deba, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Ambas estaciones mantienen un ICC global de contaminación ligera.

En la Figura 266 se presenta la evolución del ICC global, donde se observa que en últimas campañas ambas estaciones mantienen valores de contaminación ligera (*i.e.*, ICC < 3).

En cuanto a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, ambas estaciones mantienen un ICC global de contaminación ligera.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-D5	CL	CL	CL	NC	CL	CL	CL	CL	CL	CL
E-D10	CL	CL	C	CL	NC	CL	CL	CL	CL	CL
Total	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL

Tabla 213 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

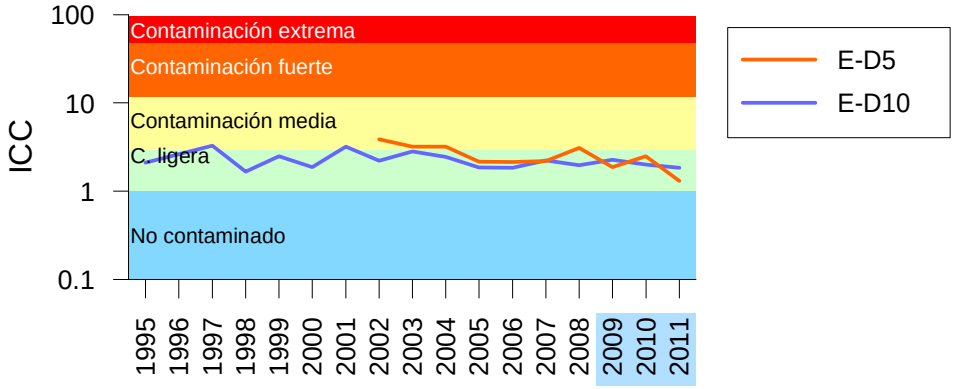


Figura 266 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

10.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En el estuario del Deba el 26 de octubre de 2011 se recolectaron mejillones junto a la playa (I-D10).

Los datos correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos de la campaña de otoño de 2011 se pueden consultar en la Base de Datos.

Cabe señalar que en 2008 se muestreó ostra en vez de mejillón, por lo que el seguimiento de la evolución temporal de la concentración de metales debe de evaluarse considerando las diferencias metabólicas de ambas especies.

BACTERIOLOGÍA

En la Figura 267 se muestra la evolución de la concentración de bacterias en la estación I-D10 a lo largo del período de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

La concentración de **coliformes fecales** en otoño de 2011 (<90 NMP $100ml^{-1}$) es una de las más bajas registradas a lo largo del periodo de estudio en esta estación. Se podría clasificar como zona tipo A, es decir, apta para el marisqueo, según el derogado Real Decreto 571/1999.

En cuanto a los **estreptococos fecales**, la concentración en otoño de 2011 (700 NMP $100ml^{-1}$) es de las más altas de los valores registrados en las campañas de muestreo más recientes en esta estación.

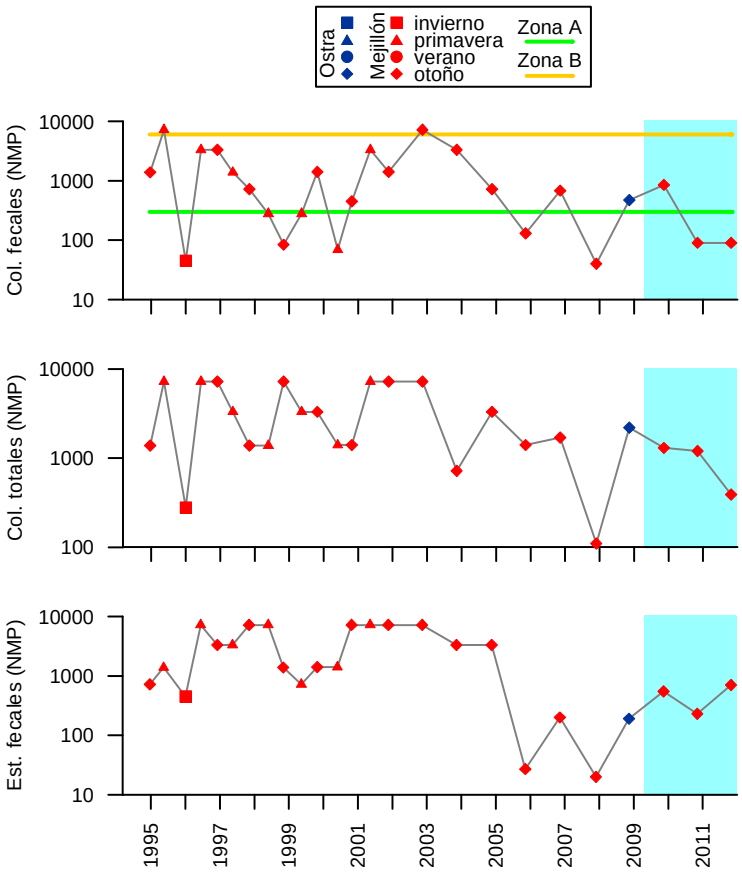


Figura 267 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-D10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 268 se muestra la evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-D10, a lo largo del período de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de **cadmio** de otoño de 2011 (0,08 mg kg^{-1}) es de las más bajas de las registradas en esta estación en los muestreos más recientes. Los valores de cadmio medidos en esta estación siempre han sido inferiores al límite legal establecido (1,0 mg kg^{-1}) y al valor de referencia del CIEM (0,4 mg kg^{-1}).

En otoño de 2011, el **cromo** presenta una concentración de 0,6 mg kg^{-1}, inferior a la observada en 2010 (0,9 mg kg^{-1}). En varios muestreos previos se superan los 1,8 mg kg^{-1} contemplados para el cromo como límite legal (valor actualmente no vigente).

El **cobre** presenta en 2011 una concentración de 1,1 mg kg^{-1}, uno de los valores más bajos de los observados para este metal en las muestras recogidas a lo largo del periodo de estudio. El máximo que se dio en 2008 (214 mg kg^{-1}) es atribuible a que se muestreó ostra, especie que presenta generalmente mayores concentraciones de cobre que el mejillón debido a diferencias metabólicas. Este máximo de 2008 supera el límite legal en ostra (60 mg kg^{-1}, valor actualmente no vigente). En el caso del mejillón muestreado en el resto de las campañas, en ninguna ocasión se supera el límite legal (20 mg kg^{-1}, valor actualmente no vigente).

En cuanto al **mercurio**, la concentración observada en otoño de 2011 (0,01 mg kg^{-1}) se encuentra dentro del rango de valores medidos en esta estación en los muestreos más recientes. A lo largo del período de estudio rara vez se ha superado el límite de detección, y en ningún caso se han superado ni el límite legal, 0,5 mg kg^{-1}, ni el valor de referencia del CIEM, 0,2 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 42% de los casos se ha superado la norma de calidad ambiental (20 µg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

En otoño de 2011 el **níquel** presenta una concentración de 0,52 mg kg^{-1}, uno de los valores más bajos de los observados en las campañas más recientes. Aunque para el níquel no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. En el estuario del Deba este valor es superado en numerosas ocasiones a lo largo del período de estudio.

Para el **plomo**, en otoño de 2011 se observa una concentración de 0,03 mg kg^{-1}, una de las más bajas de

este metal en esta estación, considerando todo el periodo de estudio. El límite legal para consumo (1,5 mg kg^{-1}) sólo se ha superado en otoño de 1995 (2,97 mg kg^{-1}).

En cuanto al **zinc**, la concentración en otoño de 2011 (42 mg kg^{-1}) es inferior al valor medio en esta estación en mejillón (54 mg kg^{-1}). El máximo se registró en la campaña de 2008 (985 mg kg^{-1}), correspondiente a ostra, especie que presenta generalmente mayores concentraciones de Zn que el mejillón debido a diferencias metabólicas. La concentración máxima en mejillón es la de otoño de 1999 (124 mg kg^{-1}), pero no supera ni el valor de referencia dado por el CIEM para el zinc (600 mg kg^{-1}) ni está próximo al límite legal (1.000 mg kg^{-1}, valor actualmente no vigente), al contrario que la concentración en ostra observada en 2008.

La concentración de **plata**, se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007 con un valor inferior a 0,01 mg kg^{-1}, al igual que en 2011. El máximo observado en 2008 (0,75 mg kg^{-1}) es atribuible a que se muestreó ostra, especie que presenta generalmente mayores concentraciones de plata que el mejillón debido a diferencias metabólicas.

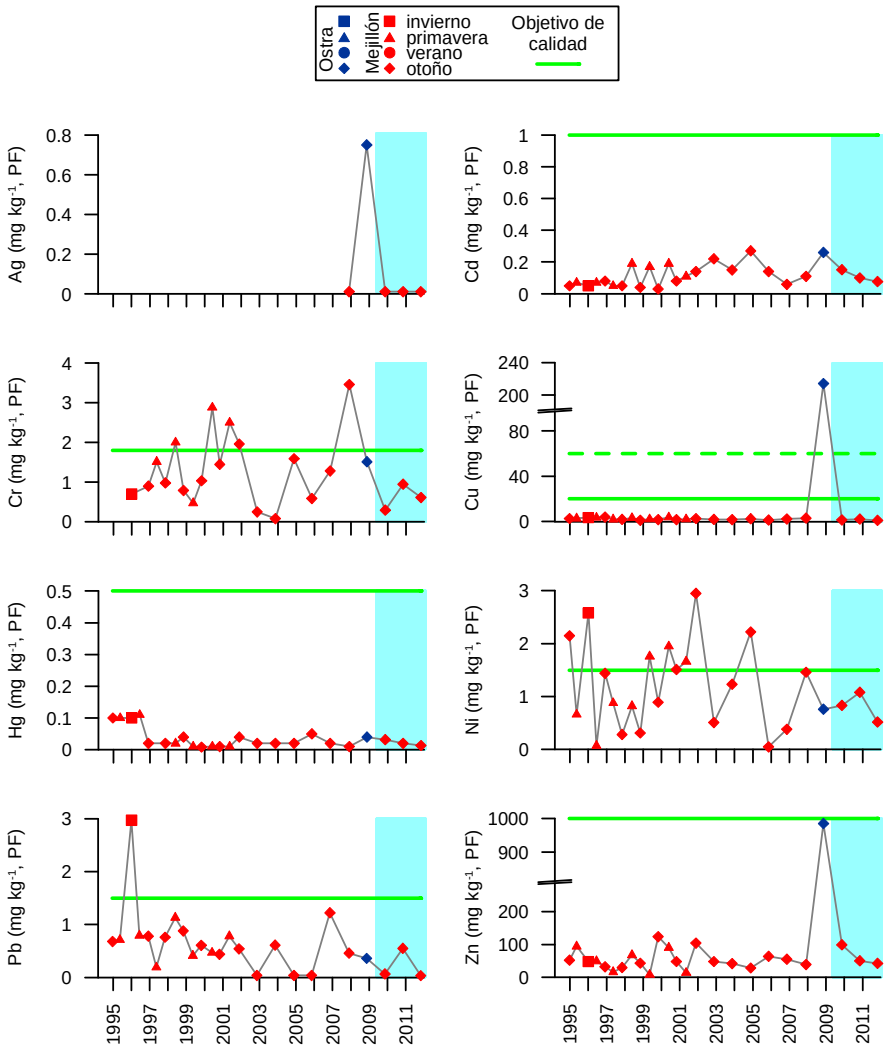


Figura 268 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-D10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Figura 269 se muestra la evolución de la concentración de compuestos orgánicos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-D10, a lo largo del período de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En el caso de los policlorobifenilos **(PCBs)** se han sumado las concentraciones de los congéneres analizados, con objeto de poder compararlos con las de otros lugares. Hay que tener en cuenta que el dato puede

variar al ser menos o más los congéneres estudiados en otras zonas.

En la Figura 269 se observa que la concentración de PCBs en los moluscos de Deba ha ido decreciendo a lo largo del período de estudio hasta el período 1999-2001, aumentado posteriormente a valores centrados en 40 µg kg^{-1} en los muestreos más recientes. Los valores guía que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 a 5 ppm. Si se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs encontradas a lo largo del período de estudio están alejadas de este valor.

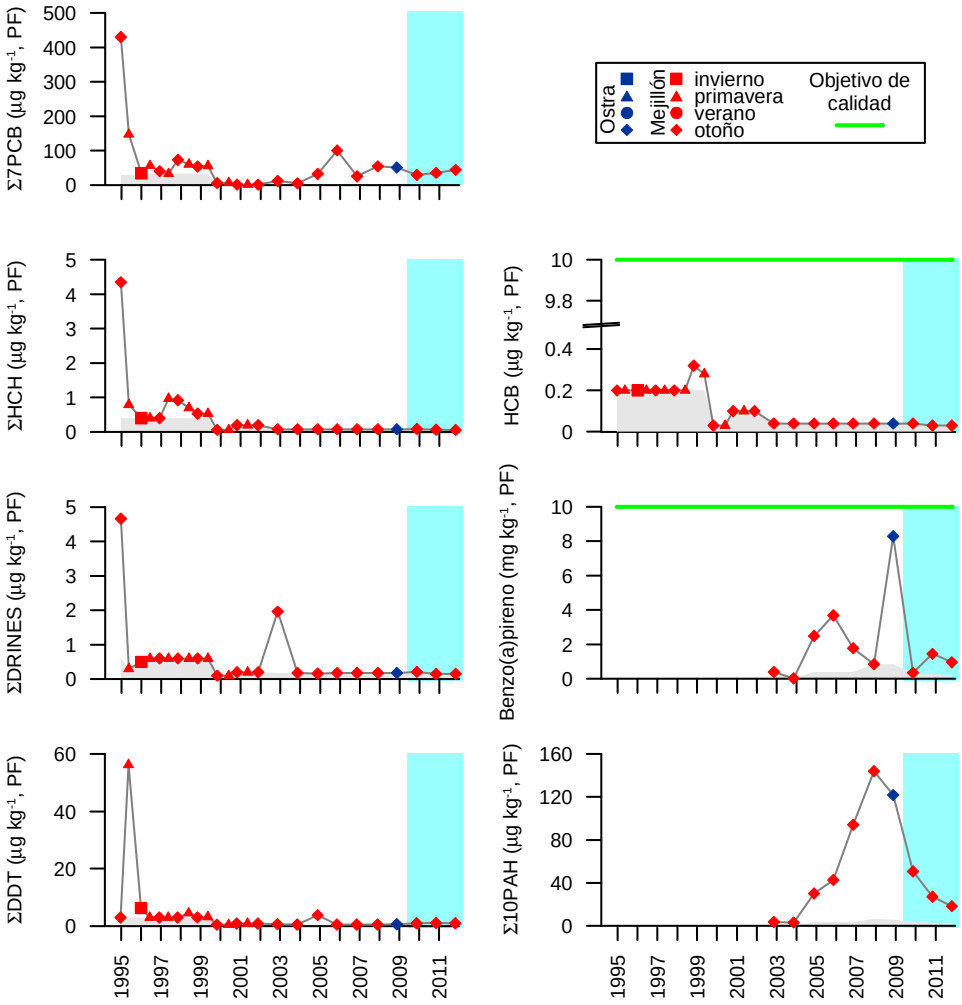


Figura 269 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-D10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). En otoño de 2011 la concentración observada (0,99 µg kg^{-1}) está por encima del límite de detección (0,45 µg kg^{-1}). A lo largo del período de estudio la concentración de DDT más elevada se dio en la primavera de 1995, cuando se alcanzó el valor de 56,22 µg kg^{-1}. Sin embargo, incluso en este caso el valor límite recopilado por Nauen (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado.

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). En otoño de 2011, al igual que en las campañas más recientes, la concentración no llega a alcanzar el nivel de detección (0,06 µg kg^{-1}). La concentración más elevada de HCH en el estuario del Deba se dio en otoño de 1994 (4,35 µg kg^{-1}). Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, esta concentración se encuentra muy por debajo de dicho límite.

Las concentraciones de **HCB** a lo largo del período de estudio son, en general, inferiores a los límites de detección correspondientes. Así, en otoño de 1998 se alcanzó la máxima concentración de todo el seguimiento (0,32 µg kg^{-1}), valor muy alejado del valor límite para este compuesto, 10 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones de los **drines** (aldrín, dieldrín e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, desde otoño de 2002 se estudian los **PAH** en moluscos (Borja *et al.,* 2003). En esta primera

campaña, de los compuestos analizados sólo el Indeno(1,2,3-cd)pireno superó el límite de detección correspondiente (0,40 µg kg^{-1}). Sin embargo, desde otoño de 2003 se ha observado un incremento hasta los 144 µg kg^{-1} (10 PAHs) medidos en el muestreo de otoño de 2007; posteriormente la concentración ha disminuido hasta el valor de 18 µg kg^{-1} en la campaña de 2011. La concentración de benzo(a)pireno desde 2002 es inferior al máximo permitido para el consumo según el Reglamento (CE) n°208/2005 (10 µg kg^{-1}).

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación sería de Zona tipo A (apta para el marisqueo), según el derogado Real Decreto 571/1999.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al.,* 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (véase Borja *et al.*, 2003). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en este estuario la clasificación general sería de no contaminado, con contaminación ligera de níquel y cromo.

En cuanto a los compuestos orgánicos, rara vez alcanzan los límites de detección, por lo que se puede considerar que los moluscos de este estuario no están contaminados por compuestos orgánicos; incluso los PAHs presentan concentraciones inferiores a los recomendados para el consumo por la OMS y la EPA; tampoco superar el limite legal indicado para el consumo según el Reglamento (CE) n°208/2005 (10 µg kg^{-1} peso fresco de benzo(a)pireno).

10.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como **'Buena'** en E-D10 y en E-D5. No se observan tendencias estadísticamente significativas en ambas estaciones para todo el periodo de tiempo controlado, sin embargo, en la estación E-D5 sí se observa un empeoramiento entre 2002 y 2006 que posteriormente se estabiliza en condiciones consideradas como de buen estado (Figura 270).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, ambas estaciones cumplen para todas las variables controladas.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, basado en sustancias prioritarias y especificas, es muy bueno para las dos estaciones de estudio, Tabla 214.

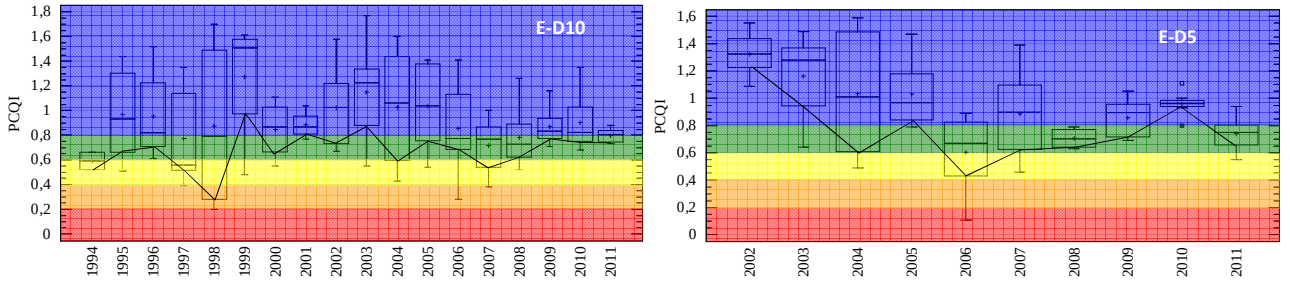


Figura 270 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-D10 y E-D5 de la masa de agua de transición del Deba. La línea negra representa la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-D5	E-D10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,1	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,2	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,2	0,01	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,5	0,5	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,12	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,7	1,9	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	13	15	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,3	1,1	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Muy Bueno	

Tabla 214 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Deba en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico. Se alcanzo el buen estado químico entre los años 2005 y 2008. En 2004 no alcanzó el buen estado químico por presencia de Ni y en 2009 año por presencia del sumatorio de PAHs de Benzo(g,h,i)perileno + Indeno(1,2,3-cd)pireno (Tabla 215).

Año	Estado	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza	Ni
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	No alcanza	ΣBenzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 215 Estado químico de la masa de agua de transición Deba en los años 2004-2011.

10.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

En los últimos años se ha procedido al alargamiento de los espigones de la desembocadura y a la alimentación con arena de la playa. Además se produjo un pequeño dragado en la misma zona, por lo que la calificación para este indicador es de **'Buena'** en este año en la parte exterior (E-D10). Sin embargo, en las cercanías de la E-D5 hubo la construcción de un puente, ocupando la mitad del cauce, lo que alteró el lecho, por lo que se calificó de **'Deficiente'.** Una vez acabada esa alteración y restaurado el perfil del cauce, se vuelve a calificar de **"Bueno".**

Este estuario sufre una gran canalización, aunque en 2004 se procedió a recuperar para el estuario la zona de Casecampo.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 11 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL UROLA

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 11 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL UROLA 351

11.1 Resumen estado ecológico. Urola 353

11.2 Estaciones de muestreo 355

11.3 Macroinvertebrados bentónicos 356
11.3.1 Parámetros estructurales 356
11.3.2 Calidad biológica 358

11.4 Fauna ictiológica 359
11.4.1 Estructura y composición de la comunidad 359
11.4.2 Calidad biológica 359

11.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 361
11.5.1 Fitoplancton 361
11.5.2 Macroalgas 364

11.6 Indicadores fisicoquímicos 364
11.6.1 Caracterización físico-química en aguas 364
11.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 367
11.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 372
11.6.4 Evaluación del estado 376

11.7 Indicadores hidromorfológicos 377

11.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. UROLA

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta Masa de agua. Respecto a las fuerzas motrices se debe indicar que sufre la presión directa de menos de 25.000 habitantes, que se corresponde a una densidad de 211,7 habitantes km^{-2}. Respecto a los establecimientos industriales, hay que destacar que en el Urola se da un alto número relativo de establecimientos del sector de industria y energía; dicho sector con 125 establecimientos alcanzan el 15% de los 844 establecimientos totales. El puerto de Zumaia apenas tiene actividad comercial ni pesquera, pero cuenta con unos importantes astilleros y un amplio puerto deportivo. En los astilleros Balenciaga se construyen mercantes y pesqueros y cuentan con 5 carros varaderos privados. El puerto deportivo de Zumaia dispone de pantalanes capaces de albergar 500 embarcaciones de hasta 15 m de eslora y están dotados de armarios con toma de agua y de electricidad. Respecto a la explotación agrícola-ganadera se le asocia al estuario un total de 349 explotaciones en 4.524 Ha.

En el estuario del Urola son importantes en número los vertidos urbanos. Se han detectado 34 puntos de vertido (24% de las presiones identificadas) entre vertidos depurados y sin depurar. Les siguen, en número, los aliviaderos de tormentas (23) y la regulación del cauce (22). También son importantes los asentamientos portuarios (17), algunas infraestructuras (14) y los astilleros, rampas y varaderos (12).

Las presiones más importantes de esta masa de agua provienen de la entrada de contaminantes a través del río Urola (que han decrecido en años recientes) y la regata Narrondo y directamente al estuario (en este caso por vertidos urbanos e industriales de conserveras, galvanizados, desengrase, mataderos, encoladoras, etc., que introducen 1 10^6 $m^3.a^{-1}$ de aguas residuales, que han venido decreciendo recientemente), de la canalización de la parte baja del estuario (en Zumaia) y de la presencia de un puerto deportivo (con la presión de los amarres y los dragados periódicos, y una superficie que representa el 21% de la masa). Globalmente la presión en la masa de agua es moderada, sin embargo, en los últimos años se están acometiendo las obras de saneamiento de la cuenca y el estuario, lo que se ha traducido en una mejora en la calidad. En diciembre de 2008 y en octubre de 2010 se dragó la zona externa para sacar un barco de los astilleros y mantener el acceso al puerto.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico (Tabla 216).

De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más recientes, así, desde 2004 de forma global, se ha alcanzado el buen estado químico, excepto en 2006 que no cumplió por presencia de plomo y hexaclorociclohexano en agua (Tabla 217).

Según la DMA, para la evaluación del estado ecologico, hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecologico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los tres puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para sustancias prioritarias y especificos, es bueno para la estación E-U5 y muy bueno para E-U8 y E-U10 (Tabla 216). En cuanto al estado físico-químico, basado en los elementos de soporte de los biológicos, el estado es bueno todos los tramos del estuario (Tabla 218).

En la Tabla 218 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Urola.

En el estuario del Urola, en 2002 se incorporaron dos nuevas estaciones (E-U5 y E-U8) a la muestreada desde el comienzo del seguimiento (E-U10). Esta última se clasificó como ligeramente contaminada a lo largo de los tres primeros años. A partir de 1998 aumentó la contaminación hasta media. Esto puede estar relacionado con el encauzamiento y los dragados de 1995 y con los dragados y obras del puerto deportivo (y con la canalización subsiguiente), realizadas desde finales de 1997 y en 1998 lo que se traduce en un incremento progresivo del AMBI, a partir de 1996, debido a la situación de avance de la bocana. En 2011 casi todos los elementos están por encima del buen estado, excepto los peces (posiblemente afectados por el dragado de otoño de 2010 y que no se han muestreado en 2011), por lo que la mejora en la zona parece evidente. En 2011 todas las estaciones presentan un buen estado ecológico (Figura 271), habiendo mejorado desde 2006. Los niveles de contaminación química en las aguas han mejorado, debido a que el saneamiento del estuario ha avanzado, aunque sigue habiendo vertidos y a través del río también llegan contaminantes. Esta

mejora se observa por ejemplo en los niveles de bacterias en moluscos, que han bajado en los últimos años.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-U5	E-U8	E-U10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}				
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}				
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,002	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,005	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,3	0,17	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,3	0,3	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,3	0,17	0,2	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,6	0,6	0,9	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,25	0,07	0,08	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1	1	0,713	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	7,5	10	10,9	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	6,3	1,8	1,0	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	

Tabla 216 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Urola en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	No alcanza buen estado	Pb y HCH
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 217 Estado químico de la masa de agua de transición Urola en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-U5	B	B	B	A	B	B	Sí	No	B	B	8	0.12	0.96	8
E-U8	MB	MB	MB	B	B	B	Sí	No	B	B	8	0.22	1.76	
E-U10	MB	B	B	A	B	B	Sí	No	B	B	8	0.66	5.28	

Tabla 218 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Urola en 2011.

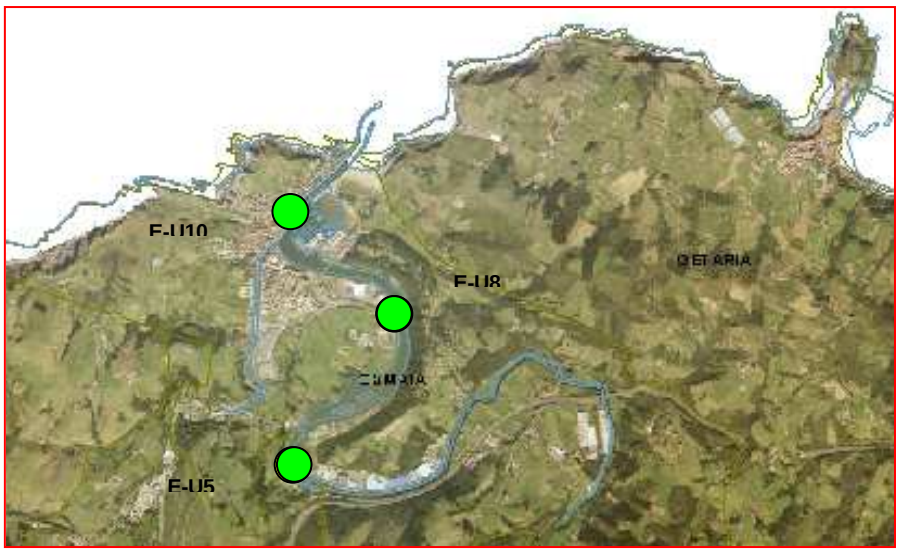


Figura 271 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la Masa de agua Urola: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

11.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Urola, se cuenta con tres estaciones estuáricas, y una estación de moluscos, que se muestrean anualmente. Por otro lado, en 2004, 2007 y 2010, se analizaron tres estaciones para vida piscícola y 6 estaciones para macroalgas en estuarios. Las posiciones se pueden observar en la Tabla 219.

Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
E-U10	Zumaia (puente Narrondo) (Urola)	560434,64	4794200,54	Estuarios
E-U5	Zumaia (Bedua) (Urola)	560798,62	4792287,43	
E-U8	Zumaia (puente del ferrocarril)(Urola)	561355,53	4793723,70	
I-U10	Zumaia (desembocadura) (Urola)	560932,58	4794805,58	Estuarios (Moluscos)
M-EU1	Urola Zona 01. Estuario Macroalgas	560657,00	4794528,00	Estuarios (Macroalgas)
M-EU2	Urola Zona 02. Estuario Macroalgas	560873,00	4794435,00	
M-EU3	Urola Zona 03. Estuario Macroalgas	560292,00	4794029,00	
M-EU4	Urola Zona 04. Estuario Macroalgas	561363,00	4793704,00	
M-EU5	Urola Zona 05. Estuario Macroalgas	561060,00	4792935,00	
M-EU6	Urola Zona 06. Estuario Macroalgas	560547,00	4792464,00	
UROE	Urola (Arrastre zona exterior estuario)	560978,50	4794820,91	Estuarios (Vida piscícola)
UROM	Urola (Arrastre zona media estuario)	560851,00	4793989,00	
UROI	Urola (Arrastre zona interior estuario)	561362,00	4792903,00	

Tabla 219 Estaciones de muestreo en el estuario del Urola.

11.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

11.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Urola, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 220.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN		
		E-U5	E-U8	E-U10
Densidad	nº·m^{-2}	1.024	2.993	1.864
Biomasa	g·m^{-2}	0,65	26,43	27,74
Riqueza	nº	11	20	16
Diversidad número	bit·ind^{-1}	1,84	2,89	2,44
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	1,70	1,20	0,28
Equitabilidad número		0,53	0,67	0,61
Equitabilidad biomasa		0,49	0,28	0,07
Diversidad máxima	bits	3,46	4,32	4,00
AMBI		4,52	3,66	3,99
Clasificación AMBI		Alteración Moderada	Alteración Moderada	Alteración Moderada

Tabla 220 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Urola.

En 2011 los sedimentos de la estación E-U5 están dominados por limos (60%) y arenas (40%), con alto contenido en materia orgánica (6%).

Estos sedimentos soportan el desarrollo de una comunidad de invertebrados, Comunidad Reducida de *Macoma*, constituida por una serie de especies habituales en la mayoría de las estaciones muestreadas en los estuarios de la CAV. En 2011, resaltan por su dominancia el grupo de los oligoquetos (604 ind·m^{-2}), el isópodo *Cyathura carinata* (196 ind·m^{-2}), los anélidos poliquetos *Hediste diversicolor* (121 ind·m^{-2}) y *Streblospio shurbsolii* (36 ind·m^{-2}), y las larvas de dípteros (31 ind·m^{-2}). A excepción de *S. shrubsolii* los otros 4 *taxa* se han encontrado casi siempre entre las especies dominantes de la estación desde que comenzó su seguimiento en 2002.

En 2011 la densidad de la comunidad (1.024 ind·m^{-2}) se acerca a la estimada en 2010, campaña en la que se alcanzó el máximo del periodo de seguimiento 2002-2010 (1.093 ind·m^{-2}; mínima de 111 ind·m^{-2}, en 2003) (Figura 272, Tabla 220). La diversidad (1,84 bit·ind^{-1}) y la equitabilidad para las abundancias (0,53) se mantienen dentro del rango de variación de esta estación.

La biomasa de la comunidad generalmente presenta valores moderados en esta estación. Sin embargo, en algunas ocasiones, como en 2003 y 2006, la biomasa superó los 3 g·m^{-2}. En ambas ocasiones, y en otras menos destacables, las biomasas vinieron aportadas principalmente por las especies *Scrobicularia plana* y *H. diversicolor*. En la presente campaña de 2011 la biomasa ha sido baja (0,6 g·m^{-2}), ya que de la primera especie sólo se han encontrado 4 ejemplares y, de la segunda, aunque se han encontrado 121 ind·m^{-2}, éstos eran de pequeño tamaño.

La clasificación de la estación en términos de AMBI es de alteración moderada (Tabla 220), con dominancia de los grupos ecológicos V y III. No se observa una tendencia clara en los valores de AMBI (Figura 273), que a lo largo del seguimiento varían entre 3,4 y 4,9 (en el rango correspondiente a alteración moderada), con dominancia variable de los grupos ecológicos III, IV y V, si bien las tres últimas campañas se han estimado valores ligeramente superiores a los de campañas previas, con dominancia del grupo ecológico V (hasta 2008, el grupo ecológico III dominó la mayoría de las campañas).

La estación E-U8 presenta, en 2011, un sedimento de características granulométricas muy parecidas a las de la estación anterior, aunque el contenido en materia orgánica es ligeramente inferior (5,1%). Tal vez quepa destacar un mayor contenido en fracciones gruesas de sedimento (13% de gravas). De todas formas la comunidad existente es la misma en ambas estaciones.

En 2011 domina en densidad el molusco bivalvo *S. plana* (844 ind·m^{-2}). Le siguen, en orden decreciente de abundancias, *H. diversicolor* (597 ind·m^{-2}), *Alkmaria romijni* (417 ind·m^{-2}), los oligoquetos (405 ind·m^{-2}), *Heteromastus filiformis* (224 ind·m^{-2}), *Streblospio shrubsolii* (192 ind·m^{-2}) y *Capitella capitata* (128 ind·m^{-2}), entre otros *taxa*.

En 2011 la densidad total de la biocenosis de E-U8 es alta (2.993 ind·m^{-2}), la tercera mayor del seguimiento (máxima en 2009: 5.443 ind·m^{-2}) (Figura 272). La riqueza específica es alta, alcanzando el máximo del seguimiento para esta estación (20 *taxa*), al igual que la diversidad para las abundancias (2,89 bit·ind^{-1}), que también se considera alta para un estuario de la CAPV.

La biomasa estimada ha sido alta (26,4 g·m^{-2}), como es habitual en esta estación: por ejemplo, en 2003, 2005, 2006 y 2008 se registraron valores de biomasa superiores a 40 g·m^{-2}, aportados principalmente por el bivalvo *S. plana*. En 2011 la mayor parte de la biomasa la proporciona el bivalvo *Venerupis decussatus* (19,4 g·m^{-2}) y, en menor proporción, *S. plana* (5,3 g·m^{-2}).

La estructura de la comunidad por grupos ecológicos es muy estable a lo largo del tiempo (Figura 273). En 2011, dominan las especies tolerantes (grupo ecológico III) y los oportunistas de primer orden, dando lugar a una comunidad sometida a una alteración moderada (AMBI=3,66) (Tabla 220). La estabilidad en el reparto de grupos ecológicos hace que tampoco se aprecien tendencias claras en los valores de AMBI, que varían entre 3,1 y 4,2 a lo largo del periodo de seguimiento (Figura 273).

La estación E-U10 presenta un contenido en fracciones finas del sedimento superior a los de las dos estaciones anteriores (68% de limos). Asímismo, el contenido en materia orgánica (7,2%) es también mayor.

La comunidad presente en esta estación es semejante a la de las otras estaciones muestreadas en esta masa de agua. El *taxon* dominante en 2011, como en 2000 y en 2008-2010, es el grupo de los oligoquetos (573 ind·m^{-2}). Otras especies abundantes han sido *S. plana* (441 ind·m^{-2}), *H. diversicolor* (395 ind·m^{-2}), *S. shrubsolii* (271 ind·m^{-2}), *A. romijni* (85 ind·m^{-2}) y *C. capitata* (43 ind·m^{-2}).

La biomasa registrada (27,8 g·m^{-2}) es alta, aunque no la máxima para esta estación (142,6 g·m^{-2} en 1998). La especie que más biomasa ha aportado es el bivalvo *S. plana* (26,7 g·m^{-2}; 96% de la biomasa total). La densidad de la comunidad (1.865 ind·m^{-2}) se encuentra en el rango de las registradas a lo largo del seguimiento (Figura 272).

La diversidad para las abundancias en 2011 es relativamente alta para esta estación (2,45 bit·ind^{-1}), al igual que la riqueza específica.

A diferencia de la estación E-U8, el reparto de la abundancia entre grupos ecológicos es menos estable a lo largo del seguimiento y más similar a la de la estación E-U10 (Figura 273). Así, a partir de 2008 se detecta un aumento de las especies oportunistas de primero orden (grupo ecológico V). Sin embargo, a pesar de este cambio de dominancias, se mantiene la calificación Alteración Moderada (AMBI: 3,99, en 2011). Por tanto, es importante mantener la vigilancia sobre esta estación para comprobar si el empeoramiento se mantiene en próximas campañas.

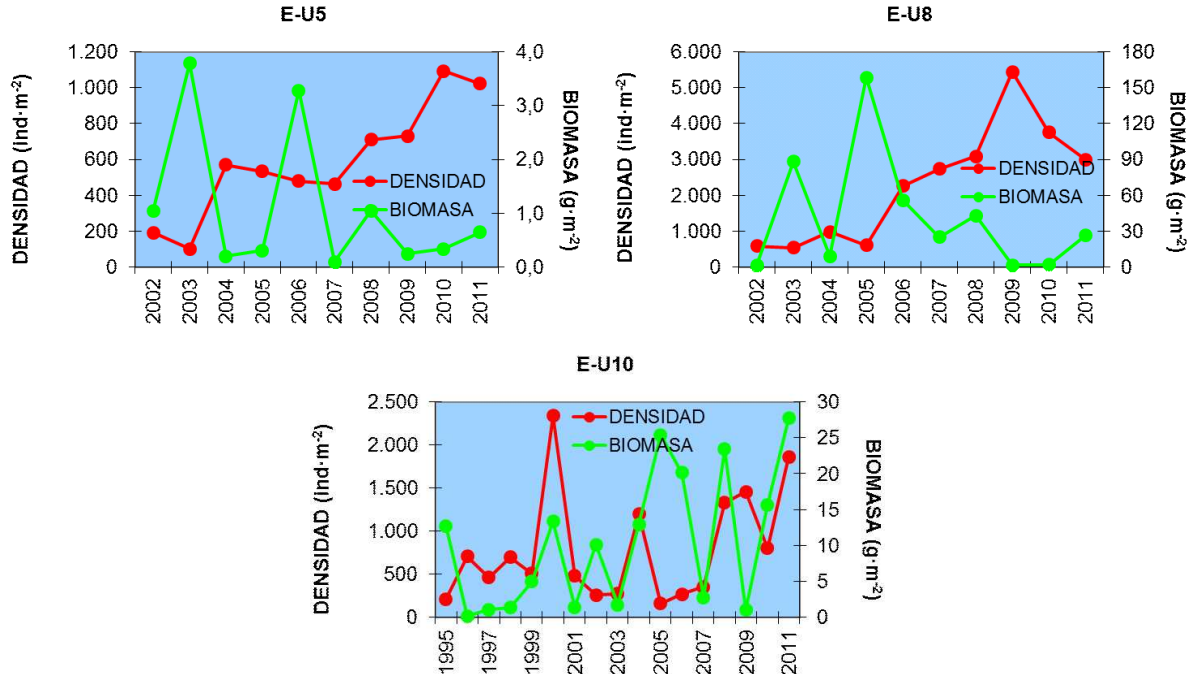


Figura 272 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-U5, E-U8 y E-U10 (Urola).

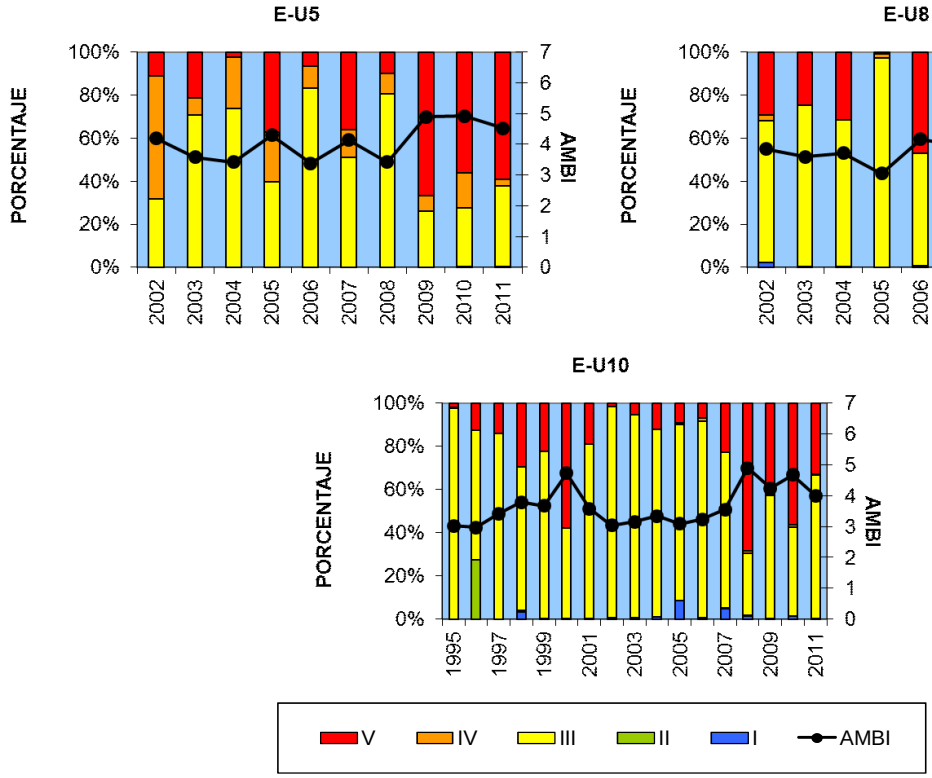


Figura 273 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-U5, E-U8 y E-U10 del Urola.

11.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las tres estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

La estación **E-U5** presenta **Buen Estado** (Figura 274), con una tendencia temporal positiva desde el comienzo del seguimiento en 2002, aunque se detectó un ligero retroceso en 2009-2010. Por lo tanto, conviene mantener la vigilancia sobre la estación para comprobar que la recuperación observada se mantiene.

La estación **E-U8** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 274), con una tendencia temporal positiva de los valores M-AMBI desde 2005 (0,58) hasta 2008 (1,00) y con un ligero retroceso en 2009-2010. Tal y como se ha comentado para la estación E-U5, conviene mantener el seguimiento de esta estación para garantizar que no se producen pérdidas en la calidad biológica.

Por último, la estación **E-U10,** presenta **Buen Estado** (Figura 274). Desde el comienzo del seguimiento en 1995, los valores de M-AMBI han sufrido diversos altibajos. Durante el período 2003-2007 tuvo lugar un episodio de mejora, al que le sigue un importante retroceso entre las campañas de 2007 y 2008 hasta la calificación de Estado Aceptable al que le sigue una ligera mejora a 0,54 en 2009 y 2010. Finalmente se observa una aparente mejoría en la presente campaña. Posiblemente la caída de 2008 tenga que ver con el dragado de diciembre de ese mismo año para sacar un barco del astillero. Por lo tanto, conviene continuar con la vigilancia de esta estación, con el fin de confirmar esta aparente mejoría de la calidad en próximas campañas.

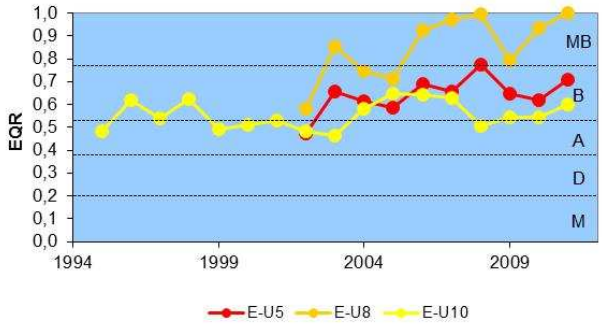


Figura 274 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua de transición del Urola.

11.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

11.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Las muestras de fauna demersal fueron recogidas durante la campaña del año 2010, por tanto, en el presente informe se re-analizan los datos obtenidos entonces. En dicho año se encontraron un total de diez taxones (cuatro crustáceos y seis peces) en las distintas estaciones del estuario, siendo todas ellas especies habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad, principal condicionante de la vida en estas zonas de transición.

En esta masa de agua existen datos anteriores pertenecientes a los años 2004 y 2007 (Borja *et al.,* 2008) obtenidos para el estudio de la "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco", y datos obtenidos en 1996 (Borja *et al.,* 1997) incluidos en el informe inédito "Estudio de la calidad biológica de los sedimentos de los estuarios interiores de los ríos Oria y Urola". A su vez, también existen datos anteriores pertenecientes a los años 1987 y 1988 (San Vicente *et al*., 1988); sin embargo, los transectos estudiados y la metodología empleada en el estudio del 1987 y 1988 no son equiparables al empleado actualmente.

El número de taxones registrados en el año 2010 fue de 10 (cuatro peces y seis crustáceos), el mismo que en 2007 (cuatro crustáceos y seis peces), uno menos que en 2004 (un taxón más de peces) y uno más que en 1996 (un taxón de crustáceo menos).

En 2010, la estación interior (AUM) fue la que presentó los valores más altos en todos los parámetros, excepto la riqueza de crustáceos y nº total de individuos. La estación exterior (AUE) y la estación interior (AUI) presentan los mismos valores en casi todos los parámetros (se diferencian en el número de individuos).

Al comparar estos datos con los registrados en 2004 y 2007 se aprecia que en la estación exterior la tendencia es decreciente, alcanzando además los valores mínimos de toda la serie de datos en todos los parámetros. En la estación media la tendencia decreciente es continua en todos los parámetros excepto en la diversidad (que obteiene el valor más alto de toda la serie (2,28)) y la riqueza total, que obtiene un valor similar a los anteriores.

El descenso en taxones y ejemplares detectado en 2010 puede deberse a las actividades de dragado llevados a cabo en la zona del transecto exterior durante el año 2010, entre septiembre y octubre, en Astilleros Balenciaga y el canal desde el puerto deportivo a la desembocadura.

11.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

Aunque 2004 fue el primer año muestreado en la Red de Calidad, en 1996 se realizó un estudio similar para la Diputación Foral de Gipuzkoa (Franco *et al.,* 1996), lo que permite establecer una comparación. Así, se han utilizado los datos obtenidos en los muestreos realizados los años 1996, 2004, 2007 y 2010 En la Tabla 221 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio (AUI interna, AUM media y AUE externa).

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, indicadoras de la contaminación y salud piscícola son los que favorecen la calidad biológica, alcanzando los valores máximos. El indicador "número de especies residentes" alcanza un valor medio en los tres tramos del estuario. La riqueza y la presencia de peces planos presentan un valor medio en la estación media y mínima en las otras dos estaciones del estuario.

Estación/año	AUE			AUM			AUI		
Parámetros	2004	2007	2010	2004	2007	2010	2004	2007	2010
Riqueza	3	3	1	3	3	3	3	1	1
Esp. Indicadoras contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Peces planos	1	1	1	5	5	3	1	1	1
Omnívoros	3	3	1	5	5	3	3	3	1
Piscívoros	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Especies residentes (nº)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Especies residentes (%)	1	3	1	1	1	1	1	1	1
PUNTUACIÓN	27	29	23	33	33	29	27	25	23
AFI	0,50	0,56	0,39	0,67	0,67	0,56	0,50	0,44	0,39
CALIDAD BIOLÓGICA	A	B	A	B	B	B	A	A	A

Tabla 221 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica en cada estación (AUI interna, AUM media y AUE externa) y rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

En cuanto a la composición trófica de peces demersales, esta es variable en los distintos tramos del estuario, existiendo en las tres estaciones una relación no equilibrada en la relación entre omnívoros y piscívoros (valor porcentual de 1:1 en la exterior y la interior, de 3:1 en la media).

Según los rangos establecidos para la clasificación de la calidad, el único tramo del estuario que está en un nivel **'Bueno'** es el tramo medio. El tramo exterior y el tramo interior están en un nivel **'Aceptable'**. En la Figura 275 se resume cómo ha variado la calidad biológica del estuario del Urola entre los años 1996, 2004, 2007 y 2010.

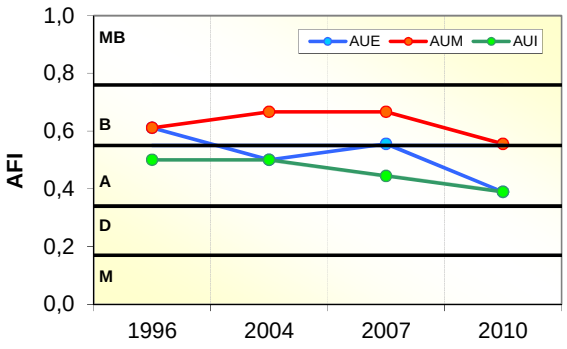


Figura 275 Valores de la calidad biológica obtenidos para cada estación en los años 1996, 2004, 2007 y 2010. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17; Interior (AUI), medio (AUM) y exterior (AUE). AFI: AZTI's Fish Index.

La calidad biológica piscícola alcanzada el año 2010 en todas las estaciones presenta el valor más bajo de toda la serie de datos. El tramo medio (AUM) se mantiene en una calidad 'Buena', aunque con un valor inferior al alcanzado en 1996, 2004 y 2007. El tramo exterior (AUE) e interior (AUI) son calificados como 'Aceptable', perdiendo calidad, pues su puntuación es menor a la alcanzada en 1996, 2004 y 2007.

Para establecer la calidad biológica en peces de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1.

La Figura 276 muestra la evolución de la calidad biológica en la masa de transición del Urola entre los años 1996 y 2010. La gráfica muestra que la calidad del estuario disminuye en 2010, alcanzando el nivel de **'Aceptable'**. La calidad de 'Bueno' solo ha sido alcanzada en 1996 y 2007.

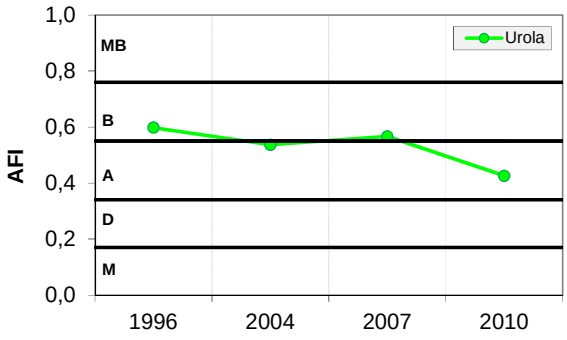


Figura 276 Evolución de la calidad biológica en la masa de transición del Urola entre los años 1996 y 2007. Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

El del Urola es un estuario que presenta un cauce muy regulado (lezones, escolleras, diques, presas), vertidos de aliviaderos de tormentas, un canal que se draga numerosas veces, así como numerosos asentamientos portuarios, algunas infraestructuras y los astilleros, rampas y varaderos.

Entre las acciones que pudieran haber afectado o siguen afectando a la diversidad del estuario están la construcción del puerto deportivo entre 1997 y 1998, los dragados continuos realizados entre 2003-2005 y 2010 (bocana), 2002 (muelle Tablestacas), 2000 (bocana), 1998 (dársena) y 1995-1993 (bocana), así como los vertidos residuales e industriales habidos hasta antes de la entrada en funcionamiento de la EDAR en febrero de

2007. Por otro lado, se debe tener en cuenta que en la estación exterior, el arrastre se realiza cerca de la desembocadura, en una zona totalmente encauzada y estrecha, donde la marea influye de manera notable en la distribución, densidad y diversidad de fauna demersal.

Según datos del informe realizado por Ikaur-Ekolur para la Diputación Foral de Gipuzkoa (2006), en las aguas dulces del Urola se considera que las especies migradoras *Salmo salar* (salmón atlántico –anádroma-), *Salmo truttta morpha trutta* (trucha de mar –anádroma-), *Petromyzon marinus* (lamprea de mar –anádroma-) y *Alosa alosa* (sábalo –anádroma-) están extinguidas como consecuencia de los obstáculos a las migraciones y movimientos, detracciones del caudal, sobrepesca, contaminación y alteraciones morfológicas por encauzamientos. La única especie migradora detectada ha sido *Anguilla anguilla* (anguila –catádroma-), pero se remarca que durante los años 90, el reclutamiento de esta especie falló posiblemente debido a los vertidos papeleros en la parte baja de la cuenca.

11.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

11.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En el estuario del Urola se midió la concentración de clorofila en tres estaciones: E-U5 (cabecera), E-U8 (zona media) y E-U10 (zona inferior). Las muestras se tomaron sólo en superficie. Considerando todo el conjunto de situaciones de muestreo (pleamar y bajamar; cuatro meses a lo largo del año), se tomaron en total 24 muestras. Se cubrió un gradiente de salinidad de 2,6 a 32,7 USP. La concentración de clorofila presentó bastante variación, entre 0,1 y 33,9 µg l^{-1} (Figura 277).

En todos los muestreos, excepto en uno, la concentración de clorofila no superó 5 µg l^{-1}, al igual que en muchos otros estuarios de la costa vasca (Figura 277). Sin embargo, en primavera se encontró un pico de magnitud muy superior, asociado a una salinidad baja (3 UPS), en la cabecera, en condiciones de bajamar.

Otros años también se han encontrado concentraciones de clorofila relativamente altas en la cabecera del Urola. Por ejemplo, en la primavera de 2010 se registraron picos de clorofila de 60-80 µg l^{-1}; tanto en pleamar como en bajamar, que se debieron a una floración de criptofitas. En la primavera de 2011, sin embargo, la abundancia fitoplanctónica no fue tan elevada en el estuario (ver apartado siguiente). Por ello, y teniendo en cuenta la baja salinidad asociada a dicho máximo, es posible que la parte de la clorofila se debiera a comunidades procedentes del sedimento (algas bentónicas) que habrían alcanzado la columna de agua por arrastre fluvial.

Las concentraciones de nutrientes en primavera de 2011 en la cabecera del Urola estuvieron muy alejadas de las que se consideran indicadoras de mal estado para aguas oligohalinas según Bald (2005): 63 µM (amonio), 219 µM (nitrato) y 14 µM (fosfato). Así, las concentraciones de nutrientes en la estación E-U5 fueron (pleamar-bajamar): 6-17 µM (amonio), 100-103 µM (nitrato) y 2,5-3,3 µM (fosfato). Por lo tanto, el pico de clorofila en 2011 no parece estar relacionado con el crecimiento de comunidades de fitoplancton en el estuario en respuesta a una presión de nutrientes elevada.

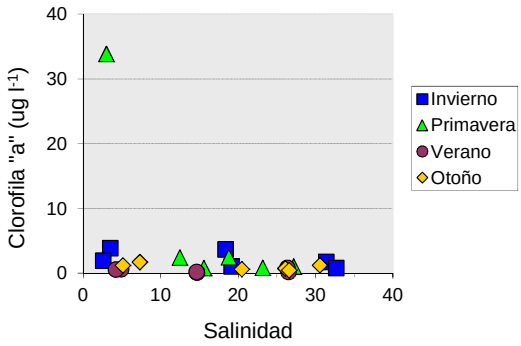


Figura 277 Variación de la concentración de clorofila a lo largo del gradiente salino del estuario del Urola en las cuatro épocas de estudio durante 2011. Los datos son de superficie, en pleamar y bajamar.

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en el estuario del Urola se ha calculado el valor del percentil 90 en periodos móviles de seis años (Figura 278). Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton.

Como puede observarse en la Figura 278, en la cabecera (estación E-U5, oligohalina), la clorofila ha aumentado ligeramente (desde 6 hasta 8 µg l^{-1}, aproximadamente) en la última década. En la parte media del estuario (estación E-U8, mesohalina), se aprecia una leve oscilación, durante la misma serie de años, variando en un rango de 3 a 5 µg l^{-1}, aproximadamente. En la zona exterior (estación E-U10, polihalina) también ha habido oscilaciones y en los últimos 15 años ha variado en un rango de 1 a 5 µg l^{-1}, aproximadamente.

En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino el percentil 90 de la clorofila normalmente no supera los 8 µg l^{-1}. Por lo tanto, la biomasa fitoplanctónica en el estuario del Urola puede considerarse dentro del rango normal, aunque se aprecia cierta tendencia de aumento en la cabecera.

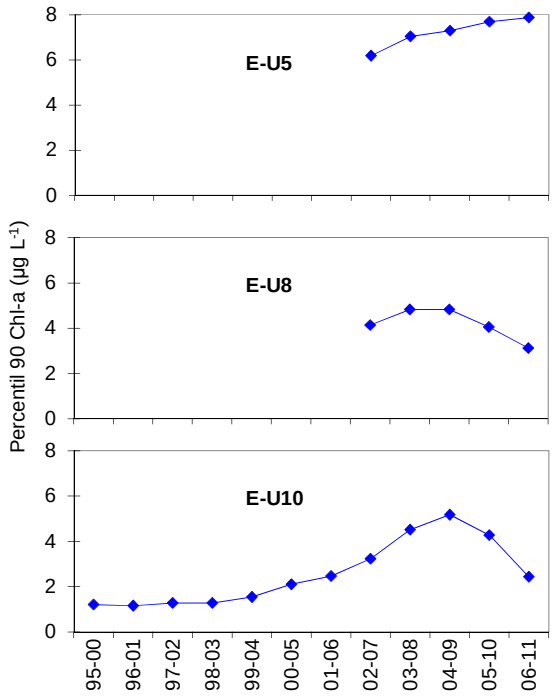


Figura 278 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Urola. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

Similares análisis en otros estuarios del País Vasco muestran oscilaciones, o una cierta tendencia de aumento, en el percentil 90 de la clorofila de las estaciones más exteriores (por ejemplo, en el Butroe, Lea, Artibai, Deba y Oria). Estas estaciones, por su localización, son generalmente las que soportan menor presión antropogénica en los estuarios, desde el punto de vista de la eutrofización, estando sometidas a una mayor advección mareal y ocupadas en pleamar por comunidades fitoplanctónicas de la costa. Por lo tanto, los cambios observados en la clorofila en estas zonas podrían estar ligados a cambios en las condiciones océano-meteorológicas a mayor escala espacial (factores como: insolación, turbiedad, aporte de nutrientes mediado por la pluviosidad y el caudal fluvial, estratificación frente a mezcla vertical, afloramiento frente a hundimiento, etc.). Para comprobar estas hipótesis es necesario investigar los ciclos climáticos y su influencia sobre la dinámica del fitoplancton en la plataforma costera.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 222 se presentan las variables que describen, de forma general, la estructura de las comunidades fitoplanctónicas, para las épocas de primavera y verano.

En 2011 se observó una marcada variabilidad espacial, con una abundancia celular mucho más alta en la cabecera del estuario (E-U5) y, por el contrario, una riqueza y diversidad bastante más elevada en las zonas media (E-U8) y exterior (E-U10).

Estación	E-U5	E-U8	E-U10
Fecha	09/05/2011	09/05/2011	09/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	1.046	244	271
Diversidad (bit/cel)	2,1	2,6	2,7
Riqueza (Nº especies)	9	15	14
Estación	E-U5	E-U8	E-U10
Fecha	05/09/2011	05/09/2011	05/09/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	1.657	350	404
Diversidad (bit/cel)	1,8	3,4	3,5
Riqueza (Nº especies)	9	21	20

Tabla 222 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Urola. Los datos son de superficie, en pleamar.

En primavera, las comunidades estuvieron principalmente constituidas por pequeñas diatomeas pennales (posiblemente de origen bentónico) y pequeños flagelados sin identificar, en las tres estaciones muestreadas. En la cabecera del estuario fueron también relativamente abundantes las prasinofíceas (*Tetraselmis* spp.).

En verano se observó una alta densidad de euglenofitas (*Eutreptiella* sp.) en la cabecera del estuario, con ~1·10^6 células l^{-1}. También fueron características de esta muestra las clorofíceas (*Scenedesmus* sp.) y las pequeñas diatomeas pennales. La estructura de las comunidades fue muy distinta en las zonas media y exterior del estuario. En éstas se observó una composición taxonómica más variada y una distribución de la densidad celular más homogénea. El taxón más abundante en las estaciones E-U8 y E-U10 fue la diatomea *Chaetoceros* spp. (~100.000 células l^{-1}).

En relación a las especies potencialmente nocivas para los ecosistemas, una criptofita de tamaño grande (20 µm), que puede causar una coloración rojiza del agua (*Urgorri complanatus*) se ha detectado anteriormente en este estuario en elevada densidad. Sin embargo, en 2011 sólo alcanzó unas 20.000 células l^{-1}.

Un dinoflagelado, *Kryptoperidinium foliaceum,* que también puede formar mareas rojas y es citado en la bibliografía como causa de estrés metabólico en ostras, parece recurrente en el estuario del Urola. Así, también se observó en el año 2004 (~10^5 células l^{-1}) y en el año 2007 (una floración de 2,3 10^6 células l^{-1}). Entre los años

2008 y 2011 su abundancia ha oscilado en valores del orden de 10^4-10^5 células l^{-1}.

También, en 2011 se puede citar a la diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp., pero en muy baja abundancia (5.300 células l^{-1}), en la zona exterior del estuario.

CALIDAD BIOLÓGICA

El fitoplancton en la masa de agua de transición del Urola se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 279 se muestra el valor del indicador calculado con los datos de clorofila "a" (percentil 90). El límite fijado entre las clases de estado "Muy bueno" y "Bueno" para las aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino de los estuarios del Cantábrico es 8 µg l^{-1}.

En la estación de cabecera (E-U5) el valor del indicador es 7,87 µg l^{-1} (n=48), lo cual corresponde a un estado "Muy bueno", cercano a "Bueno" (Figura 279).

En la estación E-U8 el valor es 3,12 µg l^{-1} y en la estación E-U10 es 2,43 µg l^{-1}, indicando ambos un estado "Muy bueno" en las zonas media y exterior del estuario, en base a la concentración de clorofila (Figura 279).

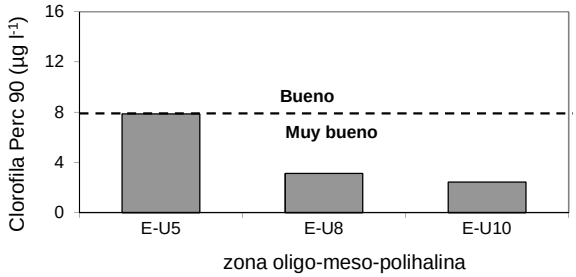


Figura 279 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Urola. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

En la Figura 280 se muestra el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (frecuencia de blooms). En la estación E-U5 la frecuencia de las floraciones fitoplanctónicas es 50,0%, lo cual indica un estado "Aceptable".

En las estaciones E-U8 y E-U10 no se han detectado floraciones fitoplanctónicas hasta la fecha. Por ello, el estado en éstas es "Muy bueno", según el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (Figura 280).

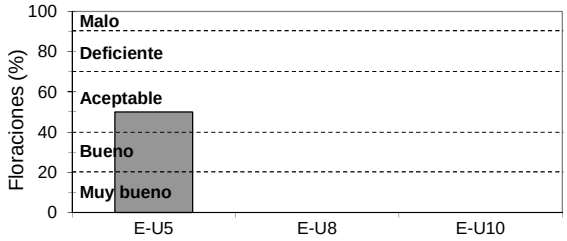


Figura 280 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Urola. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

Tras realizar la integración de los dos indicadores, como se indica en la Tabla 223, el Estado Global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 se clasifica como "Bueno" en la cabecera y "Muy bueno" en las zonas media y exterior.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-U5	0,677	0,334	Bueno (0,506)
E-U8	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
E-U10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)

Tabla 223 Estuario del Urola. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

Finalmente, en la Tabla 224 se muestra la evolución temporal del estado del fitoplancton a lo largo de periodos móviles de seis años, comenzando en 2002. El **estado del fitoplancton** en la masa de agua de transición del **Urola** ha sido "**Muy bueno**" en toda la serie, aunque el EQR manifiesta una leve tendencia de descenso. Se observan diferencias entre la zona de cabecera (E-U5), donde el estado es "Bueno" en la mayoría de las evaluaciones y la parte media-exterior del estuario (estaciones E-U10 y E-U8) que presenta un estado "Muy bueno" (Tabla 224).

Por otra parte, es en la cabecera donde se ha observado un descenso en el valor de EQR de ambos indicadores (clorofila y floraciones) a lo largo de los últimos años (datos no mostrados). Esta estación representa únicamente el 12% de la superficie total del estuario, con lo cual influye muy levemente en el estado del fitoplancton cuando es integrado en la masa de agua.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Urola	MB (0,972)	MB (0,956)	MB (0,964)	MB (0,942)	MB (0,941)
E-U5	MB	B	B	B	B
E-U8	MB	MB	MB	MB	MB
E-U10	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 224 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Urola, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

11.5.2 MACROALGAS

Para su estudio la masa de agua se dividió en 6 zonas tanto en 2004, como en 2007 y 2010, numeradas del 1 al 6 desde la desembocadura al interior. Estas 6 zonas representan tres tramos del estuario, que se pueden adscribir a las estaciones E-U10 (zonas 1 a 3), EU8 (zonas 4 y 5) y E-U5 (zona 6), desde la desembocadura al interior.

Así, en la Tabla 225 se observan los resultados obtenidos de aplicar el método explicado en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d) para la masa de agua en las tres campañas arriba indicadas.

La calificación obtenida en 2010 fue de **'Muy Buen Estado'** para el global de la masa de agua, mejorando respecto a las pasadas campañas de 2004 y 2007, en que se encontraba en 'Estado Aceptable'.

La mejora detectada en los tres tamos (de 'Estado Aceptable' en 2004 y 2007 a 'Buen Estado' en la campaña de 2010 en los tramos exterior e interior; y de 'Buen Estado' en 2004 y 'Estado Aceptable' en 2007, a 'Muy Buen Estado' en 2010, en el tramo medio) se debió, básicamente, a una mayor cobertura de algas no indicadoras de contaminación y a un menor ratio de algas verdes respecto a la cobertura vegetal total.

Por tanto, se aprecia una recuperación general en la calidad de las comunidades de macrófitos del estuario, especialmente destacable en el tramo medio.

La valoración global para la masa de agua, aplicando al conjunto de zonas delimitadas la misma media ponderada que se hace para el cálculo por tramo, pasa de 'Estado Aceptable' en las campañas de 2004 y de 2007 a **'Muy Buen Estado'** en la campaña de 2010, indicando una recuperación del estuario.

	E-U10	E-U8	E-U5	GLOBAL
2004	A	B	D	A
2007	A	A	D	A
2010	B	MB	B	MB

Tabla 225 Calificación obtenida para cada uno de los tramos en que se divide la masa de agua (M-EU1 a M-EU3 se adscriben a E-U10; M-EU4 y M-EU5 se adscriben a E-U8; M-EU6, se adscribe a E-U5) y para el global de la misma, en cada una de las campañas muestreadas (D=Estado Deficiente; A=Estado Aceptable; B=Buen Estado; MB=Muy Buen Estado).

11.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

11.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de las fluctuaciones en la salinidad. También se aprecia la influencia del estado de la marea a lo largo de todo el estuario.

En la Tabla 226 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en el estuario del Urola, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

Variable	Unidad	E-U5-S	E-U5-F	E-U8-S	E-U8-F	E-U10-S	E-U10-F
Temperatura	℃	15,61	16,21	16,79	16,54	16,46	16,68
Salinidad	USP	6,18	16,19	22,87	32,84	22,92	31,73
Agua fluvial	%	82,63	54,52	35,76	7,76	35,61	10,86
Saturación O_2	%	87,35	84,00	81,32	86,83	90,27	89,97
pH		7,64	7,84	7,91	8,04	7,94	8,07
Silicato	$\mu mol.dm^{-3}$	65,08		34,98		31,34	
Amonio	$\mu mol.dm^{-3}$	11,96		12,36		9,91	
Nitrito	$\mu mol.dm^{-3}$	2,64		1,71		1,51	
Nitrato	$\mu mol.dm^{-3}$	117,75		74,38		61,96	
Nitrógeno Total	$\mu mol.dm^{-3}$	207,88		132,25		110,38	
Fosfato	$\mu mol.dm^{-3}$	3,04		1,74		1,54	
Fósforo Total	$\mu mol.dm^{-3}$	5,73		2,95		2,50	
Carbono O. Total	$\mu mol.dm^{-3}$	196,63		184,01		127,43	

Tabla 226 Estuario del Urola. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico. F: fondo, S: superficie.

El porcentaje de agua dulce en cada punto de muestreo, calculado a partir de los datos de salinidad, oscila entre el ~10 y el ~83% aproximadamente. Se aprecia un gradiente de mezcla entre el agua continental de cabecera y el agua marina de desembocadura.

El oxígeno disuelto, en promedio, varía entre 81% y 90% de saturación. El incremento de la proporción de agua de mar no se traduce en un incremento del porcentaje de saturación de oxígeno. Por tanto, deben de darse procesos de consumo de oxígeno en las zonas media e inferior del estuario. En todo caso, los valores de oxígeno no son indicativos de situaciones de hipoxia.

Los aportes principales de sustancias contaminantes proceden del río principal y en el estuario predomina un patrón de dilución con el agua de mar aportada por la marea. También las riadas pueden ejercer un efecto de dilución de estos nutrientes cuando sus principales fuentes de procedencia no son las aguas continentales (por ejemplo, cuando son aportados fundamentalmente por vertidos de aguas residuales, por el sedimento o la propia biota del estuario).

Respecto a la importancia relativa de las formas inorgánicas, el nitrógeno inorgánico (suma de nitrato, nitrito y amonio), así como el fosfato suponen un elevado porcentaje del total de N y P en las tres zonas del estuario (aproximadamente el ~65 % en el caso del nitrógeno y ~57% en el caso del fósforo). En las tres estaciones del estuario el nitrato se encuentra, en promedio, en niveles más altos que el amonio. Proporciones muy altas de formas reducidas (amonio, así como, N y P orgánicos) suelen indicar aportes elevados de aguas residuales domésticas. En el estuario del Urola no se evidencia en el año 2011 dicha situación. Por otra parte, como resulta habitual en la mayoría de los casos, el predominio de los materiales con un importante componente detrítico se traduce en un predominio del carbono frente al nitrógeno y, de forma algo menos marcada y generalizada, del nitrógeno frente al fósforo.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. Tal como se señala en estudio de presiones e impactos (Borja et al., 2006a), el nivel de presión relacionado con la entrada de nutrientes es moderado en el estuario del Urola. Dentro de la alta variabilidad característica de los estuarios, y de fluctuaciones asociadas a la estacionalidad y a las diferentes condiciones hidrológicas, para NID y concentración de fosfato en las estaciones de muestreo del estuario del Urola, no se observa una tendencia a la disminución en los últimos años. Es más, algunos de los picos más importantes se han registrado en los últimos años (Figura 281).

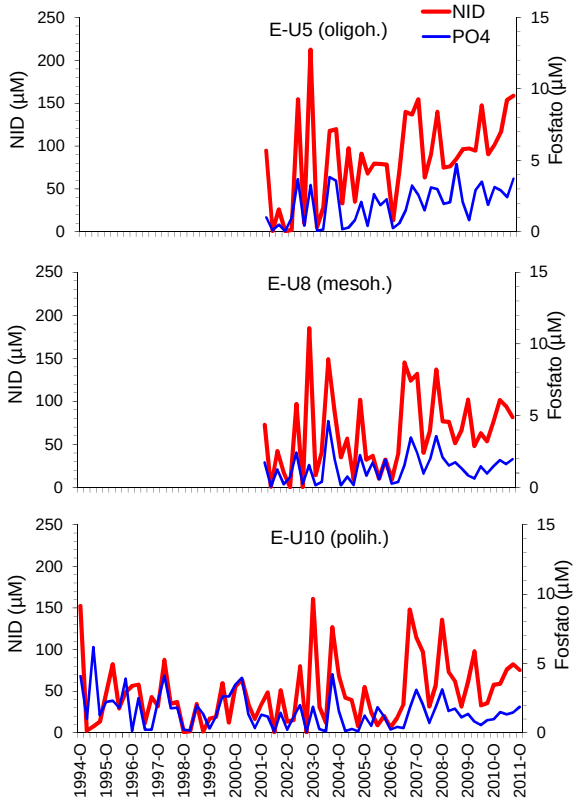


Figura 281 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en las estaciones E-U5, E-U8 y E-U10.

En la Figura 282 se presenta la evolución temporal del oxígeno disuelto en el estuario del Urola (estaciones E-U5, E-U8 y E-U10). En primer lugar se aprecia el ciclo estacional, con máximos en la época invernal y mínimos en la estival. No se aprecian grandes diferencias entre estaciones de muestreo. En cuanto a la evolución global de esta variable, la saturación de oxígeno en todas las estaciones se mantiene estable con valores medios en torno al 80%.

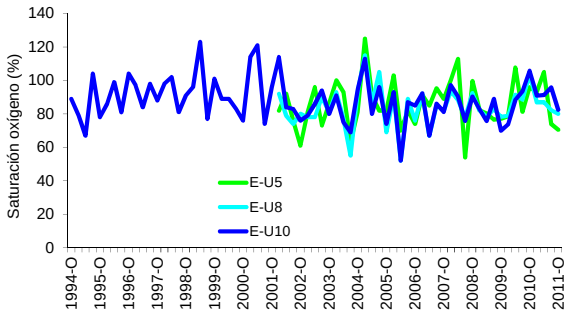


Figura 282 Evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el estuario del Urola (estaciones E-U5, E-U8 y E-U10), media de pleamar y bajamar, superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y mercurio en las aguas de superficie de las estaciones del estuario del Urola se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de su límite de detección (2, 3 y 0.3 $\mu g \cdot l^{-1}$ respectivamente).

En la Figura 283 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las tres estaciones de muestreo del estuario (E-U5, E-U8 y E-U10), hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

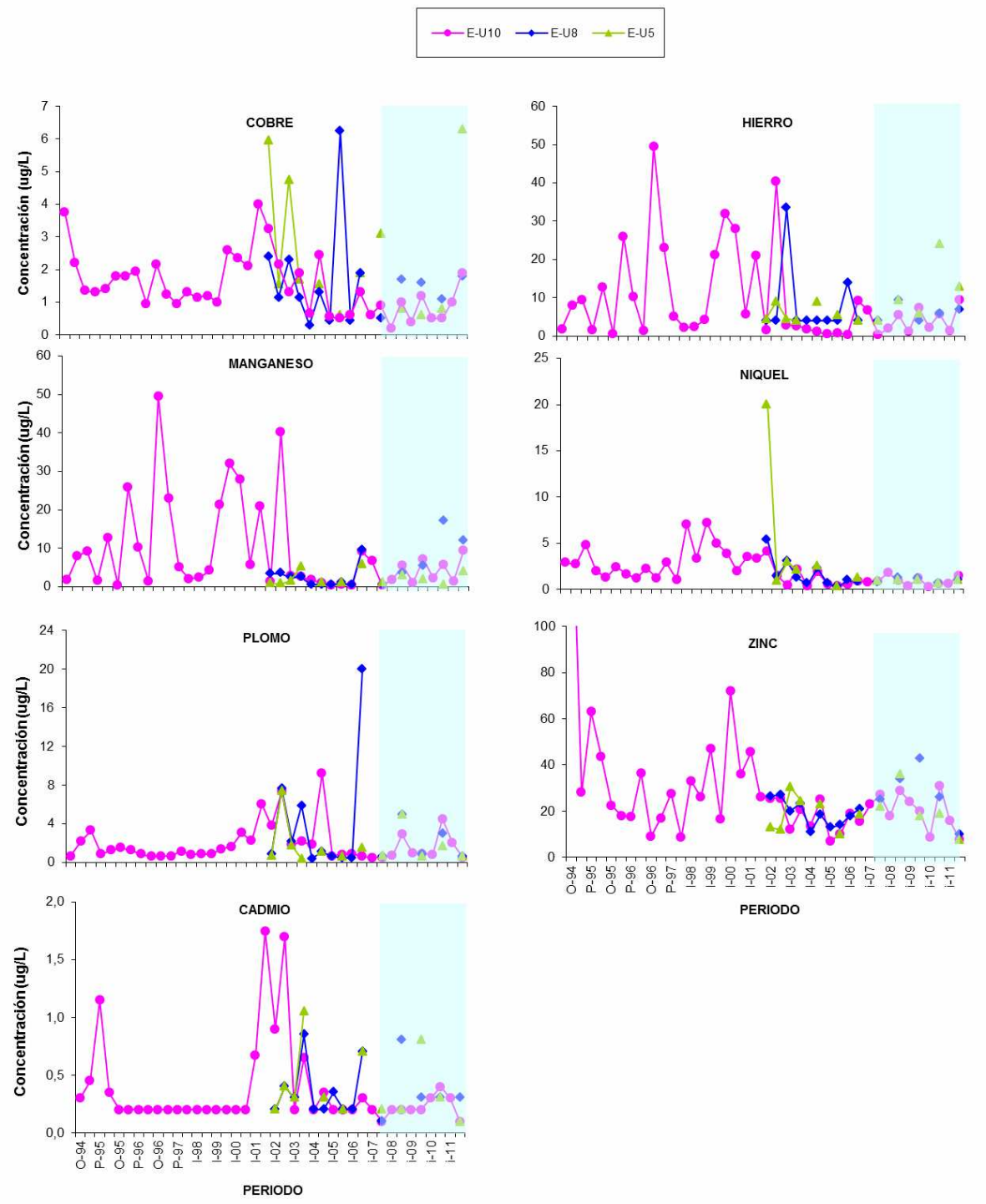


Figura 283 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Urola en el periodo que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2006, desde el año 2007 solo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

En general, no se observan tendencias bien definidas en la evolución de las concentraciones de los distintos metales en las aguas del estuario y predominan las oscilaciones en la mayoría de los metales. Se puede apreciar un ligero descenso en la concentración en casi todos los metales. El cadmio a mantenido la concentración respecto al año anterior superado el objetivo de calidad (0.2 µg l^{-1}) en la estación E-U8 en la campaña de verano y en la estación E-U10 en la campaña de invierno. Las concentraciones de plomo y zinc han disminuido excepto en la estación E-U10 en la campaña de verano, pero sin llegar a superar el objetivo de calidad establecido para estos metalales (7.2 µg l^{-1} Pb y 60 µg l^{-1} Zn). La concentración de hierro también ha disminuido ligeramente en las tres estaciones de estudio. En el caso del manganeso, la concentración de las estaciones E-U5 y E-U10 ha subido mientras que la concentración de E-U8 ha disminuido. El niquel es el único metal que la concentración sube en las tres estaciones. En terminos generales se puede resumir que la tendencia del 2011 es decreciente en todas las estaciones, excepto para el caso del niquel

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

Se han registrado concentraciones significativas de diferente derivados de PAHs puntualmente, el acenafteno en la estación E-U5 y el acenaftileno, pireno, naftaleno y fluoranteno en la estación E-U10, este útlimo sin superar el objetivo de calida establecido (0.1 µg l^{-1}). En la estación E-U8 no hay indicios de congéneres de PAHs.

11.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en la estación E-U10, y desde 2002 en las estaciones E-U5 y E-U8, se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado.

A partir de esta información, en la Figura 284 y Figura 285 se ha establecido una evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 227 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En cuanto a la variabilidad espacial, en la presente campaña no se aprecia ningún gradiente en la composición granulométrica entre el interior (estación E-U5) y el exterior del estuario, ya que todas las estaciones de estudio muestran un sedimento predominantemente limoarenoso.

En relación a la evolución temporal, se observa una tendencia descendente del contenido en materia orgánica en las tres estaciones, especialmente en la estación E-U8. Para el resto de parámteros sedimentológicos no se aprecia ningún patron temporal definido en ninguna de las tres estaciones de estudio.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-U5	0,79	39,72	59,49	6,22	13	4,19	0,27	15,4
E-U8	12,94	39,49	47,58	5,09	18	3,34	0,17	19,6
E-U10	0,06	31,51	68,43	7,21	29	4,01	0,14	28,1

Tabla 227 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

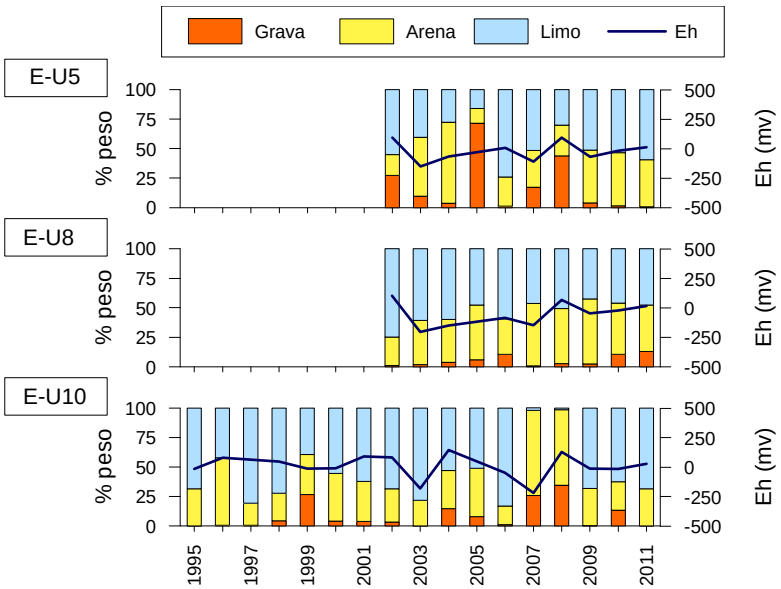


Figura 284 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

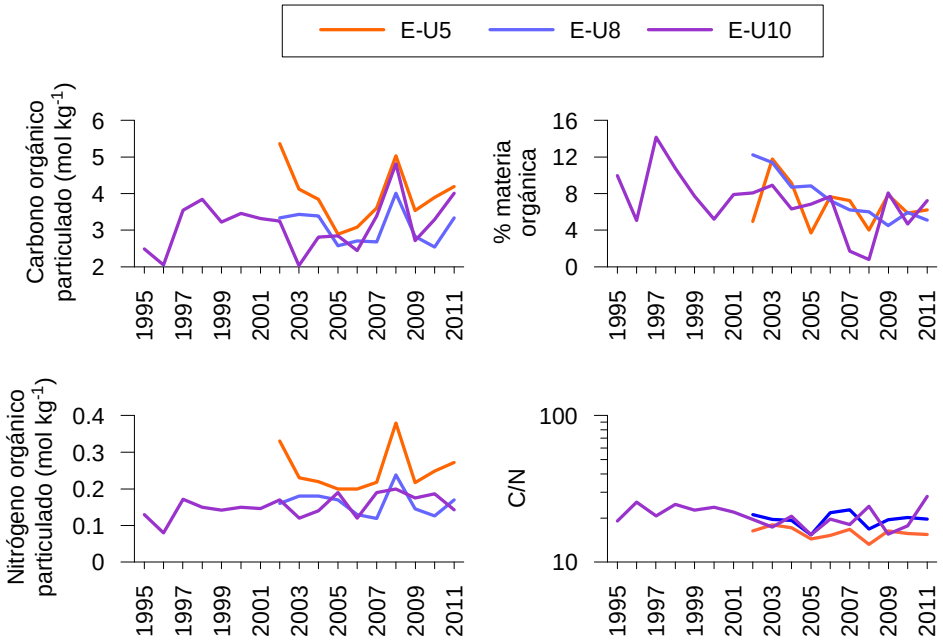


Figura 285 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 228 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. La estación más interna (E-U5) presenta los valores máximos para todos los metales.

La Figura 286 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-U10 desde 1995 y para las estaciones E-U5 y E-U8 desde 2002.

Cd y Cu, excepto en la estación más interna (E-U5), muestran una tendencia descendente de las concentraciones, que en los muestreos más recientes alcanzan valores por debajo del umbral del nivel de fondo.

Ni, Cr y Fe presentan una elevada varibilidad temporal y durante los muestreos más recientes, excepto en la estación más interna (E-U5), los valores se encuentran dentro del rango del nivel de fondo.

El Hg, excepto en la estación E-U10, en general muestra concentraciones por encima de los valores de fondo.

Zn y Pb muestran una tendencia descendente de las concentraciones, aunque los valores se mantienen por encima del nivel de fondo.

El Mn, a pesar de haber mantenido una tendencia ascendente durante los últimos años, en la presente campaña muestra un descenso notable en todas las

estaciones hasta alcanzar valores dentro del rango del nivel de fondo.

Por otro lado, en la Figura 287 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. De esta manera, durante la última campaña, en la estación más interna (E-U5), todos los metales, excepto el Cd, Cu y Hg, se encuentran por encima del valor PEL. Además, en la estación E-U8 y E-U10 todos los metales superan el valor TEL. Esta situación supone un elevado riesgo de efectos negativos sobre la biota.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
E-U5	0,55	69	84	44741	0,42	415	61,9	137	433
E-U8	0,35	51	49	34587	0,15	325	46,3	76	260
E-U10	0,33	33	44	29017	0,12	206	34,7	33	327
Media	0,41	51,57	59,55	36115	0,23	315	47,68	82,54	340,66
Desv. est.	0,12	17,90	21,77	7973	0,17	105	13,64	51,99	87,58

Tabla 228 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

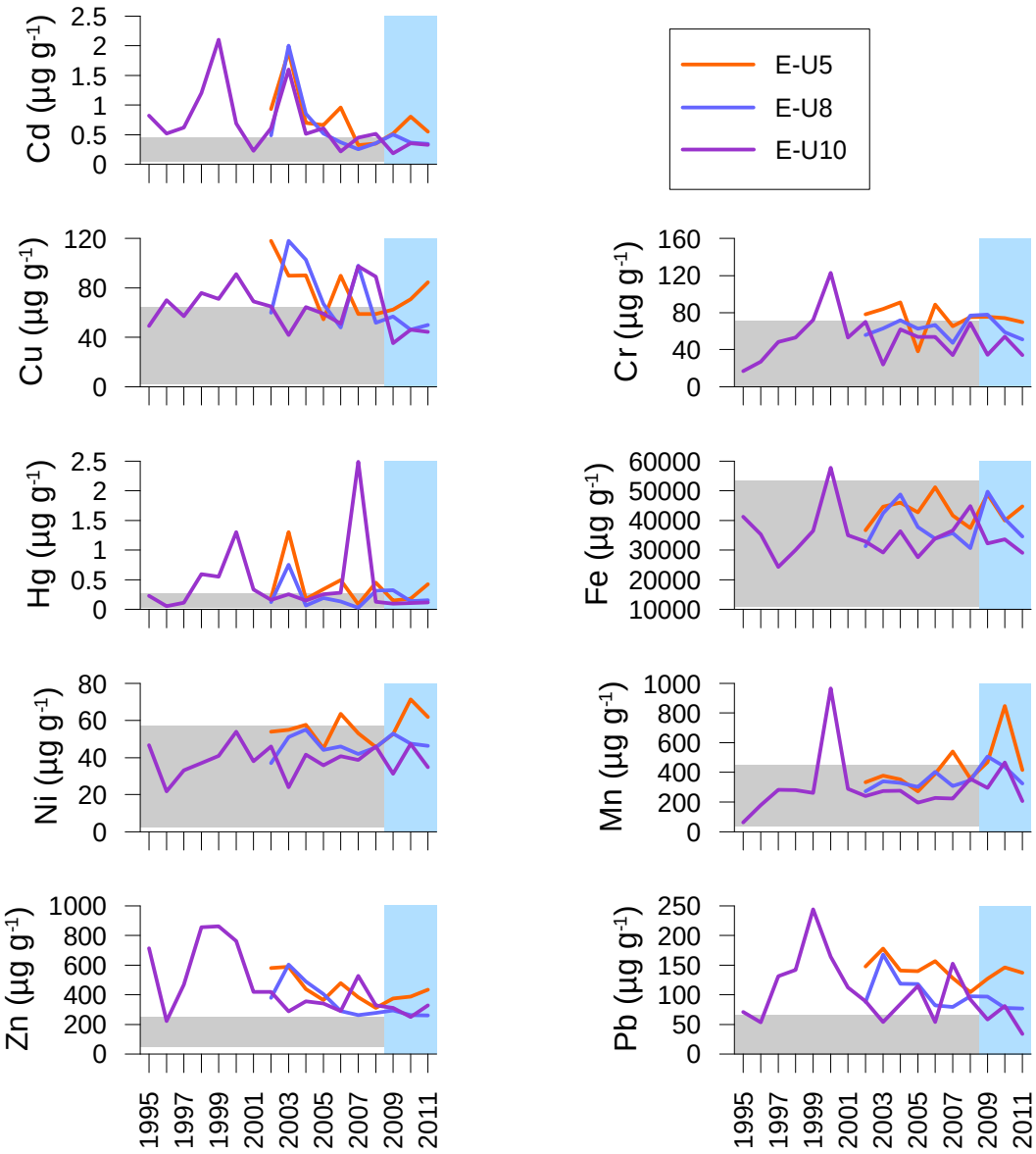


Figura 286 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

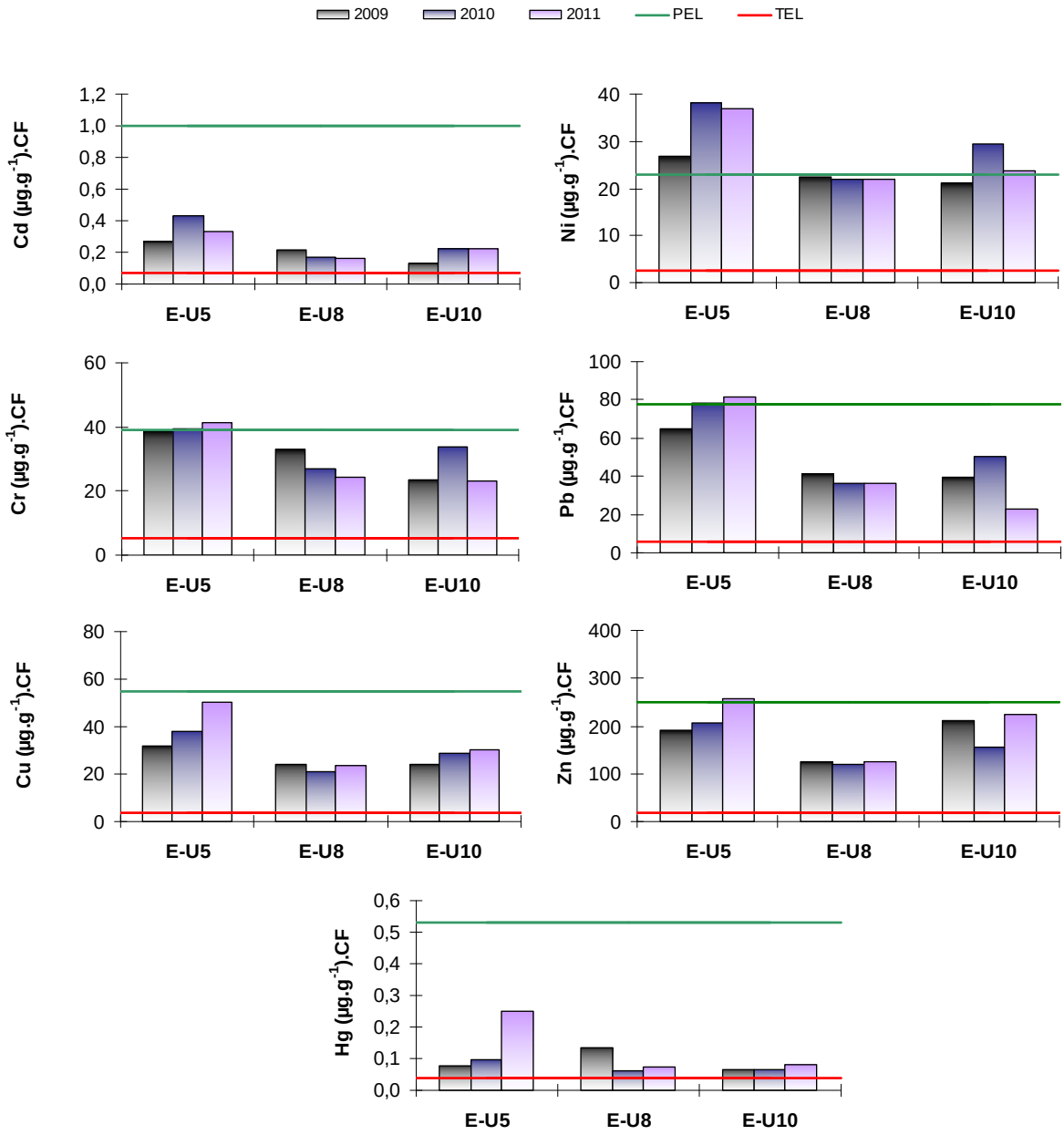


Figura 287 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Urola, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 229 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las tres estaciones de estudio. La Figura 288 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados desde 1995 en la estación E-U10 y desde 2002 en las estaciones E-U5 y E-U8.

En general, el Aldrín, Dieldrín, Isodrín, hexaclorociclohexano y hexaclorobenceno presentan concentraciones inferiores al límite de determinación analítico. El DDT y sus derivados lo superan puntualmente, aunque se mantienen inferiores al objetivo de calidad (<46 µg.kg^{-1}). En el caso de los PCBs y PAHs, mantienen valores por encima del límite de determinación analítico, superando puntualmente el objetivo de calidad (180 y 45000 µg.kg^{-1}, respectivamente).

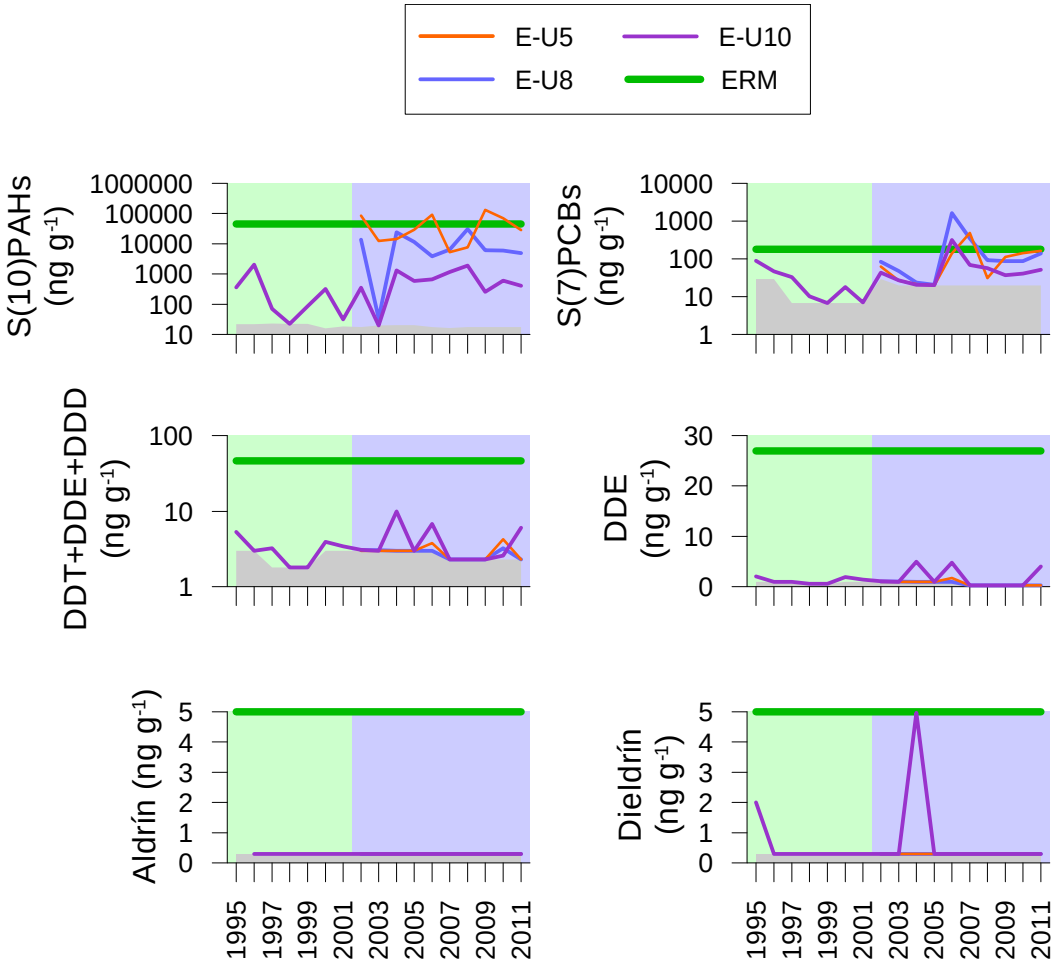


Figura 288 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long *et al*., 1995).

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-U5	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	4,26	163	2997
E-U8	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	1,44	140	1113
E-U10	<0,30	<0,30	<0,30	4,03	<1,00	<1,00	<2,00	1,25	52	1166

Tabla 229 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 230 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Urola, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Las tres estaciones presentan contaminación ligera.

En la Figura 289 se presenta la evolución del ICC global. En las campañas más recientes, se observa que

los valores se encuentran en el rango de contaminación ligera (*i.e.*, ICC < 3).

En cuanto a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, las tres estaciones estudiadas muestran contaminación ligera por presencia de compuestos orgánicos.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-U5	CL	CL	CL	CL	C	CL	CL	C	CL	CL
E-U8	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
E-U10	CL	CL	CL	NC	NC	NC	CL	CL	CL	CL
Total	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL

Tabla 230 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

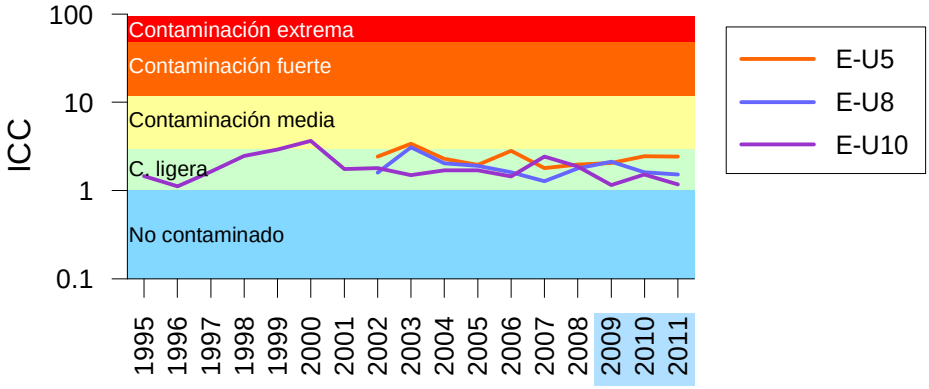


Figura 289 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

11.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En el estuario del Urola el pasado 26 de octubre de 2011 se recolectó mejillón en la desembocadura (I-U10).

En la Base de Datos se recogen los resultados correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos de la campaña de otoño de 2011.

BACTERIOLOGÍA

La concentración de **coliformes fecales** en otoño de 2011 (470 NMP 100 ml^{-1}) es superior a la observada en la campaña de 2010 (<90 NMP 100 ml^{-1}) (Figura 290). Como presenta menos de 6.000 NMP 100 ml^{-1}, se podría clasificar como zona tipo B, es decir, apta para el marisqueo con depuración previa a la puesta en el mercado de los mouscos recolectados.

En cuanto a los **estreptococos fecales**, la concentración en otoño de 2011 (1400 NMP 100 ml^{-1}) también aumenta con respecto a la observada en 2010 (100 NMP 100 ml^{-1}).

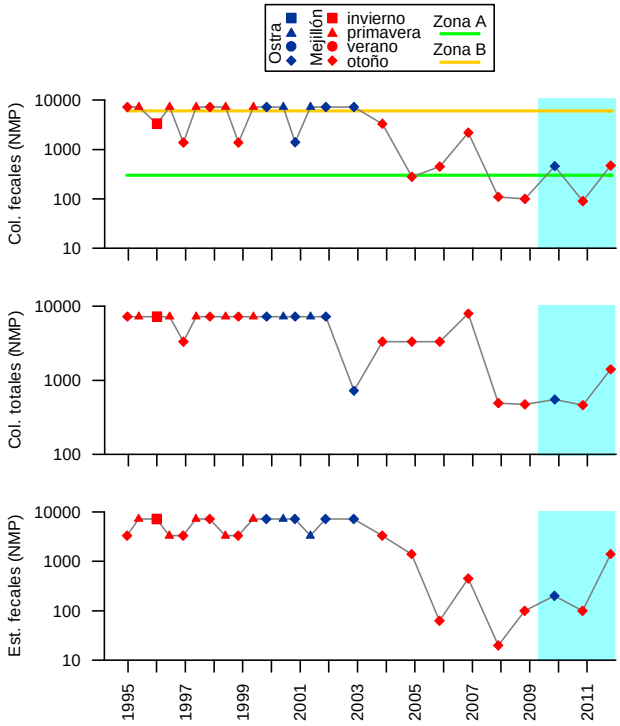


Figura 290 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-U10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 291 se muestra la evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-U10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de **cadmio** en otoño 2011 es de 0,06 mg kg^{-1}, una de las más bajas del periodo de estudio en esta estación. La concentración máxima (0,27 mg kg^{-1}) se registró en otoño de 2004, sin embargo no supera ni el valor de referencia del CIEM (0,4 mg kg^{-1}), ni el límite legal (1 mg kg^{-1}).

El **cromo** presenta, en 2011, una concentración de 0,14 mg kg^{-1}, una de las más bajas de todo el periodo de estudio en esta estación. La concentración máxima se dio en otoño de 1997 (0,81 mg kg^{-1}), sin embargo es inferior a objetivo de calidad contemplado para este metal (1,8 mg kg^{-1}, valor actualmente no vigente).

A la hora de interpretar la evolución de la concentración de **cobre** a lo largo del periodo de estudio, hay que tener en cuenta que el cobre forma parte de la hemocianina, componente principal del sistema circulatorio de la ostra (Borja y Valencia, 1993). Por lo tanto, sería conveniente diferenciar los años en los que se recolectaron mejillones de aquellos en los que se ha recolectado ostra. En otoño de 2011, en el que la concentración se ha medido en mejillón, el cobre presenta una concentración de 0,55 mg kg^{-1}, valor inferior a la concentración media en mejillón (1,8 mg kg^{-1}) para el periodo de estudio considerado. En todos los muestreos de mejillón realizados en esta estación no se supera el límite legal (actualmente no vigente) para el cobre en mejillones (20 mg kg^{-1}). En cuanto a las campañas en las que se han recogido ostra, el límite legal (actualmente no vigente, 60 mg kg^{-1}) sólo se ha superado en primavera de 2000 (63,11 mg kg^{-1}) y en otoño de 2009 (88,63 mg kg^{-1}).

En cuanto al **mercurio**, la concentración observada en otoño de 2011 (0,006 mg kg^{-1}) es una de las más bajas observadas n esta estación. Los límites de detección han ido variando a lo largo del periodo de estudio y, en general, las concentraciones observadas han sido inferiores a dichos límites. En ningún caso se ha superado el límite legal, 0,5 mg kg^{-1} ni el valor de referencia del CIEM, 0,2 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 28% de los casos se ha superado la norma de calidad ambiental (20 μg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

El **níquel** presenta en 2011 una concentración de 0,14 mg kg^{-1}, valor mínimo de las últimas 5 campañas. Aunque para este metal no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. En el estuario del Urola, este valor sólo se ha visto superado en otoño de 1995, cuando se alcanzó una concentración de 1,51 mg kg^{-1}.

Para el **plomo**, en otoño de 2011 la concentración (0,01 mg kg^{-1}) es una de las más bajas de las observadas a lo largo del periodo de estudio en esta estación. El límite legal para su consumo (1,5 mg kg^{-1}) se ha superado en otoño de 1995 y en primavera de 1998 (2,31 y 2,21 mg kg^{-1}, respectivamente).

En cuanto al **zinc**, la concentración medida en mejillón en otoño de 2011 (26 mg kg^{-1}) es una de ls más bajas en esta estación a lo largo del periodo de estudio, en los años en que se han muestreado mejillones. En general, para esta especie no se llegan a alcanzar unas concentraciones tan elevadas como las observadas para ostra, que no tiene la capacidad del mejillón para regular la concentración de este metal (Rainbow, 1990). A lo largo del seguimiento en ningún caso se ha superado el límite legal, 1000 mg kg^{-1} (valor actualmente no vigente), y sólo se supera el valor de referencia dado por el CIEM, 600 mg kg^{-1}, en las campañas de otoño de 1999 y 2001 (881 y 675 mg kg^{-1}, respectivamente), cuando la concentración se refiere a ostra.

La concentración de **plata**, se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007 con un valor inferior al límite de detección, 0,01 mg kg^{-1}. Tras el máximo observado en 2009 (0,16 mg kg^{-1}), año en el que se muestreó ostra, en 2010 y 2011 se observa una concentración inferior al límite de detección correspondiente (0,01 mg kg^{-1}).

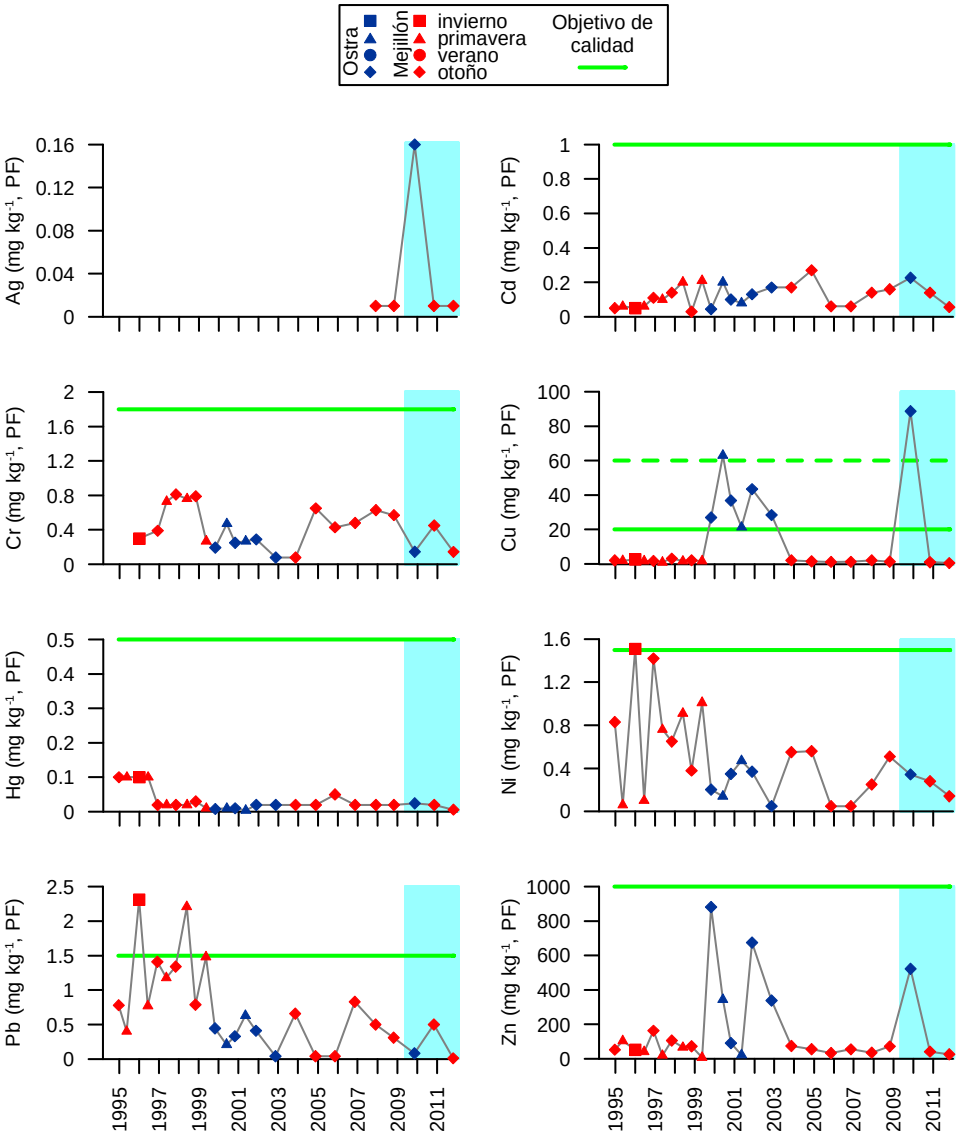


Figura 291 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-U10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En la Figura 292 se muestra la evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-U10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En el caso de los policlorobifenilos (**PCBs**) se han sumado las concentraciones de los 7 congéneres analizados, con objeto de poder compararlas con las de otros lugares. Hay que tener en cuenta que el dato puede variar al ser menos o más los congéneres estudiados en otras zonas.

En otoño de 2011 la concentración de PCBs en la estación I-U10 fue de 11 µg kg^{-1}, dentro del rango de las campañas de muestreo más recientes en esta estación. En general, se observa una tendencia decreciente desde el comienzo del estudio, en otoño de 1994, cuando se alcanzó la concentración máxima de todo el periodo (419 µg kg^{-1}). Los valores que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 y 5 ppm. Si se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs encontradas a lo largo del periodo de estudio están muy alejadas de este valor.

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). La concentración de la campaña de otoño de 2011 (0,6 µg kg^{-1}) es superior al límite de

detección (0,5 µg kg^{-1}). A lo largo del periodo de estudio, pocas veces se supera el límite de detección, que ha ido variando. Además, el valor límite (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado de las concentraciones observadas en este estuario.

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). En otoño de 2011, al igual que en las campañas más recientes, la concentración no ha alcanzado el límite de detección (0,06 µg kg^{-1}). La concentración más elevada de HCH en el estuario del Urola se dio en otoño de 1994 (4 µg kg^{-1}). Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, incluso este máximo se encuentra muy por debajo de dicho límite.

En general, las concentraciones de **HCB** a lo largo del periodo de estudio no superan los límites de detección correspondientes, al igual que en otoño de 2011 (0,03 µg kg^{-1}). La concentración máxima corresponde a la observada en otoño de 1994, que alcanzó el valor de 8,78 µg kg^{-1}. Sin embargo, este valor es inferior al valor límite para este compuesto, 10 µg kg^{-1}.

En cuanto a los **drines** (aldrín, dieldrín, e isodrín), en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, desde otoño de 2002 se estudian los **PAH** en moluscos (Borja *et al.,* 2003). En la primera campaña (otoño de 2002) de los compuestos analizados sólo el pireno superó el límite de detección correspondiente (0,30 µg kg^{-1}). Sin embargo desde el muestreo inicial la concentración de PAH ha aumentado progresivamente hasta los 192 µg kg^{-1} medidos en otoño de 2007, descendiendo hasta 7 µg kg^{-1} en 2011. La concentración de benzo(a)pireno en 2011 (0,2 µg kg^{-1}) es inferior al máximo permitido para el consumo según el Reglamento (CE) n°1881/2006 (10 µg kg^{-1}).

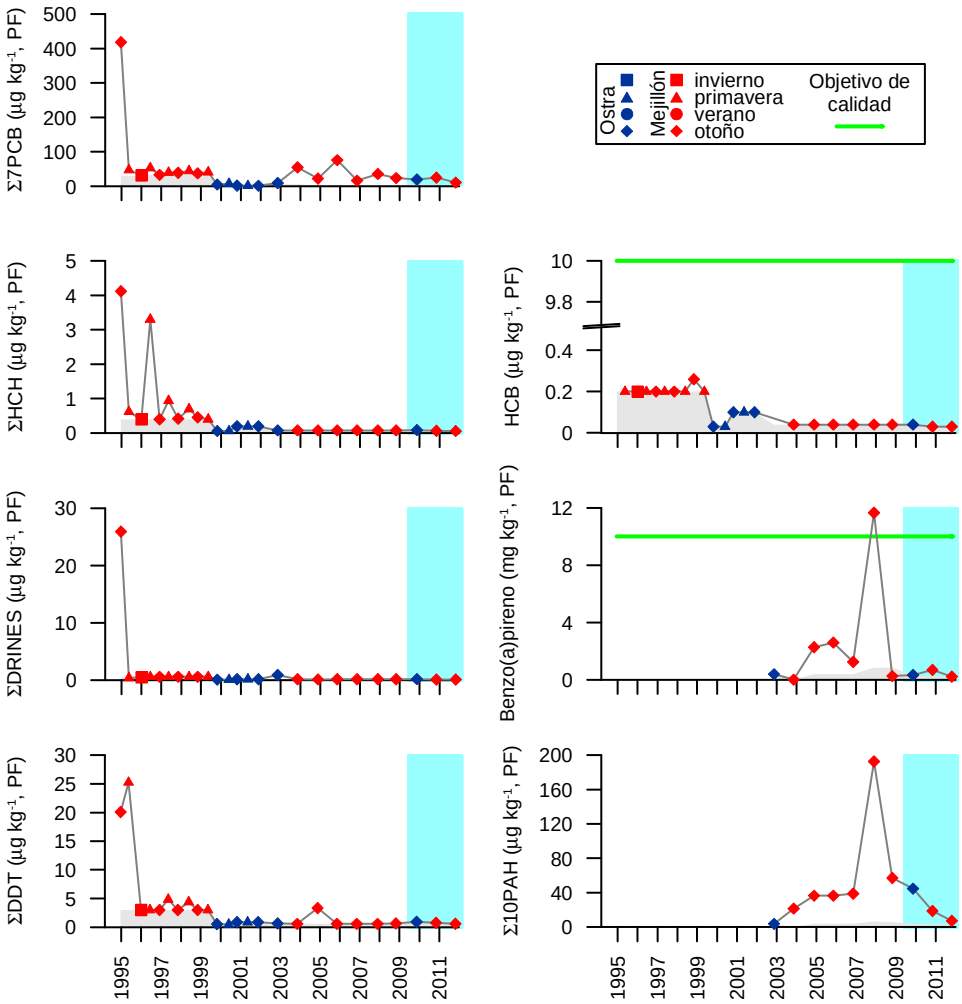


Figura 292 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-U10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación podría ser de Zona tipo B (apta para el marisqueo destinado a depuración), según el derogado Real Decreto 571/1999.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al.,* 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (véase Borja *et al.,* 2003). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en el estuario del Urola la clasificación general sería de no contaminado.

En cuanto a los compuestos orgánicos, rara vez alcanzan los límites de detección, por lo que se puede considerar que los moluscos de este estuario no están contaminados por compuestos orgánicos. Sin embargo, puntualmente (en otoño de 2007) se ha superado el valor guía de PAHs propuesto por EPA para el consumo.

11.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como: **'Buena'** en E-U5, E-U8 y E-U10. No presentan ninguna tendencia estadísticamente significativa, aunque en el caso de la estación E-U5, dicha tendencia casi lo es (p=0,07) (Figura 293), a pesar de lo cual en 2011 se mantiene todavía en niveles medios de muy buen estado.

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química en 2011, todas las estaciones cumplen con los objetivos de calidad establecidos a excepción de la E-U10 que no cumple para el nitrato.

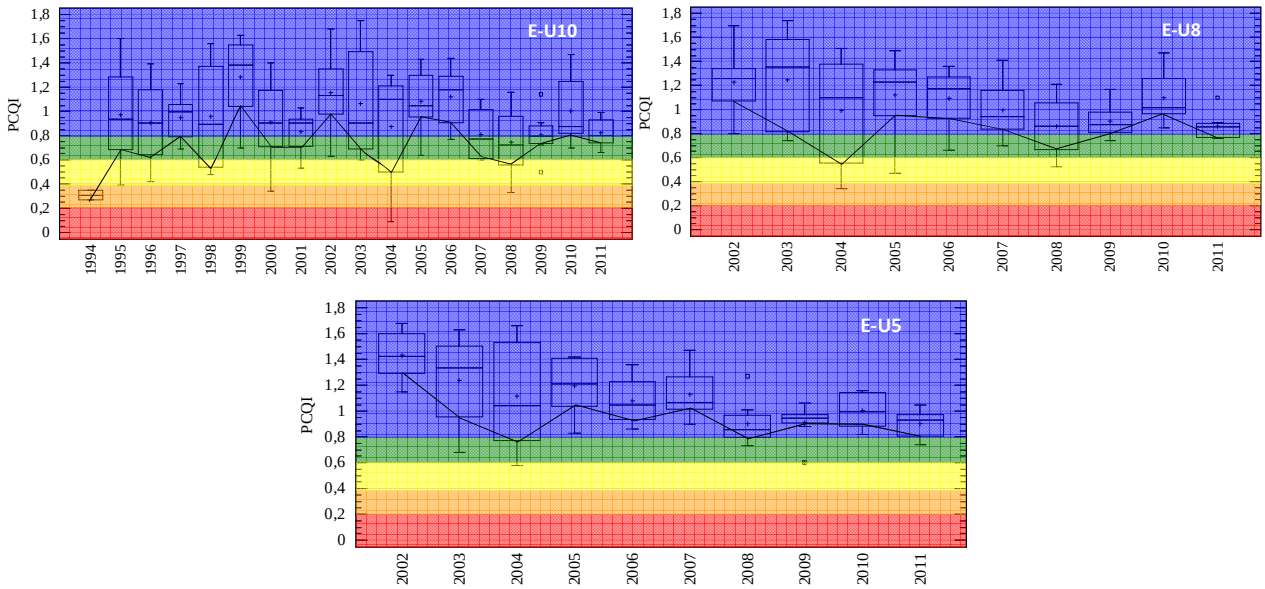


Figura 293 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-U10, E-U8 y E-U5 de la masa de agua de transición del Urola. La línea negra representa la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Contaminantes específicos

Según la DMA, para la evaluación del estado ecológico, hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los tres puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para sustancias prioritarias, es bueno para la estación E-U5 y muy bueno para las estaciones E-U8 y E-U10 (Tabla 231).

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-U5	E-U8	E-U10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}				
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}				
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,002	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,005	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,3	0,17	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,3	0,3	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,3	0,17	0,2	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,6	0,6	0,9	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,25	0,07	0,08	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1	1	0,713	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	7,5	10	10,9	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	6,3	1,8	1,0	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	

Tabla 231 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Urola en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde a la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico (Tabla 231). De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más recientes, así, desde 2004 de forma global, se ha alcanzado el buen estado químico, excepto en 2006 que no cumplió por presencia de plomo y hexaclorociclohexano en agua (Tabla 232).

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	No alcanza buen estado	Pb y HCH
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 232 Estado químico de la masa de agua de transición Urola en los años 2004-2011.

11.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

En el último año se ha dado un dragado en la zona exterior (entre Astilleros Balenciaga y la desembocadura) que ha alterado ligeramente las condiciones hidromorfológicas, si bien en los últimos años tuvieron lugar diversas actuaciones que cambiaron la morfología de la desembocadura, como la construcción del puerto deportivo, el dragado del canal, la prolongación de los espigones de la desembocadura y el relleno de la playa. Por todo ello se puede calificar este indicador actualmente como **'Bueno'.**

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 12 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL ORIA

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 12 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL ORIA 379

12.1 Resumen estado ecológico. Oria 381

12.2 Estaciones de muestreo 383

12.3 Macroinvertebrados bentónicos 384
12.3.1 Parámetros estructurales 384
12.3.2 Calidad biológica 385

12.4 Fauna ictiológica 386
12.4.1 Estructura y composición de la comunidad 386
12.4.2 Calidad biológica 387

12.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 388
12.5.1 Fitoplancton 388
12.5.2 Macroalgas 391

12.6 Indicadores fisicoquímicos 391
12.6.1 Caracterización físico-química en aguas 391
12.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 394
12.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 399
12.6.4 Evaluación del estado 402

12.7 Indicadores hidromorfológicos 404

12.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. ORIA

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta Masa de agua. Respecto a las fuerzas motrices se indica que sufre la presión directa de menos de 25.000 habitantes, con una densidad de 89,8 habitantes km^{-2}. Respecto a los establecimientos industriales, hay que destacar que la masa de agua correspondiente al estuario del Oria se da un alto número relativo de establecimientos del sector de industria y energía, dicho sector se encuentra representado con 156 establecimientos, por el 14% de los 1.082 totales. Es reseñable la presencia de industria papelera aguas arriba en la proximidad del estuario. El puerto de Orio es el típico puerto de ría con un muelle construido en la margen derecha del río. Cuenta con un astillero en el muelle de ribera y 2 carros varaderos en el muelle de la Arena. Recientemente se ha construido en la desembocadura una zona de amarre y descarga de mercancías y, a lo largo de 2005-2007, se ha estado construyendo un puerto deportivo cerca de la desembocadura. Respecto a la explotación agrícola-ganadera se le asocia al estuario del Oria un total de 562 explotaciones en 6.090 Ha. Las presiones relacionadas con la regulación del cauce y con los asentamientos portuarios son las más importantes en número para la masa de agua. Se han identificado 35 presiones relacionadas con la regulación del cauce, lo que supone el 24% de las presiones detectadas en el estuario. Por otra parte, las presiones derivadas de los asentamientos portuarios han sido 34 (23%). A estas presiones les siguen los aliviaderos de tormentas (20) y los vertidos urbanos (16). Los vertidos a la cuenca y estuario se han ido reduciendo en los últimos años, al entrar en funcionamiento diversas depuradoras en la cuenca.

El Oria soporta como presiones más importantes la canalización del tramo final (con terrenos ganados al mar en la misma desembocadura), la presencia de un puerto (supone el 18% de la superficie de la masa de agua) y los dragados periódicos, siendo varios los vertidos directos, aunque de escaso caudal (unos 80.000 $m^3.a^{-1}$). La mayor parte de los vertidos provienen del río. Además, entre 2005 y 2007 se construyó un puerto deportivo cerca de la desembocadura y periódicamente se hacen dragados (como el realizado en 2010 entre la población y la desembocadura). Globalmente la presión en la masa de agua es baja.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico (Tabla 233). De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más recientes, así desde 2006 de forma global se ha alcanzado el buen estado químico. En 2004 y 2005 no se alcanzó el buen estado químico por presencia de mercurio en sedimento y plomo en agua, respectivamente (Tabla 234).

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecologico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es bueno para la estación E-O5 y aceptable para E-O10 (Tabla 233), debido en este caso al Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno. En cuanto al estado físico-químico, basado en los elementos de soporte de los biológicos, parece que hay una tendencia al empeoramiento, siendo ahora bueno en el interior y en el exterior (Tabla 235).

En la Tabla 235 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Oria. La estación E-O10, muestreada desde el comienzo del seguimiento, empeoró a partir de 1997. Esta evolución tiene que ver con la construcción de los espigones para mejorar el acceso al puerto, a lo largo de 1995 y 1996. En 2002 las dos estaciones de este estuario (E-O5 y E-O10) presentaron un estado ecológico deficiente, en consonancia con lo que sucedía aguas arriba, puesto que el tributario también solía presentar esta calificación. Sin embargo, el empeoramiento ese año de la estación E-O10 debe achacarse a las obras de relleno de los espigones de la margen izquierda, en la desembocadura (Borja *et al.,* 2009d).

En 2004 la estación externa siguió manteniendo la misma calificación, fundamentalmente debido a la mala calidad de las algas. En 2005-2007 la caída en la calificación probablemente tuvo que ver con la construcción del puerto pesquero y otro deportivo en la desembocadura, con cambios en el cauce y la sección del estuario, habiendo una tímida recuperación en 2008 y 2009 y un empeoramiento en 2010-2011, aunque la calificación final sigue siendo de aceptable (Figura 294), debido al empeoramiento en el estado del bentos. En la parte interna la situación ha mejorado progresivamente, posiblemente debido al saneamiento de la cuenca,

mejorando algunos elementos, como fitoplancton y bentos, así como macroalgas. Esto hace que su calificación no varíe (Figura 294).

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-O5	E-O10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l-1			
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l-1	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l-1	<LC	0,014	No Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l-1	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l-1	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l-1	<LC	0,0025	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l-1	<LC	0,004	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l-1	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l-1	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l-1	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l-1	0,1	0,2	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l-1	0,1	0,3	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g-1	0,24	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l-1	0,8	0,9	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l-1	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l-1	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,08	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l-1	0,6	0,275	Cumple
Estado Quimico				Bueno	No Alcanza	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l-1	30	14	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l-1	2,4	2,8	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Aceptable	

Tabla 233 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Oria en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	Hg (sedimento)
2005	No alcanza buen estado	Pb
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 234 Estado químico de la masa de agua de transición Oria en los años 2004-2011.

ELEMENTOS BIOLOGICOS					ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-O5	MB	B	B	A	B	B	Sí	No	B	B	8	0.63	5.04	7.26
E-O10	MB	A	A	B	A	B	Sí	Sí	A	A	6	0.37	2.22	

Tabla 235 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Oria en 2011.

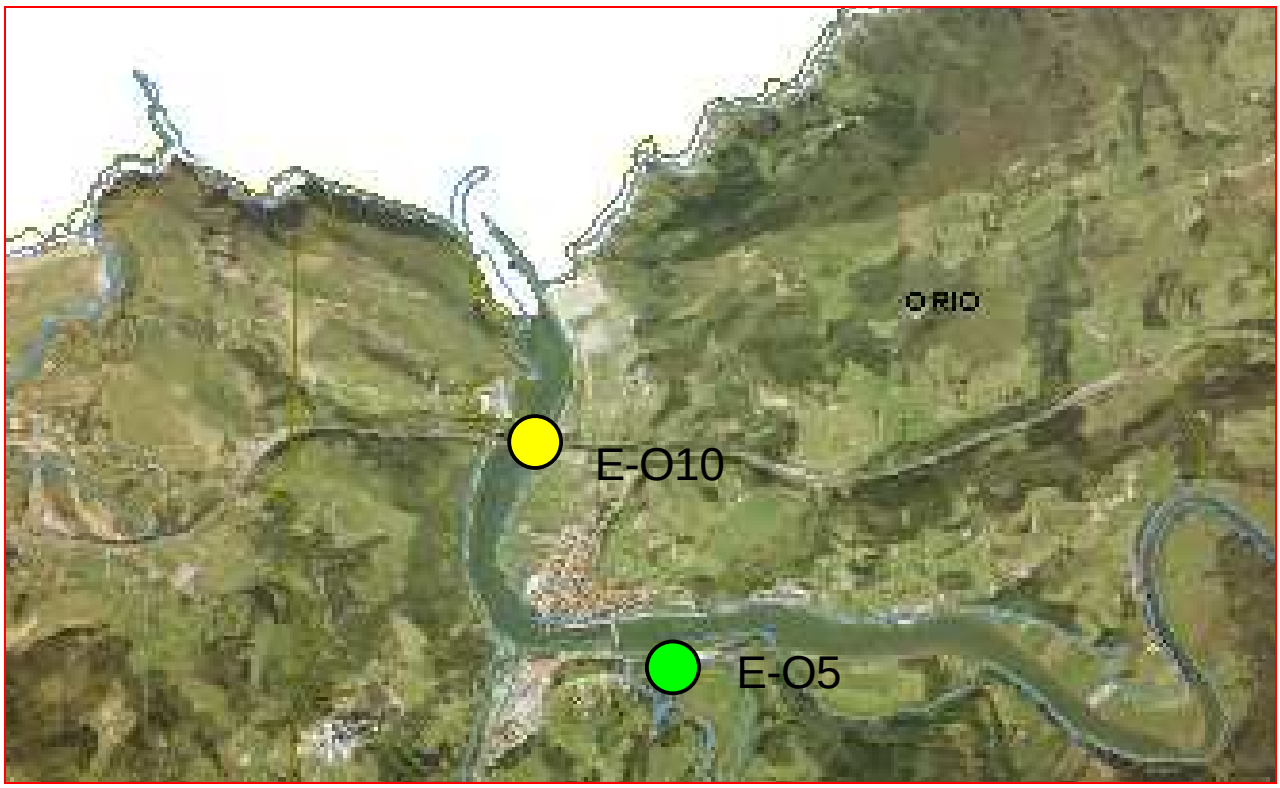


Figura 294 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la Masa de agua Oria: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

12.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Oria, la Red de Vigilancia cuenta con dos estaciones estuáricas, y una estación de moluscos, que se muestrean anualmente. Por otro lado, en 2003, 2006 y 2009 se muestrearon 11 estaciones para el estudio de macroalgas y tres estaciones para el estudio de vida piscícola en el estuario. Las posiciones de todas ellas se pueden ver en la Tabla 236.

Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo estación
E-O10	Orio (puente de la autopista) (Oria)	570561,58	4792778,55	Estuarios
E-O5	Orio (rampa)(Oria)	571497,96	4792033,59	
M-EO1	Orio Zona 01. Estuario Macroalgas	570581,07	4793417,20	Estuarios (Macroalgas)
M-EO10	Orio Zona 10. Estuario Macroalgas	573673,65	4791366,05	
M-EO11	Orio Zona 11. Estuario Macroalgas	573469,20	4792058,66	
M-EO2	Orio Zona 02. Estuario Macroalgas	570515,14	4792096,22	
M-EO3	Orio Zona 03. Estuario Macroalgas	570502,63	4791720,70	
M-EO4	Orio Zona 04. Estuario Macroalgas	571520,69	4791933,49	
M-EO5	Orio Zona 05. Estuario Macroalgas	571287,04	4791774,94	
M-EO6	Orio Zona 06. Estuario Macroalgas	572054,76	4792204,70	
M-EO7	Orio Zona 07. Estuario Macroalgas	572914,27	4791704,01	
M-EO8	Orio Zona 08. Estuario Macroalgas	573060,30	4791441,15	
M-EO9	Orio Zona 09. Estuario Macroalgas	573331,51	4791428,63	
I-O10	Orio (puente de la autopista) (Oria)	570621,47	4792857,66	Estuarios (Moluscos)
AOE	Oria (Arrastre zona exterior estuario)	570761,66	4793037,65	Estuarios (Vida piscícola)
AOI	Oria (Arrastre zona interior estuario)	573418,75	4792028,13	
AOM	Oria (Arrastre zona media estuario)	571303,56	4791971,32	

Tabla 236 Estaciones de muestreo en el estuario del Oria.

12.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

12.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Oria, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 237.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN	
		E-O5	E-O10
Densidad	nº·m^{-2}	10.791	392
Biomasa	g·m^{-2}	1,36	0,12
Riqueza	nº	11	10
Diversidad número	bit·ind^{-1}	1,55	1,38
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	2,36	2,41
Equitabilidad número		0,45	0,42
Equitabilidad biomasa		0,68	0,72
Diversidad máxima	bits	3,46	3,32
AMBI		4,81	3,94
Clasificación AMBI		Alteración Moderada	Alteración Moderada

Tabla 237 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Oria.

Como viene siendo habitual en la estación E-O5, en 2011 los sedimentos siguen mostrando mayores proporciones en fracciones finas (65% de limos) que en arenas (35%), y contenidos importantes en materia orgánica (6,3%).

Los estudios del macrobentos realizados en las diferentes campañas de esta estación evidencian la presencia de un conjunto de especies características de la denominada Comunidad Reducida de *Macoma*. Prácticamente en todas las ocasiones las especies dominantes han sido las mismas, aunque el orden de dominancia puede mostrar diferencias interanuales.

En 2011, como en las campañas 2003-2008, ha dominado el grupo de los oligoquetos. En la presente campaña han alcanzado una densidad de 7.108 ind·m^{-2}. También se han detectado importantes densidades de *Streblospio shrubsolii* (2.132 ind·m^{-2}), *Hediste diversicolor* (708 ind·m^{-2}), *Alkmaria romijni* (424 ind·m^{-2}), *Scrobicularia plana* (223 ind·m^{-2}), *Cyathura carinata* (93 ind·m^{-2}) e *Peringia ulvae* (84 ind·m^{-2}).

Las densidades de la comunidad registradas en la estación durante el periodo de seguimiento 2002-2011 han oscilado entre el mínimo de 45 ind·m^{-2} en 2004 y el máximo de 10.791 ind·m^{-2} en la presente campaña 2011, con un valor promedio para el periodo de seguimiento de 2.745 ind·m^{-2} (Figura 295).

La biomasa, habitualmente alta, presenta en 2011 valores bajos (1,4 g·m^{-2}; mínima, 0,04 g·m^{-2} en 2004; máxima, 21,9 g·m^{-2} en 2002). Los *taxa* que mayor biomasa han aportado a la biocenosis de esta estación son *H. diversicolor* (0,5 g·m^{-2}), el grupo de los oligoquetos (0,4 g·m^{-2}) y *S. plana* (0,2 g·m^{-2}).

La diversidad (1,55 bit·ind^{-1}) y la equitabilidad para las abundancias (0,45) no son tan altas como en campañas previas, debido, especialmente, a la importante abundancia de los oligoquetos (66% de la densidad dela estación). La riqueza específica registrada en 2011 (11 *taxa*) se encuentra en el rango de las habituales para la estación (mínima, 6 *taxa* en 2004; máxima, 14 *taxa* en 2009; promedio para el seguimiento, 11 *taxa*).

El AMBI muestra una disminución discontinua desde que comenzó el seguimiento de la estación en 2002 hasta 2010, con un incremento relativamente importante en la presente campaña de 2011 (Figura 296). Sin embargo, la estación mantiene la calificación de alteración moderada (Tabla 237) con valor de AMBI (4,81).

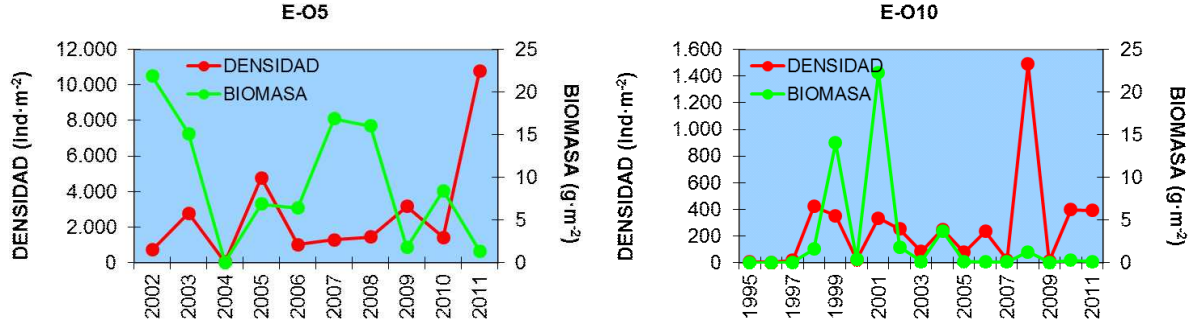


Figura 295 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-O5 y E-O10 (Oria).

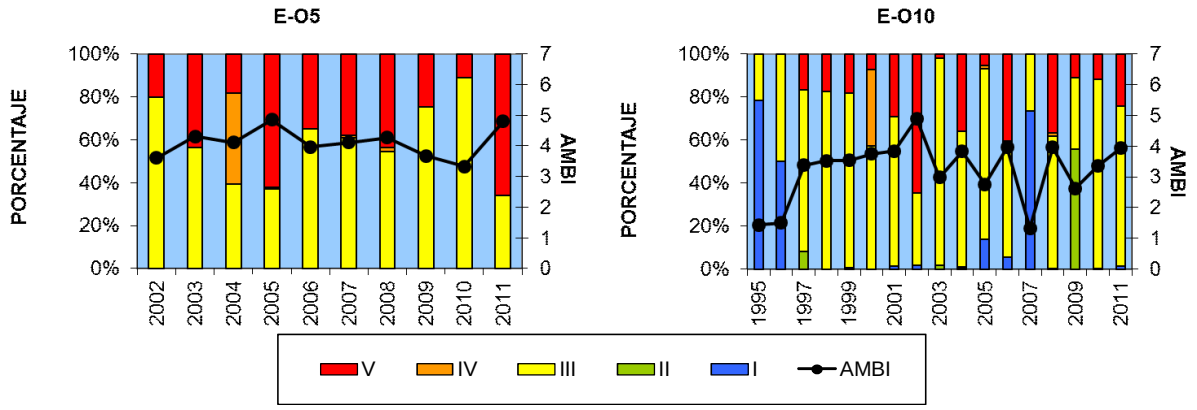


Figura 296 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-O5 y E-O10 del Oria.

La segunda estación muestreada en el estuario del Oria, E-O10, más próxima a la desembocadura que la estación anterior, presenta sedimentos con fracciones ricas en arenas (97%) y bajo porcentaje en materia orgánica (1,5%).

Normalmente, la comunidad de esta estación ha estado bien representada por especies características de la comunidad reducida de *Macoma*, aunque ocasionalmente, como en 2009, faltaron muchas de ellas que, sin embargo, sí habían aparecido en campañas anteriores (por ejemplo, no se encontraron ejemplares de *A. romijni*, *H. diversicolor*, *C.capitata* y *S. shrubsolii*, entre otras especies). En 2010 y 2011 se vuelve a encontrar una buena representación de las especies de la comunidad mencionada.

La densidad de la comunidad asentada en esta estación muestra a lo largo del periodo de estudio una variabilidad temporal importante, con valores que han oscilado entre menos de 20 ind·m^{-2} en 1995-1997, 2000 y 2009, y los 1.492 ind·m^{-2} de 2008 (Figura 295). En 2011 se estima un densidad (392 ind·m^{-2}) similar a la de la pasada campaña de 2010 (397 ind·m^{-2}).

La riqueza específica (10 *taxa*; mínima, 3 *taxa* en 1996; máxima, 14 *taxa* en 2008) y la diversidad para las abundancias (1,38 ind·bit^{-1}) son algo mayores que las registradas en 2010, y se encuentran en el rango de las estimadas en campañas previas.

En cuanto al AMBI y el reparto entre grupos ecológicos la estación E-O10 presenta variabilidad temporal importante. Tas el descenso en el valor de AMBI detectado la campaña de 2007, en que se pasó de una comunidad dominada por especies tolerantes y oportunistas (entre 1997-2006) a una comunidad claramente dominada por especies sensibles a la alteración del medio, en 2008 se volvió a una situación similar a la previa (Figura 296). En 2009, dominaron las especies indiferentes, seguidas por especies tolerantes. En 2010 se observó un ligero incremento de AMBI (Tabla 237), con un reparto de grupos ecológicos similar a 2003. Por último, en 2011 el valor de AMBI continúa incrementándose como consecuencia de una mayor abundancia relativa de especies oportunistas de primer orden.

Como ya se ha comentado en informes anteriores, el salto entre 1996 y 1997 se pudo deber a las obras realizadas en la desembocadura, que provocaron un cambio en las condiciones de la estación, haciéndola más propia de zonas más interiores del estuario. En cuanto al valor detectado en 2007, campaña tras campaña parece confirmarse la hipótesis de que dicho valor de AMBI puede considerarse un 'outlier'.

12.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las dos estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

Por un lado, la estación **E-O5** presenta **Buen Estado** (Figura 297). Desde el inicio del seguimiento en 2002, esta estación presentaba una tendencia temporal positiva, con valores crecientes de M-AMBI de 0,53 a 0,96 en 2010. Como se ha comentado en informes anteriores, esta situación favorable podía estar relacionada con las mejoras en la calidad de las aguas de la cuenca del Oria, a raíz de la puesta en marcha varias depuradoras en los últimos años. Sin embargo, en la presente campaña de 2011 se observa una regresión importante, con un descenso del valor de EQR (0,65) que conduce a pérdida de calidad. Por tanto, es importante mantener la vigilancia sobre esta estación para comprobar si se trata de un denscenso puntual fruto de algún problema en el muestreo o si, por el contrario, responde a una pérdida de calidad real.

Por otro lado, la estación **E-O10**, presenta **Estado Aceptable** (Figura 297), con una evolución temporal bastante irregular desde el comienzo del seguimiento en 1995, donde situaciones de mejora se alternan con situaciones de empeoramiento. El último episodio notable de mejora tuvo lugar entre 2002 y 2005 (máximo valor de la serie), al que le siguió un ligero descenso de los valores de EQR, aunque manteniendo la calificación de Buen Estado. Como ya se ha indicado anteriormente, a lo largo de 2006 y parte de 2007 se llevaron a cabo las obras para la construcción del nuevo puerto deportivo, incluyendo una serie de dragados, en la orilla opuesta a la que se sitúa la estación de muestreo de bentos. Estas obras pudieron afectar a la comunidad, aunque en la vigilancia ambiental de las obras no se llegó a observar ninguna pluma. Esta influencia y la evolución en este estuario se ha estudiado en Borja *et al.* (2009d).

A partir de 2009, se aprecia un nuevo episodio de empeoramiento, que se mantiene la presente campaña de 2011, posiblemente debido a dragados en la parte externa. Por tanto, conviene continuar con la evaluación de esta estación, con el fin de vigilar este aparente retroceso de la calidad en próximas campañas.

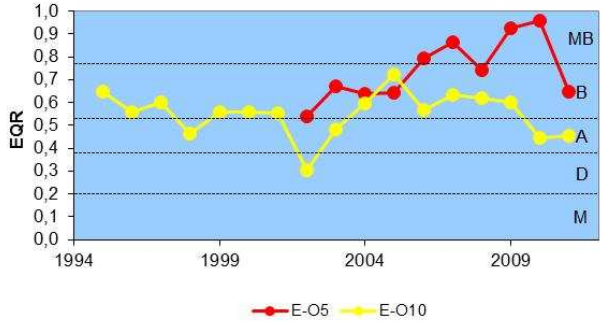


Figura 297 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua de transición del Oria.

12.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

12.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Las muestras de fauna demersal fueron recogidas durante la campaña del año 2009, no en 2011, por tanto en este informe se re-analizan los datos obtenidos con anterioridad. En dicho año 2009, fueron identificados un total de siete taxones (tres peces y cuatro crustáceos) en las distintas partes del estuario, todas ellas especies habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad, principal condicionante de la vida en estas zonas de transición.

En esta masa de agua existen datos anteriores pertenecientes a los años 2003 y 2006 obtenidos para el estudio de la "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco" (Borja *et al.*, 2007) y datos obtenidos en 1996 incluidos en el informe inédito "Estudio de la calidad biológica de los sedimentos de los estuarios interiores de los ríos Oria y Urola" (Borja *et al.*, 1997).

El número de taxones registrados en 1996 fue de 12 (ocho peces y cuatro crustáceos), 15 en 2003 (ocho peces y siete crustáceos) y doce (seis peces y seis crustáceos) en 2006. El numero de especies distribuidos por todo el estuario fue de cuatro taxones en 1996 (*Carcinus maenas*, *Pachygrapsus marmoratus*, *Gobius niger* y *Pomatoschistus* sp.), tres en 2003 (*Carcinus maenas, Solea solea* y *Pomatoschistus* sp.), cuatro en 2006 (*Carcinus maenas, Pachygrapsus marmoratus, Pomatoschistus* sp. y *Solea solea*), y un taxon en 2009 (*Carcinus maenas*).

A su vez, se aprecia que en las estaciones media e interna la tendencia a la mejora detectada entre 2003 y 2006 se rompe en 2009, alcanzando además los valores mínimos de toda la serie de datos. En la estación exterior la tendencia decreciente es continua en todos los parámetros (excepto la diversidad) y al igual que en el resto del estuario, en 2009 se alcanzaron los valores más bajos de toda la serie de datos.

La gran abundancia de individuos detectada en 2003 se debió a la presencia masiva de *Pomatoschistus* sp. en todo el estuario y *Crangon crangon* (especie de tendencia colonial) en el tramo interno. Por el contrario, el descenso en taxones y ejemplares detectado en 2009 puede deberse a las obras de ampliación y mejora de las dársenas de la margen derecha e izquierda del estuario así como a las obras de construcción del puerto deportivo.

12.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica. Aunque en 2003 fue el primer año en que se muestreaba este estuario dentro de la Red de Calidad, en años anteriores se realizó un estudio similar para la Diputación Foral de Gipuzkoa (Franco *et al.,* 1996), lo que permite establecer una comparación. Así, se han utilizado los datos obtenidos en los muestreos realizados los años 1996, 2003, 2006 y 2009.

La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1. En la Tabla 238 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio.

Estación/año	AOE			AOM			AOI		
Parámetros	2003	2006	2009	2003	2006	2009	2003	2006	2009
Riqueza	5	3	3	3	3	1	3	3	3
Esp. Indicadoras contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Peces planos	1	5	5	1	1	1	1	1	1
Omnívoros	3	3	3	3	3	1	3	3	3
Piscívoros	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Especies residentes (nº)	5	3	3	3	3	3	3	5	3
Especies residentes (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTUACIÓN	31	31	31	27	27	23	27	29	27
AFI	0,61	0,61	0,61	0,50	0,50	0,39	0,50	0,56	0,50
CALIDAD BIOLÓGICA	B	B	B	A	A	A	A	B	A

Tabla 238 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica en cada estación (AOI interna, AOM media y AOE externa) y rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, indicadoras de la contaminación y salud piscícola son los que favorecen la calidad biológica, alcanzando los valores máximos. La riqueza alcanza el valor medio en las tres estaciones y la presencia de peces planos es mínima en el tramo medio e interior y máxima en el exterior.

El indicador "número de especies residentes" refleja un valor medio en las tres estaciones. La composición trófica en el tramo exterior e interior es simiar, existiendo una relación no equilibrada entre omnívoros y piscívoros (valor porcentual de 3:1). Esto se debe a que el número y la densidad de omnívoros son superiores al de los piscívoros en todos los tramos del estuario. Por otro lado, en la estación media existe una relación equilibrada pero de valor mínimo en la relación entre omnívoros y piscívoros (valor porcentual de 1:1).

Por lo tanto, finalmente se obtiene que la estación exterior presenta una calidad biológica 'Buena', mientras que la estación media e interna son calificadas como 'Aceptable'.

En la Figura 298 se resume cómo ha evolucionado la calidad biológica del estuario del Oria entre los años 1996 y 2009. En el tramo exterior (AOE) se obtiene la misma puntuación (31) y la misma calificación que en años anteriores, 'Buena'. En la estación media (AOM) la calidad biológica alcanza los valores más bajos de toda la serie de datos ('Aceptable'). Por último, el tramo interior (AOI) pierde calidad respecto a 2006, alcanzando de nuevo los valores de 1996 y 2003 ('Aceptable').

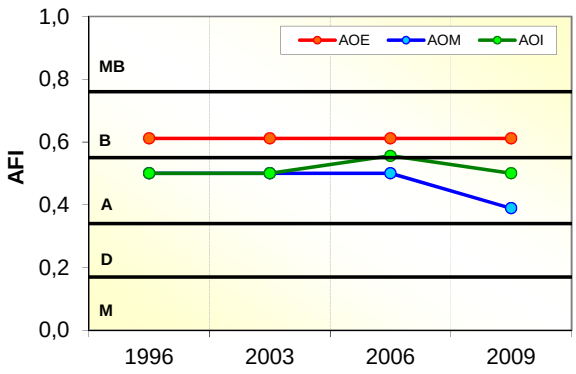


Figura 298 Valores de la calidad biológica obtenidos para cada estación en los años 1996, 2003, 2006 y 2009. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interior (AOI), medio (AOM) y exterior (AOE).

Para establecer la calidad biológica en peces de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1.

La Figura 299 muestra la evolución de la calidad biológica de los peces en la masa de agua de transición del Oria entre los años 1996 y 2009.

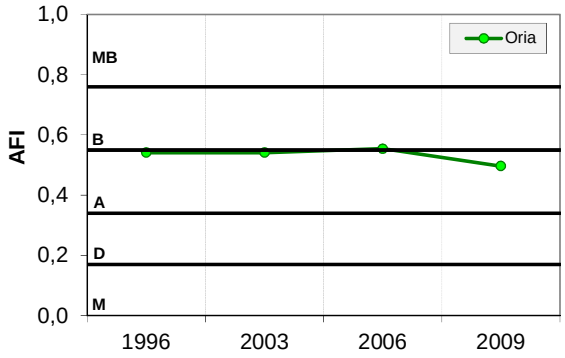


Figura 299 Valores de la calidad biológica obtenidos en la masa de agua de transición del Oria entre los años 1996 y 2009. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17.

La gráfica muestra cómo el valor de la calidad biológica decrece, pasando del estado de 'Bueno' alcanzado en 2006 al **'Aceptable'** alcanzado en 2009. En 2003 y 1996 la calidad también alcanzó el valor de "Aceptable"; no obstante, el valor logrado fue superior al obtenido en 2009.

El estuario del Oria ha sufrido durante décadas vertidos urbanos e industriales (papeleras, químicas, etc.), encauzamientos del canal principal, asentamientos portuarios y dragados. De hecho, en 2011 se realizaron nuevos dragados entre el puerto y la bocana del estuario. La eliminación progresiva y acondicionamiento de algunas presiones originará una mejora en la calidad biológica del estuario, que puede verse comprometida puntualmente por actuaciones como los dragados.

Según datos del informe realizado por Ekolur-Ikaur (2006) para la Diputación Foral de Gipuzkoa, en las aguas dulces del Oria se ha detectado la presencia de especies migradoras como *Salmo salar* (salmón atlántico –anádroma-), *Salmo truttta morpha trutta* (trucha de mar –anádroma-), *Anguilla anguilla* (anguila –catádroma) y *Alosa alosa* (sábalo –anádroma-). De todas ellas, las poblaciones de salmón atlántico dependen de los programas de repoblaciones y las de sábalo solo se han cuantificado ejemplares sueltos los últimos años. *Petromyzon marinus* (lamprea de mar –anádroma-) aparece como especie extinguida en esta cuenca, no obstante, se sabe que han entrado ejemplares sueltos (se ha llegado a capturar un ejemplar de 1,175 g y 90 cm de largo en la bocana del estuario).

La presencia de todas estas especies se debe principalmente a la mejora de la calidad de las aguas y a la construcción de pasos piscícolas adecuados en zonas de nula o poca accesibilidad; no obstante, las detracciones de caudal y las temperaturas limitantes en el eje principal (temperaturas superiores a 21,5 ºC en más de un 20% de los días) limitarán la recuperación de salmón atlántico y trucha de mar.

12.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

12.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En el estuario del Oria se tomaron muestras de agua de la superficie para medir la concentración de clorofila, junto con las condiciones físico-químicas generales, en dos estaciones, una de ellas situada en la zona superior (E-O5), y otra en la zona inferior (E-O10). Se realizaron cuatro muestreos a lo largo del año (invierno, primavera, verano y otoño) y en cada uno de ellos se midieron las variables tanto en pleamar, como en bajamar. En la Figura 300 se muestra el conjunto de datos de clorofila y salinidad para el año 2011 (n=16).

La salinidad varió desde 11,3 hasta 34,0 USP. La influencia fluvial no fue por lo tanto muy acusada durante los muestreos realizados en 2011 (Figura 300).

Las condiciones de salinidad en las cuatro épocas reflejaron una situación propicia para el desarrollo de las comunidades fitoplanctónicas y su acumulación en el estuario. Sin embargo, al igual que en otros años, las concentraciones de clorofila medidas en 2011 en el estuario del Oria estuvieron entre las más bajas medidas en los estuarios del País Vasco. Los máximos (aproximadamente 2-3 µg l^{-1}) se registraron en primavera, en la estación exterior (E-O10), en salinidades comprendidas entre 18 y 34 UPS (Figura 300).

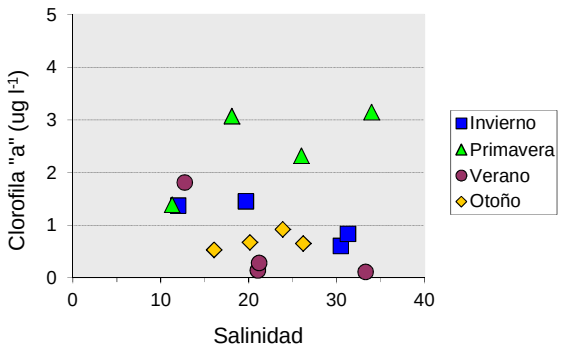


Figura 300 Variación de la concentración de clorofila a lo largo del gradiente salino del estuario del Oria en las cuatro épocas de estudio durante 2011. Los datos son de superficie, en pleamar y bajamar.

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en el estuario del Oria se ha calculado el valor del percentil 90 en periodos móviles de seis años (Figura 301). Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton.

Como se observa en la Figura 301, en la estación de cabecera (E-O5, mesohalina), la clorofila en los últimos años ha mostrado una leve disminución, estando el percentil 90 en torno a 2-4 µg l^{-1} En la parte inferior del estuario (E-O10, polihalina) se aprecia cierta tendencia de aumento desde el comienzo de la serie (periodo 1995-2000), con aproximadamente 1 µg l^{-1}, hasta la actualidad, con valores cercanos a 3 µg l^{-1}.

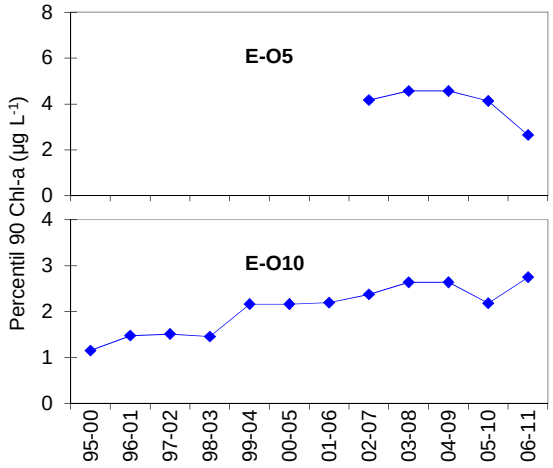


Figura 301 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Oria. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas de carácter meso- o polihalino el percentil 90 de la clorofila normalmente no supera los 8 µg l^{-1}. Por lo tanto, los valores de clorofila en el estuario del Oria pueden considerarse entre los más bajos, aunque se aprecie cierta tendencia de aumento en la zona exterior. Estos bajos valores en la clorofila son coherentes con el corto tiempo de residencia que presenta generalmente el estuario del Oria. Así, los sistemas donde la relación del volumen total del estuario frente al caudal fluvial es muy baja, funcionan más como exportadores de nutrientes a las áreas costeras adyacentes, que como zonas de producción "in situ" (Valencia *et al*., 2004).

Por otra parte, en muchos otros estuarios del País Vasco se han observado oscilaciones o cierta tendencia de aumento en el percentil 90 de la clorofila, a lo largo de los periodos de seguimiento, en las estaciones más exteriores (por ejemplo, en el Butroe, Lea, Artibai, Deba y Urola). Estas zonas, por su localización, son generalmente las que soportan menor presión antropogénica en los estuarios, desde el punto de vista de la eutrofización, estando sometidas a una mayor advección mareal y ocupadas en pleamar por comunidades fitoplanctónicas de la costa. Por lo tanto, la tendencia observada en la clorofila podría estar ligada a cambios en las condiciones oceáno-meteorológicas a mayor escala espacial (factores como: insolación, turbiedad, aporte de nutrientes mediado por la pluviosidad y el caudal fluvial, estratificación frente a mezcla vertical, afloramiento frente a hundimiento, etc.).

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 239 se presentan las variables que describen de manera general las comunidades fitoplanctónicas. Se dispone de datos de las dos estaciones de muestreo (zona superior y zona inferior) en primavera y en verano.

Estación	E-O5	E-O10
Fecha	11/05/2011	11/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	589	892
Diversidad (bit/cel)	3,2	2,7
Riqueza (Nº especies)	18	19
Estación	E-O5	E-O10
Fecha	14/09/2011	14/09/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	234	165
Diversidad (bit/cel)	3,4	3,3
Riqueza (Nº especies)	14	13

Tabla 239 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Oria. Los datos son de superficie, en pleamar.

Como en años anteriores, la abundancia total del fitoplancton presentó muy poca variabilidad espacio-temporal. Los valores fueron del orden de 10^5 células l^{-1}, los más bajos junto con los del Deba y el Urumea.

En las muestras de primavera la abundancia y el número de especies fueron ligeramente más altos que en las muestras de verano. La diversidad no mostró apenas variación.

En primavera, las comunidades fueron muy similares en la cabecera del estuario (26 UPS) y en la zona exterior (34 UPS). Las diatomeas constituyeron aproximadamente el 50% de la abundancia total. Destacaron *Chaetoceros* spp. y *Leptocylindrus danicus*. También se contaron algunas pequeñas diatomeas pennales y *Pseudo-nitzschia* spp. (<3 µm). Otro grupo relativamente abundante fue el de las haptofitas, así *Emiliania huxleyi* junto con otros cocolitofóridos estuvieron en torno a 100.000-400.000 células l^{-1}.

En verano, las estaciones mostraron una mayor diferencia en cuanto a salinidad (21 UPS en cabecera y 33 UPS en la zona exterior). Esto se tradujo también en distintas comunidades de fitoplancton. En cabecera, las diatomeas de pequeño tamaño celular (centrales y

pennales) contribuyeron con un porcentaje relativamente alto (43%) a la abundancia total. En la zona exterior sólo aportaron el 23%, estando representadas mayoritariamente por *Chaetoceros* spp. Las criptofitas fueron algo más abundantes en la zona de cabecera, mientras que las haptofitas sólo se detectaron en la zona exterior.

En el año 2011 se detectaron algunas especies potencialmente tóxicas para la salud humana, o nocivas para los ecosistemas. En ambas estaciones puede citarse la diatomea *Pseudo-nitzschia* sp. (<3 µm), con su valor máximo en la zona interior (~21.000 células l^{-1}). En la estación exterior apareció la haptofita *Chrysochromulina* spp., pero su abundancia fue muy baja, 16.000 células l^{-1}, aproximadamente.

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en anteriores informes, el fitoplancton en la masa de agua de transición del Oria se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 302 se muestra el percentil 90 de la clorofila. El límite fijado entre las clases de estado "Muy bueno" y "Bueno" para las aguas meso- o polihalinas de los estuarios del Cantábrico es 8 µg l^{-1}. En la cabecera (E-O5) el valor de la métrica es 2,64 µg l^{-1} (n=48) y en la zona más exterior (E-O10) es 2,75 µg l^{-1} (n=48). Esto corresponde en ambos casos a un estado "Muy bueno".

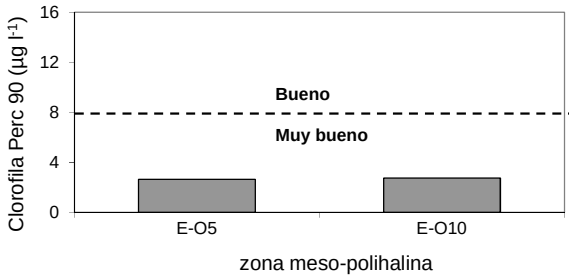


Figura 302 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Oria. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

En la Figura 303 se muestra la frecuencia de blooms. Esta métrica tiene un valor de 10,0% en la estación de cabecera y 0% en la más exterior, lo cual también indica un estado "Muy bueno" en ambas estaciones.

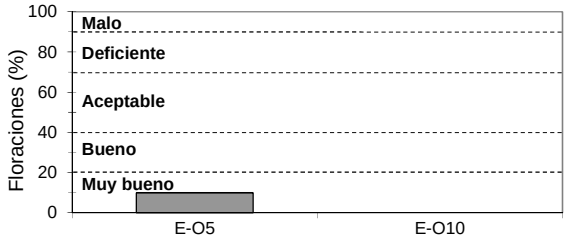


Figura 303 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Oria. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

Tras realizar la integración de los dos indicadores (Biomasa y Floraciones), como se indica en la Tabla 240, el Estado Global del fitoplancton para el periodo 2006-2011 se clasifica como "Muy bueno" en ambas estaciones del estuario del Oria.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-O5	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
E-O10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)

Tabla 240 Estuario del Oria. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

Finalmente, en la Tabla 241 se muestra la evolución temporal del estado del fitoplancton (por estaciones de muestreo e integrado para toda la masa de agua) a lo largo de periodos móviles de seis años. El **estado del fitoplancton** en la masa de agua de transición del **Oria** se clasifica como **"Muy bueno"** en todos los periodos de evaluación. Además, el valor del EQR es el máximo posible. Sólo se encuentran valores similares para el fitoplancton en la masa de agua de transición del Lea, aunque en aquélla es únicamente durante los dos últimos periodos.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Oria	MB (1,000)	MB (1,000)	MB (1,000)	MB (1,000)	MB (1,000)
E-O5	MB	MB	MB	MB	MB
E-O10	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 241 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Oria, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

12.5.2 MACROALGAS

Para su estudio la masa de agua se dividió en 11 zonas tanto en 2003, como en 2006 y 2009, numeradas del 1 al 11 desde la desembocadura al interior. Estas 11 zonas representan tres tramos del estuario, dos de los cuales se pueden adscribir a las estaciones E-O10 (zonas 1 a 3) y E-O5 (zonas 4 a 7). El tercero, quedaría río arriba de la última estación estudiada para el resto de elementos e incluiría las zonas 8 a 11.

Así, en la Tabla 242 se observan los resultados obtenidos de aplicar el método explicado en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d) para la masa de agua en las tres campañas arriba indicadas.

La calificación obtenida en 2009 es de **'Buen Estado'** para el global de la masa de agua; el mismo que en 2003. En 2006 pasó a 'Estado Aceptable' debido, básicamente, a que disminuyó cobertura de algas no indicadoras de contaminación y aumento el ratio de algas verdes respecto a la cobertura vegetal total, mostrando dichos indicadores una recuperación en 2009. Por el contrario, el tramo interior empeora en 2009, principalmente, por un aumento en la cobertura de especies indicadoras de alteración.

	E-O10	E-O5	GLOBAL
2003	D	A	A
2006	D	A	A
2009	A	B	B

Tabla 242 Calificación obtenida para cada área asignada a las estaciones de la masa de agua y para el global de la misma, en cada una de las campañas muestreadas (M=Mal Estado; D=Estado Deficiente; A=Estado Aceptable).

12.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

12.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de las fluctuaciones en el caudal y composición de los aportes.

En la Tabla 243 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en el estuario del Oria, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

En 2011, la temperatura media oscila entre 16.9ºC y 17.1ºC. A partir de los datos de salinidad obtenidos en la serie de muestreos del año 2011 se ha calculado el porcentaje de agua dulce. Las aguas de la cabecera (E-O5) presentan más agua dulce en superficie (~45 %) que las aguas del exterior del estuario ~28 %, donde predomina el agua salada.

El oxígeno disuelto, en promedio anual, no supera el 89%, indicando un cierto déficit de oxígeno donde predominan procesos heterótrofos sobre los autótrofos.

Las concentraciones de nutrientes disueltos siguen un patrón de disminución a lo largo del eje longitudinal del estuario. Así, en la estación E-O10, las concentraciones se encuentran, en promedio anual, en concentraciones netamente inferiores que en la zona de cabecera. Ello indica que los procesos de consumo, aporte y modificación a lo largo del estuario, aunque puedan darse, ejercen una influencia secundaria en la concentración de estos nutrientes en la columna de agua frente a los procesos de mezcla y dilución. También las riadas pueden ejercer un efecto de dilución de estos nutrientes cuando sus principales fuentes de procedencia no son las aguas continentales (por ejemplo, cuando son aportados fundamentalmente por vertidos de aguas residuales, por el sedimento o la propia biota del estuario).

Respecto a la importancia relativa de las formas inorgánicas, el nitrógeno inorgánico (suma de nitrato, nitrito y amonio), así como el fosfato suponen un elevado porcentaje del total de N y P en ambas zonas del estuario (~66 % en el caso del nitrógeno y ~64% en el caso del fósforo). Además, el nitrato se encuentra, en promedio, en niveles claramente más altos que el amonio. Proporciones muy altas de formas reducidas (amonio, así como, N y P orgánicos) suelen indicar aportes elevados de aguas residuales domésticas. En el estuario del Oria no se evidencia en el año 2011 dicha situación. Por otra parte, el predominio de los materiales con un importante componente detrítico se traduce en un predominio del carbono frente al nitrógeno y en 2011 tampoco se observa dicha situación.

Variable	Unidad	E-O5-S	E-O5-F	E-O10-S	E-O10-F
Temperatura	℃	16,99	17,16	16,89	17,08
Salinidad	USP	19,30	28,49	25,40	28,38
Agua fluvial	%	45,80	19,99	28,66	20,29
Saturación O_2	%	77,09	82,20	89,60	87,43
pH		7,86	7,98	7,85	8,03
Silicato	µmol.dm^{-3}	27,69		18,98	
Amonio	µmol.dm^{-3}	20,85		13,63	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	4,16		2,51	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	62,62		41,83	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	131,25		86,39	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	2,19		1,49	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	3,34		2,31	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	136,97		112,49	

Tabla 243 Estuario del Oria. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico. F: fondo, S: superficie.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. En general predominan las situaciones alternantes, con una distribución de tipo "dientes de sierra" en la que se observa la incidencia de la estacionalidad y de la variabilidad en las condiciones hidrológicas. Tal como se señala en el estudio de presiones e impactos (Borja et al., 2006a), el nivel de presión relacionado con la entrada de nutrientes es medio en el estuario del Oria. Por la relación entre el tamaño de la cuenca y las dimensiones del estuario resulta menos evidente el efecto de la reducción de la carga de nutrientes de origen urbano y la aportación de menos nitrógeno reducido y fosfato (Figura 304). Mientras que no se observa ninguna tendencia temporal en las concentraciones de fosfato en ambas estaciones, tanto en la estación E-O5 como en la estación E-O10, el NID muestra una tendencia al alza en los últimos años (Figura 304).

En la Figura 305 se presenta la evolución temporal del oxígeno disuelto en el estuario del Oria (estaciones E-O5 y E-O10). Las dos estaciones del Oria siguen un patrón muy similar. Por una parte, se aprecia el ciclo estacional, con máximos en la época invernal y mínimos en la estival. El Oria experimentó un aumento del oxígeno disuelto entre 1994 y 2001 llegando a alcanzar la situación de sobresaturación. Posteriormente, se da un descenso en la saturación hasta el 2008 donde se registran los valores más bajos de la serie (valores entre el 60 y 80%). A partir de 2009 los valores de oxígeno disuelto empiezan a remontar mostrando valores cercanos al 80% de saturación (Figura 305). Pese a no alcanzar la situación de sobresaturación no se dan situaciones de déficit de oxígeno en este estuario.

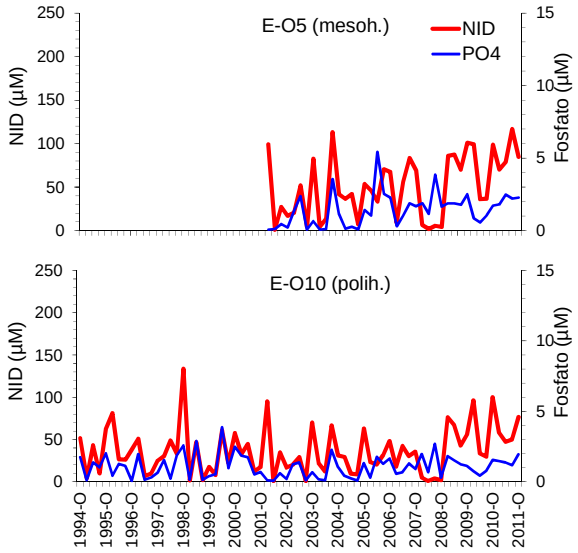


Figura 304 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en las estaciones E-O5 y E-O10.

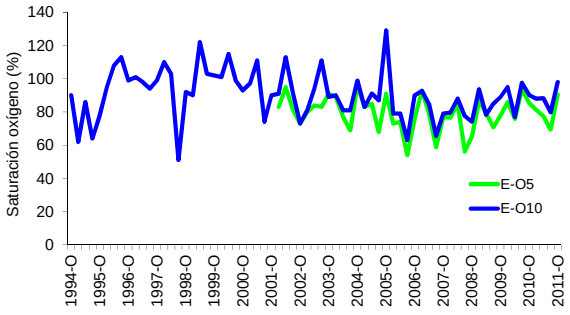


Figura 305 Evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el estuario del Oria (estaciones EO-5 y E-O10), media de pleamar y bajamar, superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y mercurio en las aguas de superficie de las estaciones del estuario del Oria se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de su límite de detección (2, 3 y 0.3 µg·l^{-1}, respectivamente).

En la Figura 306 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las dos estaciones de muestreo del estuario (E-O5 y E-O10), hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

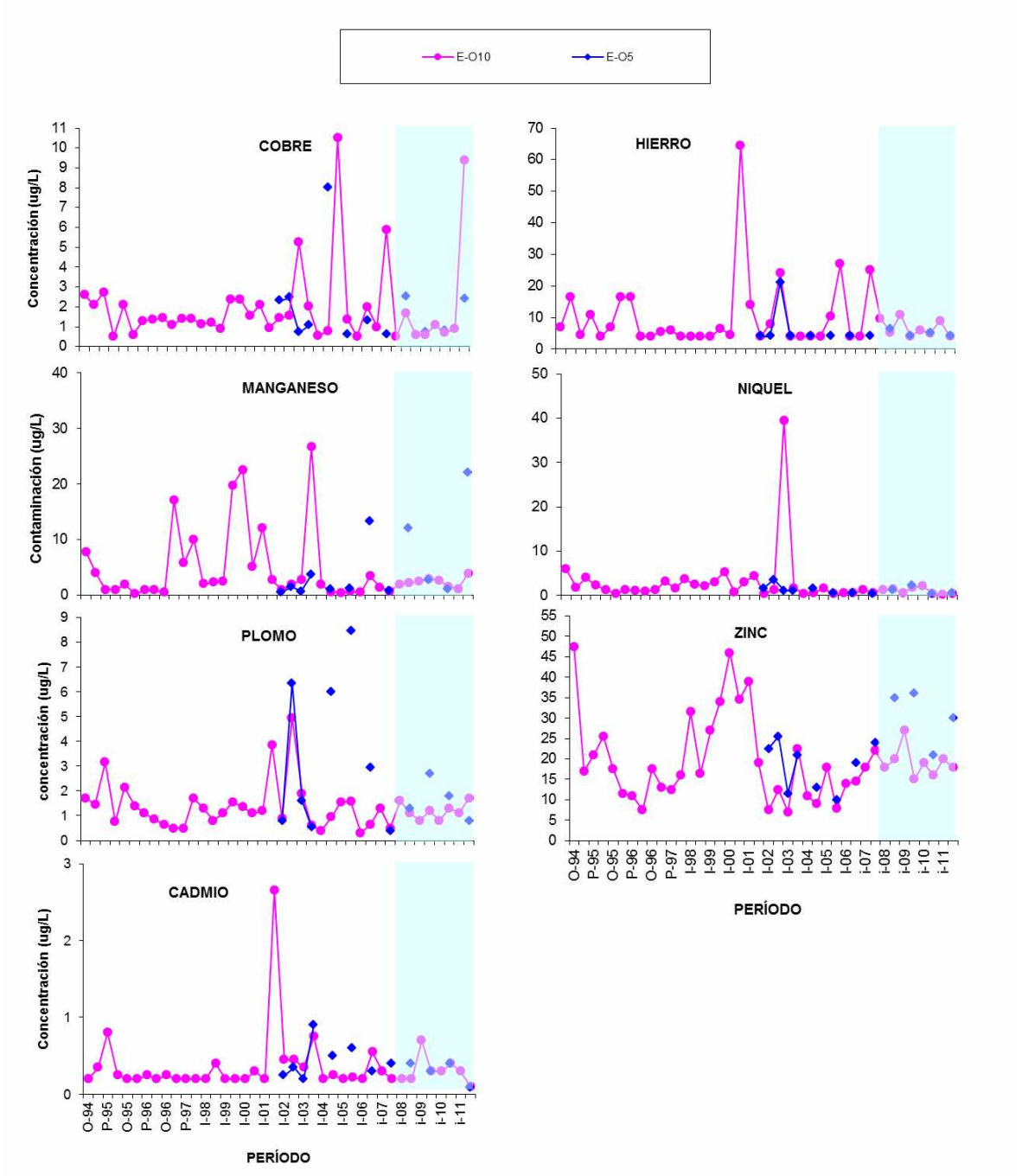


Figura 306 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Oria en el periodo que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2006, desde el año 2007 solo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

En general, no se observan tendencias bien definidas en la evolución de las concentraciones de los distintos metales en las aguas del estuario y predominan las oscilaciones en la mayoría de los metales. A lo largo de los años se puede apreciar un claro descenso en la concentración de plomo, hierro y cadmio, al contrario del zinc que en los últimos años ha tenido una tendencia clara a la subida, sin llegar alcanzar el objetivo de calidad establecido para este metal. Manganeso y níquel también presentan una tendencia a disminuir su concentración. Sin embargo el cobre presenta una tendencia a aumentar la concentración aunque sin llegar a superar su correspondiente objetivo de calidad (fijado en 25 $\mu g \cdot l^{-1}$).

En 2011 las concentraciones de cobre, manganeso y zinc han aumentado respecto al año anterior. En el caso del plomo solamente se aprecia la subida en la estación E-O10 mientras que en la estación E-O5 se aprecia un descenso de concentración. En al caso del hierro en términos generales la concentración baja, pero en la estación E-O10 en la campaña de invierno se aprecia una subida de concentración. La concentración del niquel baja en la estación E-O10 en la campaña de invierno, mientras que el resto de los valores se mantienen respecto al año anterior. En el caso del cadmio la concentración se mantiene respecto al año anterior, solamente superando el objetivo de calidad establecido para este metal (0.2 µg l^{-1}) en la estación E-O10 en la campaña de invierno.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

Se han detectado concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) de varios congéneres de PAH derivados del fenantreno, acenaftileno, acenafteno, pireno, fluoranteno, benzo(e)pireno, naftaleno en la estación E-O10, pero sin superar los objetivos de calidad establecidos para cada uno de los compuestos. Solamente supera el objetivo de calidad establecido (0.002 µg l^{-1}) para el sumatorio de Benzo(g,h,i)perileno y Indeno(1,2,3-cd)pireno, en la estación E-O10.

12.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en la estación E-O10, y desde 2002 en la estación E-O5, se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado.

A partir de esta información, en la Figura 307 y la Figura 308 se representan la evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 244 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En relación a la variabilidad espacial, la estación más externa (E-O10) presenta un sedimento predominantemente arenoso, con mayores valores de potencial redox y ratio C/N, y menor contenido en materia orgánica que la estación interna (E-O5).

En cuanto a la evolución temporal, en general, la estación más interna (E-O5) presenta sedimentos principalmente limosos y valores de potencial redox más reducidos. Además, en dicha estación el contenido en materia orgánica disminuye de forma discontinua mientras que el nitrógeno orgánico particulado muestra una tendencia ascendente. En la estación más externa (E-O10), en las campañas más recientes, se observa un aumento del contenido en arenas, aunque el resto de parámetros sedimentológicos no muestran ningún patrón temporal dominante.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-O5	0,18	34,99	64,83	6,30	100	3,46	0,19	18,43
E-O10	0,55	97,16	2,30	1,49	245	2,87	0,11	25,23

Tabla 244 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

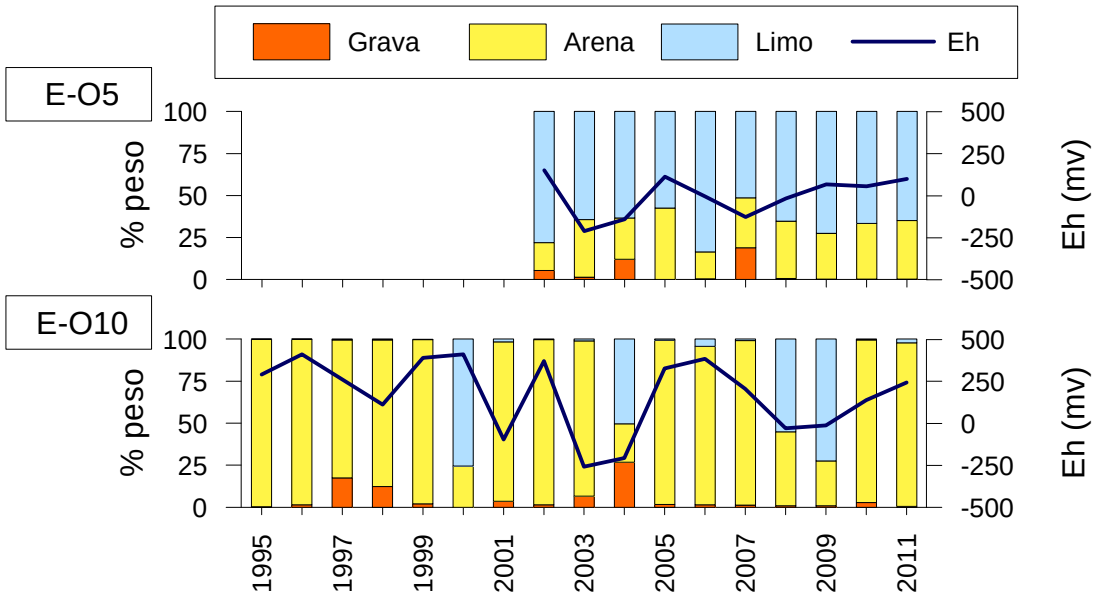


Figura 307 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos de la masa de agua de transición Oria (muestreos de invierno.

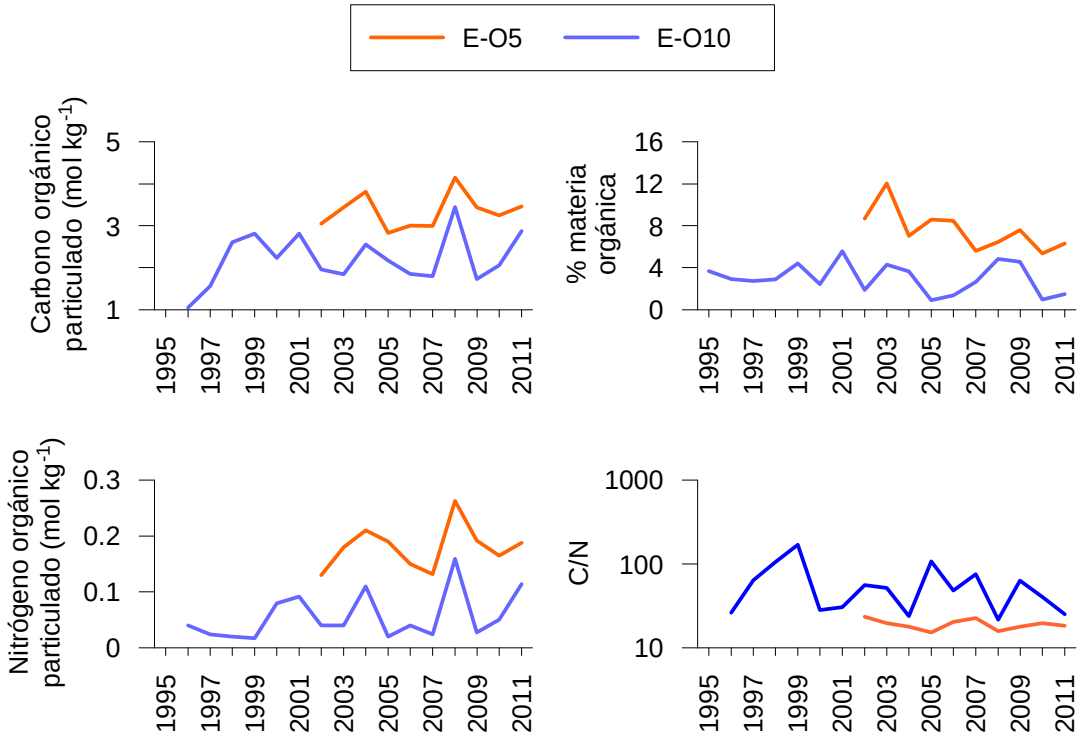


Figura 308 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 245 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. La estación más interna (E-O5) presenta los valores máximos para todos los metales, excepto para el Hg y el Mn.

La Figura 309 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-O10 desde 1995 y para la estación E-O5 desde 2002. En ambas estaciones, todos los metales, excepto el Cu, Ni y Zn en la estación E-O5, presentan concentraciones dentro del nivel de fondo en los muestreos más recientes.

Por otro lado, en la Figura 310 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. De esta manera, durante la última campaña, el Cr, Cu, Ni y Zn, en la estación E-O5, se encuentran por encima del valor PEL y el resto de metales superan el valor TEL en ambas estaciones, lo

que supone un riesgo probable de efectos negativos sobre la biota.

Sin embargo, aunque dichas concentraciones pudieran implicar efectos biológicos adversos, como ya se ha comentado anteriormente, la mayoría de las concentraciones se encuentran por debajo del umbral del nivel de fondo.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
E-O5	0,38	69	96	34787	0,13	314	69,0	59	535
E-O10	0,11	45	47	27141	0,16	341	36,5	38	180
Media	0,25	57,12	71,13	30964	0,14	328	52,75	48,53	357,37
Desv. est.	0,19	16,98	34,77	5407	0,02	19	23,02	14,92	251,14

Tabla 245 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

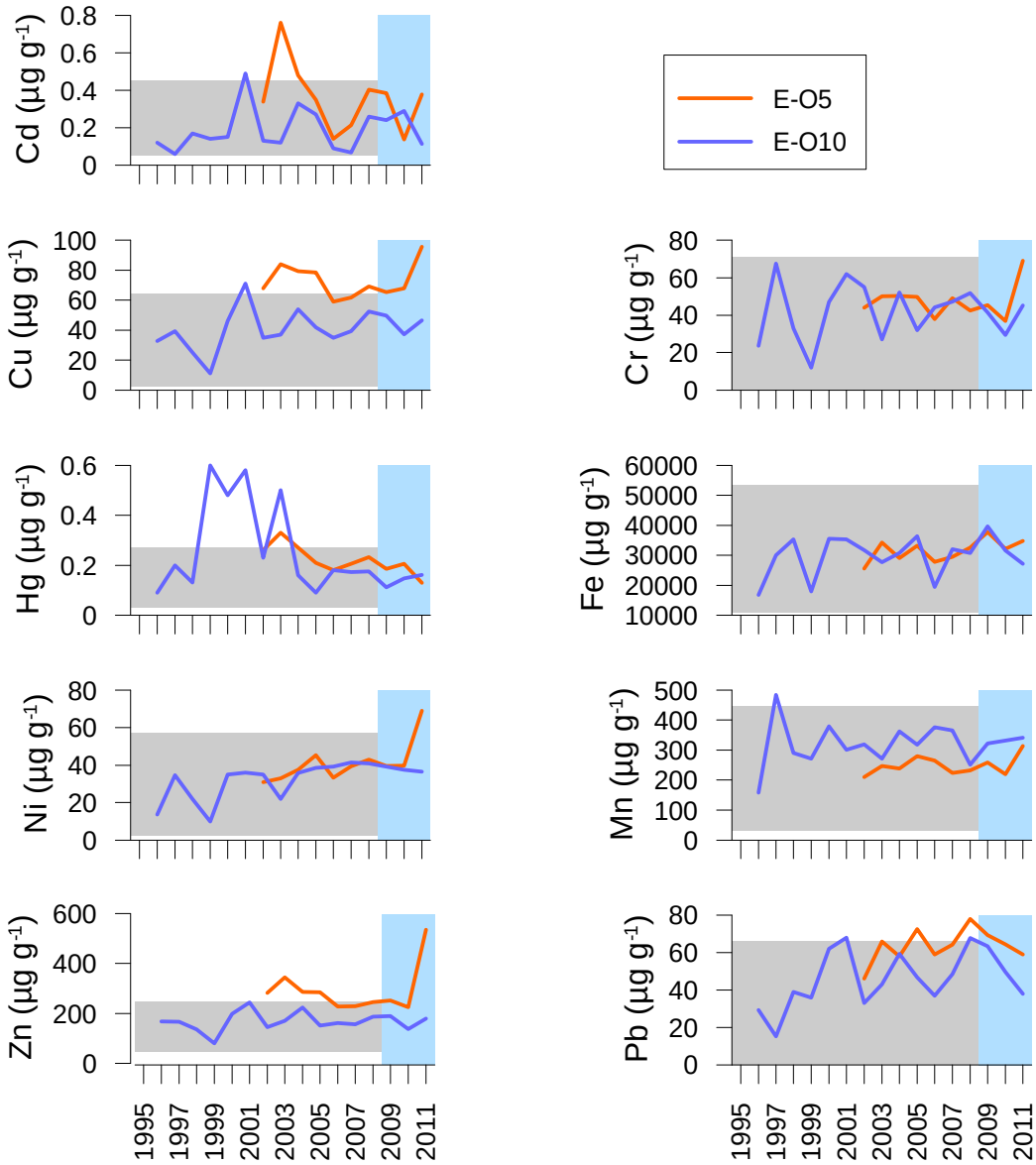


Figura 309 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

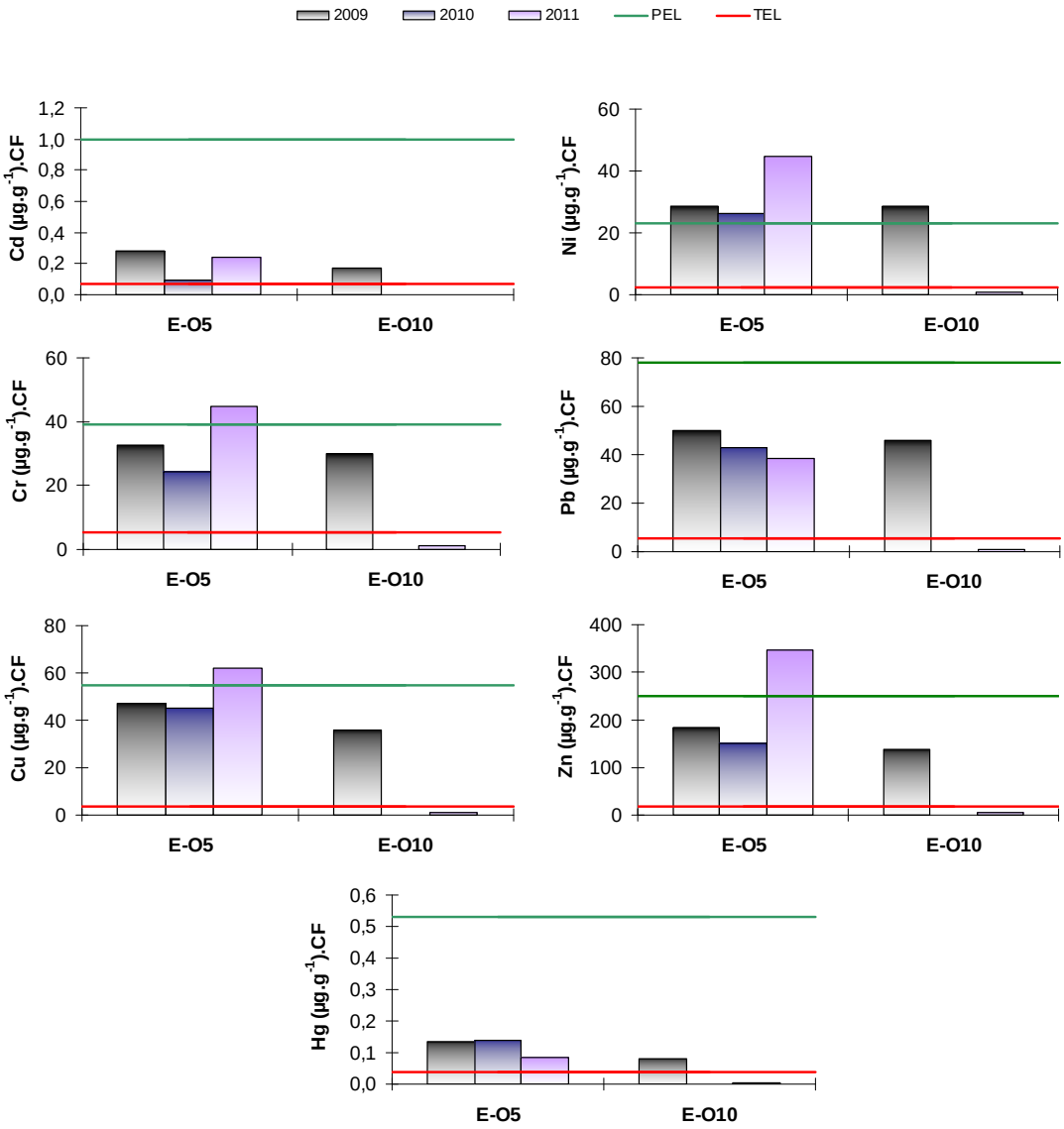


Figura 310 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Oria, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 246 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las dos estaciones de estudio. La Figura 311 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados desde 1995 en la estación E-O10 y desde 2002 en las estaciones E-O5.

Durante las últimas campañas, en general, todos los compuestos orgánicos analizados muestran concentraciones cercanas o inferiores al límite de determinación analítico, a excepción de los PAHs y los PCBs. Estos se mantienen de forma continúa por encima del límite analítico, aunque sin superar los objetivos de calidad. Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos en ambas estaciones no implican efectos negativos sobre la biota.

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-O5	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	0,97	74	1263
E-O10	<0,30	<0,30	<0,30	1,71	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	24,5	247

Tabla 246 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

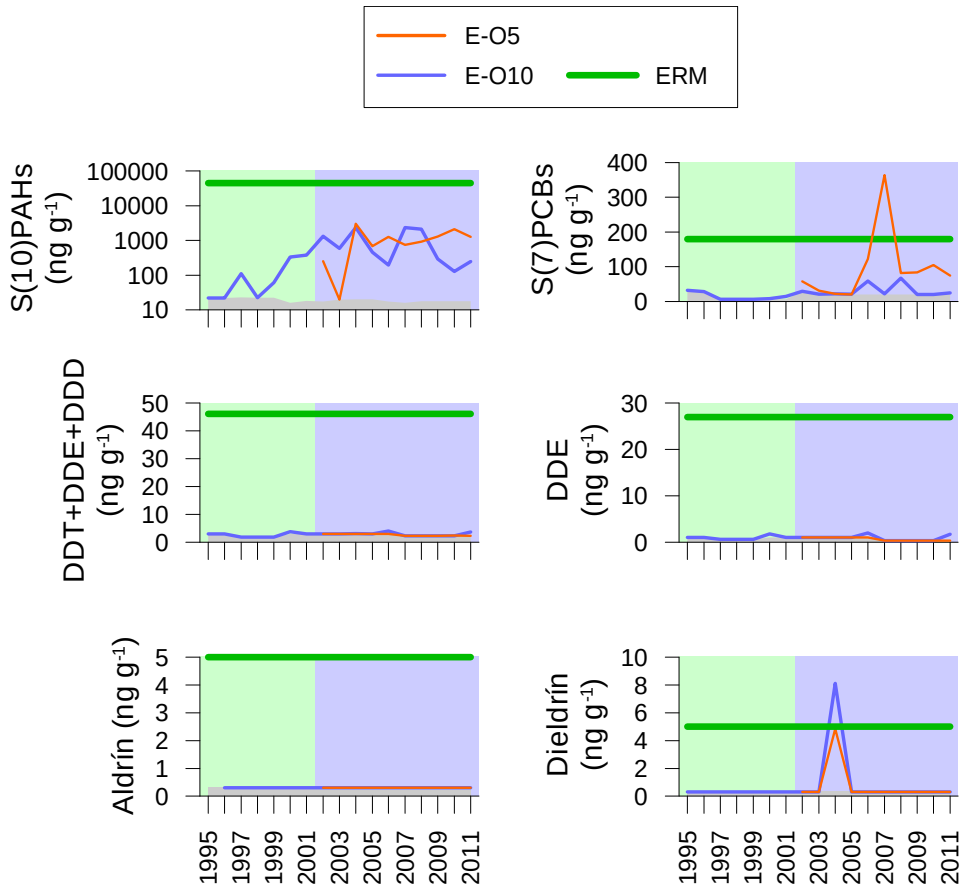


Figura 311 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos (muestreos de invierno). La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAHs por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long *et al.*, 1995).

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los determinados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 247 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Oria, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Según estos valores de ICC globales, ambas estaciones presentan contaminación ligera.

En la Figura 312 se presenta la evolución del ICC global para la estación E-O10 desde invierno de 1995, y en la estación E-O5 desde 2002. Se observa que en ambas estaciones mantienen valores ICC globales próximos (E-O10) o superiores al límite de contaminación ligera (*i.e.*, ICC > 1).

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-O5	CL	CL	CL	CL	NC	CL	CL	CL	C	CL
E-O10	NC	CL	CL	NC	CL	CL	CL	CL	CL	CL
Total	NC	CL	CL	NC	CL	CL	CL	CL	CL	CL

Tabla 247 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

En relación a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, se deduce que ambas estaciones presentan un valor ICC global de contaminanción ligera.

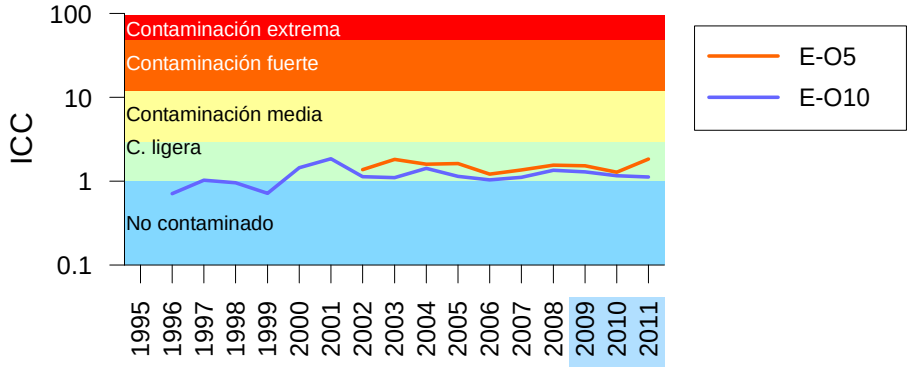


Figura 312 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

12.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En el estuario del Oria el 26 de octubre de 2011 se recolectaron mejillones debajo del puente de la autopista (I-O10).

Los datos correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos de la campaña de otoño de 2011 se pueden consultar en la Base de Datos.

BACTERIOLOGÍA

La evolución de las concentraciones de bacterias en el estuario del Oria se representa en la Figura 313.

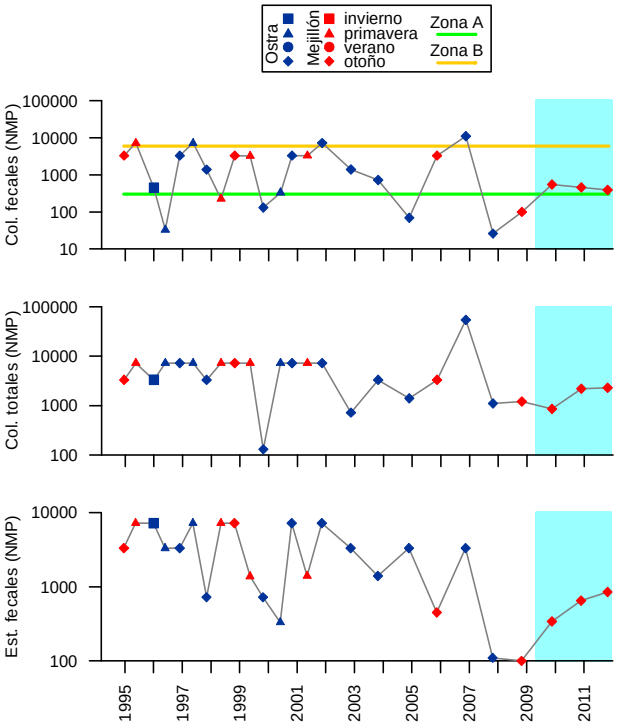


Figura 313 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-O10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

La concentración de **coliformes fecales** en otoño de 2011 (390 NMP·100 ml^{-1}) es un valor intermedio de los registrados desde 1994. Dado que en 2011 presenta menos de 6.000 NMP·100 ml^{-1}, se podría clasificar como zona tipo B, es decir, apta para el marisqueo destinado a depuración.

En cuanto a los **estreptococos fecales**, la concentración en otoño de 2011 (850 NMP·100 ml^{-1}) es un valor intermedio de los registrados desde 1994.

METALES PESADOS

En la Figura 314 se muestra la evolución de la concentración de los distintos metales estudiados desde 1994.

La concentración de **cadmio** (0,08 mg kg^{-1}) se encuentra dentro del rango de valores observados en el periodo de estudio en esta estación. El máximo se dio en 2008 (0,97 mg kg^{-1}) con una concentración próxima al límite legal (1 mg kg^{-1}) y que supera el valor de referencia del CIEM (0,4 mg kg^{-1}).

El **cromo** presenta una concentración de 0,23 mg kg^{-1}, una de las más bajas desde 2004. En cuanto al cumplimiento de la legislación, incluso la máxima concentración, que se dio en primavera de 1999 (0,74 mg kg^{-1}), es inferior a los 1,8 mg kg^{-1} (valor actualmente no vigente) contemplados para el cromo.

A la hora de interpretar la evolución de la concentración de **cobre** a lo largo del periodo de estudio, hay que tener en cuenta que el cobre forma parte de la hemocianina, componente principal del sistema circulatorio de la ostra (Borja y Valencia, 1993). Por lo tanto, sería conveniente diferenciar los años en los que se recolectaron mejillones de aquellos en los que se ha recolectado ostra.

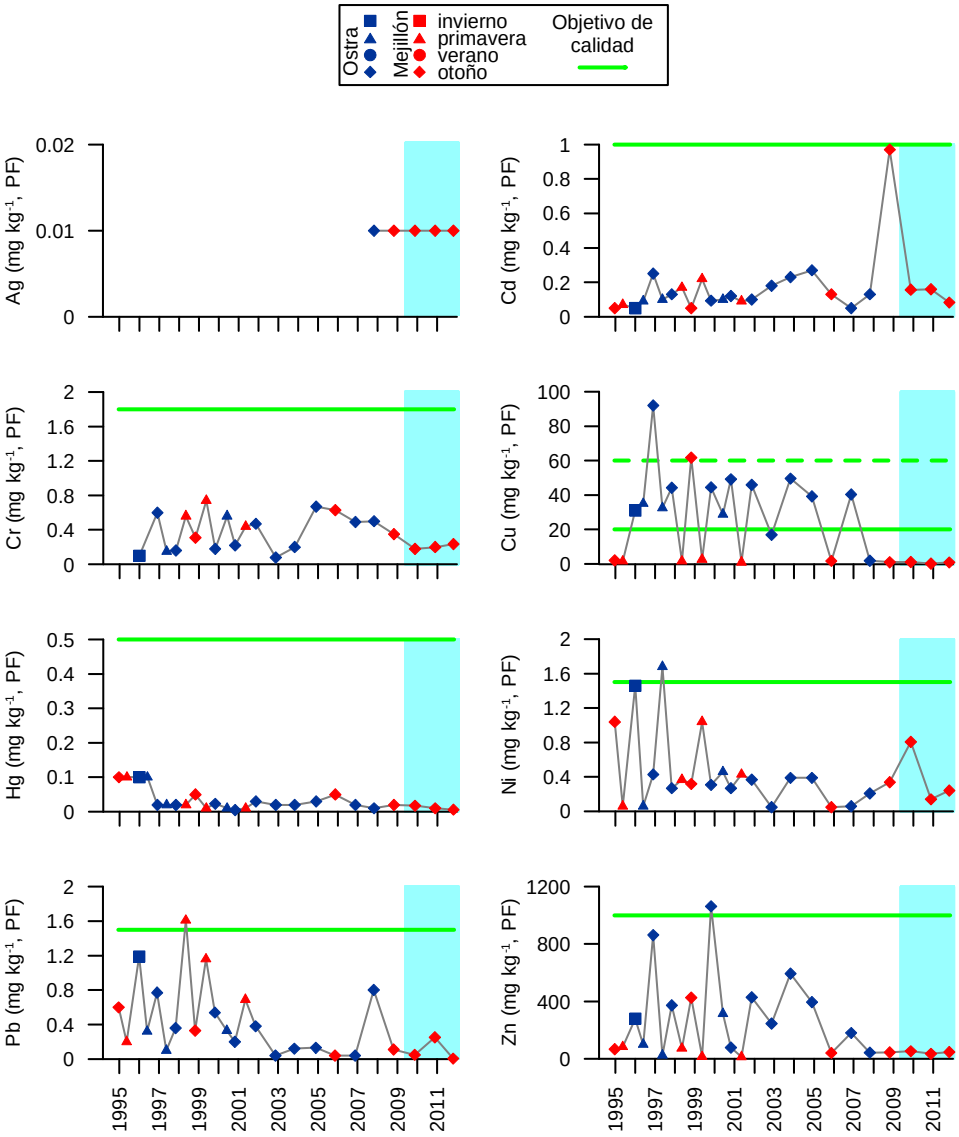


Figura 314 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg-1 de Peso Fresco), en la estación I-O10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En otoño de 2011, en el que la concentración se ha medido en mejillón, el cobre presenta una concentración de 0,89 mg kg^{-1}. Este valor es uno de los valores más bajos medidos durante el periodo de estudio en esta estación. La concentración máxima de cobre en ostra se ha observado en otoño de 1996 (92 mg kg^{-1}), único caso en el que se superan el límite legal (actualmente no vigente) y el valor de referencia del CIEM para el cobre en las ostras (60 mg kg^{-1}, en ambos casos). En cuanto a las concentraciones en mejillón, sólo en otoño de 1998 (62 mg kg^{-1}) se supera el límite legal para el cobre en mejillón (actualmente no vigente), 20 mg kg^{-1}.

En cuanto al **mercurio**, en otoño de 2011 la concentración es próxima al nivel de detección (0,005 mg kg^{-1}). A lo largo del periodo de estudio, la mayoría de las concentraciones de Hg se han mantenido por debajo del límite de detección correspondiente, por lo que no se han superado ni el límite legal, 0,5 mg kg^{-1}, ni el valor de referencia del CIEM, 0,2 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 36% de los casos se ha superado la norma de calidad ambiental (20 µg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

El **níquel** presenta, en 2011, una concentración de 0,24 mg kg^{-1}, un valor intermedio de los observados a lo largo del periodo de estudio en esta estación. Aunque para este metal no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. En el estuario del Oria, este valor sólo se ha visto superado en primavera de 1997, cuando la concentración fue de 1,68 mg kg^{-1}.

Para el **plomo**, la concentración en otoño de 2011 es inferior al límite de detección (0,005 mg kg^{-1}) y una de las concentraciones más bajas de las observadas en esta estación a lo largo del periodo de estudio. El límite legal

para su consumo (1,5 mg kg^{-1}) sólo se ha superado en primavera de 1998 (1,6 mg kg^{-1}).

La concentración de **zinc** en la muestra de otoño de 2011 (47 mg kg^{-1}) es una de las más bajas observadas en esta estación desde 1994. De forma generalizada, se observan concentraciones de zinc más elevadas aquellos años en los que se recolectaron ostras. La máxima concentración observada a lo largo del seguimiento corresponde a la de otoño de 1999 (1.062 mg kg^{-1}), medida en ostra y que supera tanto el valor de referencia dado por el CIEM, 600 mg kg^{-1}, como el límite legal (actualmente no vigente), 1.000 mg kg^{-1}. La concentración de otoño de 1996 (862 mg kg^{-1}) también supera el valor de referencia dado por el CIEM.

La concentración de **plata**, se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007 con un valor inferior a 0,01 mg kg^{-1}. En 2011 la concentración de este metal también se encuentra por debajo del límite de detección (0,01 mg kg^{-1}).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En la Figura 315 se muestra la evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-O10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En el caso de los policlorobifenilos **(PCBs)** se han sumado las concentraciones de los 7 congéneres analizados, con objeto de poder compararlas con las de otros lugares. Hay que tener en cuenta que el dato puede variar al ser diferente el número de congéneres estudiados en otras zonas.

En la estación I-O10, en el muestreo de otoño de 2011 la concentración de PCBs alcanza el valor de 22 µg kg^{-1}, el valor más bajo de los últimos tres años en esta estación. Teniendo en cuenta que los valores que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 a 5 ppm, se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}). Sin embargo, ni la concentración máxima de PCBs observada en otoño de 1994 (999 µg kg^{-1}) supera este valor.

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). La concentración de otoño de 2011 (1,1 µg kg^{-1}) supera el límite de detección (0,5 µg kg^{-1}). A lo largo del periodo de estudio, la concentración máxima se ha observado en la primavera de 1995 (35,1 µg kg^{-1}). Incluso en esta ocasión, el valor límite (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado.

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). En otoño de 2011 la concentración es inferior al límite de detección, 0,06 µg kg^{-1}. La concentración más elevada de HCH en el estuario del Oria se dio en primavera de 1996, 1,40 µg kg^{-1}. Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, incluso este máximo se encuentra muy por debajo de dicho límite.

Las concentraciones de **HCB** a lo largo del periodo de estudio, en general, no superan los límites de detección correspondientes, ni el valor límite para este compuesto, 10 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones de los **drines** (aldrín, dieldrín, e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, desde otoño de 2002 se estudian los **PAHs** en moluscos (Borja *et al.,* 2003); en esa campaña, ninguno de los compuestos analizados superó el límite de detección correspondiente. Sin embargo, se ha observado un aumento en la concentración de la suma de PAHs en este punto de muestreo, alcanzando el máximo en otoño de 2007 (188 µg kg^{-1}). Desde entonces la concentración de PAHs ha ido disminuyendo hasta alcanzar el valor de 13 µg kg^{-1} en 2011. En esta última campaña la concentración de benzo(a)pireno es de 0,5 µg kg^{-1}, inferior al máximo permitido para el consumo según el Reglamento (CE) n°1881/2006 (10 µg kg^{-1}).

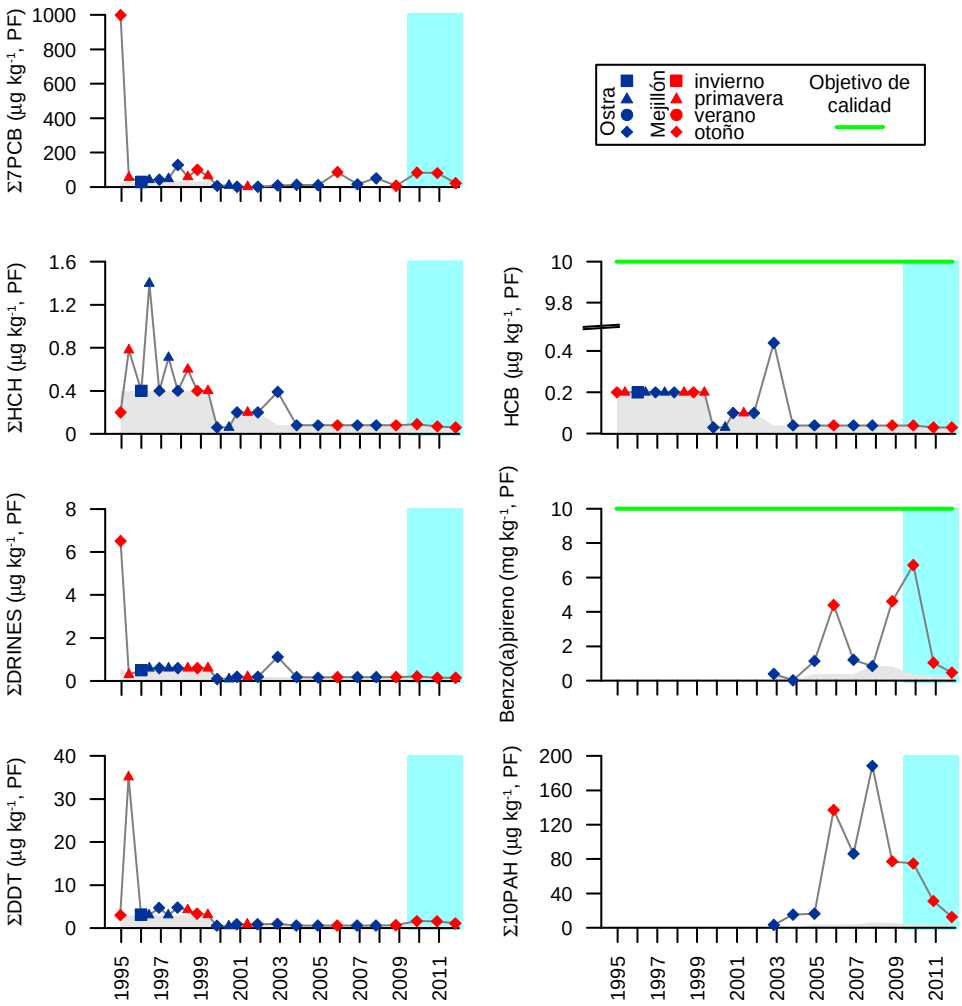


Figura 315 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg-1 de Peso Fresco), en la estación I-O10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación podría ser de Zona tipo B (apta para el marisqueo destinado a depuración), según el derogado Real Decreto 571/1999.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al.,* 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (véase Borja *et al.,* 2003). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en el estuario del Oria la clasificación general sería de no contaminada, con una contaminación ligera por níquel.

En cuanto a los compuestos orgánicos, rara vez alcanzan los límites de detección, por lo que se puede considerar que los moluscos de este estuario no están contaminados por compuestos orgánicos. Para PAHs, en 2011, no se superan los límites recomendados por la OMS (200 µg kg^{-1}, en peso seco, para la suma de 6 PAHs) y la EPA (500 µg kg^{-1}, en peso seco, para la suma de 16 PAHs) para el consumo.

12.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como **'Buena** en la estación E-O10 y en E-O5. Esta última presenta una tendencia estadísticamente significativa al empeoramiento entre 2002 y 2011 ($p<0,05$), a pesar de lo cual en 2011 se mantienen en buen estado (Figura 316).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, en 2011, ambas estaciones cumplen con todos los objetivos de calidad establecidos.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminante específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificos, es bueno en la estación E-O5 y aceptable en la estación E-O10 (Tabla 248).

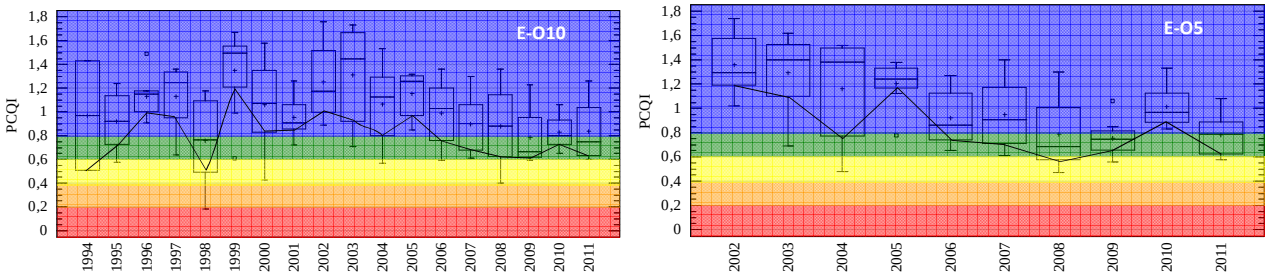


Figura 316 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-O10 y E-O5 de la masa de agua de transición del Oria. La línea color negor señala la evaluación anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-O5	E-O10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	0,014	No Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,0025	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,004	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,2	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,3	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,24	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,8	0,9	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,08	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,6	0,275	Cumple
Estado Quimico				Bueno	No Alcanza	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	30	14	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,4	2,8	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Aceptable	

Tabla 248 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Oria en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico. De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más recientes, así desde 2006 de forma global se ha alcanzado el buen estado químico. En 2004 y 2005 no se alcanzó el buen estado químico por presencia de mercurio en sedimento y plomo en agua, respectivamente (Tabla 249).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	Hg (sedimento)
2005	No alcanza buen estado	Pb
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 249 Estado químico de la masa de agua de transición Oria en los años 2004-2011.

12.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Durante los últimos años las actuaciones antrópicas en el tramo exterior y tramo medio del estuario han sido bastante importantes. Por un lado, el estuario ha cambiado su morfología en la parte externa pues, además de la construcción de tres espigones transversales a la corriente, los espigones de salida han sido alargados, se ha construido un puerto deportivo en una marisma junto al puente de la autopista y se ha rellenado el espacio que quedaba entre los espigones transversales. Por otro lado, el canal de acceso al puerto de Orio ha sido dragado sucesivamente durante los últimos años, aunque no se hizo en 2008-2009 y se ha volvió a hacer en 2010 (entre noviembre de 2010 y febrero de 2011). A todo esto, habría que añadir la presencia continua de vertidos difusos, industriales y urbanos a lo largo de todo el estuario y la extracción de áridos realizada en la parte más externa del estuario. Así pues, por todo ello, se considera la situación como **'Buena' en la parte interna y "Aceptable" en la externa.**

Es un estuario con posibilidades de recuperación y restauración de varias partes inundables, lo que mejoraría mucho su hidromorfología. Además está bastante canalizado en su parte externa, sufriendo aún algunos vertidos en el estuario y entradas de contaminantes por el río, que se han ido reduciendo los últimos años.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 13 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL URUMEA

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 13 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL URUMEA.....405

13.1 Resumen estado ecológico. Urumea..... 407

13.2 Estaciones de muestreo..... 410

13.3 Macroinvertebrados bentónicos..... 410
13.3.1 Parámetros estructurales 410
13.3.2 Calidad biológica..... 412

13.4 Fauna ictiológica..... 412
13.4.1 Estructura y composición de la comunidad 412
13.4.2 Calidad biológica..... 413

13.5 Vida vegetal asociada al medio acuático..... 415
13.5.1 Fitoplancton 415
13.5.2 Macroalgas..... 417

13.6 Indicadores fisicoquímicos 418
13.6.1 Caracterización físico-química en aguas 418
13.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos..... 421
13.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 426
13.6.4 Evaluación del estado..... 430

13.7 Indicadores hidromorfológicos 431

13.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. URUMEA

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta Masa de agua. Respecto a las fuerzas motrices, en el Urumea, se da la presión directa de 181.900 habitantes empadronados en Donostia-San Sebastián (62 km^2), lo que da lugar a una densidad de 2.957,7 hab km^{-2}, que ejercen una presión más directa sobre dicha masa de agua y la zona costera adyacente. Respecto a establecimientos industriales, el estuario dispone de 19.329, con un total de 73.324 empleos, donde el sector industria y energía sólo queda representado por 835 (4%). Respecto a la ocupación por suelo no urbanizado ni industrial hay que destacar el estuario del Urumea, debido a que la mayor parte del suelo no ocupado corresponde a suelo improductivo (34% con 2.122 Ha). La capital es precisamente la principal responsable de tal superficie de suelo improductivo.

Los 52 aliviaderos de tormentas localizados suponen la presión más importante en número para la masa de agua que nos ocupa. Estos aliviaderos representan el 36% del total de presiones identificadas. Muy por debajo en número se encuentran las presiones relacionadas con la regulación del cauce, con 30 tramos (21% de las presiones) identificados entre canalizaciones por diques, escolleras y/o lezones, o regulados por medio de presas o azudes. También son importantes en número los vertidos de aguas residuales urbanas con 21 puntos de vertido (algunos a través de salidas condenadas, pero que presentan fugas) y las infraestructuras (17).

Esta masa de agua está prácticamente encauzada desde Loyola a la desembocadura y además soporta numerosos vertidos urbanos e industriales (incluyendo zincado) en diversos puntos del cauce, especialmente en la zona de Martutene, si bien los caudales no son muy elevados. Una parte importante de la contaminación viene a través del río, si bien se ha reducido mucho en los últimos años y es posible que ahora provenga fundamentalmente de algunos lugares del estuario (Polígono 27). Globalmente la presión en la masa de agua es baja. Por otro lado, las obras de la pasarela de Cristina Enea se realizaron a finales de 2008, las obras del puente de Hierro comenzaron a finales de 2008 y el nuevo puente de la estación de autobuses a comienzos de 2009, habiendo finalizado estos dos últimos en 2010-2011.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico en las estaciones de estudio (Tabla 250), que se mantiene desde el año anterior (Tabla 251).

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificos, es bueno para las dos estaciones de estudio (Tabla 250). Por su parte, el estado físico-químico para las variables que soportan los elementos biológicos, es muy bueno en ambas estaciones (Tabla 252).

En la Tabla 252 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Urumea. En este estuario, en 2002, se incorporó al seguimiento la estación E-UR5. Esta estación presenta un deficiente estado ecológico (Figura 317), como queda reflejado por el bentos, habiendo mejorado el fitoplancton y estando en igual estado que años anteriores tanto macroalgas como peces. En años precedentes, en la Red de Calidad de Ríos, se ha detectado que a lo largo del eje del tributario principal hay una buena calidad, pero al llegar al estuario empeora. A pesar de que hay desvío de vertidos, siguen existiendo algunos importantes vertidos al estuario en Martutene y Loyola, lo que se traduce en una pérdida de calidad. Sin embargo, en los últimos años había mejorado algo la calidad biológica, empeorando en 2008 y manteniéndose en dicho nivel en 2009. Por el contrario, el estado químico cumple este año. En el caso de los sedimentos, la contaminación fue incrementándose a lo largo del tiempo, hasta alcanzar valores que sobrepasaron claramente el nivel de contaminación, aunque posteriormente ha ido decreciendo paulatinamente. El origen de esto puede deberse al cierre de las minas de la cuenca o en la composición geológica de ésta.

Por su parte, la estación E-UR10 ha experimentado notables cambios en su grado de contaminación desde el comienzo del seguimiento, lo cual se puede relacionar con actuaciones de saneamiento, desvío de vertidos y obras de encauzamiento. En 2011 esta estación presenta un estado ecológico bueno (Figura 317), habiendo mejorado algunos los elementos, incluido el estado químico.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-UR5	E-UR10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,003	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	0,005	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,1	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,2	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,1	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	1,35	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,27	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	0,425	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	10	14,25	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,2	0,7	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Bueno	

Tabla 250 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Urumea en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	No alcanza buen estado	Pb
2008	Bueno	-
2009	No alcanza buen estado	Σ Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 251 Estado químico de la masa de agua de transición Urumea en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-UR5	MB	A	D	A	D	MB	Sí	No	B	D	4	0.36	1.44	6.56
E-UR10	MB	A	B	B	B	MB	Sí	No	B	B	8	0.64	5.12	

Tabla 252 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en masa de agua del Urumea en 2011.

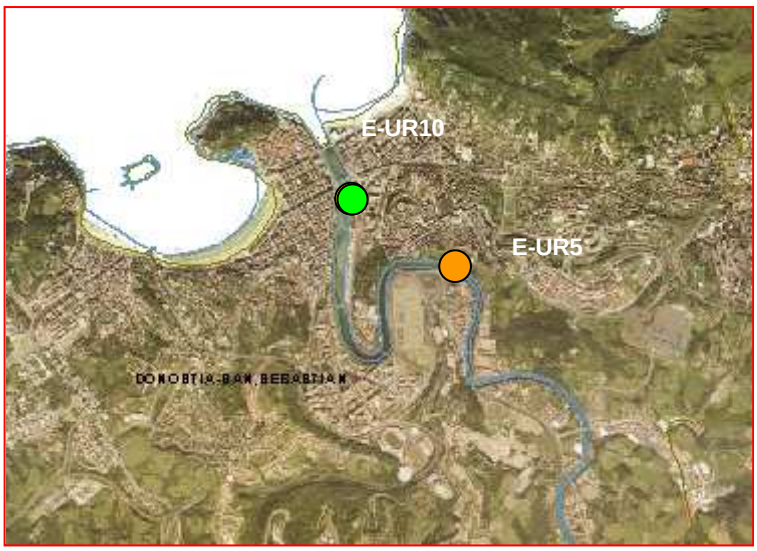


Figura 317 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la masa de agua del Urumea: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

13.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Urumea, la Red de Vigilancia cuenta con dos estaciones estuáricas, y una estación de moluscos, que se muestrean anualmente. Por otro lado, en 2004, 2007 y 2010, se analizaron tres estaciones para vida piscícola y 7 estaciones para macroalgas en estuarios. Sus posiciones pueden verse en la Tabla 253.

Cod_Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
E-UR10	Donostia (puente de Santa Catalina) (Urumea)	582961,58	4796742,54	Estuarios
E-UR5	Donostia (Loiola)(Urumea)	583702,82	4796437,26	
M-EUR1	Urumea Zona 01. Estuario Macroalgas	582877,00	4797317,00	Estuarios (Macroalgas)
M-EUR2	Urumea Zona 02. Estuario Macroalgas	582961,00	4796981,00	
M-EUR3	Urumea Zona 03. Estuario Macroalgas	582926,00	4796449,00	
M-EUR4	Urumea Zona 04. Estuario Macroalgas	583024,00	4795791,00	
M-EUR5	Urumea Zona 05. Estuario Macroalgas	583283,00	4796232,00	
M-EUR6	Urumea Zona 06. Estuario Macroalgas	584038,00	4796309,00	
M-EUR7	Urumea Zona 07. Estuario Macroalgas	584052,00	4795973,00	
I-UR10	Donostia (puente del Kursaal) (Urumea)	582797,74	4797559,45	Estuarios (Moluscos)
URUE	Urumea (Arrastre zona exterior estuario)	582927,33	4796720,58	Estuarios (Vida piscícola)
URUM	Urumea (Arrastre zona media estuario)	583310,00	4795771,00	
URUI	Urumea (Arrastre zona interior estuario)	584090,00	4796155,00	

Tabla 253 Estaciones de muestreo en el estuario del Urumea.

13.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

13.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Urumea, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 254.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN	
		E-UR5	E-UR10
Densidad	nº·m^{-2}	1.085	492
Biomasa	g·m^{-2}	0,11	7,83
Riqueza	nº	5	13
Diversidad número	bit·ind^{-1}	0,21	1,79
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	1,24	0,35
Equitabilidad número		0,09	0,48
Equitabilidad biomasa		0,53	0,09
Diversidad máxima	bits	2,32	3,70
AMBI		5,92	5,16
Clasificación AMBI		Alteración Fuerte	Alteración Fuerte

Tabla 254 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Urumea.

En 2011 el sedimento de la estación E-UR5 presenta un contenido moderado en limos (32%), predominando la fracción arenosa (56%). Por otro lado, el contenido en materia orgánica es alto (8,3%).

La biocenosis presente en este biotopo presenta, a lo largo de todo el seguimiento, valores estructurales pobres. Así, por ejemplo, en 2010 y 2011 la riqueza específica registrada es de tan solo 5 *taxa* (la media de todo el periodo de estudio es 6 *taxa*). Igualmente, el valor de la diversidad para las abundancias (0,21 ind·bit^{-1}) es muy bajo, dada la fuerte dominancia del grupo de los oligoquetos (98%).

Como ya se ha indicado y al igual que a lo largo de todo el seguimiento, el *taxon* dominante, es el grupo de los oligoquetos (1.032 ind·m^{-2}). Habitualmente presentan densidades moderadas, aunque en 2009 alcanzaron una densidad de 6.688 ind·m^{-2}. También en las campañas de 2010 (1.032 ind·m^{-2}) y 2011 (1.059 ind·m^{-2}) se observan altas densidades. El resto de los *taxa* encontradas en 2011 presenta densidades bajas. Caben destacar el poliqueto *Streblospio shrubsolii* (15 ind·m^{-2}) y el crustáceo *Cyathura carinata* (7 ind·m^{-2}).

Es común, que el grupo de los oligoquetos, o alguna de sus especies, domine en medios de baja salinidad tales como los propios de zonas medias y altas de los estuarios. Dos de los factores que parece favorecer el desarrollo de estos anélidos son, por una parte, la baja salinidad relativa y, por otra, el enriquecimiento en materia orgánica, existiendo numerosas citas que hacen referencia a la presencia de estas poblaciones en áreas contaminadas y/o con altos valores de materia orgánica (véase por ejemplo, Pearson, 1975; Planas y Mora, 1987; Junoy, 1988; Sola, 1994).

La comunidad muestra un densidad moderada (1.085 ind·m^{-2}), semejante a la de 2010 (1.083 ind·m^{-2}) y en el rango de las estimadas a lo largo del seguimiento de la estación (máximo, 6.761 ind.m^{-2} en 2009). La biomasa es baja (0,1 g·m^{-2}) es baja, aunque también se encuentra

en el rango de las estimadas para esta estación (Figura 318).

La fuerte dominancia de los oligoquetos hace que, a lo largo de todo el seguimiento (Figura 319), el grupo ecológico V sea el que presenta mayor abundancia relativa. El resultado es que la estación presenta alteración fuerte (Tabla 254) con un valor de AMBI (5,92) en el rango de los que se ha venido estimando desde que comenzó a evaluarse la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en 2002 (AMBI=5,6-6,0)..

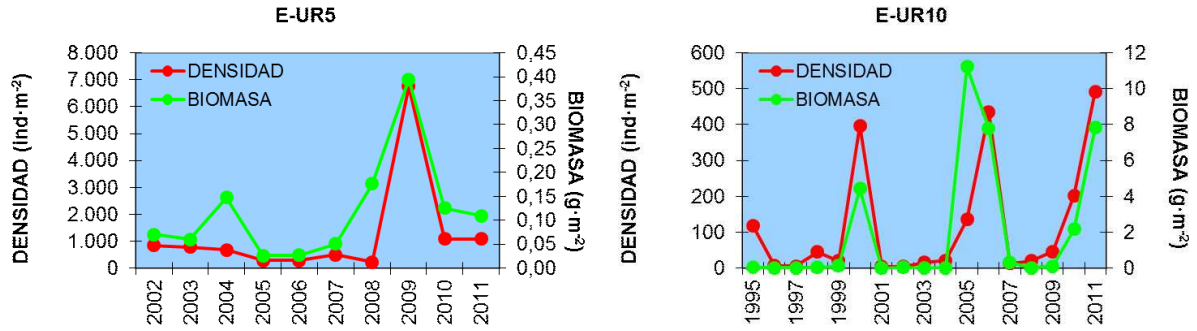


Figura 318 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-UR5 y E-UR10 (Urumea).

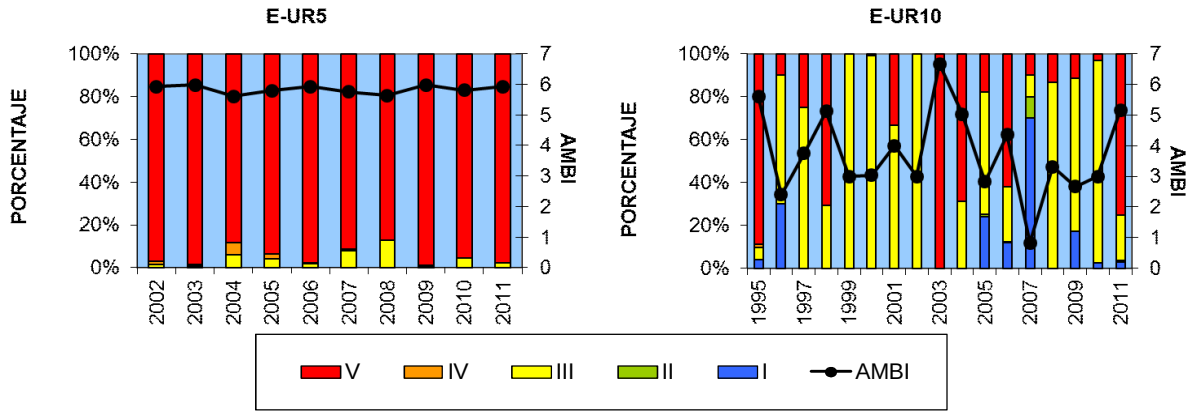


Figura 319 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-UR5 y E-UR10 del Urumea.

Los sedimentos de la segunda estación muestreada en esta masa de agua (E-UR10) presentan características granulométricas típicas de medios estuáricos sometidos a un elevado hidrodinamismo, con alto contenido en arenas (98%) y bajo contenido en materia orgánica (0,6%). Estos valores contrastan con los de la estación anterior.

Durante el periodo de seguimiento 1995-2011 de la comunidad de esta estación, las densidades vienen siendo bajas. La máxima (492 ind·m^{-2}) se registra en la presente campaña de 2011, con la mínima (4 ind·m^{-2}) en 2001 (Figura 22). También en 2011 se registra una de las riquezas específicas más altas de todo el periodo de seguimiento (13 *taxa*; máxima, 14 *taxa* en 2006; mínima, 1 *taxa* en 2003).

Como es habitual en esta estación, las especies que aparecen en las muestras son características de muchos estuarios de la CAV. En 2011 el *taxon* dominante es el poliqueto *Capitella capitata* (329 ind·m^{-2}). Le sigue en dominancia el poliqueto *S. shrubsolii* (67 ind·m^{-2}). Otras especies dominantes has sido los poliquetos *Malacoceros fuliginosus* (28 ind·m^{-2}) y *Hediste diversicolor* (16 ind·m^{-2}), y el crustáceo isópodo *C. carinata* (16 ind·m^{-2}).

La biomasa (7,8 g·m^{-2}) es de las más altas del periodo de seguimiento (máxima, 11,2 g·m^{-2} en 2005). La diversidad estimada a partir de los datos de densidad es relativamente baja (1,79 bit·ind^{-1}) y la estimada a partir de los datos de biomasa, muy baja (0,35 bit·ind^{-1}).

En cuanto a la valoración de la comunidad bentónica en función de AMBI, en la campaña de 2011 se considera que la estación presenta alteración fuerte (AMBI=5,2) (Tabla 254), con clara dominancia del grupo ecológico V. En la estación E-UR10, AMBI no presenta una tendencia clara, pero parece que a partir de 2003 el grupo ecológico V va siendo desplazado por los grupos ecológicos I y III, con el consiguiente descenso en los valores de AMBI hasta la pasada campaña de 2010 (Figura 319). En este sentido, el resultado obtenido la presente campaña supone una regresión de la calidad que conviene vigilar para comprobar si se trata de un mal resultado puntual o si, por el contrario, se mantiene en próximas campañas, lo que podría indicar la presencia de alguna nueva presión que no se ha tenido en cuenta.

13.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las dos estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

Por un lado, la estación **E-UR5** presenta **Estado Deficiente** (Figura 320). En general, esta estación no presenta tendencias temporales claras, aunque sí se aprecia cierta evolución positiva de los valores M-AMBI desde 2003 a 2007 (de 0,19 a 0,41, respectivamente) y un posterior decremento hasta 2011 (0,23). Aunque la calidad del río ha ido mejorando, parece que todavía existen vertidos en la zona del Polígono 27, que han podido afectar a esta zona. Por otro lado, no habría que descartar la influencia de las obras realizadas entre Loiola y el puente de Hierro en los últimos años.

Por su parte, la estación **E-UR10** presenta **Buen Estado** (Figura 320), con una evolución temporal irregular desde el comienzo del seguimiento en 1995. El último episodio importante de mejora tuvo lugar a partir de 2003, por el que se pasó de Mal Estado a Muy Buen Estado en 2005. Desde 2005 a 2011, se aprecia cierta tendencia negativa de los valores de M-AMBI, registrándose la pasada campaña de 2010 el valor mínimo de las siete últimas campañas (0,67). Como ya se comentó en el informe anterior, este cambio puede estar en relación con obras aguas arriba en el cauce (zona del puente de Hierro y puente de la ESTE), por lo que conviene continuar con la evaluación de los macroinvertebrados bentónicos de esta estación, con el fin de vigilar este aparente retroceso de la calidad en próximas campañas o su mejora, una vez acabadas las obras de los puentes.

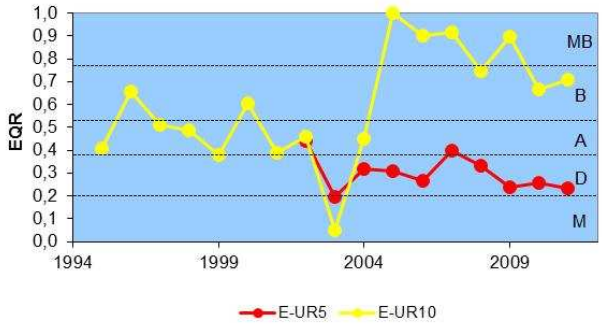


Figura 320 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua de transición del Urumea.

13.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

13.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Las muestras de fauna demersal que fueron recogidas durante la campaña de campo de 2010, por tanto, en el presente informe se re-analizan los datos obtenidos en dicha campaña.

En este estuario existen datos del año 2004 y 2007 (Borja *et al*., 2005; 2008) pertenecientes al estudio "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco", y datos anteriores pertenecientes a los años 1988 (San Vicente *et al*., 1988) y 1995 (Borja *et al*., 1997); sin embargo, los transectos estudiados y la metodología empleada en el estudio del año 1988 no son equiparables al empleado actualmente.

El total de especies identificadas en 2010 fue de siete (2 peces y 5 crustáceos), cinco en 2007 (un pez y cuatro crustáceos), diez en 2004 (cinco peces y cinco crustáceos) y siete en el estudio de 1995 (tres peces y cuatro crustáceos).

Al igual que en 2007, el número de especies distribuidos por todo el estuario fue de una especie en 2010 (*Crangon crangon)*, valor muy inferior al de los años 2004 y 1995, donde las especies distribuidas por toda la masa de agua fueron cuatro: *Pomatoschistus* sp.*, Palaemon* sp.*, Crangon crangon* y *Pachygrapsus marmoratus* en 2004; y *Pomatoschistus* sp.*, Platichthys flesus, Palaemon* sp. y *Carcinus maenas* en 1996.

Del mismo modo que en 2004 y 2007, en 2010 la estación interior (AURI) presenta los valores más altos en todas los parámetros, excepto en la diversidad, que es máxima en la estación media. La estación exterior (AURE) a su vez, presenta los valores minimos de riqueza, abundancia total, densidad y diversidad.

Al comparar estos datos con los registrados en 2004 y 2007 se aprecia que en la estación exterior (AURE) ha habido una ligera mejoría respecto a 2007, aunque todavía los valores obtenidos son bastante peores que los de 2004.

En la estación media (AURM) los únicos parámetros que varían de forma negativa son la abundancia de peces (presencia mínima) y la diversidad (1,92), que sufre un ligero descenso respecto a 2007; el resto se mantiene más o menos igual que en años anteriores.

Por último, en la estación interior (AURI) la tendencia decreciente es continua en los parámetros de abundancia total, abundancia de peces y densidad; por el contrario, la riqueza y la diversidad (1,8) aumentan respecto a 2007 pero no alcanzan los valores de 2004.

El descenso en taxones y ejemplares detectado en 2010 puede deberse a la contrucción de un nuevo puente sobre el cauce llevado a cabo en la zona del transecto exterior durante el año 2010.

13.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica, a partir de los datos obtenidos en 2004, que fue el primer año en que se muestreaba este estuario dentro de la Red de Calidad, aunque en años anteriores se han realizado estudios similares para otras administraciones (Borja *et al*., 1997), lo que permite establecer una comparación.

La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1. En la Tabla 255 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio (AURE externa, AURM media, AURI interior) en las campañas de los años 2004, 2007 y 2010.

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, indicadoras de la contaminación y salud piscícola son los que favorecen la calidad biológica, alcanzando los valores máximos. La riqueza alcanza un valor medio en el tramo medio e interior, y un valor mínimo en el exterior. La presencia de peces planos presenta valores mínimos en las estaciones media e interna y un valor máximo en la externa.

Estación/año	AURE			AURM			AURI		
Parámetros	2004	2007	2010	2004	2007	2010	2004	2007	2010
Riqueza	3	1	1	3	3	3	3	3	3
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Esp. Ind. contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Peces planos	3	1	5	1	1	1	1	1	1
Omnívoros	3	1	3	3	3	1	3	1	1
Piscívoros	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Especies residentes (nº)	3	1	3	3	3	3	5	3	3
Especies residentes (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PUNTUACIÓN	29	21	29	27	27	25	29	25	25
AFI	0,56	0,33	0,56	0,50	0,50	0,44	0,56	0,44	0,44
CALIDAD BIOLÓGICA	B	D	B	A	A	A	B	A	A

Tabla 255 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica en cada estación (AURI interna, AURM media y AURE externa) y rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

En cuanto a la composición trófica de peces demersales, existe una relación no equilibrada en la relación entre omnívoros y piscívoros en la estación externa (valor porcentual 3:1) y una equilibrada pero de valores mínimos en el resto (valor porcentual 1:1). Según los rangos establecidos para la clasificación de la calidad, el tramo medio e interior del estuario están en un nivel **'Aceptable'**; y el tramo exterior en un nivel de **'Bueno'**, rozando el límite con "Aceptable".

En la Figura 321 se resume cómo ha variado la calidad biológica del estuario del Urumea para las tres estaciones teniendo en cuenta también los estudios realizados para otras administraciones (Borja *et al*., 1996), lo que permite establecer una comparación entre los años 1995, 2004, 2007 y 2010.

El estado de la calidad biológica piscícola alcanzado en el tramo exterior (AURE) el año 2010 ha sido mejor que el alcanzado en 2007 y similar a 1996 y 2004, años en los que la calidad se situaba también en torno al límite con "Bueno". Esta mejora se debe a la disminución del valor de la riqueza, el % de piscívoros, especies residentes y a la nula presencia de peces planos.

El tramo medio (AURM) pierde calidad respecto a años anteriores, debido a la disminución del valor de la presencia de omnívoros. En el tramo interior (AURI) la calidad biológica es similar al obtenido en 2007 e inferior a 2004 y 1996 (años en los que la calidad se mantenía en el límite entre "Bueno" y "Aceptable").

Para establecer la calidad biológica en peces de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1.

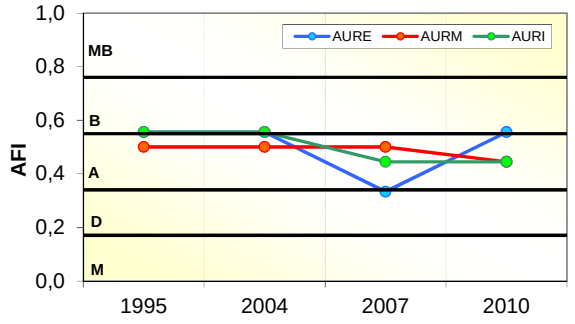


Figura 321 Valores de la calidad biológica obtenidos para cada estación en los años 1995, 2004, 2007 y 2010. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤0,17. Interior (AURI), medio (AURM) y exterior (AURE). AFI: AZTI's Fish Index.

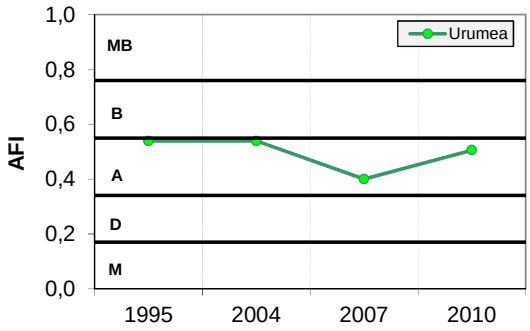


Figura 322 Valores de la calidad biológica obtenidos en la masa de transición del Urumea entre los años 1995 y 2010. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

La Figura 322 muestra la evolución de la calidad biológica en la masa de transición del Urumea entre los años 1995 y 2010. La gráfica muestra cómo el valor de la calidad biológica es mejor que el de 2007 aunque sigue obteniendo calidad de **'Aceptable'**; no osbtante, aún sigue siendo peor que el de años anteriores, en los que la calidad se mantenía en el límite entre "Bueno" y "Aceptable".

El del Urumea es un estuario que presenta un cauce muy regulado (desde Loiola hasta la desembocadura) y recoge algunos vertidos urbanos e industriales (incluyendo zincados).

Según datos del informe realizado por Ikaur-Ekolur para la Diputación Foral de Gipuzkoa (2006), en las aguas dulces del Urumea se ha detectado la presencia de especies migradoras como el *Salmo salar* (salmón atlántico –anádroma-), el *Salmo truttta morpha trutta* (trucha de mar –anádroma-) y la *Anguilla anguilla* (anguila -catádroma-). La presencia de *Alosa alosa* (sábalo –anádroma-) durante los últimos años se reduce a la aparición de ejemplares aislados. Por otro lado, se considera que las poblaciones de la especie migradora *Petromyzon marinus* (lamprea de mar –anádroma-) están extinguidas.

Los obstáculos generados por la construcción de centrales hidroeléctricas, las ferrerías, la presa de Añarbe y la sobrepesca mediante nasas, redes, explosivos y demás artilugios de pesca hasta el siglo XIX, debilitaron sobremanera las poblaciones de peces. Si a esto se añade el efecto de los vertidos de las papeleras (que empezaron a funcionar en los años 40), las consecuencias fueron devastadoras: desaparición del salmón y otras especies.

Entre 1970 y 1990 se llevaron a cabo los primeros saneamientos de aguas urbanas e industriales de la zona, detectándose una mejora de la fauna piscícola a partir de finales de los 80. Las detracciones de caudal y las modificaciones morfológicas también han sido dos hechos que han afectado a las poblaciones de peces. La única especie que no se extinguió fue la anguila, aunque se desconoce el estado en que quedaron sus poblaciones.

Cabe destacar que en estos últimos años la Diputación Foral de Gipuzkoa tiene en marcha un plan de reintroducción para el salmón atlántico, lo cual, además, ha permitido la recuperación de la trucha de mar y, por lo que parece, una mejora de las poblaciones de sábalo.

A pesar de que el Urumea ha sido históricamente una cuenca donde la presión antropológica ha provocado la desaparición de casi todas las poblaciones de peces, a día de hoy, la situación global de estas poblaciones es bastante mejor que la existente en las cuencas del Deba, Urola y Oria. No obstante, aún se deben eliminar o evitar: i) algunos obstáculos que dificultan/anulan las migraciones; ii) algunas detracciones que provocan situaciones en las que no se llega siquiera a tener el caudal mínimo; iii) encauzamientos previstos desde Hernani a Loiola.

13.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

13.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En el estuario del Urumea se midió la concentración de clorofila en dos puntos: cabecera (E-UR5, oligohalina) y zona media-exterior (E-UR10, mesohalina). Las muestras se tomaron sólo en superficie. Considerando todo el conjunto de situaciones de muestreo (pleamar y bajamar; en cuatro ocasiones a lo largo del año) se tomaron 16 muestras, que cubrieron un amplio rango de salinidad (de 1,2 a 35,6 USP). La concentración de clorofila estuvo comprendida entre 0,1 y 25,8 µg l^{-1} (Figura 323).

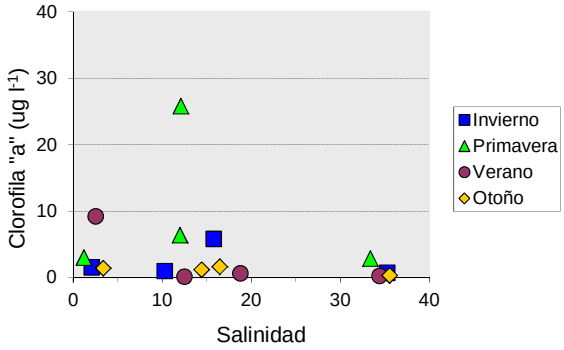


Figura 323 Variación de la concentración de clorofila a lo largo del gradiente salino del estuario del Urumea en las cuatro épocas de estudio durante 2011. Los datos son de superficie, en pleamar y bajamar.

El máximo de clorofila fue del mismo orden que el del Urola y también se encontró en primavera. En el Urumea éste tuvo lugar en la estación más exterior, en bajamar, con una salinidad de 12 UPS (Figura 323).

Las concentraciones de nutrientes encontradas en primavera en el Urumea (1-11 µM-amonio; 5-39 µM-nitrato; 0,3-0,8 µM-fosfato) fueron muy similares a los niveles que se consideran característicos de muy buen estado físico-químico en los tramos oligo- y mesohalinos de los estuarios (4-6 µM-amonio; 58-80 µM-nitrato; ~1 µM-fosfato). Durante el resto de los muestreos se encontraron niveles de nutrientes muy similares. Por lo tanto, éstos pueden considerarse dentro del rango que presentan los estuarios con un grado de contaminación muy bajo o nulo.

En la cabecera del estuario el máximo de clorofila fue cercano a 10 µg l^{-1} y se encontró en verano, en la situación de bajamar (Figura 323).

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en el estuario del Urumea se ha calculado el valor del percentil 90 para periodos móviles de seis años (Figura 324). Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton.

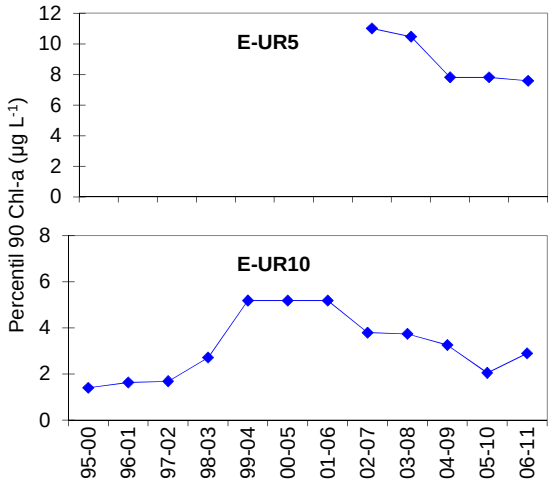


Figura 324 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Urumea. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

Como puede apreciarse en la Figura 324, en la cabecera, estación E-UR5 (normalmente de carácter oligohalino), el percentil 90 de la clorofila ha descendido desde unos 11 µg l^{-1} hasta aproximadamente 8 µg l^{-1}, a lo largo de la última década.

En la estación E-UR10 (mesohalina) se aprecian ligeras oscilaciones (Figura 324). Al comienzo de la serie (finales de los 90) el percentil estaba alrededor de 1 µg l^{-1} y fue en ascenso hasta mediados de la década del 2000, situándose entonces en unos 5 µg l^{-1}. A partir de entonces se observa un descenso, situándose actualmente en 2-3 µg l^{-1}.

En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino el percentil 90 de la clorofila normalmente no supera los 8 µg l^{-1}. Por lo tanto, la biomasa fitoplanctónica en el estuario del Urumea puede considerarse actualmente dentro del rango normal. Aunque, a comienzos de la década del 2000 era algo elevada en la cabecera del estuario.

Por otra parte, en otros estuarios del País Vasco también se han observado, con mayor o menor

intensidad, oscilaciones del percentil 90 de la clorofila en las estaciones más cercanas a la desembocadura (ver, por ejemplo, el Oria). Como se ha comentado ya para otros estuarios, dichos cambios podrían estar ligados a modificaciones en las condiciones océano-meteorológicas a escala espacial más amplia que la de la cuenca del propio estuario (factores como: insolación, turbiedad, aporte de nutrientes mediado por la pluviosidad y el caudal fluvial, estratificación frente a mezcla vertical, afloramiento frente a hundimiento, etc.). En todo caso, para comprobar estas hipótesis es necesario investigar los ciclos climáticos y su influencia sobre la dinámica del fitoplancton en la plataforma costera.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 256 se presentan las variables que describen la comunidad fitoplanctónica. Se dispone de datos de primavera y verano.

Estación	E-UR5	E-UR10
Fecha	23/05/2011	23/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	446	457
Diversidad (bit/cel)	2,5	3,1
Riqueza (Nº especies)	16	15
Estación	E-UR5	E-UR10
Fecha	14/09/2011	14/09/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	223	239
Diversidad (bit/cel)	2,0	3,1
Riqueza (Nº especies)	12	13

Tabla 256 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Urumea. Los datos son de superficie, en pleamar.

En el año 2011, la abundancia celular, riqueza de especias y diversidad (índice de Shannon) presentaron muy poca variabilidad espacial y temporal. La densidad total se mantuvo en niveles relativamente bajos, comparables a los del Oria y el Deba (10^5 células l^{-1}).

Las muestras de primavera presentaron una mayor abundancia de diatomeas en la zona media-exterior, donde el taxón dominante fue *Chaetoceros* spp. (~140.000 células l^{-1}). En la cabecera del estuario las criptofitas fueron el grupo más importante, destacando *Teleaulax* spp. (~230.000 células l^{-1}).

En verano, la muestra tomada en la zona media-exterior estuvo compuesta principalmente por pequeñas formas flageladas, pequeñas diatomeas (pennales, *Skeletonema* spp., *Chaetoceros* spp.), criptofitas (*Plagioselmis* spp.) y haptofitas. En la zona interior las especies con mayor abundancia fueron las diatomeas pennales (posiblemente bentónicas) y la criptofita *Urgorri complanatus*.

En cuanto a las especies potencialmente tóxicas se detectó la diatomea *Pseudo-nitzschia* spp. en las cuatro muestras, pero con muy baja abundancia (aproximadamente, 5.000-11.000 células l^{-1}). En cuanto a las potencialmente nocivas para los ecosistemas apareció la haptofita *Chrysochromulina* spp. (máximo en la zona exterior, 16.000 células l^{-1}) y el dinoflagelado cf. *Pfiesteria* (máximo en la cabecera, ~27.000 células l^{-1}).

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en anteriores informes, el fitoplancton en la masa de agua de transición del Urumea se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 325 se muestra la métrica calculada con los datos de clorofila. En la cabecera (E-UR5) el valor es 7,58 µg l^{-1} (n=48) y en la zona media-inferior (E-UR10) es 2,89 µg l^{-1} (n=48). Ambos no superan el límite de 8 µg l^{-1}. Por lo tanto, las dos estaciones presentan un estado "Muy bueno" en cuanto a la biomasa fitoplanctónica, aunque la estación de cabecera se encuentra muy cerca del límite con "Bueno".

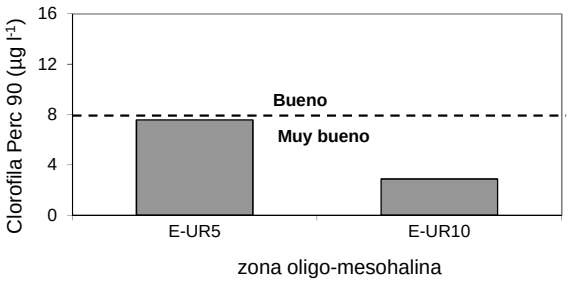


Figura 325 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Urumea. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

En la Figura 326 se muestra el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (frecuencia de blooms). En la cabecera (E-UR5) la frecuencia es 20,0%, con lo cual se encuentra en el límite entre estado "Muy bueno" y "Bueno". En la zona media-inferior (E-UR10) la frecuencia es 0%, correspondiéndole un estado "Muy bueno" en base a las floraciones.

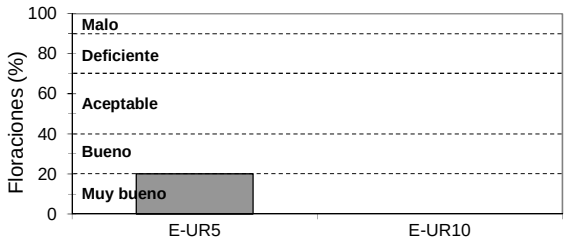


Figura 326 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Urumea. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

El estuario del Urumea se considera una masa de agua muy modificada debido a alteraciones morfológicas (principalmente la canalización, que ha eliminado casi la totalidad de sus zonas intermareales).

Las modificaciones hidromorfológicas influyen evidentemente sobre el potencial ecológico de elementos como las macroalgas y angiospermas, pero no se conoce cómo pueden influir sobre el fitoplancton. Como hipótesis, cabe pensar que la eliminación de zonas intermareales y la profundización del cauce conducirían a un menor consumo por parte de los filtradores bentónicos, que podría llevar a un aumento de la abundancia y biomasa fitoplanctónicas. También, esas modificaciones hidromorfológicas podrían conducir a una estratificación más acentuada de la columna de agua, lo cual sería un obstáculo para que las aguas de superficie (de origen fluvial y ricas en nutrientes) se diluyeran con las de fondo (de carácter más marino y pobre). La estratificación, por lo tanto, fomentaría la producción fitoplanctónica en las aguas de superficie. Pero, también cabe pensar en tiempos de residencia del agua más cortos para la capa de superficie que, por lo tanto, favorecerían el transporte de las partículas (entre ellas el fitoplancton) hacia la costa e impedirían la acumulación de biomasa fitoplanctónica en el estuario.

Por lo tanto, de forma cautelar y ante la falta de evidencia de una relación entre el aumento del fitoplancton y las alteraciones hidromorfológicas en los estuarios, el potencial ecológico del fitoplancton podría evaluarse de forma similar al estado ecológico. En todo caso, de realizarse algún tipo de corrección disminuyendo la exigencia de las condiciones de referencia en cada indicador, se recomienda que estos cambios supongan como máximo un 10% de las condiciones originales.

En la Tabla 257 se indica el estado global del fitoplancton en cada una de las estaciones del Urumea, para el último periodo de evaluación. El EQR global se calcula como la media aritmética de los EQRs de cada indicador. En ambas estaciones de muestreo el fitoplancton queda clasificado en un estado “Muy bueno”.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-UR5	0,703	0,835	Muy bueno (0,769)
E-UR10	1,000	1,000	**Muy bueno (1,000)**

Tabla 257 Estuario del Urumea. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

Finalmente, en la Tabla 258 se muestra la evolución temporal del estado del fitoplancton a lo largo de periodos móviles de seis años, comenzando en 2002. El **estado del fitoplancton** en la masa de agua de transición del **Urumea** se clasifica como “**Muy bueno**” en toda la serie temporal. La zona más exterior del estuario siempre presenta una calificación de “Muy buen” estado. La estación de cabecera oscila entre “Buen” y “Muy buen” estado.

Si la evaluación se hubiera realizado con un criterio menos exigente en las condiciones de referencia (aumentándolas un 10%), para el **potencial ecológico** del fitoplancton en el periodo **2006-2011** se obtendría también una calificación de **“Muy bueno”**, con un valor de 0,945.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Urumea	MB (0,907)	MB (0,912)	MB (0,943)	MB (0,883)	MB (0,917)
E-UR5	B	B	MB	B	MB
E-UR10	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 258 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Urumea, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

13.5.2 MACROALGAS

Para su estudio la masa de agua se dividió en 7 zonas tanto en 2004, como en 2007 y 2010, numeradas del 1 al 7 desde la desembocadura al interior. Estas 7 zonas representan dos tramos del estuario, que se pueden adscribir a las estaciones E-UR10 (zonas 1 a 4) y E-UR5 (zonas 5 a 7), desde la desembocadura al interior.

Así, en la Tabla 259 se observan los resultados obtenidos de aplicar el método explicado en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d) para la masa de agua en las tres campañas arriba indicadas.

La calificación obtenida en 2010 fue de **'Estado Aceptable'** para el global de la masa de agua, la misma que en las pasadas campañas de 2004 y 2007.

Sin embargo, se produjo una mejora del tramo exterior (de 'Estado Deficiente' en 2004 y 2007 a 'Estado Aceptable' en la campaña de 2010), debida, básicamente, a una menor cobertura de algas indicadoras de contaminación y a un menor ratio de algas verdes respecto a la cobertura vegetal total ya detectado en 2007.

Por tanto, a pesar de la mejora detectada en el tramo exterior, el cambio no se refleja en la valoración global de la Masa de Agua de Transición del Urumea.

	E-UR10	E-UR5	GLOBAL
2004	D	A	A
2007	D	A	A
2010	A	A	A

Tabla 259 Calificación obtenida para cada uno de los tramos en que se divide la masa de agua (M-EUR1 a M-EUR4 se adscriben a E-UR10; M-EUR5 a M-EUR7 se adscriben a E-UR5) y para el global de la misma, en cada una de las campañas muestreadas (D=Estado Deficiente; A=Estado Aceptable).

13.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

13.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En la Tabla 260 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en el estuario del Urumea, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

La incorporación de la estación E-UR5 al control de la calidad físico-química de las aguas del estuario del Urumea en 2002 incrementa la resolución espacial de la vigilancia a lo largo del eje del estuario. La estación E-UR5 denota un incremento muy importante de la presencia de agua de origen fluvial respecto a la estación E-UR10. La respuesta a la dualidad entre pleamar y bajamar en la estación E-UR5 depende del caudal del río Urumea. Tanto en superficie como en fondo en algunas ocasiones se detecta la presencia casi exclusiva de agua fluvial, sobre todo en bajamar. En los registros de 2011 se constata el predominio del agua fluvial en la estación interior E-UR5 (50-79%) mientras que en la estación exterior E-UR10 predomina el agua de origen marino (agua fluvial 29%).

Variable	Unidad	E-UR5-S	E-UR5-F	E-UR10-S	E-UR10-F
Temperatura	℃	15,35	16,03	17,15	17,16
Salinidad	USP	7,31	17,60	25,23	25,13
Agua fluvial	%	79,46	50,56	29,13	29,40
Saturación O_2	%	89,46	86,18	90,81	97,77
pH		7,76	7,88	7,97	8,03
Silicato	µmol.dm^{-3}	85,38		32,76	
Amonio	µmol.dm^{-3}	9,16		6,67	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	0,96		0,64	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	44,79		20,62	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	80,25		44,49	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	0,66		0,53	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	1,26		0,97	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	74,88		103,02	

Tabla 260 Estuario del Urumea. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico y presencia de agua de origen fluvial. F: fondo, S: superficie.

En el año 2011, la temperatura media varía entre 15.3º C y 17.1º C entre los distintos puntos de muestreo. Los valores medios de salinidad muestran el incremento característico hacia la desembocadura del estuario (E-UR10) y hacia el fondo de la columna. El oxígeno disuelto también aumenta hacia la zona exterior del estuario registrando valores superiores al 90% de saturación.

En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de las fluctuaciones en el caudal y composición de los aportes. También, ocasionalmente, se aprecia la influencia del estado de la marea.

En cuanto a los nutrientes, puede destacarse el predominio de las formas de nitrógeno oxidadas (nitrato y nitrito) frente a las reducidas (amonio), acorde con la distribución general de los valores de concentración de oxígeno disuelto. Como suele ser habitual en los estuarios, las concentraciones de silicato indican un

patrón de distribución conservativo, con valores más o menos proporcionales al contenido en agua fluvial. Dicho patrón se repite también para la mayoría de los nutrientes excepto para la concentración de COT que presenta valores más altos en la estación del exterior del estuario (E-UR10). Como resulta habitual en la mayoría de los casos, el predominio de los materiales con un importante componente detrítico se traduce en un predominio del carbono frente al nitrógeno y, de forma algo menos marcada y generalizada, del nitrógeno frente al fósforo. En el estuario del Urumea no se evidencia en el año 2011 dicha situación.

Las concentraciones de nutrientes registradas en 2011 se encuentran en los rangos habituales de este estuario y son similares a las de los estuarios similares del entorno.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. Tal como se señala en estudio de presiones e impactos (Borja *et al.,* 2006a), el nivel de presión relacionado con la entrada de nutrientes es medio en el estuario del Urumea. Tanto para el NID como para la concentración de fosfato, prevalece una alta variabilidad asociada a los ciclos estacionales, al estado y amplitud de la marea y, especialmente a las fluctuaciones de caudal del río. Sólo en los últimos registros se podría considerar una reducción de la frecuencia de aparición de máximos de fostafo muy marcados pero no hay una tendencia consolidada a la reducción de las concentraciones ni en la estación situada en la cabecera (E-UR5), ni en la estación del exterior del estuario (E-UR10) (Figura 327). Respecto al NID, la estación E-UR5 muestra una leve subida en los últimos años, mientras que la estación E-UR10 presenta una disminución de la entidad de los máximos (Figura 327).

La Figura 328 muestra la evolución temporal del oxígeno disuelto en el estuario del Urumea (estaciones E-UR5 y E-UR10). El Urumea mostró un aumento de oxígeno disuelto alcanzando valores de sobresaturación entre 1994 y 2001. Posteriormente, se da un descenso en la saturación hasta finales de 2003, y a partir de entonces, ambas estaciones muestran valores ascendentes llegando a alcanzar valores cercanos a la sobresaturación (Figura 328).

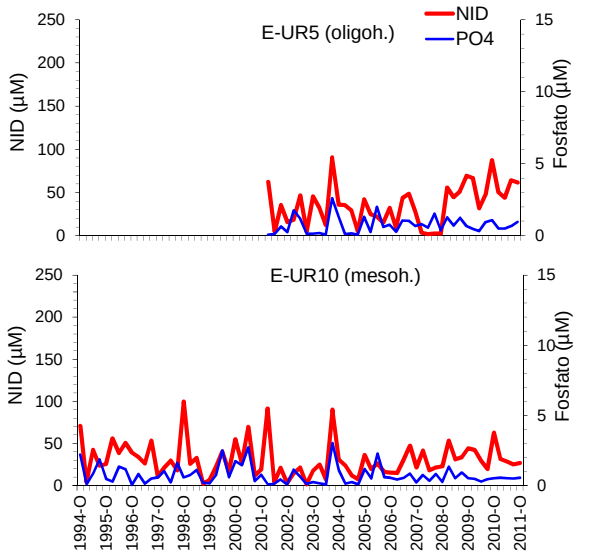


Figura 327 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en las estaciones E-UR5 y E-UR10.

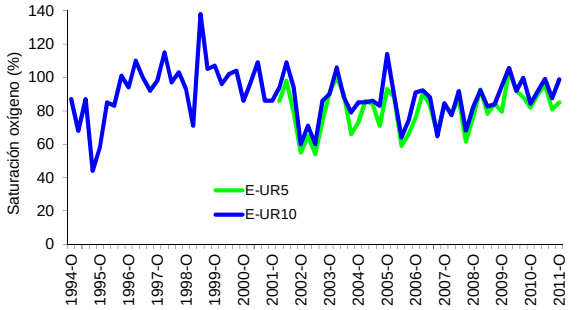


Figura 328 Evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el estuario del Urumea (estaciones E-UR5 y E-UR10), media de pleamar y bajamar, superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie en las estaciones del estuario del Urumea, se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (2,3 y 0.3 $\mu g \cdot l^{-1}$).

En la Figura 329 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las dos estaciones de muestreo del estuario (E-UR5 y E-UR10), hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

Como se puede observar en la Figura 329, algunos metales como cobre, níquel y zinc, presentan oscilaciones a lo largo de los años, pero en ningún caso

se superan los objetivos de calidad fijados para cada metal, hasta el año 2007 donde el cobre supera el objetivo de calidad establecido (25 µg·l^{-1}) en la estación E-UR10 con concentraciones de 34 y 46 µg·l^{-1} en invierno y verano, respectivamente. Este año la concentración de cobre ha aumentado en la campaña de verano en las dos estaciones. Las concentraciones de plomo y niquel, se mantienen semejantes a los valores del año pasado. En el caso del hierro la concentración de la estación E-UR5 a diminuido ligeramente, manteniendo en terminos generales niveles de concentración semejantes a años anteriores. En el caso del zinc y el manganeso se aprecia un descenso ligero respecto a los valores del año anterior. En el caso del cadmio la concentración se mantienen respecto al año pasado y desciende en la estación E-UR10 en la campaña de invierno, aun así, sobrepasa el objetivo de calidad establecido (0.2 µg l^{-1}) en esta estación, con un valor de 0.2 µg l^{-1}.

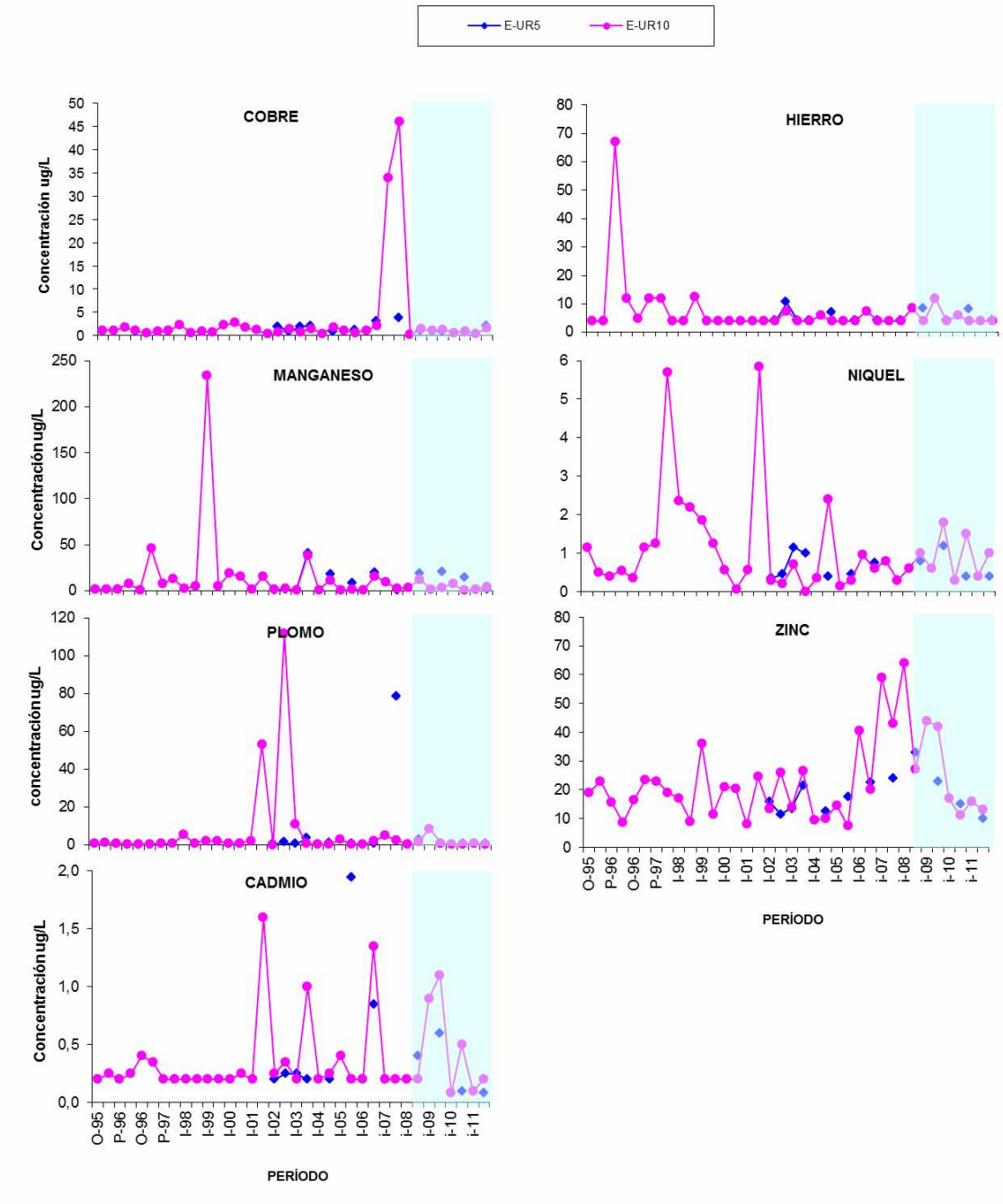


Figura 329 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Urumea en el periodo que abarca desde otoño de 1995 al verano de 2006, desde el año 2007 solo se han tenido en cuenta los datos de bajamar.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

Se han registrado concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) de varios congéneres de PAHs derivados del acenafteno en las dos estaciones de estudio y de naftaleno, fluoreno, fluoranteno, pireno, y fenantreno en la estación E-UR10.

13.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en la estación E-UR10, y desde 2002 en la estación E-UR5, se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado.

A partir de esta información, en la Figura 330 y la Figura 331 se representan la evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 261 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En relación a la variabilidad espacial, tal y como ocurre en otras masas de agua de la CAPV, la estación externa (E-UR10) presenta un sedimento mayoritariamente arenoso, con mayor potencial redox y ratio C/N, y con menor contenido en materia orgánica y nitrógeno que la estación interna (E-UR5).

En cuanto a la evolución temporal, en las campañas más recientes, en la estación E-UR5 predominan los sedimentos limoarenosos, donde se observa una tendencia descendente de la materia orgánica y ascendente del carbono y nitrógeno orgánico particulado. La estación E-UR10 muestra una disminución discontinua del nitrógeno que se refleja en una tendencia ascendente del ratio C/N.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-UR5	11,29	56,27	32,45	8,28	63	2,70	0,15	18,4
E-UR10	2,32	97,61	0,08	0,65	400	1,96	0,01	137,5

Tabla 261 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno); nd: no disponible.

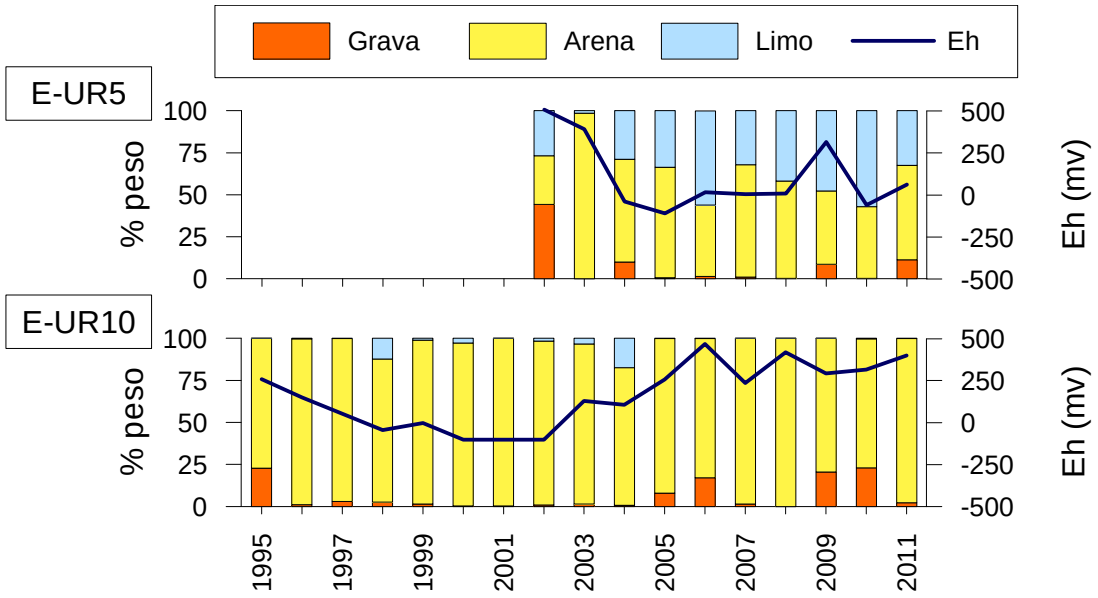


Figura 330 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos de la masa de agua de transición Urumea (muestreos de invierno).

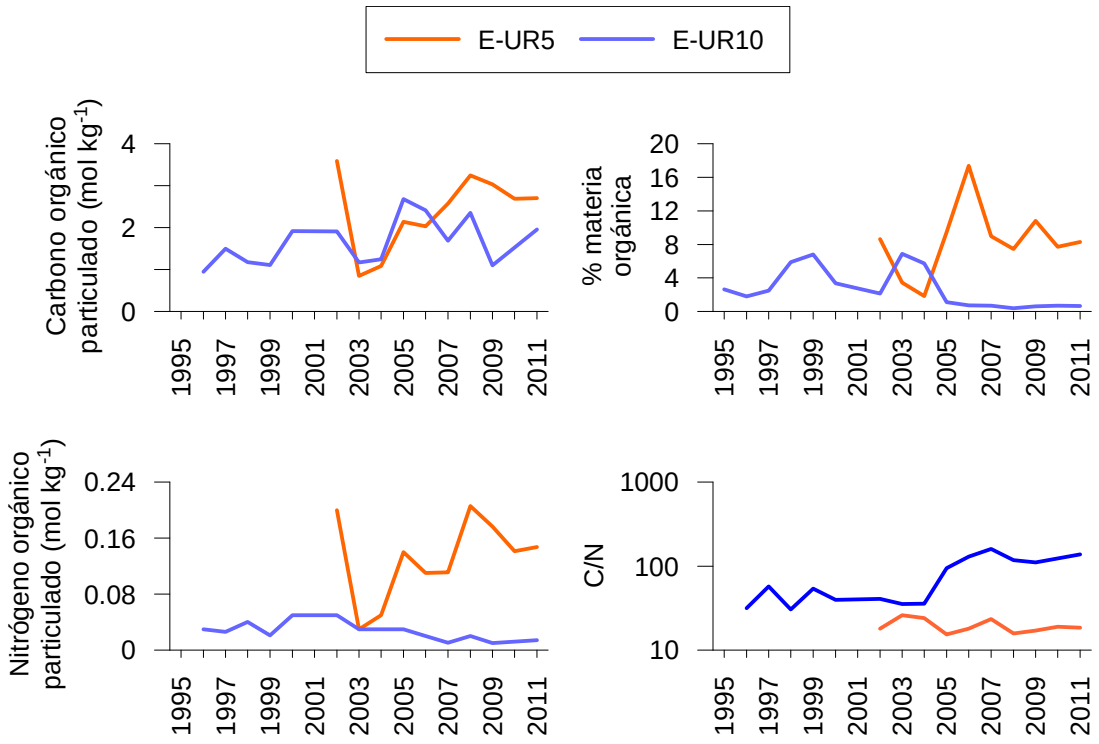


Figura 331 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 262 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. La estación más interna (E-UR5) presenta los valores máximos para todos los metales, excepto para el Ni.

La Figura 332 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-UR10 desde 1995 y para la estación E-UR5 desde 2002. Como ya se ha puesto de manifiesto en informes anteriores, se observa una tendencia descendente de las concentraciones en ambas estaciones para la mayoría de los metales.

En los muestreos más recientes, el Cd, Cu, Cr, Fe y Ni presentan concentraciones dentro del nivel de fondo en ambas estaciones.

El Hg, Mn y Zn sólo presentan valores promedio dentro del nivel de fondo en la estación E-UR10. El Pb mantiene las concentraciones promedio superiores al nivel de fondo en ambas estaciones.

Por otro lado, en la Figura 333 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. De esta manera, durante la última campaña, únicamente en la estación E-UR5, todos los metales se encuentran por encima del valor TEL, indicando existencia de riesgo bajo de afección sobre la biota.

Estación	Cd ($\mu g\ g^{-1}$)	Cr ($\mu g\ g^{-1}$)	Cu ($\mu g\ g^{-1}$)	Fe ($\mu g\ g^{-1}$)	Hg ($\mu g\ g^{-1}$)	Mn ($\mu g\ g^{-1}$)	Ni ($\mu g\ g^{-1}$)	Pb ($\mu g\ g^{-1}$)	Zn ($\mu g\ g^{-1}$)
E-UR5	0,43	40	52	33139	0,83	506	40,0	158	344
E-UR10	0,08	30	21	18757	0,11	330	41,1	105	94
Media	0,25	34,92	36,46	25948	0,47	418	40,53	131,25	219,22
Desv. est.	0,24	6,61	22,10	10170	0,51	124	0,73	37,19	176,65

Tabla 262 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

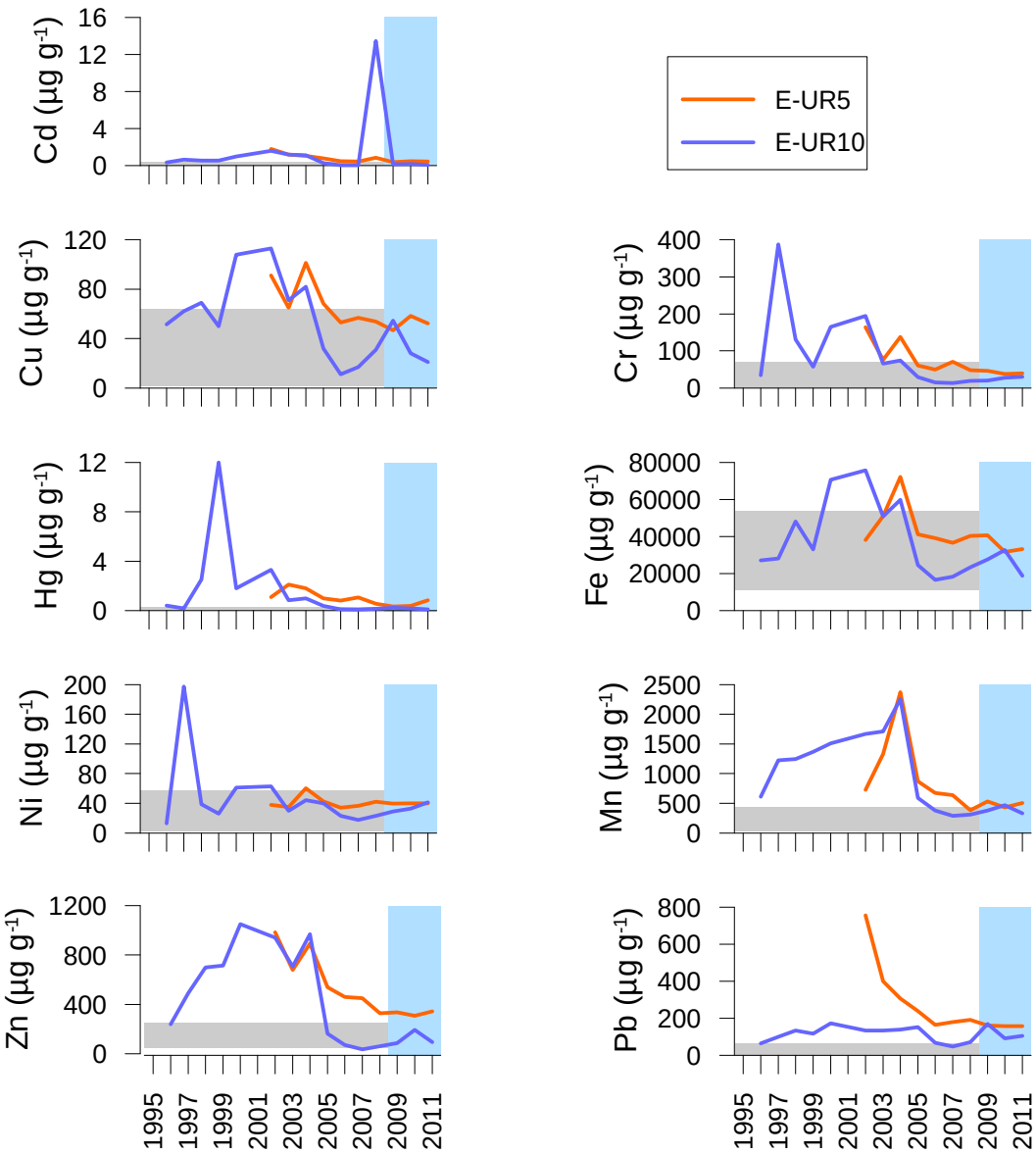


Figura 332 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

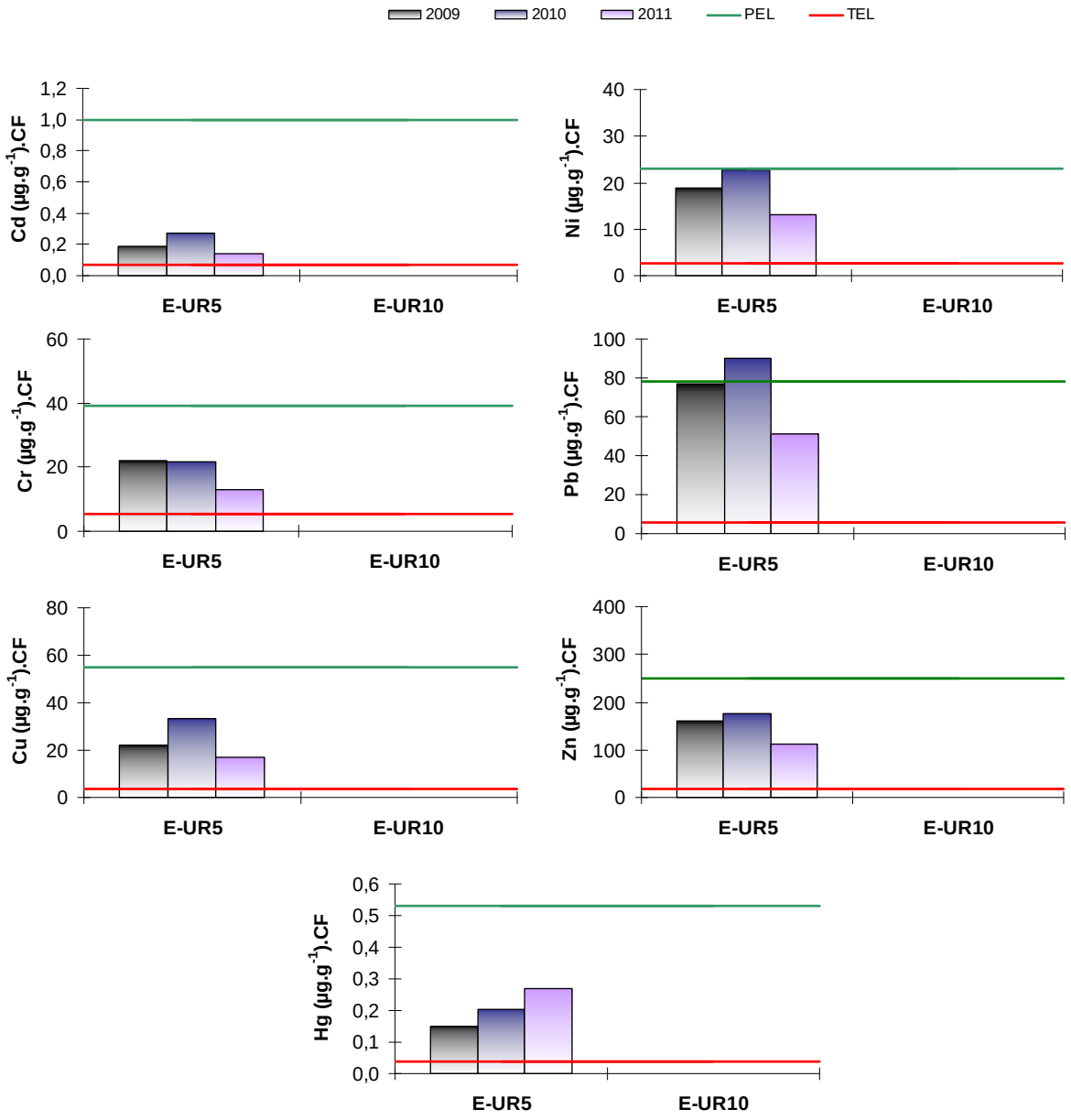


Figura 333 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Urumea, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 263 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las dos estaciones de estudio. La Figura 334 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados desde 1995 en la estación E-UR10 y desde 2002 en las estaciones E-UR5.

Durante las campañas más recientes, aldrín y dieldrín se mantienen cercanos al límite de determinación analítico.

En el caso de los PCBs y los derivados del DDT se supera el objetivo de calidad puntualmente en la estación E-UR5 en la campaña de 2007. Además, los PCBs se mantienen de forma continua por encima de los valores de fondo durante las últimas campañas. Los PAHs también se mantienen por encima del nivel de fondo, aunque sin superar los objetivos de calidad.

Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos en ambas estaciones no implican efectos negativos sobre la biota.

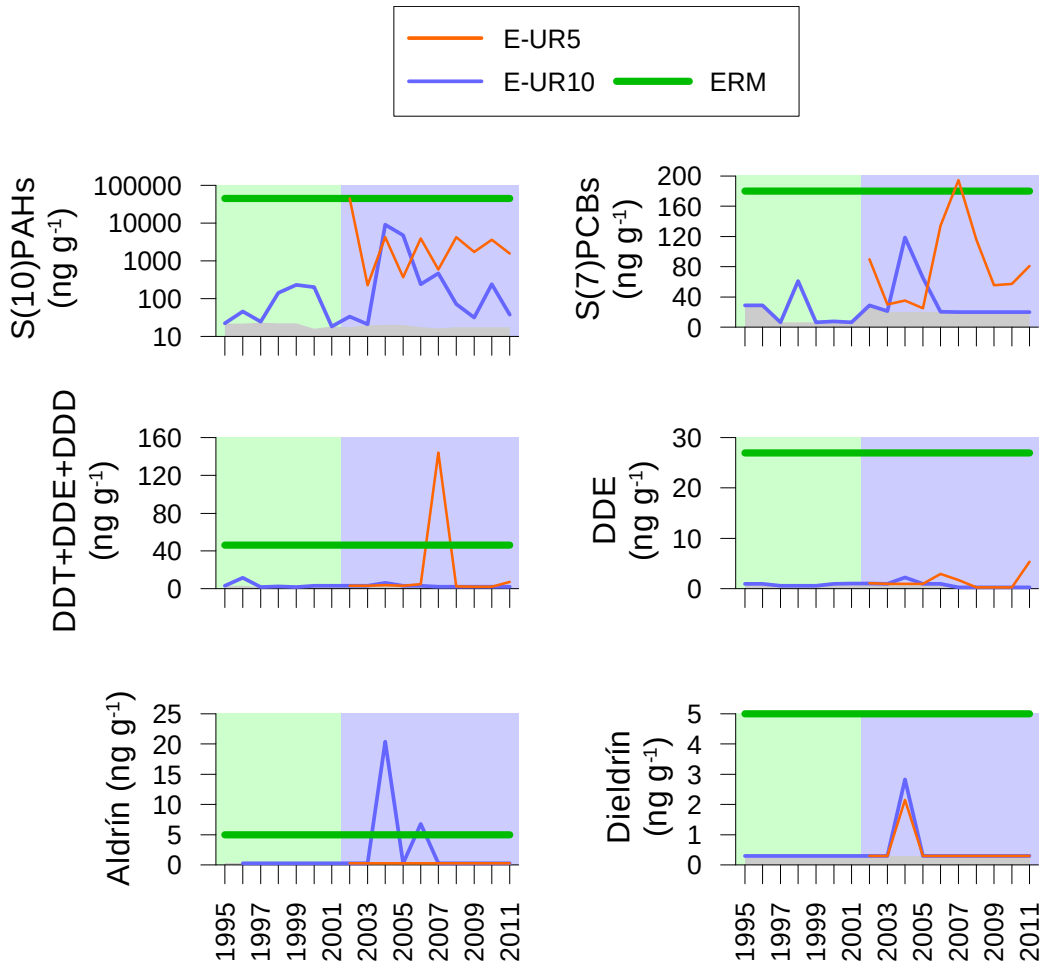


Figura 334 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos (muestreos de invierno). La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long et al., 1995).

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-UR5	<0,30	<0,30	<0,30	5,34	<1,00	<1,00	<2,00	1,50	81	1555
E-UR10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	38

Tabla 263 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 264 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Urumea, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Según estos valores de ICC globales, la estación más interna (E-UR5) presenta contaminación ligera mientras que la estación más externa (E-UR10) no muestra contaminación.

En la Figura 335 se presenta la evolución del ICC global para la estación E-UR10 desde invierno de 1995, y en la estación E-UR5 desde 2002. Se observa la estación E-UR5 mantiene valores de ICC globales superiores al límite de contaminación ligera (*i.e.*, ICC > 1). Por el contrario, la estación E-UR10 muestra una tendencia descendente, hasta alcanzar valores de no contaminación.

En relación a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, se deduce que la estación más interna E-UR5 mantiene la contaminación global ligera mientras que la estación E-UR10 presenta un ICC global no contaminado.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-UR5	CL	CL	CL	CL	C	CL	CL	C	CL	CL
E-UR10	NC	CL	NC	NC	NC	CL	CL	C	NC	NC
Total	NC	CL	NC	NC	CL	CL	CL	C	CL	CL

Tabla 264 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

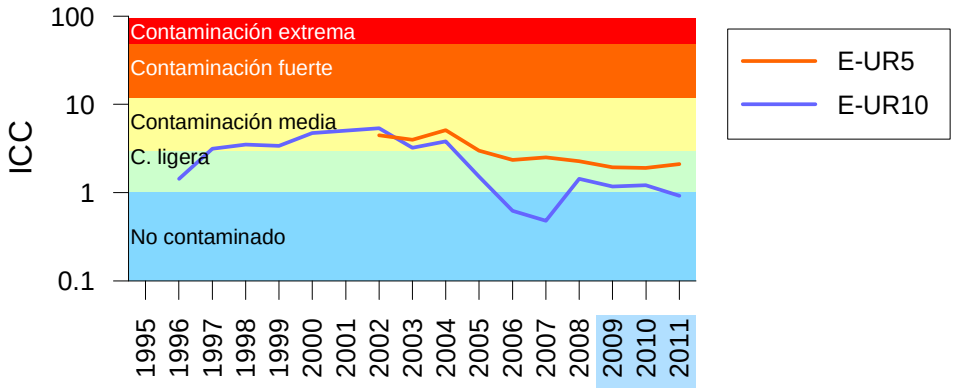


Figura 335 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

13.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En el estuario del Urumea el 26 de octubre de 2011 se recolectaron mejillones junto al puente del Kursaal (I-UR10).

Los datos de la campaña de otoño de 2011 correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos se recogen en la Base de Datos.

BACTERIOLOGÍA

La evolución de las concentraciones de bacterias en el estuario del Urumea se representa en la Figura 336.

La concentración de **coliformes fecales** en la campaña de 2011 (1.100 NMP·100 ml^{-1}) es intermedia de las observadas desde 2002. Dado que no se superan los 6000 NMP·100 ml^{-1}, se podría clasificar como zona tipo B, es decir, está permitido el marisqueo destinado a depuración.

En cuanto a los **estreptococos fecales**, la concentración en otoño de 2011 (2.000 NMP·100 ml^{-1}) también ha aumentado con respecto a 2010 (230 NMP·100 ml^{-1}).

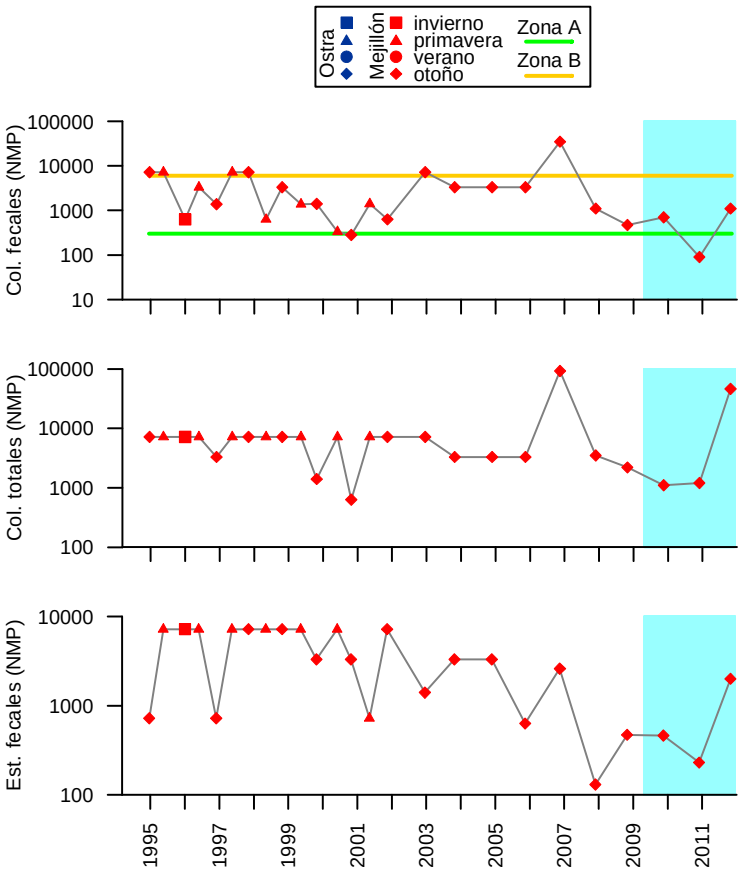


Figura 336 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-UR10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 337 se muestra la evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-UR10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de **cadmio** (0,07 mg kg^{-1}) en 2011 es inferior a las registradas en las campañas más recientes. En esta estación, en ningún muestreo se ha superado el límite legal para consumo (1 mg kg^{-1}), ni el valor de referencia dado por el CIEM (0,4 mg kg^{-1}).

El **cromo** presenta una concentración en 2011 de 0,23 mg kg^{-1}, uno de los valores más bajos observados en esta estación a lo largo del periodo de estudio. En cuanto al cumplimiento de la legislación, incluso la máxima concentración que se dio en otoño de 2007 (1,57 mg kg^{-1}) es inferior a los 1,8 mg kg^{-1} (valor actualmente no vigente) contemplados para el cromo.

El **cobre** presenta en 2011 una concentración de 1,23 mg kg^{-1}, valor que se encuentra dentro del rango de las concentraciones observadas en los muestreos más recientes en esta estación. La conentración máxima se observa en primavera de 2000, 102 mg kg^{-1}, campaña en la que se supera el límite legal para el cobre en los mejillones (20 mg kg^{-1}, actualmente no vigente), al igual que en otoño de 1997 y 1998.

En cuanto al **mercurio**, en otoño de 2011 la concentración es de 0,007 mg kg^{-1}. En general, las concentraciones observadas a lo largo del periodo de estudio en esta estación han sido inferiores, o próximas, a los límites de detección correspondientes para cada campaña, por lo que en ningún caso se han superado ni el límite legal (0,5 mg kg^{-1}), ni el valor de referencia del CIEM (0,2 mg kg^{-1}). Sin embargo, el 50% de los casos han superado la norma de calidad ambiental (20 µg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

En otoño de 2011, el **níquel** presenta una concentración (0,39 mg kg^{-1}) superior a la observada en 2010 (0,26 mg kg^{-1}). Aunque para el níquel no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. Este valor no se ve superado ni por la concentración máxima observada en el estuario del Urumea en otoño de 1996, 1,46 mg kg^{-1}.

Para el **plomo**, en otoño de 2011 la concentración es de 0,013 mg kg^{-1}, una de las más bajas observadas a lo largo del periodo de estudio en esta estación. El límite legal para su consumo (1,5 mg kg^{-1}) se ha superado en muestreos previos al año 2000.

En cuanto al **zinc**, la concentración en otoño de 2011 (35 mg kg^{-1}) se encuentra dentro del rango de las concentraciones observadas en los muestreos más recientes en esta estación. La máxima concentración de zinc (555 mg kg^{-1}) se observó en primavera de 2000. A lo largo del seguimiento, en ningún caso se han superado ni el valor de referencia dado por el CIEM, 600 mg kg^{-1}, ni el límite legal (actualmente no vigente), 1.000 mg kg^{-1}.

La concentración de **plata** se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007 con un valor inferior a 0,01 mg kg^{-1}. En 2011 se ha observado una concentración de 0,02 mg kg^{-1}.

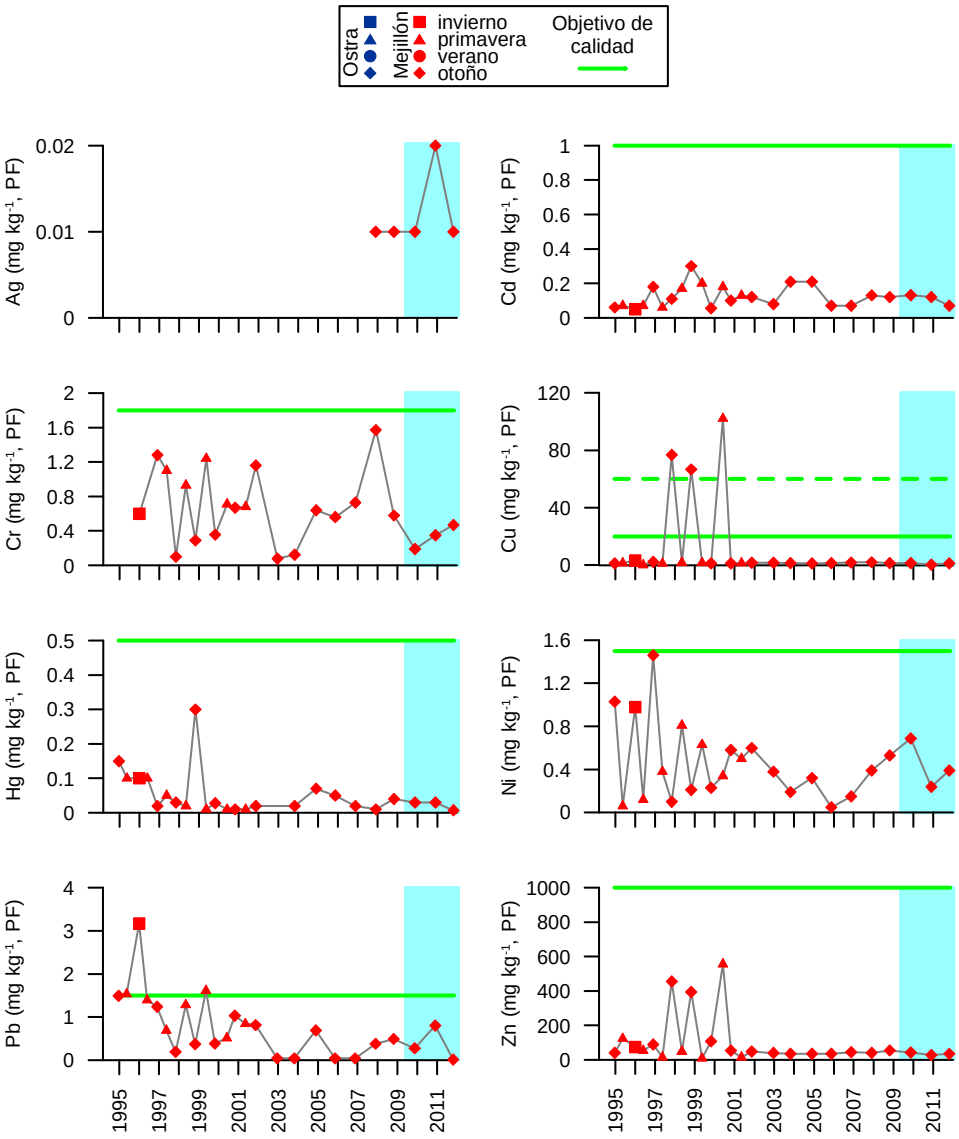


Figura 337 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-UR10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En la Figura 338 se muestra la evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-UR10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En el caso de los policlorobifenilos **(PCBs)** se han sumado las concentraciones de los 7 congéneres analizados, con objeto de poder compararlas con las de otros lugares. Hay que tener en cuenta que el dato puede variar al ser menos o más los congéneres estudiados en otras zonas.

Se observa que la concentración de PCBs en los moluscos ha ido decreciendo a lo largo del periodo de estudio, siendo la concentración máxima la observada en otoño de 1994, 609 µg kg^{-1}. En el muestreo de 2011 la

concentración (9,95 µg kg^{-1}) es una de las más bajas de las observadas a lo largo del periodo de estudio en esta estación.

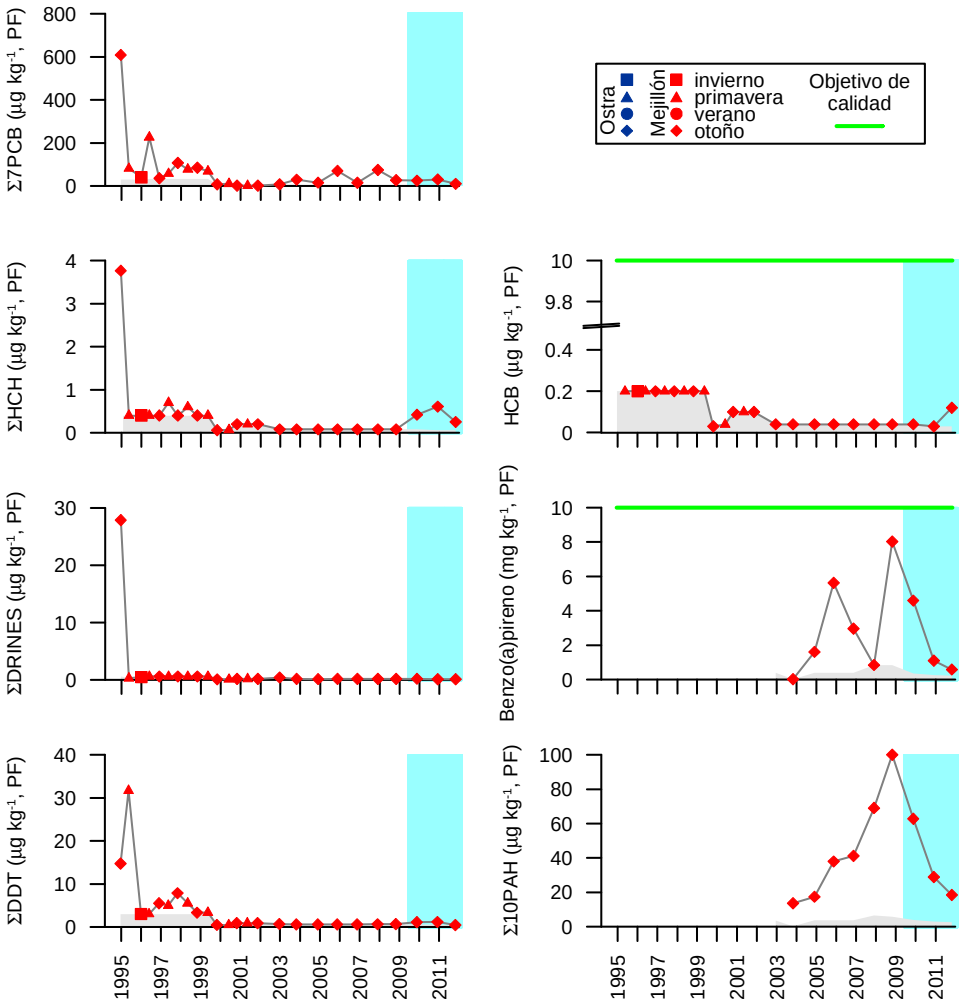


Figura 338 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-UR10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

Los valores que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 y 5 ppm. Si se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs encontradas a lo largo del periodo de estudio son inferiores a este valor.

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). La concentración observada en otoño de 2011 es inferior al límite de detección (0,45 µg kg^{-1}). A lo largo del periodo de estudio la concentración de DDT más elevada se dio en primavera de 1995, cuando se alcanzó el valor de 31,69 µg kg^{-1}. Sin embargo, incluso en este caso el valor límite (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado.

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). En otoño de 2011 la concentración (0,22 µg kg^{-1}) supera el límite de detección (0,06 µg kg^{-1}) debido a la concentración de lindano. La concentración más elevada de HCH en el estuario del Urumea se dio en otoño de 1994, 3,77 µg kg^{-1}. Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, esta concentración se encuentra muy por debajo de dicho límite.

Las variaciones observadas en la concentración de **HCB** a lo largo del periodo de estudio se deben al cambio en el nivel de detección. En 2011 la concentración es de 0,12 µg kg^{-1}, inferior al valor límite para este compuesto, 10 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones los **drines** (aldrín, dieldrín e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, desde otoño de 2002 se estudian los **PAH** en moluscos (Borja *et al.,* 2003). Desde otoño de 2003 los niveles de detección de la mayoría de los compuestos halogenados han sido superados, observándose un incremento continuo en la concentración del sumatorio total hasta los 100 µg kg^{-1},

medidos en la campaña de 2008; desde entonces ha ido disminuyendo hasta alcanzr una concentración de 19 µg kg^{-1} en 2011. La concentración de benzo(a)pireno (0,6 µg kg^{-1}) es inferior al máximo permitido para el consumo según el Reglamento (CE) n°208/2005 (10 µg kg^{-1}).

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación podría ser de Zona tipo B (apta para el marisqueo destinado a depuración), según el derogado Real Decreto 571/1999.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al.,* 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (véase Borja *et al.,* 2003). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en el estuario del Urumea, la clasificación general sería de no contaminado, con contaminación ligera de cromo y níquel.

En cuanto a los compuestos orgánicos, rara vez alcanzan los límites de detección, por lo que se puede considerar que los moluscos de este estuario no están contaminados por compuestos orgánicos. En el caso de PAHs, en 2011 no se superan los límites recomendados para el consumo por la OMS (200 µg kg^{-1}, en peso seco, para la suma de 6 PAHs) y la EPA (500 µg kg^{-1}, en peso seco, para la suma de 16 PAHs).

13.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como **'Muy buena'** en ambas estaciones y no presentan ninguna tendencia estadísticamente significativa (Figura 339).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, ambas estaciones cumplen para todas las variables.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los dos puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificos, es bueno en las dos estaciones de estudio (Tabla 265).

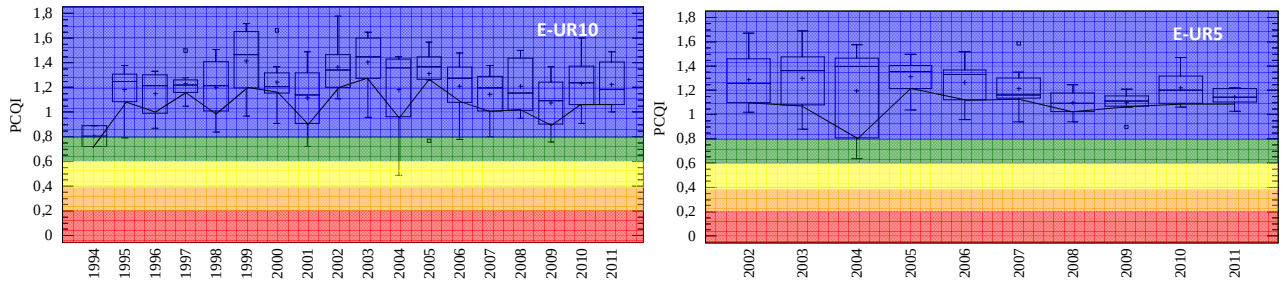


Figura 339 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-UR10 y E-UR5 de la masa de agua de transición del Urumea. La línea negra señala la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-UR5	E-UR10	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}			
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}			
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}			
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,003	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	0,005	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,1	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	0,2	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,1	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	1,35	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,27	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	0,425	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	10	14,25	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,2	0,7	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Bueno	

Tabla 265 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Urumea en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico (Tabla 266). Así, volviendo a obtener un buen estado químico como ocurrio entre 2004- 2006, 2008 y el año pasado (Tabla 266).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	No alcanza buen estado	Pb
2008	Bueno	-
2009	No alcanza buen estado	Σ Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 266 Tabla 2 Estado químico de la masa de agua de transición Urumea en los años 2004-2011.

13.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Este es un estuario que está muy encauzado, por lo que se halla muy dominado por el río. Históricamente el cauce del Urumea ha estado sometido a grandes alteraciones físicas, ganando una gran cantidad de terrenos a éste. Esto puede producir una inestabilidad hidrodinámica, ya que los sedimentos arenosos están sometidos a fuerte lavado en el tramo final.

En todo caso, en el último año, no han tenido lugar actuaciones que hayan alterado la hidromorfología más de lo que ya estaba previamente (como las obras en los puentes). Una vez alcanzada esta situación se puede decir que no es posible que vuelva a ser un estuario funcional, en el sentido de la presencia de marismas, extensas zonas intermareales, etc. Se puede calificar su situación de '**Buena'.**

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 14 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL OIARTZUN

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 14 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL OIARTZUN.....433

14.1 Resumen estado ecológico. Oiartzun..... 435

14.2 Estaciones de muestreo..... 438

14.3 Macroinvertebrados bentónicos..... 438
14.3.1 Parámetros estructurales 438
14.3.2 Calidad biológica..... 441

14.4 Fauna ictiológica..... 441
14.4.1 Estructura y composición de la comunidad 441
14.4.2 Calidad biológica..... 442

14.5 Vida vegetal asociada al medio acuático..... 444
14.5.1 Fitoplancton 444
14.5.2 Macroalgas..... 447

14.6 Indicadores fisicoquímicos 448
14.6.1 Caracterización físico-química en aguas 448
14.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos..... 453
14.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 459
14.6.4 Evaluación del estado..... 463

14.7 Indicadores hidromorfológicos 465

14.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. OIARTZUN

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta Masa de agua.

En el Oiartzun se da la presión directa de un importante número de habitantes, con 242.884 habitantes empadronados en los términos municipales por los que pasa, los cuales ocupan una superficie de 113 km^2. Sin embargo, hay que destacar que 181.900 residen en Donostia, que ejerce una mayor presión sobre la masa de agua del estuario del Urumea (es difícil establecer qué parte de la población ejerce presión sobre cada masa de agua).

Respecto a la industria, la masa de agua correspondiente al estuario del Oiartzun tiene contabilizados 24.164 establecimientos industriales y 94.294 empleos. Cobrando importancia el sector de banca, seguros y servicios a empresas, y otra vez Donostia es el municipio con mayor peso en el estuario. Sin embargo, aunque tal vez no en número pero si en relevancia, son destacables actividades industriales de siderurgia, papel… Nuevamente hay que tener en cuenta las consideraciones realizadas para la población, ya que muchos establecimientos corresponden a Donostia, repartida entre las masas de agua del Urumea, Oiartzun y zona costera adyacente.

El puerto de Pasajes es un puerto natural de carácter pesquero y comercial, al que pueden acceder buques de hasta 185 m de eslora y 30 m de manga, con un calado de 8,8 m. Sus muelles tienen una longitud de 1.200 m para los pesqueros y unos 3.250 m para los comerciales, destinándose el resto a la construcción y reparación de buques y a otras actividades auxiliares. El 33% del tráfico del puerto corresponde a la importación de chatarras para abastecer la industria del acero de la provincia. Por otro lado, el 20% de las mercancías corresponde a la exportación de productos manufacturados por esas empresas del sector siderúrgico. La exportación de vehículos ha hecho que desde 1980 hayan pasado por Pasaia más de 3 millones. Los tráficos en forma de granel (además de la chatarra, se mueve carbón, abonos naturales y artificiales y cemento) suponen más de la mitad del movimiento de mercancías. Actualmente se manipulan 0,5 millones de toneladas de carbón anuales que se utilizan, principalmente, como combustible en la central térmica de Iberdrola. En cuanto a los graneles líquidos, el puerto dispone de un muelle para el tratamiento del petróleo y sus derivados, destacando la importación de gas-oil. También se trabaja con madera, pasta de papel y papel (debido a su importancia en la zona de influencia del puerto) y se mueven magnesitas, cereales, potasas, maquinaria, aluminio, granito, fosfato, pizarra, etc.

Respecto a la ocupación por suelo no urbanizado ni industrial hay que destacar que la mayor parte corresponde a suelo improductivo (24% con 2.741 Ha de suelo improductivo). La capital Donostia, es precisamente la principal responsable de tal superficie de suelo improductivo, con 2.122 Ha.

Los aliviaderos de tormentas son también en el estuario del Oiartzun la presión más importante en número. Se han encontrado 31 aliviaderos, lo cual supone el 22% de las presiones identificadas para la masa de agua. Les siguen, en número, las presiones relacionadas con los asentamientos portuarios, con 29 presiones (20%) entre amarres, fondeaderos, canalizaciones, dragados... También son importantes los vertidos de aguas residuales urbanas (24 puntos de vertido). Menos importantes son las presiones relacionadas con estructuras para la regulación del cauce (14), los astilleros, rampas y varaderos (12), algunas infraestructuras como puentes, túneles, etc. (11) y zonas de almacenamiento (10).

Esta masa de agua presenta numerosas presiones, como vertidos industriales (siderurgia, energía, químico, etc.) y algunos urbanos (regata Txingurri) (todos ellos totalizan 280 10^6 $m^3.a^{-1}$), a pesar de ello, actualmente la mayor presión proviene del mismo puerto (ocupa el 92% de la masa de agua), lo que incluye tráfico marítimo, astilleros, dragados, canalización, amarres, etc., y una evidente degradación. Globalmente la presión en la masa de agua es alta. Aunque desde 2005 los dragados no han sido importantes, entre el 15 de agosto y finales de septiembre de 2009 se llevó a cabo el dragado de Capuchinos, el astillero y Herrera (en este caso coincidió con un muestreo de la red), habiéndose hecho algún dragado pequeño en 2010 y 2011, poniéndose pantalanes en Herrera.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico (Tabla 267), y parece que, excepto en Herrera, la tendencia es a mejorar el estado químico (Tabla 268).

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-OI10	E-OI15	E-OI20	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}				
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}				
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	0,019	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,00775	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,018	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,2	0,4	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,2	0,4	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,3	0,24	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,5	1,8	0,7	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,528	0,30	0,02	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,2	0,238	0,5	Cumple
Estado Quimico				Bueno	No alcanza	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	7,5	36	38	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	5,4	12,525	2,5	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Aceptable	Bueno	

Tabla 267 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Oiartzun en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	HCH
2005	No alcanza buen estado	Hg (sedimento)
2006	No alcanza buen estado	Hg (sedimento)
2007	No alcanza buen estado	Pb, Cd y Hg (sedimento)
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	No alcanza buen estado	Cd (sedimento)
2011	Bueno	-

Tabla 268 Estado químico de la masa de agua de transición Oiartzun en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-OI10	MB	A	B	A	B	B	Sí	No	D	B	8	0.48	3.84	7.1
E-OI15	A	A	M	A	M	M	Sí	Sí	D	M	2	0.15	0.3	
E-OI20	B	MB	MB	A	B	B	Sí	No	A	B	8	0.37	2.96	

Tabla 269 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Oiartzun en 2011.

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, de los tres puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificos, es bueno en E-OI10 y en E-OI20 y aceptable en E-OI20 (Tabla 267). Por su parte, el estado físico-químico para las variables que soportan los elementos biolóicos, es bueno en E-OI10 y E-OI20 y malo en E-OI15 (Tabla 269), aunque esta última estación presenta una tendencia a la mejora entre 2007 y 2011, posiblemente debido a la finalización de los dragados.

En la Tabla 269 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Oiartzun.

En el estuario del Oiartzun la estación E-OI10 presentó una contaminación extrema, con ausencia total de especies, hasta 1997. Debido al desvío de las aguas residuales en 1996, en el verano de 1997 bajó progresivamente el coeficiente biótico, lo que parece indicar que el sistema está tratando de evolucionar hacia una situación de "normalidad" (en paralelo al aumento de oxígeno disuelto), que en los últimos años está en mucha mejor situación. En todo caso, esta estación presentó un estado ecológico aceptable, que ha pasado a deficiente en 2009, aceptable en 2010 y bueno en 2011 (Figura 340), debido a que varios elementos biológicos han ido mejorando, aunque sigue habiendo contaminación en sus aguas. Hay una diferencia río-estuario que contrasta con lo que sucede en otros estuarios, ya que aquí el tributario principal tiene un buen estado ecológico. Hay que hacer notar que aguas arriba de Rentería casi no hay población y es en las cercanías del estuario donde se recibe la principal carga contaminante. Además, el hecho de que el estuario sea un puerto y su tasa de renovación sea muy baja, determina en gran medida su calificación.

La estación E-OI5 (incorporada en 2002), por su parte, presenta un mal estado ecológico, fundamentalmente debido a los vertidos de la regata Txingurri (con mal estado físico-químico), que afectan a las comunidades bentónicas, a las obras de los pantalanes y a su confinamiento. Este confinamiento, por modificaciones morfológicas, hace que los sedimentos hayan atrapado históricamente gran cantidad de contaminantes (metales, compuestos orgánicos), que hacen de este estuario uno de los más contaminados en sedimentos de la costa vasca (reflejado también en los ensayos de toxicidad realizados en 2006). La otra estación estuárica (E-OI20) presenta un estado ecológico bueno (Figura 340), habiendo mejorado en los últimos años la mayor parte de los elementos biológicos. Además, este año 2011 ha mejorado algo la físico-química. En general, la mejora se observa en todo el estuario, con un gradiente interior-exterior.

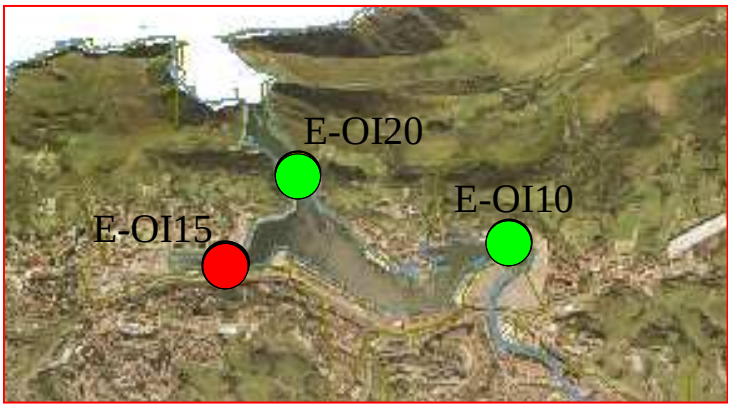


Figura 340 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la Masa de agua Oiartzun: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo

14.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Oiartzun, la Red de Vigilancia cuenta con tres estaciones estuáricas, y una estación de moluscos, que se muestrean anualmente. Por otro lado, en 2004, 2007 y 2010, se analizaron tres estaciones para vida piscícola y 5 estaciones para macroalgas en estuarios. Las posiciones se pueden observar en la Tabla 270.

Cod_Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
E-OI10	Lezo (Oiartzun)	588983,79	4797454,32	Estuarios
E-OI15	Pasaia de San Pedro (Dársena de Herrera)(Oiartzun)	586773,00	4797377,94	
E-OI20	Pasaia (San Pedro) (Oiartzun)	587571,07	4797828,68	
M-EOI1	Oiartzun Zona 01. Estuario Macroalgas	587418,00	4798128,00	Estuarios (Macroalgas)
M-EOI2	Oiartzun Zona 02. Estuario Macroalgas	586900,00	4797380,00	
M-EOI3	Oiartzun Zona 03. Estuario Macroalgas	588045,00	4797260,00	
M-EOI4	Oiartzun Zona 04. Estuario Macroalgas	588013,00	4796939,00	
M-EOI5	Oiartzun Zona 05. Estuario Macroalgas	589041,00	4796785,00	
I-OI10	Pasaia (desembocadura) (Oiartzun)	587134,29	4798539,98	Estuarios (Moluscos)
OIAE	Oiartzun (Arrastre zona exterior estuario)	587300,00	4798231,00	Estuarios (Vida piscícola)
OIAM	Oiartzun (Arrastre zona media estuario)	587708,00	47975159,00	
OIAI1	Oiartzun (Arrastre zona interior 1 estuario)	588559,00	4797416,00	
OIAI2	Oiartzun (Arrastre zona interior 2 estuario)	587300,00	4797414,00	

Tabla 270 Estaciones de muestreo en el estuario del Oiartzun.

14.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

14.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Oiartzun, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 271.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN		
		E-OI10	E-OI15	E-OI20
Densidad	$nº \cdot m^{-2}$	4.353	7	4.093
Biomasa	$g \cdot m^{-2}$	6,19	0,002	4,68
Riqueza	nº	25	2	57
Diversidad número	$bit \cdot ind^{-1}$	2,21	1,00	3,23
Diversidad biomasa	$bit \cdot g^{-1}$	2,12	0,72	4,17
Equitabilidad número		0,48	1,00	0,56
Equitabilidad biomasa		0,46	0,72	0,72
Diversidad máxima	bits	4,64	1,00	5,83
AMBI		5,01	6,67	3,73
Clasificación AMBI		Alteración Fuerte	Alteración Extrema	Alteración Moderada

Tabla 271 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Oiartzun.

La estación E-OI10, la más interna de las tres estaciones muestreadas en el estuario del Oiartzun, presenta en 2011 un sedimento predominantemente limoso (62%) y con elevado contenido en materia orgánica (13,3%).

Debido a la contaminación extrema a la que estuvo sometida esta estación, durante los muestreos de 1995-1997 hubo ausencia total de especies. Posteriormente a partir de 1997 la estación comenzó a ser poblada por una comunidad que se ha ido consolidando a lo largo del tiempo. La densidad de dicha comunidad hasta 2002 fue siempre inferior a 1.000 $ind \cdot m^{-2}$. Sin embargo el extraordinario desarrollo de la población del capitélido *Capitella capitata*, y de otros *taxa*, hizo que los valores de las abundancias de la biocenosis se disparasen hasta 3.087-38.696 $ind \cdot m^{-2}$ en el periodo 2003-2010. En la presente campaña de 2011, en cambio, se ha encontrado un valor de densidad intermedio (1.713 $ind \cdot m^{-2}$).

En esta estación (E-OI10) se puede constatar que durante el transcurso del seguimiento (1995-2011) muchas de las especies dominantes que aparecen son especies oportunistas propias de medios contaminados por materia orgánica, como lo es la especie de poliqueto *C. capitata*. Otras especies dominantes y propias también de estos medios son el molusco bivalvo *Corbula gibba* (1.407 $ind \cdot m^{-2}$), el poliqueto *Pseudopolydora paucibranchiata* (247 $ind \cdot m^{-2}$) y el también poliqueto *Chaetozone gibber* (247 $ind \cdot m^{-2}$). La persistencia, sobre todo de la primera especie como dominante desde 1998, muestra la gran capacidad de desarrollo de la misma en medios altamente cargados de materia orgánica. Muchas de las especies restantes halladas en esta área, aunque menos abundantes, son también frecuentes en medios contaminados (Bellan, 1967; Grassle y Grassle, 1974; Hily, 1984; Planas, 1986; Reish, 1972, 1980; Warren, 1977).

C. capitata, es una de las pocas especies oportunistas que puede desarrollarse extraordinariamente en medios con alto contenido en materia orgánica y concentraciones de oxígeno mínimas, siendo considerada especialmente como una buena indicadora de polución orgánica, así como de medios bentónicos alterados (Reish, 1959, Grassle Y Grassle, 1974, 1976; Planas Y Mora 1984), aunque también puede presentarse en densidades elevadas en medios no contaminados (Muus, 1967; Wolff, 1973; Warren, 1977).

Tal vez merezca la pena destacar que en esta estación faltan varias especies típicas o representativas de los estuarios que caracterizan a la Comunidad Reducida de *Macoma* presente en nuestras costas. No obstante, aunque en pequeñas densidades, alguna de ellas ha aparecido ocasionalmente: *Peringia ulvae* en 1999 y 2011, y *Hediste diversicolor* en 2000.

Debido precisamente a un relativo "buen" reparto de las abundancias de las 5 especies mejor representadas en la comunidad (no hay un dominio absoluto por únicamente una de ellas), los índices de diversidad para este parámetro alcanzan valores altos para esta estación en relación a todo el periodo de estudio (2,21 bit·ind^{-1} de diversidad y 0,48 de equitabilidad). Este dato podría ser considerado indicador de la mejora de la "salud" de la comunidad en E-OI10, mejora que, como hemos comentado, se viene observando desde 1998 (Figura 341).

La biomasa, si bien se puede considerar moderada (6,2 g·m^{-2}), es la menor de los últimos siete años, a excepción de 2007 (5,3 g·m^{-2}). Las especies que más contribuyen a este parámetro en 2011 son los bivalvos *C. gibba* (3,6 g·m^{-2}) y *Abra alba* (0,9 g·m^{-2}) (Figura 341).

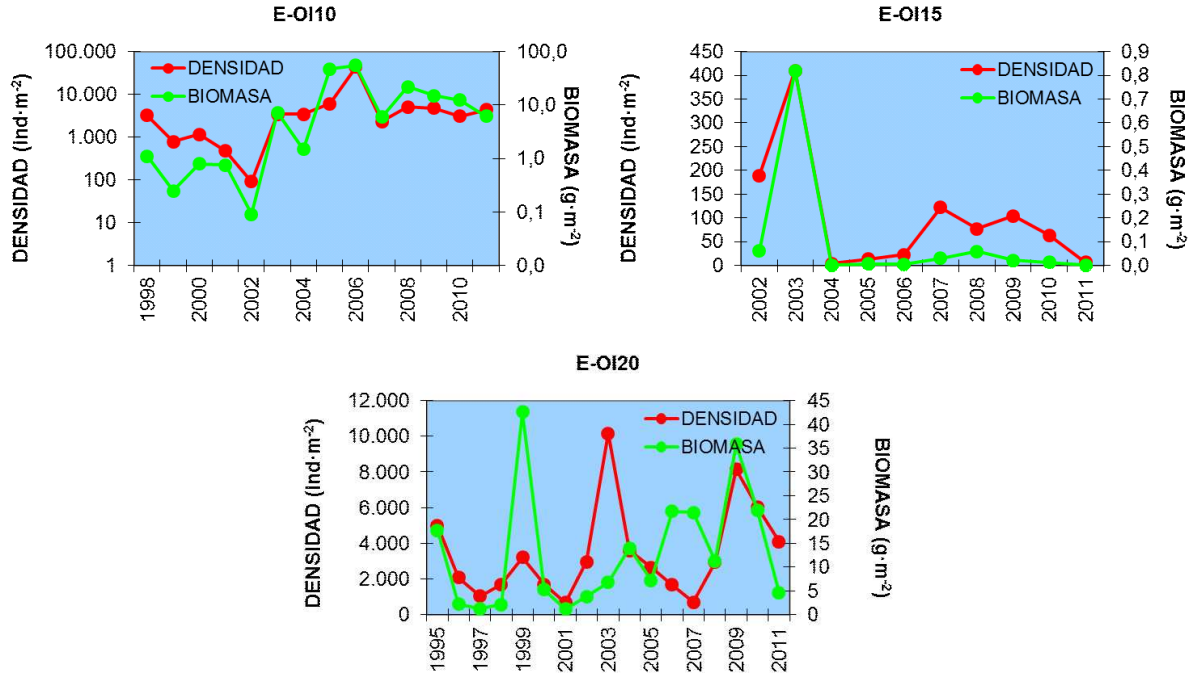


Figura 341 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-OI10, E-OI15 y E-OI20 (Oiartzun).

En 2011, el índice AMBI (5,01) es similar a los de 2007, 2008 y 2010, reflejándose una ligera mejoría frente al año 2009, aunque la calificación obtenida por la estación es de alteración fuerte, con dominancia de especies de los grupos ecológicos IV y V (Figura 342).

La segunda estación muestreada en la masa de agua de transición del Oiartzun (E-OI15), presenta características granulométricas semejantes a las de la estación anterior, aunque el contenido en materia orgánica es ligeramente inferior (7,1%).

En campañas anteriores la comunidad estuvo constituida por especies oportunistas adaptadas a desarrollarse en condiciones de estrés, donde otras especies o no pueden o tienen dificultades para hacerlo. Por ejemplo, en 2002-2004 y 2006-2009 la especie dominante fue *C. capitata*, que en 2011 presenta tan solo 3 ind·m^{-2}. No obstante, hay que mencionar que la densidad de la biocenosis en esta estación casi siempre ha sido baja (máximo, 411 ind·m^{-2}en 2003). En la presente campaña de 2011, la densidad total es de tan sólo 7 3 ind·m^{-2}, con una riqueza de 2 *taxa* (máximo, 7 *taxa* en 2010). También la biomasa es muy baja (Figura 341)..

En cuanto a los grupos ecológicos, aumenta el dominio del grupo ecológico V (100%) frente a la situación de las pasadas campañas, e incluso una de las réplicas resultó azóica. Esto hace que la calificación de la

estación pase de alteración fuerte en 2010 a alteración extrema la presente campaña de 2011 (Tabla 271).

La tercera estación muestreada en el estuario del Oiartzun (E-OI20), la más próxima al mar, presenta un sedimento con composición granulométrica muy diferente al de las anteriores estaciones. Así, predomina la fracción arenosa (95%) y el contenido en materia orgánica es bajo (1,7%).

La comunidad que ocupa la estación presenta valores de la riqueza específica (56 *taxa*; máximo del periodo de seguimiento) y de diversidad para las abundancias (3,23 bit·ind^{-1}) mayores que los de las comunidades de las estaciones más internas (E-OI15 y E-OI10), posiblemente debido a la menor carga de contaminación y a la mayor estabilidad de ciertos factores como son el hidrodinamismo, la salinidad, la turbidez, etc.

En relación a las variaciones de densidad de la comunidad a lo largo del tiempo, se observan oscilaciones con máximos relativos en 1995, 1999, 2003, 2009 y 2010. En 2011 la densidad (4.093 ind·m^{-2}) es algo inferior a la de las dos campañas precedentes. Por otro lado, la biomasa (4,7 g·m^{-2}) presenta un valor próximo a los mínimos del rango de variación de este parámetro para esta estación (Figura 341).

La diversidad estimada a partir de los datos de densidad (3,23 bit·ind^{-1}) es relativamente alta para tratarse de una estación en un medio de transición río-mar, y es de las más altas del periodo de estudio para esta estación (máxima, 4,21 bit·ind^{-1} en 2007).

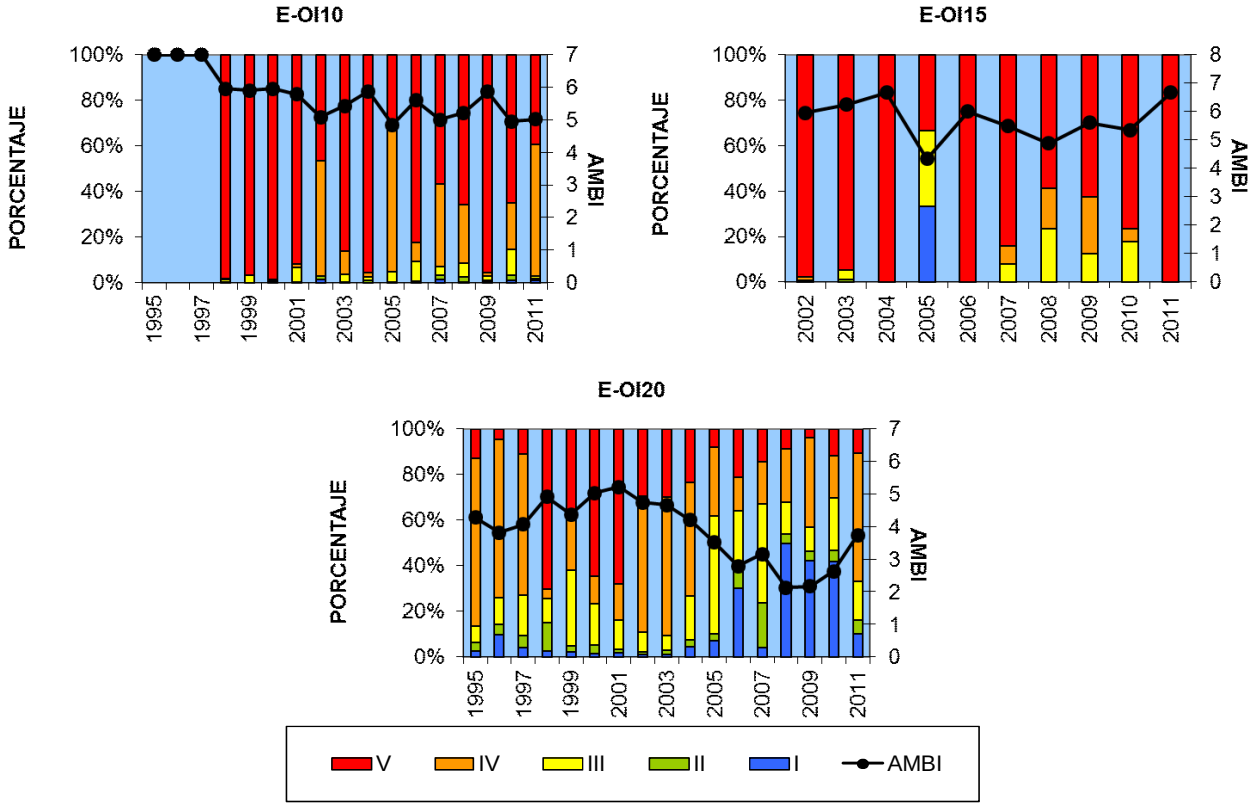


Figura 342 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-OI10, E-OI15 y E-OI20 del Oiartzun.

En cuanto al resultado de AMBI, la estación presenta alteración moderada (AMBI=3,73) (Tabla 271). Dominan las especies oportunistas de segundo orden (56%), seguidas por las especies tolerantes.

En el informe correspondiente a la pasada campaña de 2010 se indicaba que, a pesar de que el valor de AMBI había aumentado ligeramente respecto a 2009 (con mayor presencia de especies oportunistas de primer orden y tolerantes frente a oportunistas de segundo orden), la tendencia temporal positiva, observada especialmente a partir de la campaña de 2001, se mantenía (Figura 342). Sin embargo, los resultados obtenidos esta campaña de 2011, parecen dar continuidad a la tendencia negativa iniciada en la campaña de 2008 (campaña en la que se alcanzó el valor mínimo de AMBI para la estación), con un salto importante tanto en el valor de AMBI como en la composición por grupos ecológicos. Por tanto, es importante mantener la vigilancia sobre esta estación para poder comprobar si dicha tendencia se mantiene o si, por el contrario, es consecuencia de alguna acción puntual no conocida.

14.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las tres estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

La estación **E-OI10** presenta **Buen Estado** (Figura 343), con una tendencia temporal positiva desde el comienzo de su seguimiento en 1995 (M-AMBI=0) hasta 2008 (M-AMBI=0,54), a la que siguió una notable caída en 2009 hasta la calificación de Estado Deficiente, pero que se ha superado en 2010 y 2011. Sin embargo, aún conviene mantener la vigilancia sobre esta estación, con el fin de confirmar la aparente mejoría de la calidad observada en las dos últimas campañas.

La estación **E-OI15** presenta **Mal Estado** (Figura 343). Desde el comienzo del seguimiento en 2002, los valores de M-AMBI han sufrido avances (2005 y 2008, ambas campañas presentaron Estado Aceptable) y retrocesos (2004 y 2006 presentaron Mal y Deficiente Estado, respectivamente). Actualmente la estación se encuentra en un nuevo episodio de retroceso, ya que el muestreo coincidió con los dragados y obras de instalación de los pantalanes de un puerto deportivo en Herrera.

Como ya se ha indicado anteriormente, se trata de una estación en proceso constante de recolonización como consecuencia de los frecuentes dragados llevados a cabo en la zona, por lo que es habitual encontrar avances y retrocesos.

Por último, la estación **E-OI20** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 343), con una tendencia temporal positiva a partir de la campaña de 2003 hasta alcanzar la calificación de Muy Buen Estado en 2005, que se mantiene en la presente campaña. Sin embargo, como ya se ha comentado antes, es importante mantener la vigilancia sobre la estación, ya que, desde la campaña de 2008, se observa una ligera tendencia negativa en los valores de EQR (aunque aún no se ha reflejado en una disminución de la calidad).

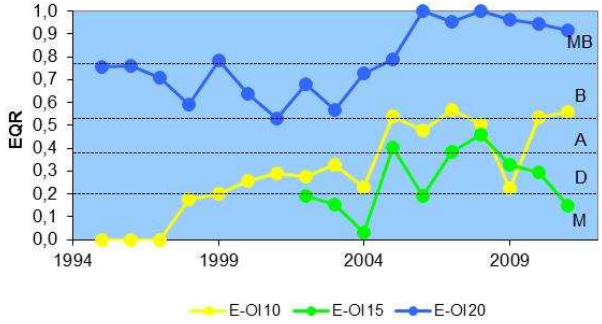


Figura 343 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua de transición del Oiartzun.

14.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

14.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Las muestras de fauna demersal recogidas durante la campaña de campo del 2010, por tanto, en el presente informe se re-analizan los datos obtenidos en dicha campaña, siguiendo la metodología expuesta en el Tomo 1 (en las masas de agua de Tipología III el análisis temporal se realiza en función de los peces, excluyendo los crustáceos).

En el Oiartzun existen datos obtenidos en muestreos de años anteriores. En concreto, datos de los años 2007 y 2004 correspondientes al estudio "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco" (Borja *et al*., 2005; 2008), datos del año 2001 analizados en el "Estudio de las comunidades de fauna demersal en los estuarios de Oiartzun y Bidasoa" (Franco *et al.*, 2002) y datos del año 1995 incluidos en el informe inédito "Estudio de la calidad biológica de los sedimentos de los estuarios interiores de los ríos Bidasoa, Oiartzun y Urumea" (Borja *et al*., 1996).

El número de taxones de peces registrados en 2010 fue de 10, ocho en 2007, cuatro en 2005, dos en 2004, cuatro en 2001 y seis en 1995.

Este año 2010 ninguna especie ha presentado una distribución por todo el estuario, mientras que entre 1995 y 2007 el número de especies distribuidos por todo el estuario fue, todos los años, el mismo: uno, *Pomatoschistus* sp. (cabuxino).

En 2010, la estación media (AOIM) presenta el valor más alto en todos los parámetros estructurales mientras que la estación interna 2 (AOII2) alcanza los valores más bajos en todos los parámetros. En la estación exterior (AOIE) y la estación interna1 (AOII1) los parámetros muestran valores medios.

Comparando estos resultados con los obtenidos en 2007 y 2004, se observa cómo los parámetros estructurales en la estación exterior (ABIE) en 2010 alcanzan valores medios (inferiores a los alcanzados en 2007 y superiores a los alcanzados en 2004); en el tramo medio (ABIM) la riqueza y la diversidad alcanzan los valores máximos de toda la serie; y en la estación interna1 (ABII1) la riqueza se mantiene con un valor similar al 2007, el número de individuos y la densidad alcanzan el valor más bajo de toda la serie, pero, sin embargo, la diversidad aumenta obteniendo el valor más alto de toda la serie. Mención especial merece la estación interna2 (ABII2), estación que hasta el 2010 mostraba valores de riqueza y abundancias mínimos así como un valor de diversidad nulo.

En líneas generales, en la estación externa (AOIE) la riqueza muestra una tendencia constante, manteniendo el mismo valor desde 2001. En la estación media (AOIM) sin embargo, la riqueza muestra una tendencia a la mejoría. A su vez, en la parte interna1 del estuario (AOII1), la riqueza vuelve a aumentar y alcanzando un valor similar al obtenido en 2001. La estación interna2 (ABII2), aumenta por primera vez su valor, aunque solo sea en una unidad.

En cuanto a la evolución del número de individuos presentes en los cuatro tramos muestreados los últimos 15 años, en líneas generales se aprecian valores muy bajos (con picos en 2004 debidos a la captura masiva de *Pomatoschistus* sp.).

Por último, en cuanto a la diversidad, se observan tendencias positivas en todas las estaciones. Destaca el hecho de que la diversidad aumenta hacia el exterior del estuario.

14.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

En este apartado se hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica, a partir de los datos obtenidos en 2004, que fue el primer año en que se muestreaba este estuario dentro de la Red de Calidad, aunque en años anteriores se realizaron estudios similares para otras administraciones (Borja *et al*., 1996; Franco *et al*., 2002), lo que permite establecer una comparación. La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1.

En la Tabla 272 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio (AOIE externa, AOIM media, AOII1 y AOII2, ambas internas).

La ausencia de especies introducidas, la salud piscícola y la ausencia de especies indicadoras de contaminación son los indicadores que contribuyen con un valor más alto, de 5, a la calidad biológica. Este valor se alcanza en todos los tramos del estuario. La riqueza alcanza un valor medio mínimo en la estación exterior y media (AOIM) y mínimo en el tramo interior1 (AOII1) e interior2 (AOII2). El valor del número de especies residentes alcanza un valor medio en la estación media (AOIM) e interior1 (AOI1) y mínimo en el resto. El valor de la presencia de peces planos es máximo en las estaciones exterior (AOIE) y media (AOIM) y mínimo en el tramo interior1 (AOII1) e interior2 (AOII2).

Estación/año	AOIE			AOIM			AOII1			AOII2		
Parámetros	2004	2007	2010	2004	2007	2010	2004	2007	2010	2004	2007	2010
Riqueza	3	3	3	1	1	3	1	1	1	1	1	1
Esp. indicadoras contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Peces planos	3	3	5	3	5	5	1	3	1	1	1	1
Omnívoros	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Piscívoros	1	5	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1
Especies residentes (nº)	3	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1
Especies residentes (%)	1	5	1	1	1	3	1	1	1	1	1	3
PUNTUACIÓN	27	33	27	23	25	35	21	23	23	21	21	23
AFI	0,50	0,67	0,50	0,39	0,44	0,72	0,33	0,39	0,39	0,33	0,33	0,39
CALIDAD BIOLÓGICA	A	B	A	A	A	B	D	A	A	D	D	A

Tabla 272 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica de peces demersales en cada estación (AOII-1 interna 1, AOII-2 interna 2, AOIM media y AOIE externa) y rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno: (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

En cuanto a la composición trófica de peces demersales, existe una relación no equilibrada en la relación entre omnívoros y piscívoros en la estación media (valor porcentual 1:5) y una equilibrada, pero de valores mínimos, en el resto (valor porcentual 1:1).

En suma, la estación exterior, la interior1 y la interior2 obtienen la calificación **'Aceptable'**, aunque el valor alcanzado por la estación exterior es superior a las interiores (Figura 344). La estación media alcanza el valor de **'Bueno'**, el valor más alto alcanzado hasta la fecha.

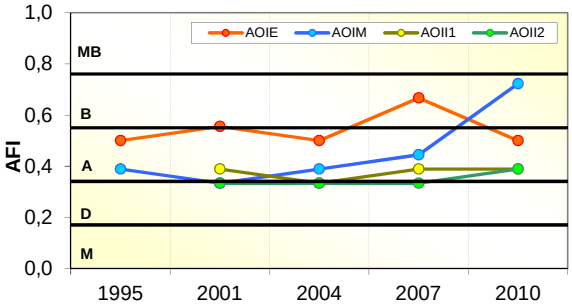


Figura 344 Valores de la calidad biológica de peces demersales obtenidos para cada estación en los años 1995, 2001, 2004, 2007 y 2010. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno: (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,55-0,34; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interior 1 (AOII1), interior 2 (AOII2), medio (AOIM) y exterior (AOIE). AFI: AZTI's Fish Index.

Al aplicar la misma metodología a años anteriores, se ha podido constatar que las estaciones que muestran una mejoría son la media, que alcanza el valor más alto de toda la serie ("Bueno"), y la estación interior2 ("Aceptable") que se recupera respecto a 2004 y 2001 (en el límite de "Deficiente/Aceptable") y alcanza el valor más alto de toda la serie.

La estación exterior presenta valores que oscilan entre "Aceptable" y "Bueno" desde 2001, mientras que la estación interna1 mantiene el mismo nivel casi todos los años ("Aceptable").

Entre los años 1995 y 2010, la calidad de peces en toda la masa de agua del Oiartzun para cada año, aunque oscila ligeramente, se mantiene en **'Aceptable'** (Figura 345).

La mejora progresiva de la calidad biológica de este estuario se debe principalmente a que, en verano del año 1996, el vertido de aguas residuales urbanas de las poblaciones de Oiartzun, Errenteria y Lezo, así como gran parte de las aguas residuales industriales de la zona, se desvío a la cala Murgita. La evolución de la concentración de oxígeno disuelto muestra oscilaciones entre los años 1997 y 2000, y, a partir de entonces, una clara tendencia de mejora.

No obstante, en la zona de Herrera (estación interna2 (AOII2)) la calidad biológica sigue siendo baja debido, en parte, a los aportes de la regata Txingurri (desciende desde la zona de Altza) y la regata Trintxerpe (antigua regata que desciende desde la calle Pescadería y que se utiliza como colector).

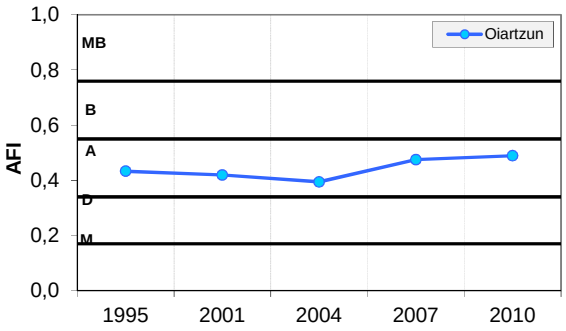


Figura 345 Valores de la calidad biológica obtenidos en la masa de transición del Oiartzun entre los años 1995 y 2010. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤0,17.

Según datos del informe realizado por Ikaur-Ekolur para la Diputación Foral de Gipuzkoa (2006), en las aguas dulces del Oiartzun se ha detectado la presencia de especies migradoras como *Salmo salar* (salmón atlántico –anádroma-*), Salmo truttta morpha trutta* (trucha de mar –anádroma-) y *Anguilla anguilla* (anguila –catádroma-). Esta última parece ser que nunca ha desaparecido, pero durante una época la presencia de estas especies migradoras fue nula. De hecho, aún no se ha detectado la presencia de *Petromyzon marinus* (lamprea de mar –anádroma-) ni de *Alosa alosa* (sábalo –anádroma-).

La presencia de todas estas especies se debe principalmente a la mejora de la calidad de las aguas y a la construcción de pasos piscícolas adecuados en zonas de nula o poca accesibilidad. Por otro lado, cabe destacar que en estos momentos la Diputación Foral de Gipuzkoa tiene un plan de reintroducción para el salmón atlántico.

14.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

14.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

La concentración de clorofila se midió en tres estaciones (E-OI10, E-OI15 y E-OI20) y a dos profundidades (superficie y fondo). Los muestreos se realizaron en pleamar y bajamar, obteniéndose un total de 48 datos.

En 2011, la salinidad varió entre 28,4 y 35,8 USP (Figura 346). Durante la mayor parte del año la salinidad indicó el carácter euhalino de este estuario. Así, salvo en algunas muestras de otoño, siempre se midieron valores de salinidad ≥30 USP.

La clorofila varió entre 0,2 y 10,2 µg l^{-1} (Figura 346). Las concentraciones más altas se registraron en verano en la estación E-OI15 (dársena Herrera), en superficie. En primavera hubo picos secundarios de 5-6 µg l^{-1} en la estación E-OI20 (zona media-exterior), también en aguas de superficie. En la estación E-OI10 (cabecera) la concentración de clorofila durante los muestreos de primavera y verano varió entre 2 y 3 µg l^{-1} en superficie, siendo más baja en aguas de fondo. En invierno y en otoño la concentración de clorofila se mantuvo en valores inferiores o cercanos a 1 µg l^{-1}, a lo largo de todo el estuario.

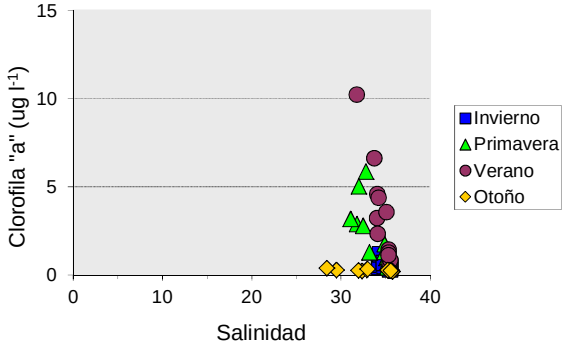


Figura 346 Variación de la concentración de clorofila a lo largo del gradiente salino del estuario del Oiartzun en las cuatro épocas de estudio durante 2011. Los datos son de superficie y fondo, en pleamar y bajamar.

Los picos de clorofila registrados durante 2011en el Oiartzun estuvieron en el mismo orden que los detectados en muchos otros estuarios de la costa vasca (Barbadún, Oka Interior, Artibai, Deba y Bidasoa) y fueron muy inferiores a los del Urola y el Urumea (~30 µg l^{-1}). Sin embargo, hay que tener en cuenta que en los otros estuarios los picos de clorofila se asociaron a masas de agua de carácter oligo-, meso- o polihalino, mientras que en el Oiartzun las aguas fueron mayoritariamente euhalinas y, por lo tanto, cabe esperar que el estado natural del medio sea más oligotrófico.

El estuario del Oiartzun tiene zonas profundas, con un volumen de agua elevado. En este tipo de bahías el tiempo de residencia del agua es de semanas o meses, lo cual beneficia la acumulación de partículas, entre ellas el fitoplancton. Considerando únicamente la influencia de la marea astronómica (como aproximación para situaciones de bajo caudal), el tiempo de residencia calculado mediante modelización en la estación E-OI10 es de unos 22 días, en la estación E-OI15 de 73 días y en la estación E-OI20 de 2 días (Belzunce *et al*., 2010). Dado que los aportes de nutrientes de origen antrópico en la dársena de la Herrera son elevados, probablemente sea la turbidez el factor que mantenga limitada la biomasa fitoplanctónica en esta zona.

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en el estuario del Oiartzun se ha calculado el valor del percentil 90 para periodos móviles de seis años (Figura 347). Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton.

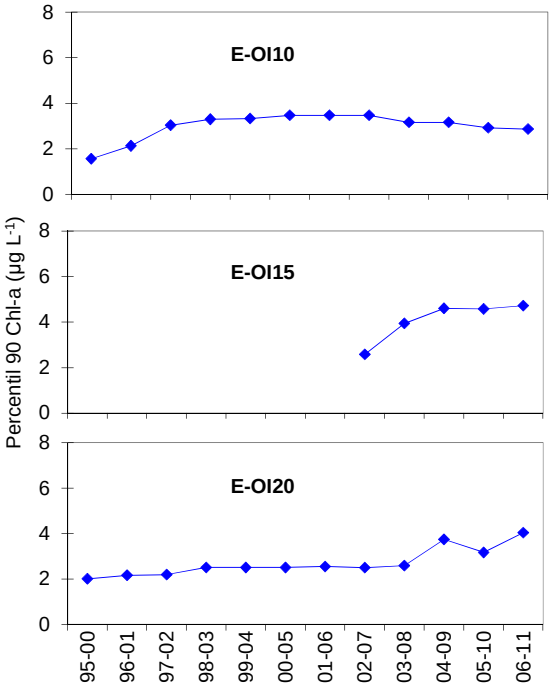


Figura 347 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Oiartzun. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

Como puede apreciarse en la Figura 347, en la estación E-OI10 (polihalina), el percentil de la clorofila ha aumentado desde 1,6 µg l^{-1} hasta 2,9 µg l^{-1}, entre el primer y el último periodo de estudio. En la estación E-OI15 (euhalina) aumentó entre 2,6 y 4,7 µg l^{-1}, durante los periodos de los que se dispone de información. Asimismo, en la estación E-OI20 (euhalina) se aprecia un ascenso, desde 2,0 µg l^{-1} al comienzo de la serie, hasta 4,0 µg l^{-1} en el periodo actual.

En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas polihalinas el percentil 90 de la clorofila normalmente no supera los 8 µg l^{-1}, mientras que en aguas euhalinas suele encontrarse por debajo de 4 µg l^{-1}. Por lo tanto, la clorofila en el estuario del Oiartzun se considera dentro del rango normal en las estaciones E-OI10 y E-OI20, pero es algo elevada en la estación E-OI15.

Por otra parte, en otros estuarios del País Vasco se han observado oscilaciones, o un cierto aumento, de la clorofila en las zonas exteriores (con mayor influencia marina) a lo largo de los últimos 10-15 años. Como ya se ha comentado en otros capítulos, dichas oscilaciones o aumentos en la biomasa fitoplanctónica podrían estar ligados a cambios en las condiciones océano-meteorológicas a escala espacial más amplia (factores como: insolación, turbiedad, aporte de nutrientes mediado por la pluviosidad y el caudal fluvial, estratificación frente a mezcla vertical, afloramiento frente a hundimiento, etc.).

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

Para las variables que describen la estructura de la comunidad fitoplanctónica (Tabla 273), la estación de la cabecera (E-OI10) se muestreó únicamente en primavera y en verano. Las estaciones E-OI15 y E-OI20 se muestrearon en las cuatro épocas del año, al estar menos influidas por la turbiedad y los arrastres fluviales.

Estación	E-OI10	E-OI15	E-OI20
Fecha		11/02/2011	11/02/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})		377	143
Diversidad (bit/cel)		2,3	2,4
Riqueza (Nº especies)		13	9
Estación	E-OI10	E-OI15	E-OI20
Fecha	27/05/2011	27/05/2011	27/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	7.413	3.781	3.027
Diversidad (bit/cel)	3,4	2,9	3,0
Riqueza (Nº especies)	26	26	25
Estación	E-OI10	E-OI15	E-OI20
Fecha	01/09/2011	01/09/2011	01/09/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	2.761	7.094	8.921
Diversidad (bit/cel)	2,4	3,0	3,0
Riqueza (Nº especies)	20	17	19
Estación	E-OI10	E-OI15	E-OI20
Fecha		11/11/2011	11/11/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})		489	80
Diversidad (bit/cel)		2,0	2,4
Riqueza (Nº especies)		8	7

Tabla 273 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Oiartzun. Los datos son de superficie, en pleamar.

La abundancia celular y el número de especies variaron en un rango muy amplio. En invierno y otoño, la abundancia total del fitoplancton fue <500.000 células l^{-1} y la riqueza varió entre 7 y 13.En primavera y verano la abundancia varió entre $3 \cdot 10^6$ y $7 \cdot 10^6$ células l^{-1}, y el número de especies entre 17 y 26.

En invierno los taxones que presentaron mayor abundancia fueron flagelados y cocoides de pequeño tamaño, que no pudieron ser identificados. Las diatomeas aportaron aproximadamente el 20% a la abundancia total y fueron en su mayoría formas pennales sin identificar. En la estación E-OI15 también se encontró la diatomea *Thalassiosira* spp. y el dinoflagelado *Heterocapsa* spp.

En otoño, junto a pequeños flagelados y formas cocoides sin identificar, se encontró una abundancia relativamente alta de la crisofícea *Ollicola vangoorii* (190.000 células l^{-1}) en la dársena de la Herrera (estación E-OI15). Estas crisofíceas son organismos mixótrofos o fagotróficos, con preferencia por aguas dulces.

En primavera, en las tres estaciones de muestreo se encontraron blooms de pequeñas diatomeas centrales (4-5 µm), que no pudieron ser identificadas. Además, en la cabecera (E-OI10) la clorofícea *Chlamydomonas* cf. *coccoides* característica de bloom (>10^6 células l^{-1}). En todo caso, las comunidades presentaron una gran variedad de taxones, y muchos de ellos en abundancias moderadamente altas, del orden de 10^5 células l^{-1}. En la zona exterior (estación E-OI20) se observaron valores más altos de haptofitas (*Chrysochromulina* spp. y *Emiliania huxleyi*), mientras que en la cabecera fueron más abundantes las criptofitas (*Plagioselmis* spp.), las clorofitas (prasinofíceas) y las euglenofíceas (*Eutreptiella* spp.).

En verano se observaron densidades típicas de bloom para los pequeños flagelados y formas coccoides sin identificar en las estaciones de carácter más marino (E-OI15 y E-OI20). En la estación de cabecera (E-OI10) hubo un bloom de criptofitas (*Plagioselmis* spp.) y pequeños flagelados sin identificar.

Como en años anteriores, las especies que formaron floraciones en el estuario del Oiartzun fueron de tamaño celular muy pequeño.

En cuanto a las especies potencialmente tóxicas en 2011 se detectó la diatomea *Pseudo-nitzschia* spp. (<3 µm), con 42.500 células l^{-1} en la dársena de la Herrera (estación E-OI15). En las tres estaciones de muestreo se observaron especies potencialmente nocivas para los ecosistemas: *Chrysochromulina* spp. (valores cercanos a 10^6 células l^{-1}) y *Thalassiosira* spp. (10^5 células l^{-1}).

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en anteriores informes, el fitoplancton en la masa de agua de transición del Oiartzun se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 348 se muestra el valor de la métrica calculada con los datos de clorofila "a" entre 2006 y 2011. Para este indicador, los umbrales que separan las clases de estado "Muy bueno" y "Bueno" difieren entre las aguas euhalinas (4,0 µg l^{-1}) y las aguas polihalinas (8,0 µg l^{-1}) de los estuarios del Cantábrico (Revilla *et al*., 2009b). Como puede observarse, en la estación E-OI10 (polihalina), el valor del indicador es 2,86 µg l^{-1} (n=48). Por lo tanto, el estado del fitoplancton en la cabecera del estuario se clasifica como "Muy bueno". En las estaciones euhalinas E-OI15 y E-OI20 el valor es 4,72 y 4,04 µg l^{-1} (n=48), respectivamente. Por lo tanto, en la dársena de la Herrera y en la zona media-exterior el estado se considera "Bueno" en base a la clorofila.

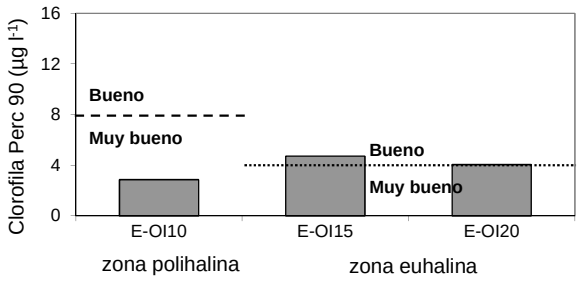


Figura 348 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Oiartzun. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

En la Figura 349 se muestra el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica (frecuencia de blooms). A la hora de establecer los umbrales que separan las clases de estado en este indicador no se tiene en cuenta la salinidad (Revilla *et al*., 2009b). Durante el periodo 2006-2011, en la estación E-OI10 la frecuencia es 25,0%, lo cual indica un estado "Bueno". En las estaciones E-OI15 y E-OI20 la frecuencia es 80,0 y 75,0%, respectivamente, lo que corresponde a un estado "Deficiente" en ambas.

La estación E-OI15, donde los vertidos de aguas residuales urbanas son bastante frecuentes, muestra altas concentraciones de amonio y fosfato. Sin embargo, en el estuario del Oiartzun no se observan concentraciones de clorofila demasiado elevadas, aunque sí lo es la abundancia celular en las épocas de primavera y verano. Esta aparente contradicción puede explicarse por la composición taxonómica típica de las floraciones en este estuario, donde predominan especies de tamaño celular muy pequeño (por ejemplo, diatomeas ≤10 µm y formas cocoides).

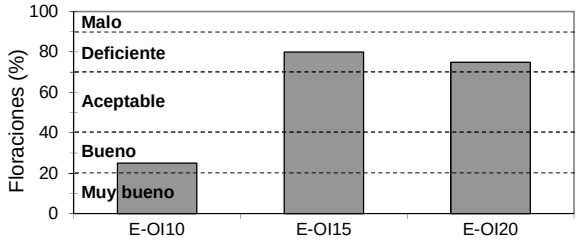


Figura 349 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Oiartzun. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

Hay que señalar que el estuario del Oiartzun se considera una masa de agua muy modificada debido a las alteraciones hidromorfológicas a que se ha visto sometido para la construcción del puerto, que ha eliminado casi la totalidad de las zonas intermareales.

Las modificaciones hidromorfológicas influyen evidentemente sobre el potencial ecológico de elementos como las macroalgas y angiospermas, pero no se conoce cómo pueden influir sobre el fitoplancton. Como hipótesis, cabe pensar que la eliminación de zonas intermareales y la profundización del cauce conducirían a un menor consumo por parte de los filtradores bentónicos, que podría llevar a un aumento de la abundancia y biomasa fitoplanctónicas. También, esas modificaciones hidromorfológicas podrían conducir a una estratificación más acentuada de la columna de agua, lo cual sería un obstáculo para que las aguas de superficie (de origen fluvial y ricas en nutrientes) se diluyeran con las de fondo (de carácter más marino y pobre). La estratificación, por lo tanto, fomentaría la producción fitoplanctónica en las aguas de superficie. Pero, también cabe pensar en tiempos de residencia del agua más cortos para la capa de superficie que, por lo tanto, favorecerían el transporte de las partículas (entre ellas el fitoplancton) hacia la costa e impedirían la acumulación de biomasa fitoplanctónica en el estuario.

Por lo tanto, de forma cautelar y ante la falta de evidencia de una relación entre el aumento del fitoplancton y las alteraciones hidromorfológicas en los estuarios, el potencial ecológico del fitoplancton podría evaluarse de forma similar al estado ecológico. En todo caso, de realizarse algún tipo de corrección disminuyendo la exigencia de las condiciones de referencia en cada indicador, se recomienda que sea como máximo un 10%.

Tras realizar la integración de los dos indicadores, como se indica en la Tabla 274, el estado del fitoplancton para el periodo 2006-2011 en el estuario del Oiartzun varía dependiendo de la zona. Así, se clasifica como "Muy bueno" en la cabecera (E-OI10), como "Aceptable" en la dársena de la Herrera (E-OI15) y como "Bueno" en la zona media-exterior (E-OI20).

Los valores de EQR indican que actualmente el fitoplancton presenta una calidad muy similar en la zona media-exterior en comparación con la dársena de la Herrera. El límite entre el estado "Bueno" y "Aceptable" para el EQR global (media de los EQRs de ambos indicadores) se sitúa para las aguas de transición en 0,435 (véase tomo de metodología). Por lo tanto, la estación E-OI20 presenta un alto riesgo de no cumplir el objetivo de calidad.

Finalmente, en la Tabla 275 se muestra la evolución del estado del fitoplancton a lo largo de periodos móviles de seis años, comenzando en 2002. El EQR integrado en la masa de agua presenta cierta tendencia de descenso. En los periodos más recientes el **estado del fitoplancton** en el **Oiartzun** se clasifica como **"Bueno"**.

Si la evaluación se hubiera realizado con un criterio menos exigente en las condiciones de referencia (aumentándolas un 10%), para el **potencial ecológico** del fitoplancton en el periodo **2006-2011** se obtendría una calificación de **"Bueno"**, con un valor numérico de 0,660.

ESTACIÓN	EQR1 Biomasa	EQR2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-OI10	1,000	0,668	Muy bueno (0,834)
E-OI15	0,566	0,209	Aceptable (0,387)
E-OI20	0,661	0,223	Bueno (0,442)

Tabla 274 Estuario del Oiartzun. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Oiartzun	MB (0,835)	MB (0,791)	B (0,727)	B (0,751)	B (0,622)
E-OI10	MB	MB	MB	MB	MB
E-OI15	B	B	A	A	A
E-OI20	B	B	B	B	B

Tabla 275 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Oiartzun, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

14.5.2 MACROALGAS

Para su estudio la masa de agua se dividió en 5 zonas tanto en 2004, como en 2007 y 2010, numeradas del 1 al 5 desde la desembocadura al interior. Estas 5 zonas representan tres tramos del estuario, que se pueden adscribir a las estaciones E-OI20 (zona 1), E-OI15 (zonas 2 y 3) y E-OI10 (zonas 4 y 5), desde la desembocadura al interior.

Así, en la Tabla 276 se observan los resultados obtenidos de aplicar el método explicado en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d) para la masa de agua en las tres campañas arriba indicadas.

La calificación obtenida en 2010 fue de **'Buen Estado'** para el global de la masa de agua, mejorando respecto a las pasadas campañas de 2004 y 2007, en que la masa de agua obtuvo una calificación de 'Estado Deficiente'.

Esta mejora se debe a una mejora de los tramos exterior (pasa de 'Buen Estado' en 2004 a 'Estado Deficiente' en 2007, para pasar a 'Muy Buen Estado' en 2010) e interior (pasa de 'Estado Deficiente' en 2004 y 2007, a 'Estado Aceptable' en 2010). Estas mejoras se debieron, básicamente, a una mayor riqueza y cobertura de especies no indicadoras de contaminación y a un menor ratio de algas verdes respecto a la cobertura vegetal total en el tramo exterior (también en el tramo medio, aunque la mejora no fue suficiente como para cambiar la calificación), y a una mayor cobertura de algas no indicadoras y un menor ratio de algas verdes respecto a la cobertura vegetal total en el tramo interior.

Por tanto, la valoración global para la masa de agua, aplicando al conjunto de zonas delimitadas la misma media ponderada que se hace para el cálculo por tramo, pasó de 'Estado Aceptable' en 2004 y 2007, a **'Buen Estado'** en la presente campaña de 2010.

	E-OI20	E-OI15	E-OI10	GLOBAL
2004	B	A	D	D
2007	A	A	D	D
2010	MB	A	A	B

Tabla 276 Calificación obtenida para cada uno de los tramos en que se divide la masa de agua (M-EOI1 se adscribe a E-OI20; M-EOI2 y M-EOI3 se adscriben a E-OI15; M-EOI 4 y M-EOI5, se adscriben a E-OI10) y para el global de la misma, en cada una de las campañas muestreadas (D=Estado Deficiente; A=Estado Aceptable; B=Buen Estado; MB=Muy Buen Estado).

14.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

14.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

La incorporación de la estación E-OI15 al control de la calidad físico-química de las aguas del estuario del Oiartzun en 2002 incrementa la resolución espacial de la vigilancia a lo largo del eje del estuario y da una mayor representatividad a la influencia de los aportes introducidos por los afluentes secundarios (Regata Txingurri) y a los efectos derivados de una menor tasa de renovación de las aguas (Dársena de Herrera). A diferencia de otras nuevas estaciones de control establecidas en 2002, por la morfología del estuario, la estación E-OI15 no representa una zona con un incremento importante de la presencia de agua de origen fluvial respecto a las estaciones E-OI10 y E-OI20, pero denota la diferencia en la concentración de contaminantes en los aportes. Como en las restantes estaciones, las variaciones en la proporción de agua continental y marina responden más a las fluctuaciones de caudal del afluente que a la dualidad entre pleamar y bajamar.

En la Tabla 277 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en el estuario del Oiartzun, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

En el 2011, la temperatura media oscila entre 16.7º C y 19.4º C, valores ligeramente superiores a los registrados en otros estuarios. A partir de los datos de salinidad obtenidos en la serie de muestreos del año 2011, puede observarse que incluso en el nivel superficial, predomina netamente el agua de origen marino. A diferencia de lo observado en otros estuarios, las concentraciones de las sustancias disueltas medidas, en especial los nutrientes, no guarda una clara proporcionalidad con la salinidad, lo cual indica la presencia de aportes puntuales en el propio estuario. En este sistema los aportes directos y los tiempos de residencia resultan más determinantes sobre las concentraciones medidas y la calidad general de las aguas que los procesos de mezcla y dilución entre las aguas dulces y las marinas.

Así pues, la proporcionalidad respecto al porcentaje de agua de origen fluvial, representado por la salinidad, es casi excepcional entre las tres estaciones de control establecidas en el estuario del Oiartzun.

Variable	Unidad	E-OI10-S	E-OI10-F	E-OI15-S	E-OI15-F	E-OI20-S	E-OI20-F
Temperatura	℃	19,46	16,86	18,02	17,24	19,15	16,75
Salinidad	USP	32,94	35,41	32,48	35,20	33,47	35,44
Agua fluvial	%	7,46	0,53	8,76	1,11	5,99	0,44
Saturación O_2	%	94,98	91,59	69,81	72,72	96,05	97,28
pH		8,16	8,17	8,04	8,10	8,17	8,21
Silicato	µmol.dm^{-3}	46,75		24,25		19,64	
Amonio	µmol.dm^{-3}	20,89		49,65		13,11	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	0,92		1,39		0,68	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	40,58		29,73		19,48	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	90,15		122,13		53,79	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	1,50		3,33		0,98	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	2,41		5,42		1,64	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	122,46		155,42		110,92	

Tabla 277 Estuario del Oiartzun. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico y presencia de agua de origen fluvial. F: fondo, S: superficie.

En este sentido, algunos de los máximos y mínimos que indican una situación más desfavorable (exceso de nutrientes, déficit de oxígeno) se concentran en la estación E-OI15 como consecuencia de los aportes procedentes de la regata Txingurri sobre una zona de escasa renovación de las aguas. Éste es el caso del amonio, el nitrito, el nitrógeno total, el fosfato, el fósforo total y el COT, cuyos máximos en la mencionada estación son un claro reflejo de la influencia de los vertidos.

Por otra parte, en los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de las fluctuaciones en el caudal y composición de los aportes. También se aprecia la influencia del estado de la marea. No obstante, el estuario del Oiartzun es, junto con el estuario del Nerbioi, uno de los pocos estuarios en los que el volumen en bajamar es notablemente mayor que

el volumen del prisma mareal. Además, el caudal del río es bajo en relación con el volumen total del estuario, por lo que las fluctuaciones entre pleamar y bajamar son relativamente menores que en los estuarios dominados por el río y por el flujo y reflujo de la marea.

En cuanto a los nutrientes, pueden destacarse las diferentes proporciones entre las formas oxidadas y reducidas del nitrógeno en función de los aportes mencionados y de la concentración de oxígeno disuelto. En las estaciones más influenciadas por el río suele predominar el nitrato sobre el amonio, mientras que en la estación E-OI15 predomina el amonio, lo cual refleja, una vez más, la influencia de los vertidos de aguas residuales en dicha estación. Se observa un exceso relativo del nitrógeno inorgánico disuelto (NID o suma de amonio, nitrito y nitrato) respecto al fosfato. Por otra parte, como resulta habitual en la mayoría de los casos, el predominio de los materiales con un importante componente detrítico se traduce en un predominio del carbono frente al nitrógeno y, de forma algo menos marcada y generalizada, del nitrógeno frente al fósforo.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En la mayoría de las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. En general predominan las situaciones alternantes, con una distribución de tipo “dientes de sierra” en la que se observa la incidencia de la estacionalidad y de las condiciones hidrológicas. Tal como se señala en el estudio de presiones e impactos (Borja et al., 2006a), el nivel de presión relacionado con la entrada de nutrientes es alto.

Las series de datos correspondientes a las estaciones E-OI10 y E-OI20 reflejan una tendencia descendente de NID y concentración de fosfatos o, al menos una reducción de la entidad y frecuencia de aparición de concentraciones muy elevadas de nutrientes (Figura 350). En cambio, la estación E-OI15, situada en la zona intermedia del estuario y caracterizada por una baja tasa de renovación de las aguas, presenta una tendencia ascendente de NID y concentración de fosfatos hasta otoño de 2007, probablemente debido a los aportes procedentes de la regata Txingurri (Figura 350). A partir de 2008, la estación E-OI15 exhibe valores similares a los registrados en el periodo 2002-2006.

Aunque de una manera menos acusada, se observa una reducción del rango de las concentraciones de nutrientes, especialmente por la cuantía de los máximos de concentración de amonio, como forma reducida del nitrógeno inorgánico, y por la disminución de la frecuencia de las situaciones en las que las bajas concentraciones de nitrato indicaban la existencia de procesos de desnitrificación. Con las salvedades indicadas para la estación E-OI15, las concentraciones más bajas de nitrato registradas en las últimas series de muestreo aparecen más relacionadas con la reducción de los aportes y la dilución general en función de las condiciones hidrológicas que con los procesos de desnitrificación.

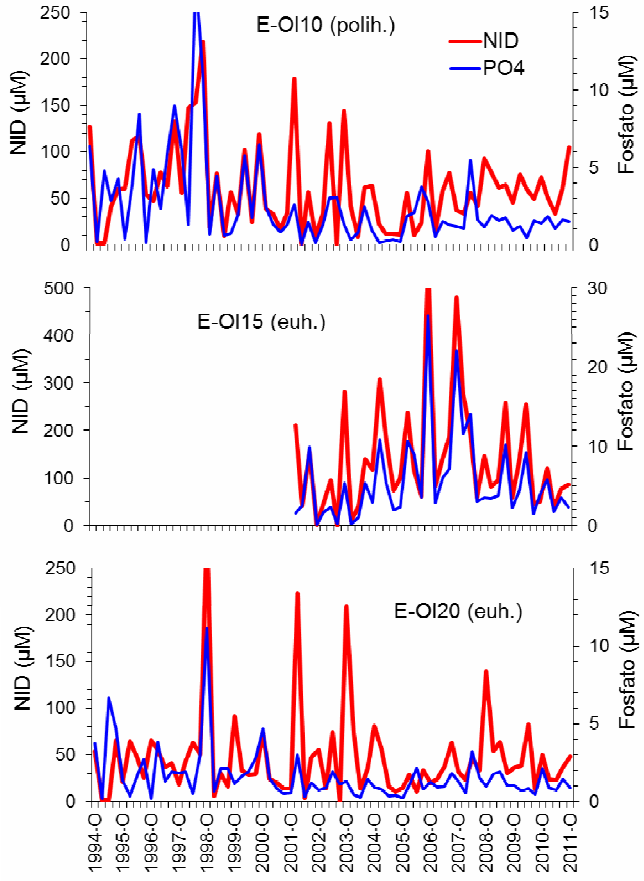


Figura 350 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en las estaciones E-OI10, E-OI15 y E-OI20.

En la Figura 351 se presenta la evolución temporal del oxígeno disuelto en el estuario del Oiartzun (estaciones desde la más interior, E-OI10, hasta la más exterior, E-OI20). Se aprecia que es la estación de Herrera (E-OI15) la que presenta las concentraciones más bajas de oxígeno disuelto. Cabe destacar que el ciclo estacional resulta menos evidente que en otros estuarios.

Con todo, puede destacarse la tendencia ascendente para el porcentaje de saturación de oxígeno. La mejora más notable se ha registrado en las estaciones E-OI10 y E-OI20. Como se puede apreciar en la Figura 351, el "salto" en la mejoría de las condiciones de oxigenación se produjo tras el desvío de vertidos a cala Murgita en verano de 1996. Sin embargo, se observa una ralentización de la mejora en los últimos años de la serie pero, de nuevo, puede destacarse una reducción de la frecuencia y la intensidad de las situaciones de hipoxia.

En la estación E-OI15 se produjo un descenso en la concentración de oxígeno disuelto desde que se incorporó esta estación al estudio hasta el año 2007. Posteriormente, a partir de 2008 empiezan a ascender los valores del porcentaje de saturación del oxígeno hasta sobrepasar el límite de 60% (Figura 351).

Con esta salvedad, las tendencias de mejoría han sido también observadas en otros trabajos (Franco *et al*., 2003) y se relaciona con el desvío, primero a cala Murgita, y posteriormente a la depuradora y al emisario submarino, de la mayor parte de los vertidos que se realizaban directamente al estuario.

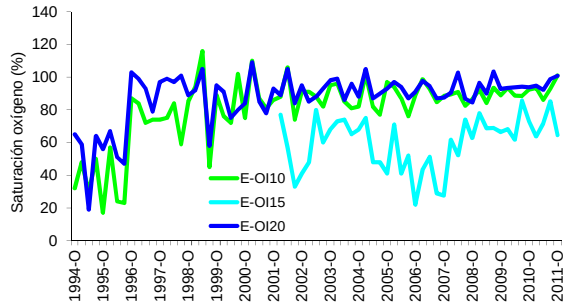


Figura 351 Evolución temporal del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el estuario del Oiartzun (estaciones E-OI10, E-OI15 y E-OI20), media de pleamar y bajamar, superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie en las estaciones del estuario del Oiartzun, se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (2,3 y 0.3 $\mu g \cdot l^{-1}$).

En la Figura 352 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las tres estaciones de muestreo del estuario (E-OI20, E-OI15 y E-OI10), hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

Como se puede observar en la Figura 352, algunos metales como manganeso y níquel, presentan oscilaciones a lo largo de los años, con diferencias apreciables en la concentración entre las diferentes estaciones de muestreo, pero en la actualidad, en ningún caso se superan los objetivos de calidad fijados para cada metal.

Este año 2011 la concentración de cadmio ha bajado ligeramente, excepto en la estación E-OI20 que ha subido. Solamente superan el objetivo de calidad establecido para cadmio (0.2 $\mu g\ l^{-1}$) la estación E-OI15 y E-OI20. Respecto al zinc y el manganeso ha bajado la concentración en la estación E-OI10 pero ha subido ligeramente en las otras dos estaciones. El niquel y el plomo han bajado ligeramenta la concentración en las tres estaciones de estudio. En el caso del cobre se ha observado un aumento en la concentración en las tres estaciones de estudio. En el caso del hierro la concentración se mantiene sin grandes variaciones respecto al año anterior, excepto en la estación E-OI20 que ha aumentado la concentración.

En el caso concreto del zinc, se aprecia un claro gradiente de concentración, siendo las máximas concentraciones en la parte más interna del estuario, E-OI10 (Lezo), y las más bajas en la parte más externa, E-OI20 (Pasaia San Pedro). La concentración media de los últimos años de este metal en el estuario de Oiartzun se podría establecer alrededor de 30 $\mu g \cdot l^{-1}$. No obstante, cabe mencionar la importante mejoría que presenta la concentración de zinc en este estuario en los últimos años, ya que se habían llegado a registrar concentraciones incluso tres veces superiores a objetivo de calidad. Este año la concentración de zinc se mantiene en la línea de los años anteriores por debajo del objetivo de calidad establecido.

En general, en 2011 se puede observar un ligero descenso de la concentración y de mantenimiento respecto al año anterior.

Al igual que en el estuario del Nerbioi el Oiartzun también se denomina como una 'masa de agua con presión muy alta'. En este estuario se siguen recibiendo importantes vertido contaminados y persisten algunas áreas degradas (Borja et al., en prensa b). La relación paralela, existente entre los vertidos de metales al río (datos proporcionados por la Agencia Vasca del Agua) y las concentraciones de metales disueltos (Mn, Fe, Ni y Zn) en el estuario, se muestra en la Figura 353. Este año se observa un ligero descenso de la concentración del zinc, manganeso y niquel en el rio coincidiendo con un ligero descenso de concentración en el punto más interno

del estuario E-OI10. En el caso del hierro se ha dado un aumento de la concentración, mientras que la concentración de los puntos del estuario se mantiene sin variación respecto los años anteriores. En general, el tratamiento de aguas llevado a cabo en la cuenca, junto con el cierre de las minas cercanas, ha implicado una reducción en la concentración de metales (sobre todo Zn) en las aguas del río y, como se puede observar, también en las aguas del estuario. Además, esta mejoría en la calidad de las aguas del estuario del Oiartzun, ha llevado a una recuperación de la calidad del bentos y peces, en el mismo periodo (Borja et al., 2006b, 2009c; Uriarte y Borja, 2009).

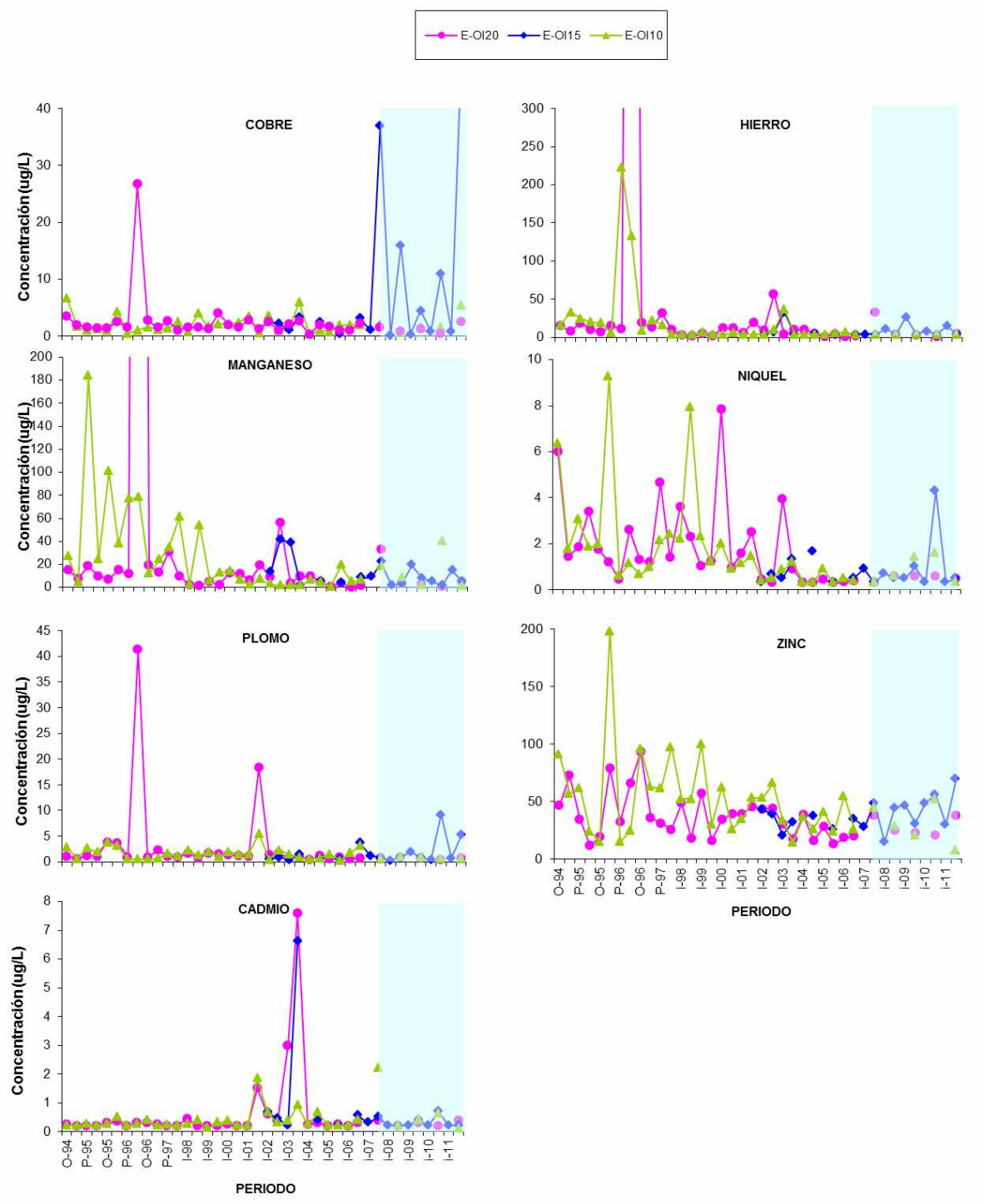


Figura 352 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Oiartzun en el periodo que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2006, desde el 2007 sólo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

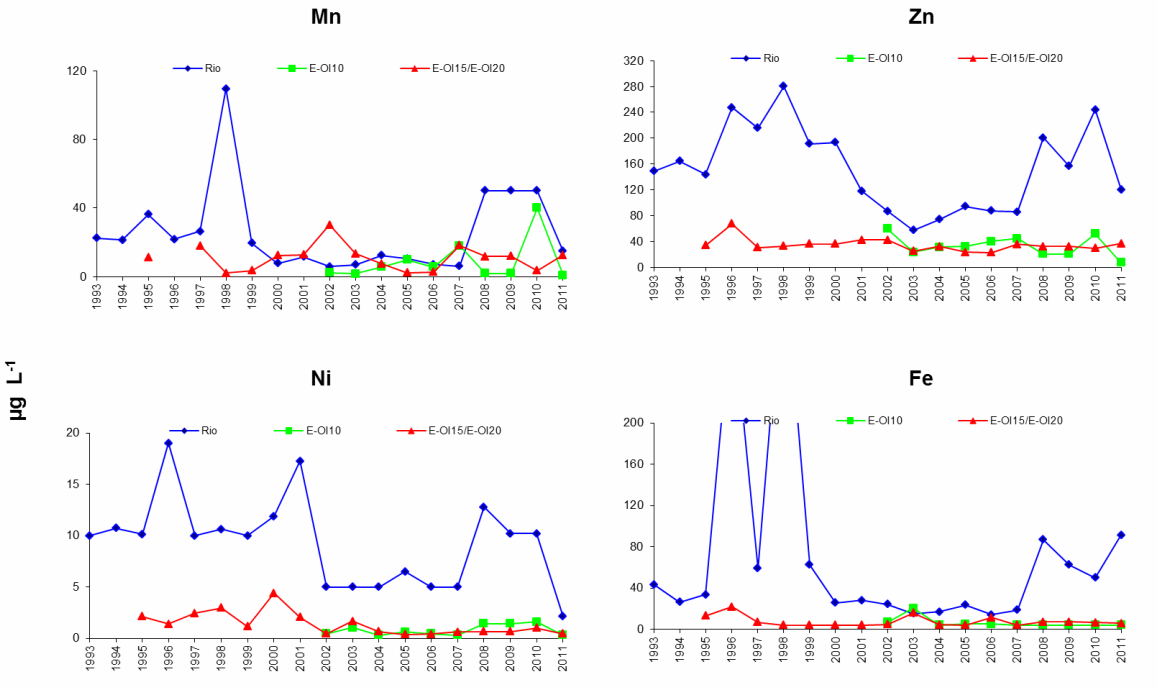


Figura 353 Comparación de la concentración media anual para Ni, Fe, Mn y Zn en aguas de los tramos polihalino y euhalino del estuario del Oiartzun y una estación del río Oiartzun. Los datos de los ríos han sido proporcionados por la Agencia Vasca del Agua.

Muestreos mensuales

Se ha estudiado la evolución de la concentración de mercurio, cadmio, níquel y plomo durante todos los meses del año 2011 en la estación E-OI15 que corresponde a la masa de agua de la transición del Oiartzun.

En la Figura 354 se puede observar la evolución mensual del año 2011 en la estación descrita anteriormente. Dado que se han observado concentraciones de mercurio por debajo del límite de detección (0,3 µg·l^{-1}), la evolución de este metal no está representado.

En el caso del cadmio el objetivo de calidad (0,2 µg·l^{-1}) se sobrepasa o es igual en todos los meses excepto en octubre, así la media anual es superior al objetivo de calidad, igual que el año anterior. Se observan valores significativamente más altos en la campaña de verano.

En el caso del plomo no se supera el objetivo de calidad establecido durante todo el año. Las medias anuales, al contrario que el cadmio, se encuentran por debajo del objetivo de calidad (7,2 µg·l^{-1}).

Respecto al níquel, no se observa una tendencia definida y al igual que el plomo no se supera el objetivo de calidad establecido (20 µg·l^{-1}).

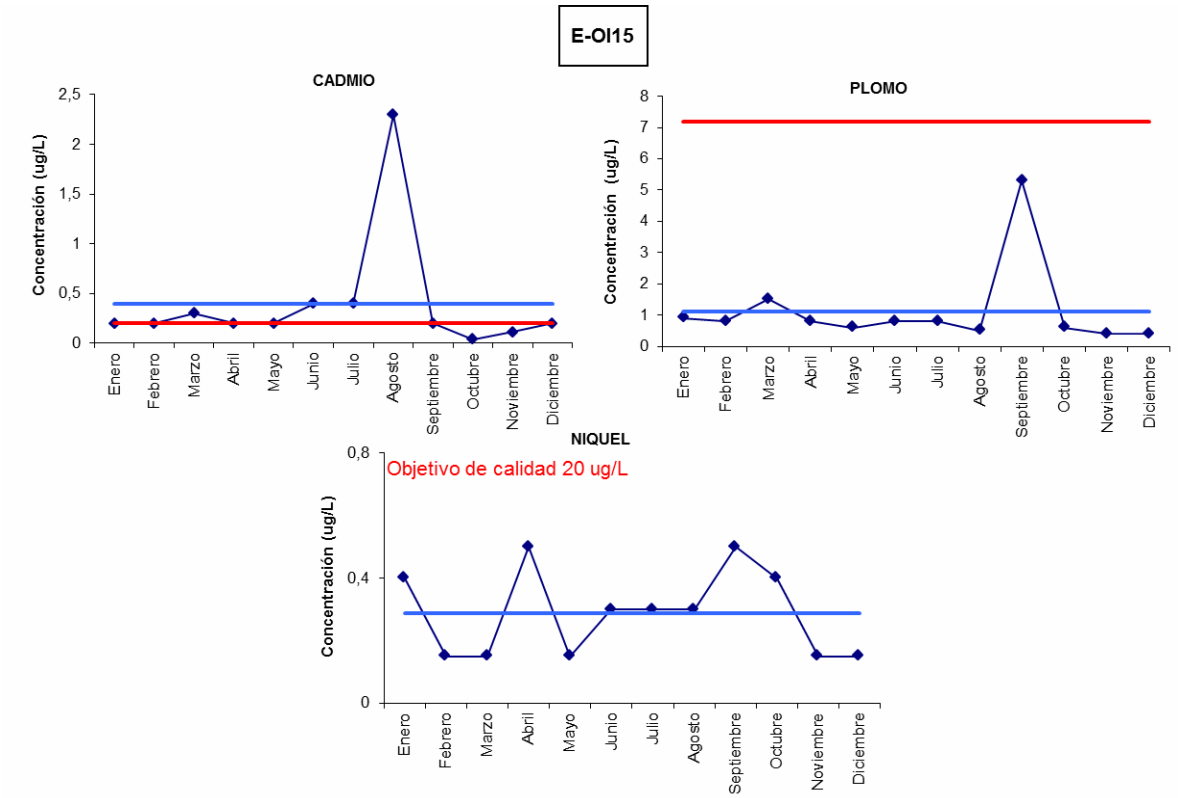


Figura 354 Evolución mensual del 2011 de la estación E-OI15 para el cadmio, plomo y níquel. Donde la línea roja indica el objetivo de calidad para cada metal y la azul la media anual de los datos obtenidos.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

En los resultados obtenidos en 2011 se mantiene la ausencia de concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) de derivados de PAHs, excepto para los derivados de acenaftileno en las tres estaciones de estudio y de fenantreno, naftaleno, antraceno, fluoreno, fluoranteno, pireno, benzo(e)pireno y acenafteno en la estación E-OI15 que se encuentran por encima del limite de detección pero sin llegar a sobrepasar el objetivo de calidad establecido para cada compuesto.

Muestreos mensuales

De los resultados obtenidos de los PAH analizados en la estación E-OI15, se aprecia la presencia de algunos congéneres como fenantreno, naftaleno, antraceno, fluoreno, fluoranteno, pireno, benzo(e)pireno y acenafteno por encima de los respectivos límites de detección, pero sin sobrepasar los objetivos de calidad establecidos para compuesto.

14.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

En la Tabla 278 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

Además en la Figura 355 y en la Figura 356 se representa la evolución temporal de la composición granulométrica, el potencial redox, el contenido en materia orgánica y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado de las tres estaciones de estudio.

En relación a la variabilidad espacial, en la presente campaña, las estaciones E-OI10 y la E-OI 20 presentan un sedimento limoso-arenoso con elevado contenido en materia orgánica y potencial redox negativo. Por el contrario, la estación más interna (E-OI20) muestra un sedimento mayoritariamente arenoso, con un bajo contenido en materia orgánica

En cuanto a la evolución temporal, en las campañas más recientes, en las estaciones E-OI15 y E-OI20 se observa una tendencia descendente discontinua del contenido en materia orgánica. Para el resto de parámetros sedimentológicos no se aprecia ningún patrón temporal en ninguna de las tres estaciones de estudio.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-OI10	0,08	37,51	62,41	13,28	-220	3,36	0,19	17,8
E-OI15	0,00	17,42	82,58	7,13	-242	6,98	0,32	21,9
E-OI20	1,28	94,93	3,78	1,67	-111	4,39	0,16	27,0

Tabla 278 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

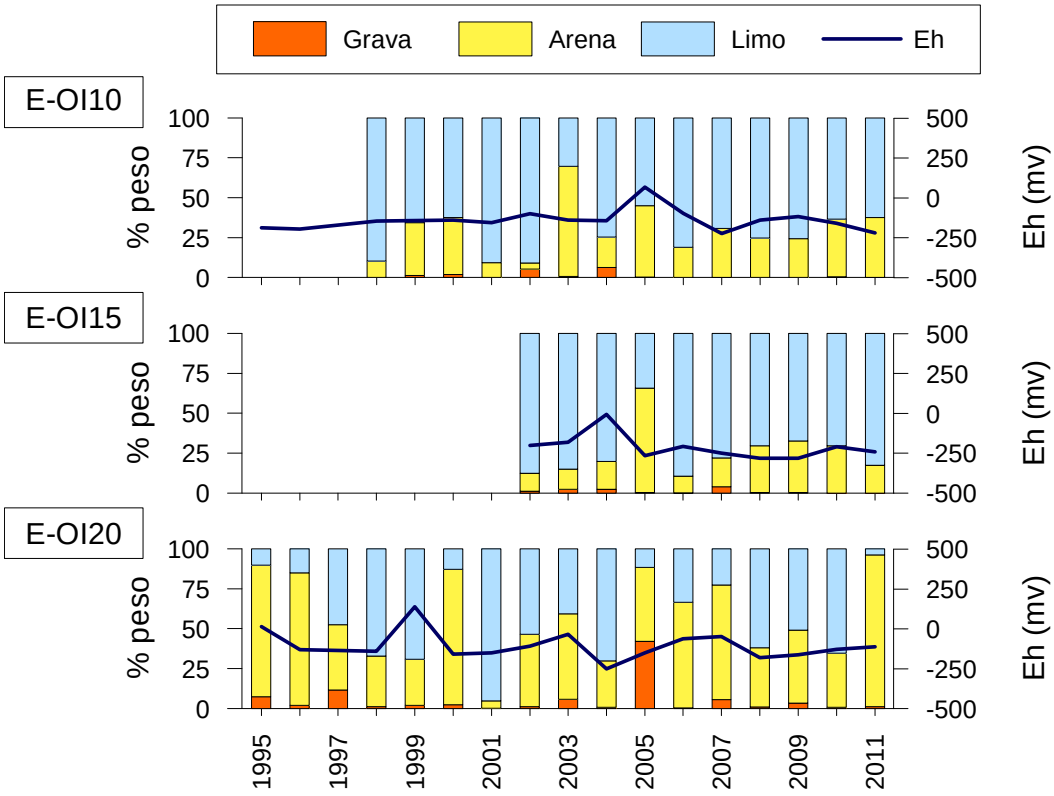


Figura 355 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

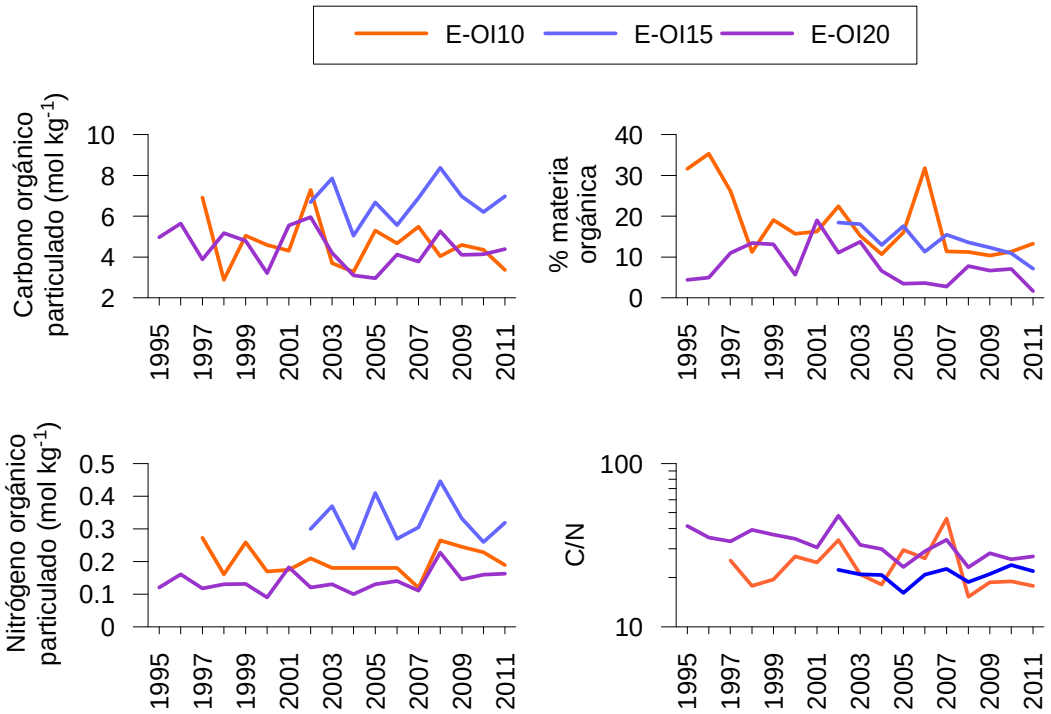


Figura 356 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 279 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. Respecto a la variabilidad espacial, la estación E-OI10 mantiene los valores más altos para todos los metales, excepto para el Fe y Ni, que muestran sus mayores concentraciones en la estación E-OI20 y la E-OI15, respectivamente.

La Figura 357 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-OI20 desde 1995, la estación E-OI15 desde 1998 y la estación E-OI10 desde 2002.

Tan sólo el Ni, Cr, Fe y Mn presentan, en las campañas más recientes, valores dentro del nivel de fondo. En general, no se aprecían patrones temporales definidos para ningún metal.

Por otro lado, en la Figura 358 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. De esta manera, durante la última campaña, en la estación externa E-OI20, ningún metal supera los objetivos de calidad TEL/PEL. Por el contrario, el Cu y Zn en la estación E-OI10 y la E-OI15, el Ni en la estación E-OI15 y el Pb en la estación E-OI10 superan el valor PEL. Esta situación supone un elevado riesgo de efectos negativos sobre la biota debido a la presencia de dichos metales.

Estación	Cd ($\mu g\ g^{-1}$)	Cr ($\mu g\ g^{-1}$)	Cu ($\mu g\ g^{-1}$)	Fe ($\mu g\ g^{-1}$)	Hg ($\mu g\ g^{-1}$)	Mn ($\mu g\ g^{-1}$)	Ni ($\mu g\ g^{-1}$)	Pb ($\mu g\ g^{-1}$)	Zn ($\mu g\ g^{-1}$)
E-OI10	0,55	49	92	23494	0,85	351	33,5	220	1014
E-OI15	0,29	42	87	18055	0,36	280	37,9	78	390
E-OI20	0,29	45	70	30747	0,61	298	33,4	102	358
Media	0,38	45,4	83,1	24099	0,60	310	34,9	133,4	587,5
Desv. est.	0,15	3,9	11,6	6367	0,24	37	2,57	76,1	370

Tabla 279 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

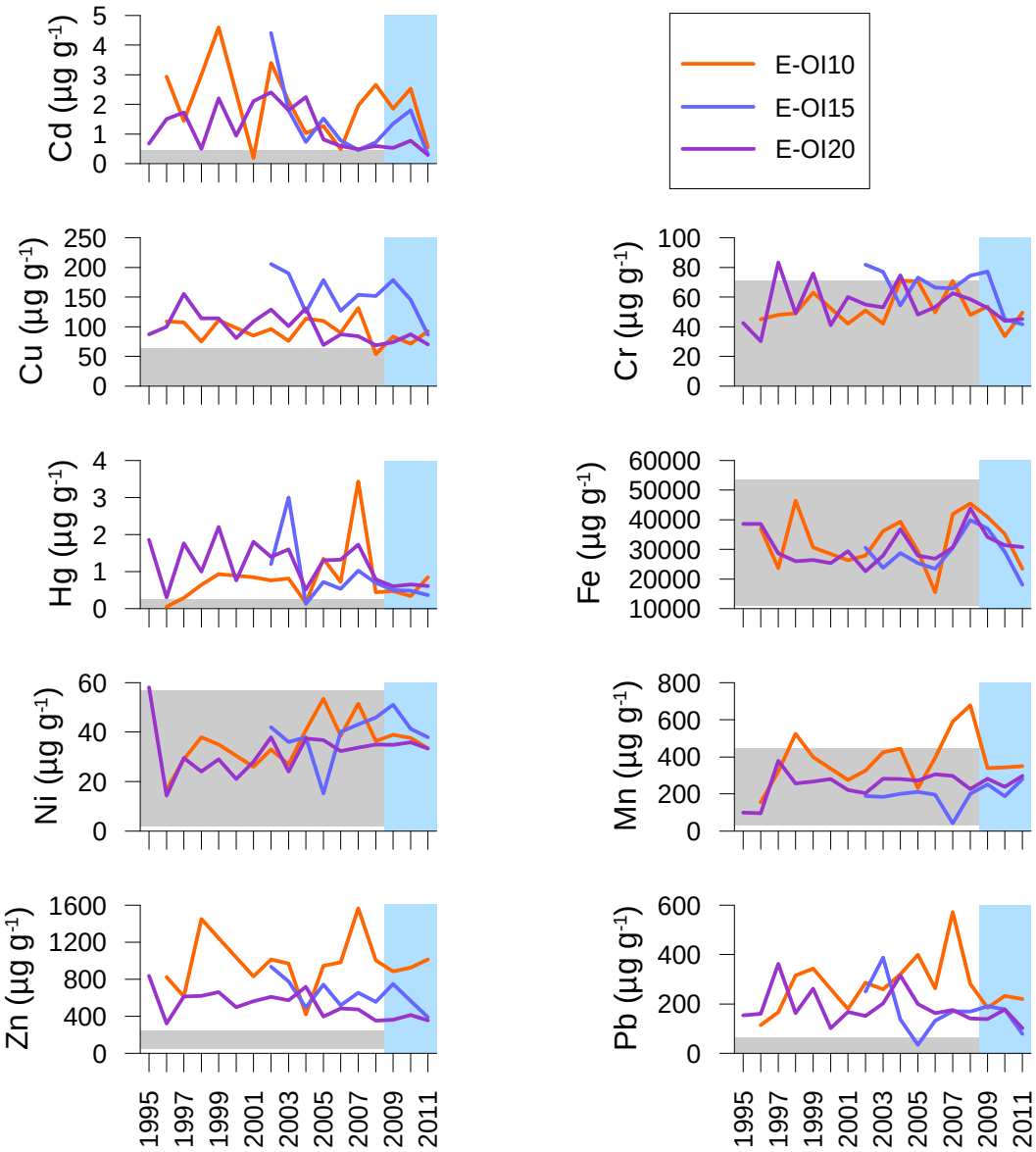


Figura 357 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

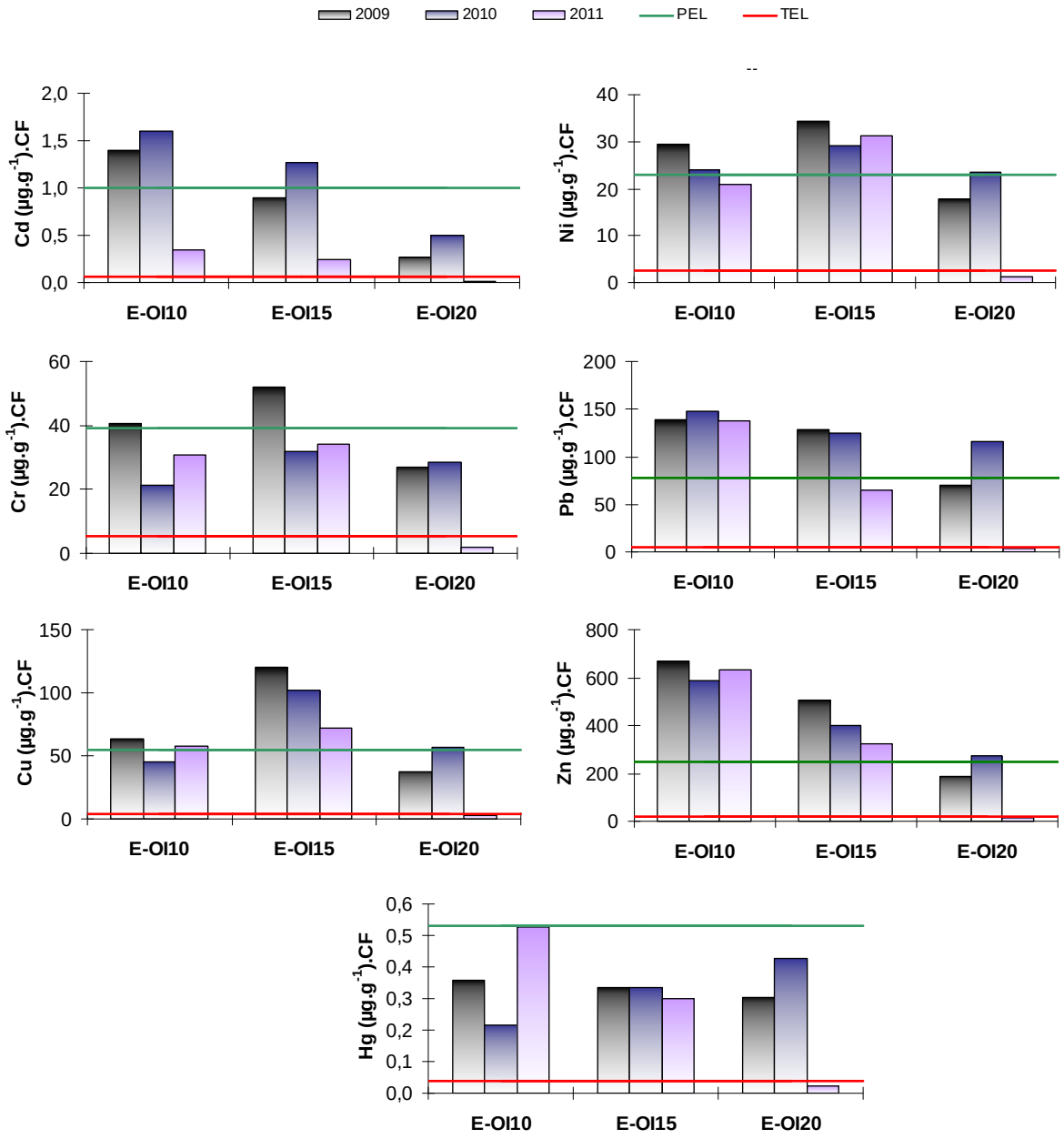


Figura 358 Evaluación temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Oiartzun, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 280 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las tres estaciones de estudio. En la Figura 359 se representa la evolución temporal en la concentración de contaminantes orgánicos analizados en en la estación E-OI20 desde 1995, la estación E-OI15 desde 1998 y la estación E-OI10 desde 2002.

Durante las últimas campañas, aldrin y dieldrin, muestran concentraciones cercanas o inferiores al límite de determinación analítico. Las concentraciones del DDT, y sus derivados superan el límite de determinación analítico en los últimos muestreos, auque no superan en ningún caso el objetivo de calidad.

PAHs y PCBs se mantienen de forma continúa por encima del límite de determinación analítico. Además, en la última campaña, en la estación E-OI10, los PCBs superan el objetivo de calidad (180 $ng.g^{-1}$), situación que puede suponer efectos biológicos adversos debido a la presencia de dichos contaminantes.

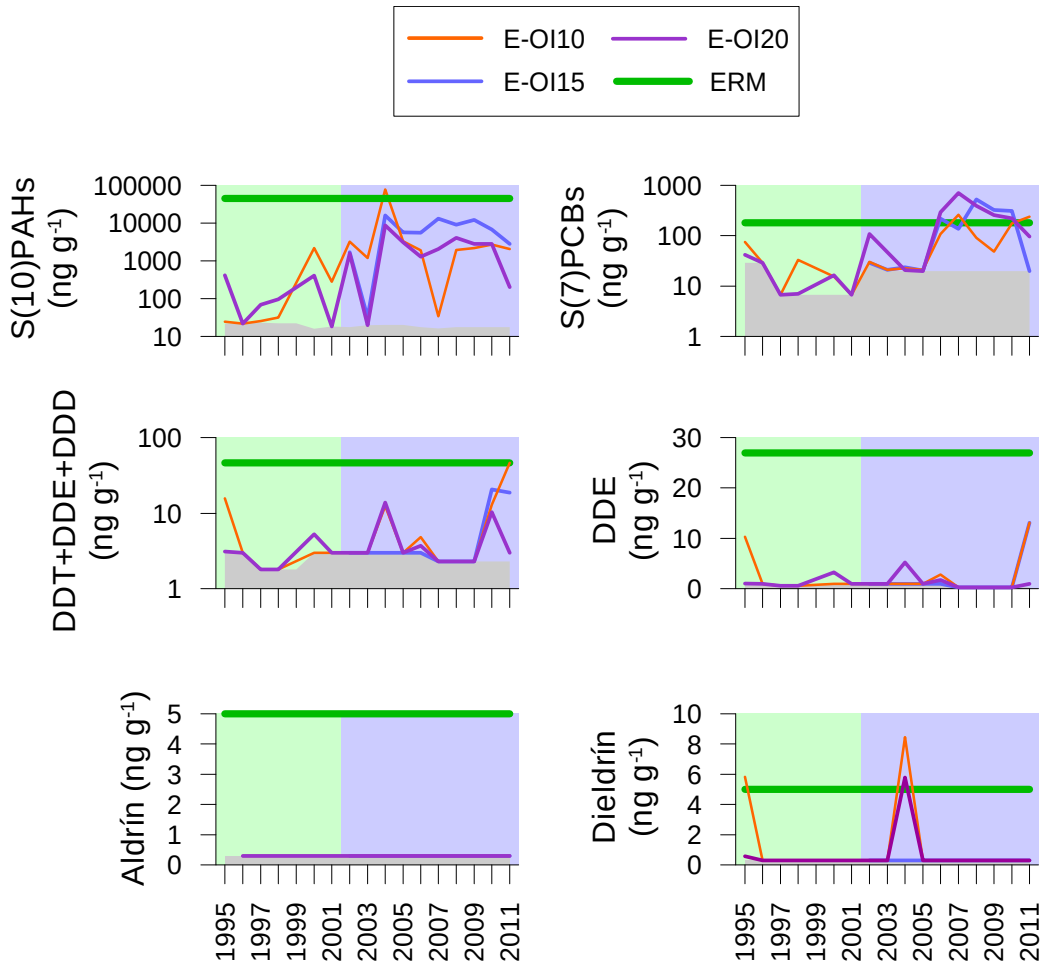


Figura 359 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long *et al.*, 1995).

Estación	Aldrín	Dieldrín	Isodrín	DDE	DDD	DDT	S.HCH	HCB	S.PCB	S.PAH
	(ng g^{-1})	(ng g^{-1})	(ng g^{-1})	(ng g^{-1})	(ng g^{-1})	(ng g^{-1})	(ng g^{-1})	(ng g^{-1})	(ng g^{-1})	(ng g^{-1})
E-OI10	<0,30	<0,30	<0,30	13,12	32,14	<1,00	39,55	<0,2	239	2063
E-OI15	<0,30	<0,30	<0,30	13,13	<1,00	4,51	29,11	1,47	<20	2769
E-OI20	<0,30	<0,30	<0,30	1,01	<1,00	<1,00	3,01	3,52	96	202

Tabla 280 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano. PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 281 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Oiartzun, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Las tres estaciones de estudio muestran contaminación ligera.

En la Figura 360 se presenta la evolución del ICC global, donde se observa que en los muestreos más

recientes los valores de ICC se encuentran en el rango de contaminación ligera (*i.e*. ICC< 3).

En relación a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, se deduce que las tres estaciones presentan un valor ICC global de contaminación ligera.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-OI10	CL	CL	CL	NC	C	CL	CL	C	C	CL
E-OI15	CL	CL	CL	NC	CL	CL	CL	CL	CL	CL
E-OI20	CL	CL	CL	NC	C	CL	CL	C	CL	CL
Total	CL	CL	CL	NC	C	CL	CL	C	C	CL

Tabla 281 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

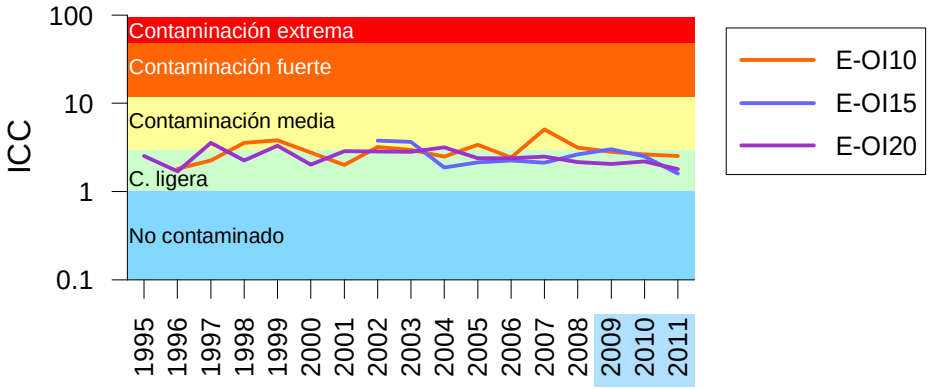


Figura 360 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

14.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En el estuario del Oiartzun el 26 de octubre de 2011 se recolectaron mejillones en el canal de la desembocadura (I-OI10). Los datos correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos de la campaña de otoño de 2011 se pueden consultar en la Base de Datos.

BACTERIOLOGÍA

La evolución de las concentraciones de bacterias en el estuario del Oiartzun se representa en la Figura 361. En 2011, la concentración de **coliformes fecales** (1.700 NMP·100 ml^{-1}) es inferior al máximo observado en 2010 (14.000 NMP·100 ml^{-1}). Al presentar menos de 6.000 NMP·100 ml^{-1}, se podría clasificar como zona tipo B, es decir, permitido el marisqueo para depuración. De todas formas, cabe señalar que, al tratarse de una zona portuaria, no podría ser declarada como zona de producción de moluscos.

En cuanto a los **estreptococos fecales**, la concentración en otoño de 2011 (6500 NMP·100 ml^{-1}) es una de las más elevadas de las registradas en años más recientes.

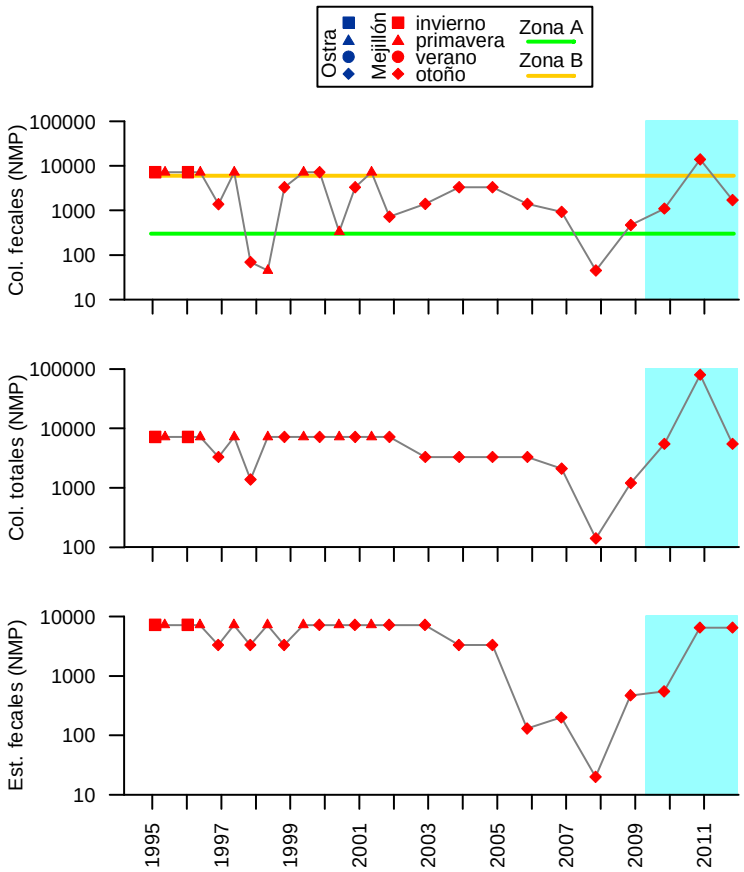


Figura 361 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-OI10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 362 se muestra la evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación en la estación I-OI10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de **cadmio** en otoño de 2011 (0,16 mg kg^{-1}) es inferior a la media de todo el periodo de estudio en esta estación (0,21 mg kg^{-1}). En ningún caso desde 1994 se supera el límite legal par consumo (1 mg kg^{-1}), aunque las concentraciones de otoño de 1996 (0,41 mg· kg^{-1}), primavera de 1999 (0,51 mg kg^{-1}) y otoño de 2004 (0,47 mg· kg^{-1}) son superiores al valor de referencia del CIEM (0,4 mg· kg^{-1}).

En otoño de 2011 el **cromo** presenta una concentración (0,13 mg kg^{-1}) de las más bajas observadas desde el comienzo del seguimiento. En cuanto al cumplimiento de la legislación, incluso la máxima concentración, que se dio en otoño de 1996 (1,59 mg kg^{-1}), es inferior a los 1,8 mg kg^{-1} (valor actualmente no vigente) contemplados para el cromo.

El **cobre** presenta una concentración de 0,97 mg kg^{-1} en otoño de 2011, unos de los valores más bajos obtenidos a lo largo del periodo de estudio en esta estación. Sólo en el muestreo de primavera de 1998 (20,77 mg kg^{-1}) se superó los 20 mg kg^{-1}, límite legal (actualmente no vigente) para el cobre en los mejillones.

En cuanto al **mercurio**, en la mayoría de los casos, las concentraciones observadas son inferiores o muy próximas a los límites de detección correspondientes, que han ido variando a lo largo del periodo de estudio. En 2011 la concentración es de 0,009 mg kg^{-1}. Además, en ningún caso se han superado ni el límite legal, 0,5 mg kg^{-1}, ni el valor de referencia del CIEM, 0,2 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 52% de los casos se ha superado la norma de calidad ambiental (20 µg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

El **níquel** presenta una concentración (0,08 mg kg^{-1}) en otoño de 2011, uno de los valores más bajos de las concentraciones observadas a lo largo del periodo de estudio en esta estación. Aunque para este metal no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. Este valor sólo se ve superado por la concentración observada en otoño de 1995, 1,99 mg kg^{-1}.

La concentración de **plomo** en otoño de 2011 es de 0,005 mg kg^{-1}, siendo el valor mínimo de los registrados a lo largo del periodo de estudio en esta estación. El límite

legal para su consumo (1,5 mg kg^{-1}) se ha superado en muestreos previos.

En cuanto al **zinc**, la concentración en otoño de 2011 (44 mg kg^{-1}) es intermedia a las registradas en los muestreos más recientes. La máxima concentración de zinc (236 mg kg^{-1}) se observó en primavera de 1998, sin embargo, a lo largo del seguimiento en ningún caso se han superado ni el límite legal (actualmente no vigente), 1.000 mg kg^{-1}, ni el valor de referencia dado por el CIEM, 600 mg kg^{-1}.

La concentración de **plata** se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007 con un valor de 0,02 mg kg^{-1}. En 2011 la concentración es inferior al límite de detección (0,01 mg kg^{-1}).

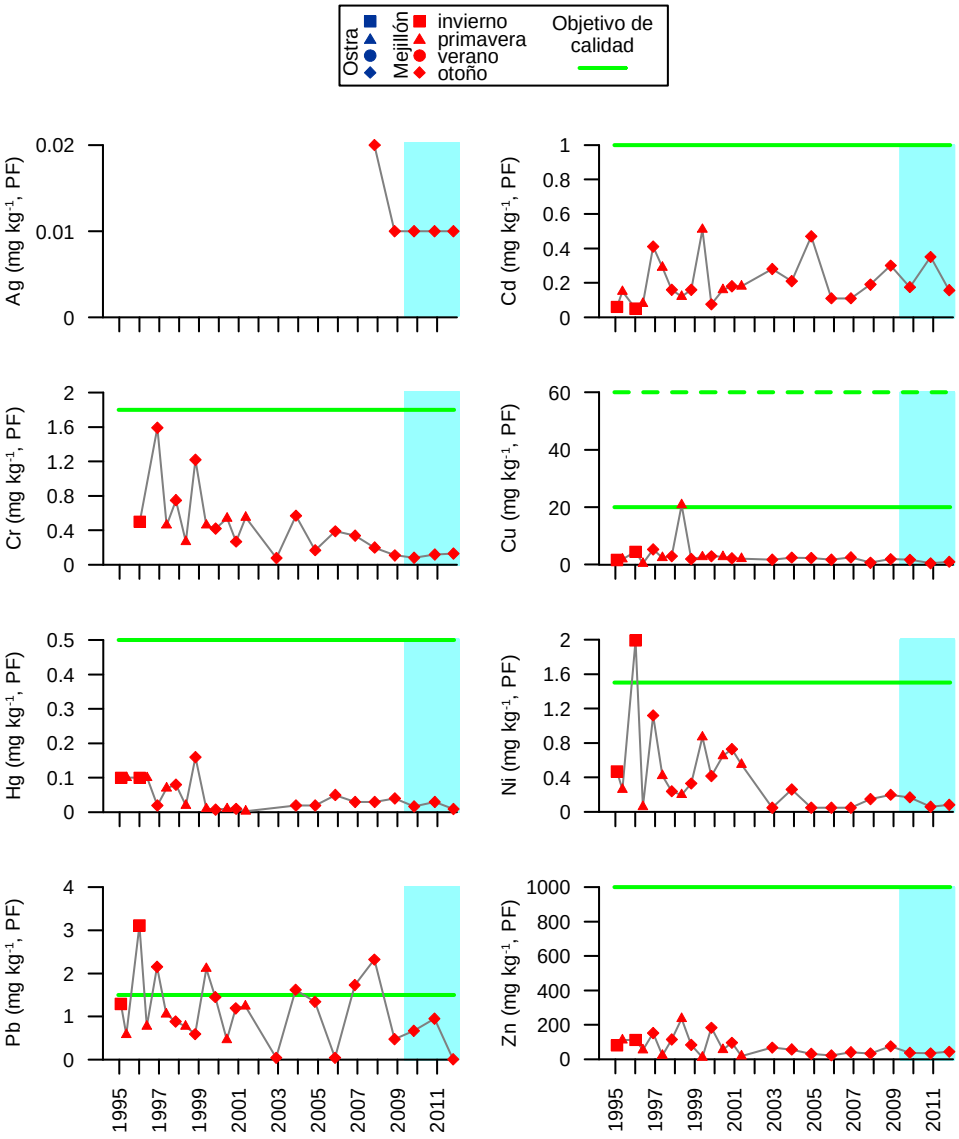


Figura 362 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-OI10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En la Figura 363 se muestra la evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-OI10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

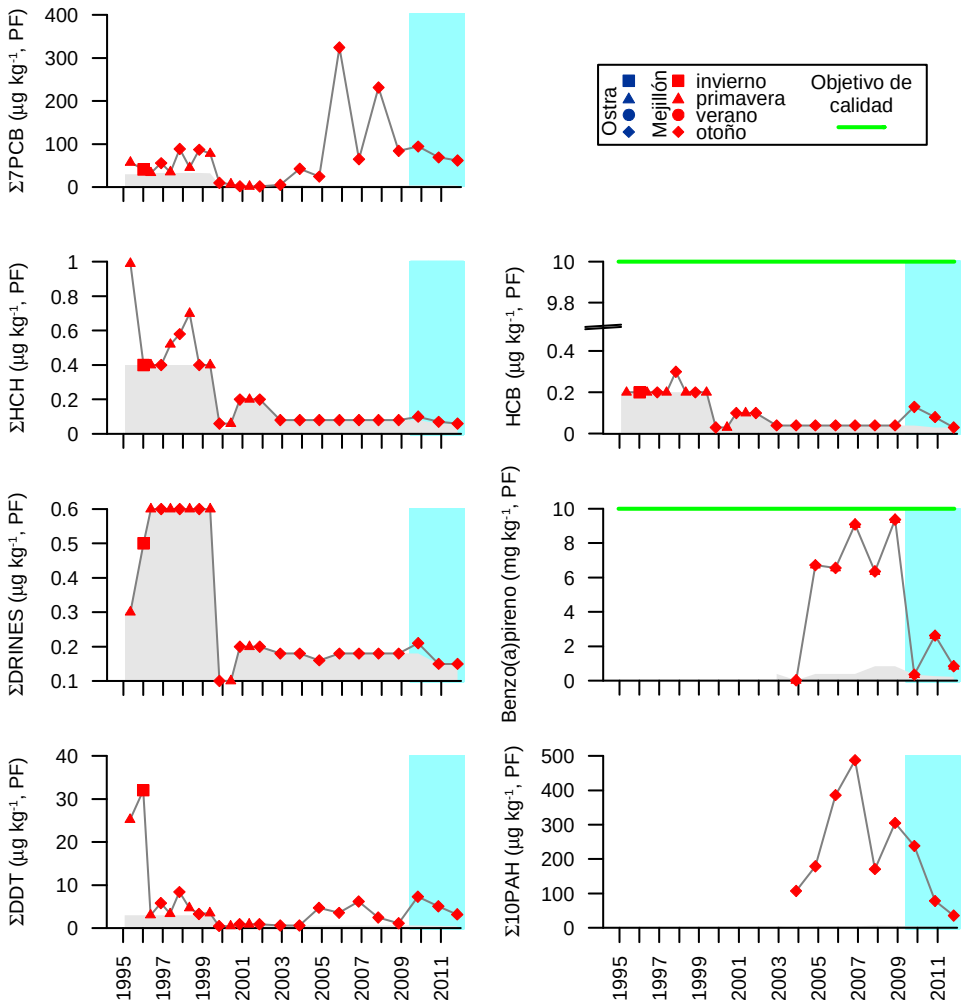


Figura 363 Evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg-1 de Peso Fresco), en la estación I-OI10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En el caso de los policlorobifenilos **(PCBs)** se han sumado las concentraciones de los 7 congéneres analizados, con objeto de poder compararlas con las de otros lugares. Hay que tener en cuenta que el dato puede variar al ser más o menos los congéneres analizados en otras zonas. En otoño de 2011 el sumatorio de PCBs (62 µg kg^{-1}) está dentro del rango de los valores registrados en los muestreos más recientes.

Los valores que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 a 5 ppm. Si se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs encontradas a lo largo del periodo de estudio están muy alejadas de este valor.

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). La concentración de otoño de 2011 (3,2 µg kg^{-1}) es inferior a la observadas en las dos campañas anteriores (5,0 µg kg^{-1}, en 2010 y 7,3 µg kg^{-1}, en 2009). A lo largo del periodo de estudio la concentración de DDT más elevada se dio en la campaña de otoño-invierno de 1995, cuando se alcanzó el valor de 32 µg kg^{-1}. Sin embargo, incluso en este caso el valor guía límite (2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado.

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). En otoño de 2011, al igual que en años recientes, la concentración es inferior al límite de detección (0,06 µg kg^{-1}). La concentración más elevada de HCH en el estuario del Oiartzun se dio en primavera de 1995, 0,99 µg kg^{-1}. Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, esta concentración se encuentra muy por debajo de dicho límite.

Las variaciones observadas en la concentración de **HCB** a lo largo del periodo de estudio se deben, en general, al cambio en el límite de detección. Así, sólo en el otoño de 1997 (0,30 µg kg^{-1}), en otoño de 2009 (0,13 µg kg^{-1}) y en 2010 (0,08 µg kg^{-1}) se han superado los límites de detección correspondientes (0,20, 0,04 y 0,03 µg kg^{-1}, respectivamente); estas concnetraciones están muy alejados del valor límite para este compuesto, 10 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones de **drines** (aldrín, dieldrín e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, desde otoño de 2002 se estudian los **PAH** en moluscos (Borja *et al.,* 2003a), aunque para el estuario del Oiartzun no se dispone de concentración de PAH en otoño de 2002. En el resto de las campañas los niveles de detección de la mayoría de los compuestos halogenados han sido superados, hasta 2006, sño rn el que se observó el valor máximo (487 µg kg^{-1}, peso fresco). Desde entonces la concentración ha descendido hasta 2011 (36 µg kg^{-1}). La concentración de benzo(a)pireno (0,84 µg kg^{-1}, peso fresco) es una de las mínimas observadas en esta estación desde 2002 y está por debajo del máximo permitido para el consumo según el Reglamento (CE) n° 1881/2006 (10 µg kg^{-1}, peso fresco).

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación podría ser de Zona tipo B (apta para el marisqueo destinado a depuración), según el derogado Real Decreto 571/1999. Sin embargo, al ser una zona portuaria, no podría ser declarada como zona de producción de moluscos.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al*., 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (véase Borja *et al*., 2003a). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en el estuario del Oiartzun la clasificación general sería de no contaminado.

En cuanto a los compuestos orgánicos, rara vez alcanzan los límites de detección, por lo que se puede considerar que los moluscos de este estuario no están contaminados por compuestos orgánicos. En 2011 las concentraciones de PAHs en peso seco no superan los límites recomendados por la OMS ni por la EPA para el consumo de moluscos.

14.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como: **'Buena'** en E-OI10 y E-OI20 y **'Mala'** en E-OI15. Las estaciones E-OI10 y E-OI20 mejoran de forma significativa ente 1994 y 2011 ($p<0,05$). La estación E-OI15 por su parte empeora de forma significativa entre 2002 y 2007 ($p<0,05$) y mejora de forma significativa a partir de dicho año hasta la actualidad ($p<0,05$) (Figura 364).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, en 2011 la estación E-OI10 no cumple el amonio; la estación E-OI15 sólo cumple para los sólidos en suspensión y turbidez; mientras que la estación E-OI20 no cumple para amonio y nitrato.

Contaminantes específicos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los tres puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es bueno en E-OI10 y E-OI20 y aceptable en E-OI15 (Tabla 282).

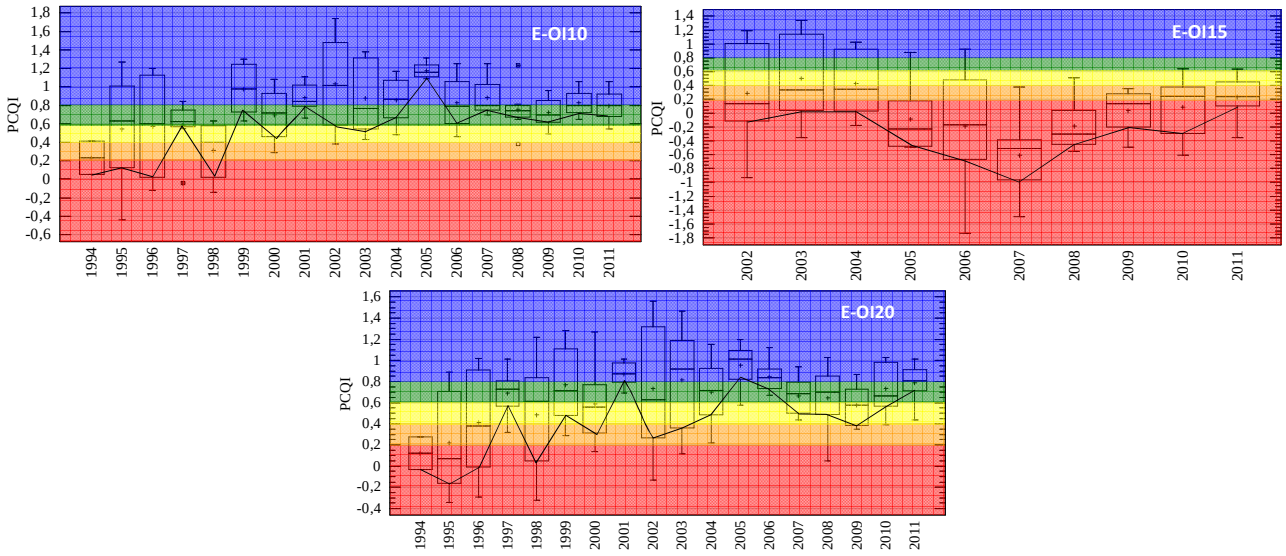


Figura 364 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-OI10, E-OI15 y E-OI20 de la masa de agua de transición del Oiartzun. La línea de color negro señala la evolución del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-OI10	E-OI15	E-OI20	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}				
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}				
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	0,019	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,00775	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,018	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,2	0,4	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,2	0,4	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,3	0,24	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,5	1,8	0,7	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,528	0,30	0,02	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,2	0,238	0,5	Cumple
Estado Quimico				Bueno	No alcanza	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	7,5	36	38	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	5,4	12,525	2,5	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Aceptable	Bueno	

Tabla 282 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Oiartzun en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico (Tabla 282). La tendencia observada en 2008-2009 ha sido alcanzar el estado químico, este año al contrario que el año anterior, tambien se alcanza el buen estado químico (Tabla 283).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	HCH
2005	No alcanza buen estado	Hg (sedimento)
2006	No alcanza buen estado	Hg (sedimento)
2007	No alcanza buen estado	Pb, Cd y Hg (sedimento)
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	No alcanza buen estado	Cd (sedimento)
2011	Bueno	-

Tabla 283 Estado químico de la masa de agua de transición Oiartzun en los años 2004-2011.

14.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Al igual que lo comentado para el Nerbioi, el estuario del Oiartzun puede considerarse como una masa de agua modificada, en el sentido de la Directiva. En todo caso, la ausencia de áreas intermareales, los dragados producidos al ser un área portuaria, habiéndose dragado en 2009 en Herrera y Capuchinos, y parcialmente en Herrera en 2010, y la irreversibilidad de su situación como estuario funcional, hace que califiquemos su situación respecto de los indicadores hidromorfológicos como de **'Deficiente',** excepto en la parte externa que es **'Aceptable'.**

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 15 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL BIDASOA

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 15 MASA DE AGUA DE TRANSICIÓN DEL BIDASOA 467

15.1 Resumen estado ecológico. Bidasoa 469

15.2 Estaciones de muestreo 472

15.3 Macroinvertebrados bentónicos 472
15.3.1 Parámetros estructurales 472
15.3.2 Calidad biológica 475

15.4 Fauna ictiológica 475
15.4.1 Estructura y composición de la comunidad 475
15.4.2 Calidad biológica 476

15.5 Vida vegetal asociada al medio acuático 478
15.5.1 Fitoplancton 478
15.5.2 Macroalgas 481

15.6 Indicadores fisicoquímicos 481
15.6.1 Caracterización físico-química en aguas 481
15.6.2 Caracterización físico-química en sedimentos 485
15.6.3 Caracterización físico-química en biota (moluscos) 490
15.6.4 Evaluación del estado 495

15.7 Indicadores hidromorfológicos 496

15.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. BIDASOA

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta Masa de agua.

Respecto a las fuerzas motrices, se debe considerar que sufre la presión de una población de 73.071 habitantes, con una densidad de 1.020,5 habitantes km^{-2}. Respecto a los establecimientos industriales se le asocia a esta masa un total de 7.013 establecimientos de una industria muy diversa.

Asociados a esta masa se contabilizan un total de 5 puertos. Así, Hondarribia cuenta con un puerto pesquero y un nuevo puerto deportivo que pretende dar respuesta al carácter de centro turístico del municipio, que da lugar a una importante demanda por la importante flota de embarcaciones de recreo existente. Cuenta con un astillero (La Marina) y 2 carros varaderos. El puerto pesquero cuenta con una flota de bajura compuesta por 54 barcos que suman un tonelaje de 3.420 TRB y una potencia de 20.280 BHP, y dan empleo a 543 marineros. La dársena deportiva tiene unas dimensiones de 190×320 m y dispone de 680 plazas de atraque en pantalanes, con tomas de agua y electricidad en armarios, para embarcaciones de hasta 15 m de eslora. El puerto deportivo de Hendaia que, con la reciente ampliación, acoge a cerca de 850 barcos de dimensiones variadas. Además, existe también una zona de amarre pesquero y un pequeño puerto en el casco antiguo. En 2009-2010 se ha efectuado la ordenación y construcción del puerto deportivo en la dársena de Veteranos. Por último, en el estuario fondean multitud de embarcaciones.

Respecto a la explotación agrícola-ganadera se le asocia al estuario del Bidasoa un total de 707 explotaciones en 4.935 Ha. Por otro lado, también cabría destacar los trabajos de regeneración que se están llevando a cabo en este estuario, siendo 12 las áreas que se están modificando.

En el Bidasoa la presión más importante en número es la que resulta de los aliviaderos de tormentas, con 65 detectados (24% de las presiones identificadas en el estuario). Les siguen las estructuras relacionadas con la regulación del cauce (58) que suponen el 22% de las presiones. También son importantes las presiones derivadas de los asentamientos portuarios (31; 12% de las presiones del estuario), así como los vertidos de aguas residuales urbanas (25; 9%). Se han contabilizado 24 astilleros, rampas y varaderos (9% de las presiones) y 23 infraestructuras del tipo de puentes, túneles y presas (9%).

Las presiones más importantes de este estuario se centran en los vertidos (fundamentalmente en la parte francesa, ya que en la española están casi todos suprimidos, lo que ha producido una mejora considerable en la calidad en los últimos años, que ha llevado a permitir el marisqueo), la canalización de algunos tramos, y la presencia de varios puertos (a pesar de haber cinco, su superficie total representa poco más del 3% de la masa de agua) con una gran cantidad de amarres dentro y fuera de ellos (esto conlleva dragados, introducción de especies alóctonas, derrames, etc.). Globalmente la presión en la masa de agua es moderada. Las obras de la dársena de Veteranos (paralela al aeropuerto), comenzaron en enero de 2009 y continuaron a lo largo del año, finalizando en 2010.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico (Tabla 284). La tendencia observada en los años más recientes ha sido muy variable no alcanzando el estado químico en 2005, 2006 y 2008, por presencia de níquel, plomo en agua y mercurio en sedimento, respectivamente (Tabla 285).

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes especificos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los tres puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es muy bueno en las estaciones E-BI5 y E-BI20 y aceptable en la estación E-BI10 (Tabla 284). Por su parte, el estado físico-químico para las variables que soportan los elementos biológicos, es bueno en E-BI10 y E-BI20 y muy bueno en E-BI5 (Tabla 286).

En la Tabla 286 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Bidasoa. En el **estuario del Bidasoa** existen actualmente tres estaciones de muestreo: la E-BI5, la más interior, se incorporó a la Red de Vigilancia en 2002, mientras que las estaciones E-BI10 y E-BI20 se vienen muestreando desde el comienzo del seguimiento.

La estación E-BI5 presenta un estado ecológico bueno (Figura 365), estando macroalgas y peces en aceptable estado (han mejorado en años recientes). En general, la estación ha ido mejorando en los últimos

años. La estación E-BI10 ha presentado notables cambios en su clasificación a lo largo de tiempo, variando entre contaminación ligera y fuerte, sin una tendencia clara, hasta los últimos años. El factor más importante de evolución negativa de esta estación fue que en 1995 se concentró cerca de este punto un vertido que era el resultado de interceptar los que se realizaban aguas arriba del puente internacional. En los últimos años, con el avance del saneamiento, se aprecian mejoras en todos los parámetros y elementos analizados, especialmente en fitoplancton y bentos, estando ahora todos entre buen y muy buen estado, aunque su calificación es de aceptable, debido al estado químico.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-BI5	E-BI10	E-B20	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}				
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}				
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	0,008	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,00375	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,009	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,2	0,2	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,5	0,2	0,2	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,11	<LC	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	0,5	0,6	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1}/ CF	0,007 µg g-1	0,06	0,01	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	0,363	0,6	Cumple
Estado Quimico				Bueno	No alcanza	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	23	21	13	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,2	1,1	1,4	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Aceptable	Muy Bueno	

Tabla 284 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Bidasoa en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	No alcanza buen estado	Ni
2006	No alcanza buen estado	Pb
2007	Bueno	-
2008	No alcanza buen estado	Hg(sedimento)
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 285 Estado químico de la masa de agua de transición Bidasoa en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS				ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplanc.	Algas	Bentos	Peces			>LD	>NC						
E-BI5	MB	A	B	A	B	MB	Sí	No	MB	B	8	0.33	2.64	7.56
E-BI10	MB	B	B	B	B	B	Sí	Sí	MB	A	6	0.22	1.32	
E-BI20	MB	MB	MB	B	B	B	Sí	No	MB	B	8	0.45	3.6	

Tabla 286 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua del Bidasoa en 2011.

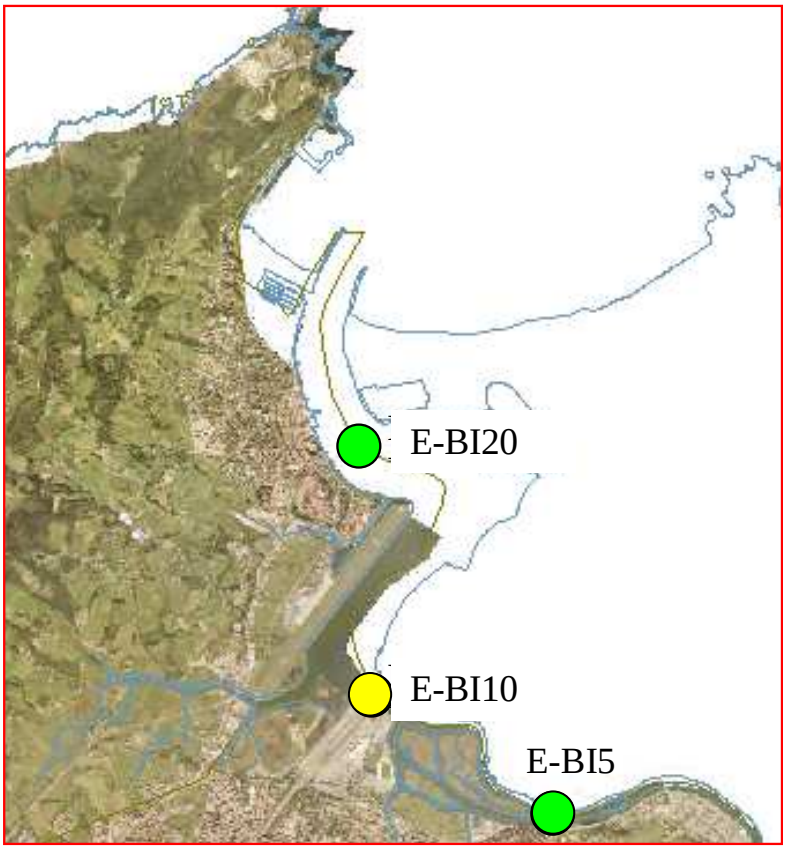


Figura 365 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la Masa de agua Bidasoa: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

En la estación más externa (E-BI20) también se aprecian notables cambios en la clasificación desde el comienzo del seguimiento, variando entre contaminación ligera y fuerte, hasta ser Buena a partir de 2003, con algunas excepciones. Así, en 2008, hubo un retroceso en la calidad de fitoplancton, bentos y peces, lo que sugiere que hay algún tipo de presión en esta zona que no conocemos (posiblemente vertidos ocasionales). Sin embargo, en 2009-2011 ha vuelto a mejorar y alcanza un buen estado, con casi todos los elementos biológicos en muy buen estado (Figura 365).

En los últimos años se han realizado obras de construcción de puertos deportivos (Hendaia, Hondarribia, y dársena de Veteranos) y pesqueros (puerto exterior), que han podido ejercer alguna influencia en la calificación del estado ecológico. En todo caso, el principal problema de este estuario han sido los vertidos urbanos e industriales, si bien en los últimos años la evolución ha sido muy positiva, reduciéndose la contaminación. Hay que decir que en la parte francesa todavía existen unos 10 vertidos urbanos (aunque a lo largo de 2008-2010 se han acometido algunas obras para su desvío, lo que explicaría algunas mejoras), especialmente entre la isla de los Faisanes y los puentes internacionales (Santiago) y entre el puerto viejo de Hendaia y el puerto pesquero de Hendaia. Además se han realizado obras de recuperación de las marismas de Jaizubía que pueden ayudar a una mejora de la calidad medioambiental.

15.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua del Bidasoa, la Red de Vigilancia cuenta con tres estaciones estuáricas, y una estación de moluscos, que se muestrean anualmente. Sus posiciones pueden verse en la Tabla 287. Por otro lado, en 2004, 2007 y 2010 se muestrearon también las macroalgas y los peces.

Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
E-BI10	Irun (Amute) (Bidasoa)	598063,04	4800851,14	Estuarios
E-BI20	Hondarribia (Txingudi)(Bidasoa)	598130,52	4802793,33	
E-BI5	Irun (Behobia) (Bidasoa)	600444,11	4799965,99	
M-EBI1	Bidasoa Zona 01. Estuario Macroalgas	598118,00	4802325,00	Estuarios (Macroalgas)
M-EBI2	Bidasoa Zona 02. Estuario Macroalgas	598200,00	4801669,00	
M-EBI3	Bidasoa Zona 03. Estuario Macroalgas	598254,00	4801360,00	
M-EBI4	Bidasoa Zona 04. Estuario Macroalgas	597681,00	4800586,00	
M-EBI5	Bidasoa Zona 05. Estuario Macroalgas	598099,00	4800622,00	
M-EBI6	Bidasoa Zona 06. Estuario Macroalgas	598627,00	4799976,00	
M-EBI7	Bidasoa Zona 07. Estuario Macroalgas	599875,00	4799740,00	
M-EBI8	Bidasoa Zona 08. Estuario Macroalgas	598819,00	4799958,00	
M-EBI9	Bidasoa Zona 09. Estuario Macroalgas	598737,00	4800268,00	
M-EBI10	Bidasoa Zona 10. Estuario Macroalgas	599055,00	4800113,00	
M-EBI11	Bidasoa Zona 11. Estuario Macroalgas	598901,00	4800195,00	
M-EBI12	Bidasoa Zona 12. Estuario Macroalgas	600175,00	4799831,00	
M-EBI13	Bidasoa Zona 13. Estuario Macroalgas	599392,00	4802880,00	
M-EBI14	Bidasoa Zona 14. Estuario Macroalgas	599574,00	4802288,00	
M-EBI15	Bidasoa Zona 15. Estuario Macroalgas	599192,00	4801733,00	
M-EBI16	Bidasoa Zona 16. Estuario Macroalgas	598728,00	4801387,00	
M-EBI17	Bidasoa Zona 17. Estuario Macroalgas	598491,00	4800959,00	
M-EBI18	Bidasoa Zona 18. Estuario Macroalgas	598882,00	4800458,00	
M-EBI19	Bidasoa Zona 19. Estuario Macroalgas	599274,00	4800085,00	
M-EBI20	Bidasoa Zona 20. Estuario Macroalgas	599975,00	4799812,00	
I-BI10	Hondarribia (desembocadura) (Bidasoa)	598044,54	4802718,33	Estuarios (Moluscos)
BIDE	Bidasoa (Arrastre zona exterior estuario)	598037,00	4803214,00	Estuarios (Vida piscícola)
BIDM	Bidasoa (Arrastre zona media estuario)	598838,00	4801938,00	
BIDI	Bidasoa (Arrastre zona interior estuario)	598626,00	4800473,00	

Tabla 287 Estaciones de muestreo en el estuario del Bidasoa.

15.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

15.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Bidasoa, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 288.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN		
		E-BI5	E-BI10	E-BI20
Densidad	$n^o \cdot m^{-2}$	845	1.433	27
Biomasa	$g \cdot m^{-2}$	0,35	0,84	0,10
Riqueza	n^o	9	11	9
Diversidad número	$bit \cdot ind^{-1}$	2,18	2,20	2,90
Diversidad biomasa	$bit \cdot g^{-1}$	2,31	2,53	2,31
Equitabilidad número		0,69	0,64	0,92
Equitabilidad biomasa		0,73	0,73	0,73
Diversidad máxima	bits	3,17	3,46	3,17
AMBI		3,93	5,03	3,37
Clasificación AMBI		Alteración Moderada	Alteración Fuerte	Alteración Moderada

Tabla 288 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua de transición del Bidasoa.

La estación E-BI5, la más interna de las muestreadas en el estuario del Bidasoa, presenta en 2011, una vez más, un sedimento constituido por arena (54%) y limo (46%). El contenido en materia orgánica es relativamente alto (7,6%).

Los parámetros estructurales de la biocenosis de esta estación se mantienen más o menos estables, sin variaciones extremas, a lo largo de los años, lo que da idea de cierta solidez de la comunidad.

Así por ejemplo, la comunidad presente en esta estación registró en 2002 (primer año de muestreo para esta estación) una densidad de 605 $ind \cdot m^{-2}$; posteriormente descendió prácticamente a la mitad en 2003. En 2004, aumentó nuevamente a 484 $ind \cdot m^{-2}$ y alcanzó valores elevados en 2005 (1.913 $ind \cdot m^{-2}$) y en 2006 (1.836 $ind \cdot m^{-2}$). Esta relativamente alta densidad desaparece en 2007, cuando la comunidad muestra los valores más bajos (195 $ind \cdot m^{-2}$) de todo el período de estudio. No obstante, en 2008 se alcanza el valor máximo

para esta estación (4.900 ind·m^{-2}). En 2009 y 2010 la densidad registrada se encontraba en el rango de las de años precedentes (1.216 ind·m^{-2} en 2009 y 1084 ind·m^{-2} en 2010) y en 2011 disminuye a 845 ind·m^{-2}.

La biomasa calculada para la presente campaña de 2011 es baja (0,35 g·m^{-2}), como ha sido habitual en la mayoría de los muestreos realizados en esta estación.

Como en 2004 y 2005, la especie dominante es el anfípodo *Corophium multisetosum* (325 ind·m^{-2}). Le siguen en dominancia los oligoquetos (264 ind·m^{-2}) (dominante en 2006, 2007 y 2009) y el poliqueto *Hediste diversicolor* (117 ind·m^{-2}). Esta composición faunística permanece relativamente estable a lo largo de las diferentes campañas realizadas.

En 2011 la riqueza específica (9 *taxa*) se puede considerar baja en relación a la registrada en años anteriores, así como en relación a muchas de las estaciones de otros estuarios de la CAPV. Algo parecido ocurre con la diversidad estimada a partir de las densidades (2,18 bit·ind^{-1}), en el rango de las estimadas a lo largo del seguimiento (máxima, 2,48 bit·ind^{-1} en 2007; mínima, 0,78 bit·ind^{-1} en 2008) y en otras estaciones muestreadas en los estuarios del País Vasco.

La clasificación según AMBI indica que la estación presenta alteración moderada (AMBI=3,9) (Tabla 288), con dominancia de especies tolerantes (69%). No hay una tendencia clara, puesto que se han alternado períodos de dominancia de oportunistas de primer orden, con otros de dominancia de tolerantes adscritas al grupo ecológico III, aunque parece observarse un incremento de los mínimos a largo plazo Figura 367).

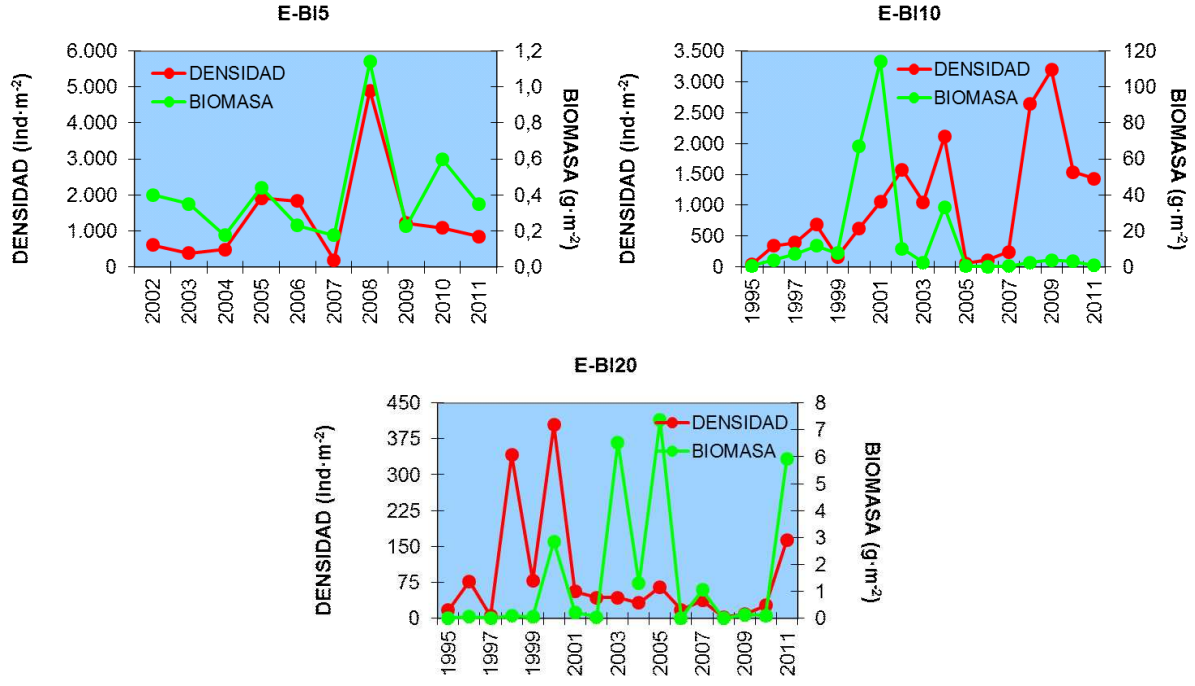


Figura 366 Evolución de la densidad y biomasa en las estaciones E-BI5, E-BI10 y E-BI20 (Bidasoa).

La segunda estación muestreada en el estuario del Bidasoa (E-BI10), presenta un sedimento diferente al de la estación anterior, predominantemente arenoso (92%), y con un contenido en materia orgánica menor (1,7%).

La especie dominante de la comunidad es *Capitella capitata* (684 ind·m^{-2}), encontrada en casi todos los muestreos de esta estación desde 1995 (dominó también en 1996:). En la presente campaña 2011, le siguen en dominancia: el grupo de los oligoquetos (316 ind·m^{-2}), dominante 1997, 1998 y 2001; el poliqueto *H. diversicolor* (156 ind·m^{-2}), dominante en los muestreos del periodo 2006-2009; el bivalvo *Scrobicularia plana* (113 ind·m^{-2}), el poliqueto *Streblospio shrubsolii* (85 ind·m^{-2}); e *Peringia ulvae* (40 ind·m^{-2}). Prácticamente todas estas especies han estado bien representadas en esta estación en los diferentes años de seguimiento.

En 2009, la densidad de la comunidad de la estación E-BI10 presentó el máximo valor de los registrados desde 1995 (3.193 ind·m^{-2}). Las densidades estimadas en 2010 (1.539 ind·m^{-2}) y 2011 (1.433 ind·m^{-2}), aunque menores, son relativamente altas para la estación. La biomasa, en cambio, en 2011 es relativamente baja en relación a las estimadas en años anteriores (0,8 g·m^{-2}).

En 2011 la diversidad estimada a partir de los datos de densidad (2,20 ind·bit^{-1}) se encuentra en el rango de las registradas tanto en otros estuarios de la CAPV como en relación a las registradas en esta misma estación

durante el periodo 1995-2011 (máxima, 3,04 ind·bit^{-1} en 2001; mínima, 0,03 ind·bit^{-1} en 2005).

La biomasa en E-BI10 a lo largo del periodo de estudio 1995-2011 muestra variaciones muy grandes, aportadas principalmente por el molusco bivalvo *S. plana*. Los valores de 2011 se consideran bajos para esta estación (0,8 g·m^{-2}).

La estación presenta alteración fuerte en función de AMBI (5,0), aunque en el límite con la moderada (Tabla 288), con dominancia de oportunistas de primer orden (70%). No se detecta ninguna tendencia temporal más o menos clara a lo largo del seguimiento, aunque en las últimas tres campañas la dominancia de especies del grupo ecológico V haya aumentado progresivamente (Figura 367).

Como viene siendo habitual, la comunidad presente en la tercera estación muestreada en el estuario del Bidasoa (E-BI20), la más próxima a la desembocadura, presenta en 2011 unos valores de densidad relativamente bajos (163 ind·m^{-2}) (Figura 366). No obstante la riqueza específica registrada es, junto con la de 2005, la máxima de todo el periodo de estudio (26 *taxa*).

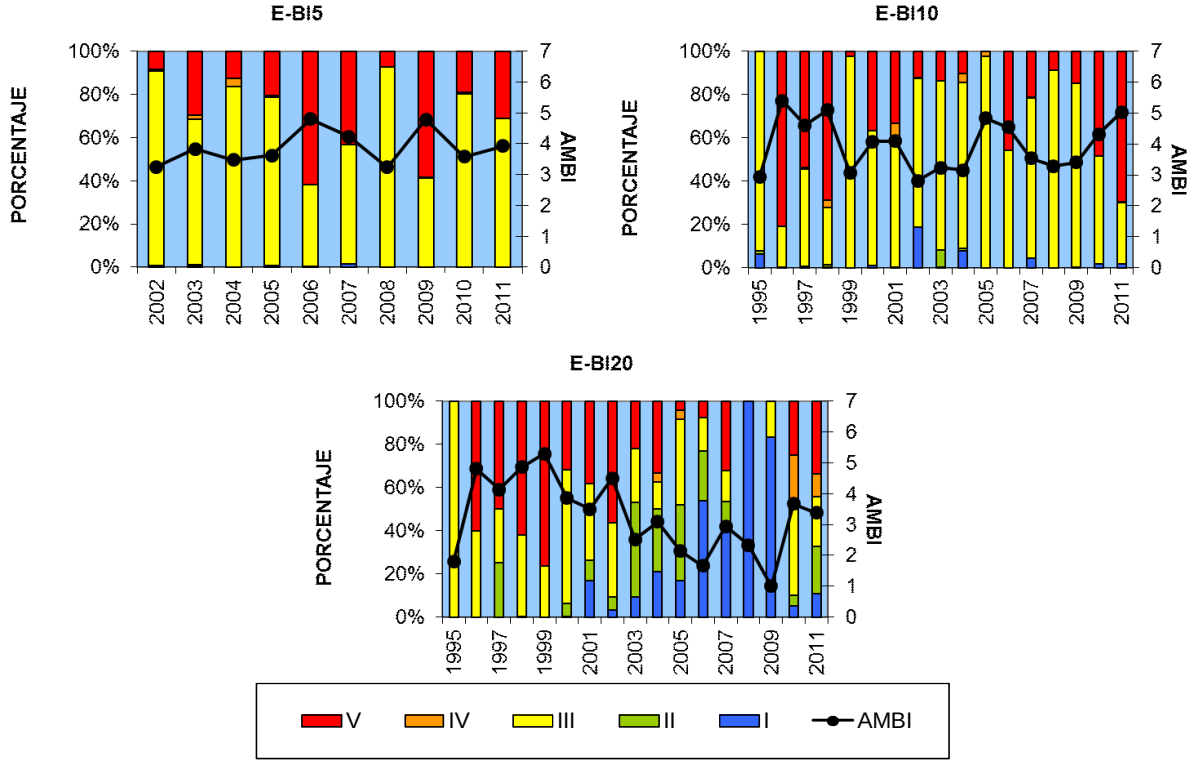


Figura 367 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones E-BI5, E-BI10 y E-BI20 del Bidasoa.

La especie dominante en 2011 en la estación E-BI20 es el poliqueto *C. capitata* (36 ind·m^{-2}), especie que también dominó en 1996, 1998, 1999, 2001, 2002, y 2004. Le sigue *Cerianthus* sp. (20 ind·m^{-2}), cnidario con aspecto de anémona que no suele ser abundante en los muestreos realizados.

La diversidad estimada a partir de los datos de densidad (3,82 bit·ind^{-1}) es alta. Ello se debe, por una parte, a una riqueza específica alta y, por otra, a la ausencia de dominancias exageradas por ninguna especie.

La biomasa es relativamente alta (5,9 g·m^{-2}) como también ocurrió en 2003 y 2005. Asímismo la diversidad para las biomasas (2,34 bit·g^{-1}) es relativamente alta debido a la buena distribución de la misma en, al menos, las 3 especies del género *Nassarius* identificadas en las muestras: *Nassarius reticulatus* (1,9 g·m^{-2}), *Nassarius pygmaeus* (1,6 g·m^{-2}) y *Nassarius nitidus* (1,6 g·m^{-2}).

En cuanto a AMBI, la estación muestra un importante empeoramiento en las últimas campañas, pasando de una situación no alterada en 2009 (AMBI=1) a alteración moderada en 2010 y 2011 (AMBI=3,7 y AMBI=3,4, respectivamente), como consecuencia de una mayor presencia de especies oportunistas de primer y segundo orden (Figura 367). De esta manera, parece interrumpirse la mejoría que se venía observando a partir del los máximos de 1996 y 1999.

15.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las tres estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

Por un lado, la estación **E-BI5** presenta **Buen Estado** (Figura 368), con una ligera tendencia negativa desde el inicio del seguimiento, aunque los valores de M-AMBI oscilan entre la calificación de Muy Buen y Buen Estado.

Del mismo modo, también la estación **E-BI10** presenta **Buen Estado** (Figura 368). Entre 1997 y 2004 la tendencia positiva se vió truncada por una brusca caída de calidad en 2005, al pasar de Muy Buen Estado a Estado Deficiente. Posteriormente, la calidad ha ido mejorando progresivamente, aunque aún se dan altibajos y en las últimas cinco campañas la calificación ha oscilado entre Buen Estado y Muy Buen Estado.

Por último, la estación **E-BI20** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 368), con una clara tendencia postiva hasta la campaña de 2005 (de M-AMBI=0,50 a M-AMBI=0,96) y un posterior empeoramiento de la calidad hasta 2008, al alcanzarse el Estado Aceptable. Posteriormente, se ha producido un nuevo episodio de mejora, que se mantiene hasta la presenta campaña.

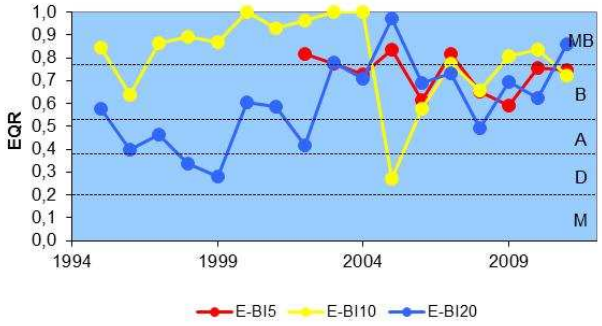


Figura 368 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua de transición del Bidasoa.

15.4 FAUNA ICTIOLÓGICA

15.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD

Las muestras de fauna demersal fueron recogidas durante la campaña de campo de 2010 y no en 2011, por tanto, en el presente informe se re-analizan los datos obtenidos en dicha campaña.

La metodología empleada se indica en el Tomo 1 (en las masas de agua de Tipología III el análisis temporal se hace en función de los peces, excluyendo los crustáceos).

En la campaña realizada en 2010 fueron recogidas nueve taxones en las distintas estaciones del estuario, siendo todas ellas especies habituales de estos ecosistemas que soportan amplios rangos de salinidad, principal condicionante de la vida en estas zonas de transición.

A su vez, en el Bidasoa existen datos obtenidos en muestreos de años anteriores. En concreto, datos de los años 2005 y 2009 correspondientes a los estudios inéditos realizados por el Instituto Cemagref (Burdeos), datos del año 2004 y 2007 pertenecientes al estudio "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la comunidad autónoma del País Vasco" (Borja *et al*., 2005; 2008), datos del año 2001 analizados en el "Estudio de las comunidades de fauna demersal en los estuarios de Oiartzun y Bidasoa" (Franco *et al.*, 2002) y datos del año 1995 incluidos en el informe inédito "Estudio de la calidad biológica de los sedimentos de los estuarios interiores de los ríos Bidasoa, Oiartzun y Urumea" (Borja *et al*., 1996).

El número de taxones de peces registrados en 2010 fue de 9, ocho en 2007, cuatro en 2005, dos en 2004, cuatro en 2001 y en 1995 seis.

En el año 2010 ninguna especie presentó una distribución por todo el estuario. Por el contrario, entre 1995 y 2007 el número de especies distribuidos por todo el estuario fue de uno, *Pomatoschistus* sp. (cabuxino) y en 2009 de dos, *Pomatoschistus* sp. y *Gobius niger* (chaparrudo).

En el muestreo realizado en otoño de 2010 se identificó por primera vez el taxón *Zebrus zebrus* (góbido de franjas) en el tramo exterior del estuario (ABIE).

Destacar que el góbido de franjas es una especie propia de climas más cálidos.

Teniendo en cuenta la evolución de la abundancia total a lo largo de todos estos años, el 2010 ha sido el año donde menos individuos han sido capturados.

En el análisis de las distintas estaciones de la masa de agua del Bidasoa durante los años 2004, 2007 y 2010, se observa que la evolución de los parámetros estructurales varía en función del tipo de parámetro y estación. Así, en la estación exterior (ABIE) en 2010 todos los parámetros alcanzan valores medios (valores inferiores a los alcanzados en 2007 y superiores a los alcanzados en 2004). La evolución del tramo medio (ABIM) muestra en 2010 que la riqueza y la diversidad alcanzan los valores máximos de toda la serie. En cuanto al número de individuos, el valor obtenido en 2010 fue inferior al de 2007 y similar al alcanzado en 2004. Y en la estación interior1 (ABII1) la riqueza se mantiene con un valor similar al 2007, el número de individuos y la densidad alcanzan el valor más bajo de toda la serie, pero, sin embargo, la diversidad aumenta obteniendo el valor más alto de toda la serie. La estación interna2 (ABII2) no fue muestreada en 2007 y 2004.

En líneas generales, en la estación externa la riqueza no muestra una tendencia clara, aumentando y disminuyendo su valor alternativamente. En la estación media sin embargo, la riqueza muestra una ligera mejoría gradual (el aumento masivo de invididuos de 2009 se debe a la captura de *Pomatoschistus* sp., especie colonial). A su vez, en la parte interna del estuario, la riqueza vuelve a disminuir aunque alcanza valores similares a los obtenidos en 2007 y 1995.

La estación más interna (ABII2), también muestra la misma tendencia que la estación interior1 (ABII1).

En líneas generales, durante los últimos 15 años los valores obtenidos por la abundancia han sido muy bajos (los picos se deben a la captura masiva de *Pomatoschistus* sp.), mostrando además claramente un aumento de la abundancia de individuos hacia el interior de la masa de agua.

La diversidad muestra tendencias positivas en las estaciones media e interna1, no así en la exterior e interior2, que rompen con la tendencia al alza de los últimos años. Por ultimo, destacar el hecho de que la diversidad aumenta hacia el exterior del estuario, al contrario que la riqueza y la abundancia.

15.4.2 CALIDAD BIOLÓGICA

Este apartado hace referencia a la tendencia temporal y espacial de la calidad biológica. Aunque en 2004 fue el primer año en que se muestreaba este estuario dentro de la Red de Calidad, en años anteriores y posteriores se han realizado estudios similares para otras administraciones (Franco *et al.*, 1996; Borja *et al.*, 2005), lo que permite establecer una comparación.

La metodología aplicada para establecer la calidad biológica en peces en estuarios ha sido explicada en el Tomo 1. En la Tabla 289 se expresan los valores obtenidos para cada indicador considerado en el cálculo del estado para cada tramo de estuario objeto de estudio (ABIE externa, ABIM media, ABII interior1, ABII2 interior2) en las campañas de los años 2004, 2007 y 2010.

Estación/año	ABIE			ABIM			ABII1			ABII2		
Parámetros	2004	2007	2010	2004	2007	2010	2004	2007	2010	2004	2007	2010
Riqueza	1	3	3	1	1	3	1	1	1			1
Esp. Indicadoras contaminación	5	5	5	5	5	5	5	5	5			5
Especies introducidas	5	5	5	5	5	5	5	5	5			5
Salud piscícola	5	5	5	5	5	5	5	5	5			5
Peces planos	1	5	5	1	3	5	1	1	1			3
Omnívoros	1	1	1	1	5	1	5	5	3			1
Piscívoros	1	1	5	1	1	1	1	1	1			1
Especies residentes (nº)	1	3	1	1	1	3	1	1	3			3
Especies residentes (%)	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1
PUNTUACIÓN	21	29	31	21	27	29	25	25	25			25
AFI	0,33	0,56	0,61	0,33	0,50	0,56	0,44	0,44	0,44			0,44
CALIDAD BIOLÓGICA	D	B	B	D	A	B	A	A	A			A

Tabla 289 Valores de los indicadores seleccionados para estimar la calidad biológica en cada estación (ABIE externa, ABIM media, ABII1 interior1, ABII2 interior2) y rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno: ≥ 0,76; Bueno: 0,55-0,76; Aceptable: 0,34-0,55 Deficiente: 0,17-0,34; Malo: ≤ 0,17. AFI: AZTI's Fish Index.

Al igual que en el resto de estuarios, los indicadores que hacen referencia a la ausencia de especies introducidas, la salud piscícola y la ausencia de especies indicadores de contaminación son los indicadores que contribuyen con un valor más alto, de 5, a la calidad biológica. Este valor se alcanza en todos los tramos del estuario. La riqueza obtiene un valor medio en el tramo exterior y tramo medio, y el valor mínimo en los tramos interiores. El valor de la presencia de peces planos

alcanza el valor máximo en el tramo exterior y medio, valor mínimo en el interior1 y valor medio en el interior2 del estuario.

En cuanto al indicador que evalúa la composición trófica de peces demersales, en los tramos exterior e interior1 del estuario existe una relación no equilibrada en la relación entre omnívoros y piscívoros (valor porcentual de 5:1 en el tramo exterior, y de 3:1 en el interior1). En los tramos medio e interior2 la relación es equilibrada pero de valor mínimo. En suma, las estaciones del exterior y media presentan una calidad biológica "Buena" y las dos internas 'Aceptable'.

En la Figura 369 se muestra la evolución de la calidad biológica del Bidasoa para las cuatro estaciones teniendo en cuenta también los estudios realizados para otras administraciones (Cemagref; Franco *et al*., 1996; Borja *et al*., 2002), lo que permite establecer una comparación.

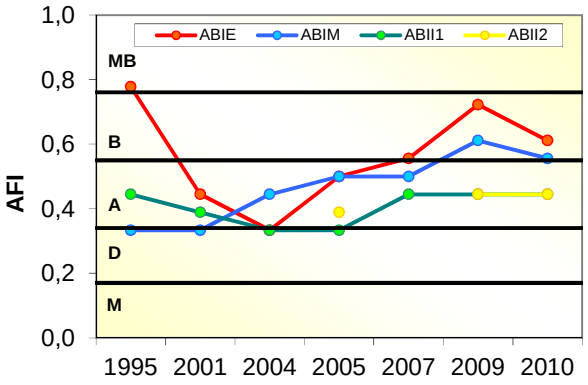


Figura 369 Valores de la calidad biológica obtenidos para cada estación en los años 1995, 2001, 2004, 2005, 2007, 2009 y 2010. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17. Interior2 (ABII2), interior1 (ABII1), media (ABIM) y exterior (ABIE).

Los valores de la calidad biológica obtenidos en 2010 en las estaciones externa y media rompen con la tendencia positiva mostrada a lo largo de todos estos años, manteniéndose en "Bueno" aunque la estación media pasa a obtener una puntuación cercana al límite con "Aceptable". En las estaciones internas la calidad se mantiene con los mismos valores de los últimos años, no mostrando ninguna tendencia a la mejora.

Para establecer la calidad biológica en peces de toda la masa de agua de transición se aplica la metodología que ha sido explicada en el Tomo 1. La Figura 370 muestra la evolución de la calidad biológica en la masa de transición del Bidasoa entre los años 1995 y 2010.

Cabe recordar que en el estuario del Bidasoa todavía se vierten aguas residuales, que presenta zonas canalizadas, que suele ser dragado y que alberga además, cinco puertos con gran número de amarres (repartidos a lo largo de las dos márgenes). No obstante, la gráfica muestra cómo los esfuerzos realizados en saneamiento están generando una mejora progresiva, aunque vuelve a ser calificada como **'Aceptable'**.

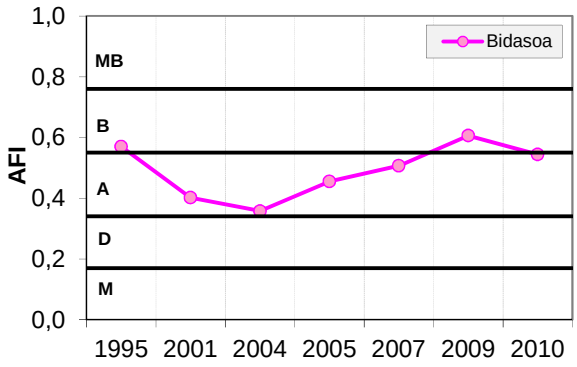


Figura 370 Valores de la calidad biológica obtenidos en la masa de transición del Bidasoa entre los años 1995 y 2010. Rangos establecidos para la clasificación de la calidad: Muy bueno (MB): ≥ 0,76; Bueno (B): 0,55-0,76; Aceptable (A): 0,34-0,55; Deficiente (D): 0,17-0,34; Malo (M): ≤ 0,17.

Según datos del informe realizado por Ikaur-Ekolur para la Diputación Foral de Gipuzkoa (2006), en la cuenca del Bidasoa suelen realizarse detracciones del caudal de agua, existen numerosos azudes y centrales hidroeléctricas que dificultan el paso de especies migradoras y en algunas zonas la calidad de las aguas no tiene la calidad suficiente para albergar fauna piscícola (es el caso de las regatas de Jaizubia y Artia).

A su vez, este informe señala que en las aguas dulces del Bidasoa se ha detectado la presencia de especies migradoras como *Salmo salar* (salmón atlántico –anádroma-), *Salmo truttta morpha trutta* (trucha de mar –anádroma-), *Anguilla anguilla* (anguila –catádroma-), *Alosa alosa* (sábalo –anádroma-) y *Petromyzon marinus* (lamprea de mar –anádroma-).

La presencia de todas estas especies se debe principalmente a la mejora de la calidad de las aguas y a la construcción de pasos piscícolas adecuados en zonas de nula o poca accesibilidad. En el caso de la lamprea de mar, el informe señala que esta especie parece ser que está recolonizando el estuario desde hace algunos años; y en el caso del salmón atlántico, destaca que durante los años 80 el Gobierno Foral de Navarra empezó a desarrollar un plan de reintroducción que parece que está dando sus frutos. Por último, también cita que en 1982 el vertido de un tóxico por una empresa en Lesaka provocó una mortandad masiva de peces en la parte baja del río.

15.5 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

15.5.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En el estuario del Bidasoa se midió la concentración de clorofila en tres puntos: cabecera (estación E-BI5), zona media (E-BI10) y zona inferior (E-BI20). Las muestras se tomaron sólo en superficie. Considerando todo el conjunto de situaciones de muestreo (pleamar y bajamar; con frecuencia trimestral) se tomaron 24 muestras que cubrieron un amplio rango de salinidad (0,7-32,0 USP) (Figura 371).

En otoño y en invierno la concentración de clorofila fue generalmente muy baja (Figura 371). Como excepción, en la muestra tomada en invierno, durante la pleamar, en la estación E-B5 se midió una concentración cercana a 8 µg l^{-1}. En primavera, esta misma estación mostró el valor máximo (10,7 µg l^{-1}), durante la bajamar, en aguas de carácter oligohalino. La estación situada en la zona media (E-BI10) también mostró su máximo en primavera (~10 µg l^{-1}), durante la bajamar. En verano se registró un pico secundario en la estación E-BI5, con unos 8 µg l^{-1}. En la zona exterior (E-BI20) la clorofila se mantuvo en valores mínimos (<1 µg l^{-1}) en verano y en otoño, y alcanzó su máximo (2,0 µg l^{-1}) en primavera.

La concentración de clorofila medida en la campaña de 2011 en el estuario del Bidasoa osciló dentro del rango observado en la mayoría de los estuarios de la costa vasca durante el mismo año. Como en años anteriores, en este estuario los picos de clorofila se encontraron más frecuentemente en primavera y verano, en aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino, durante diferentes condiciones de marea.

En cuanto a los nutrientes que indican aportes de aguas residuales urbanas (amonio y fosfato), las concentraciones más altas se encontraron en la cabecera, seguida por la zona media y la desembocadura. Otros años, los máximos de estos nutrientes se habían registrado en la estación E-BI10, indicando entonces la existencia de algunos vertidos en la zona media del estuario. También, se ha señalado en otro trabajo que a partir del año 2005 los picos de nitrógeno inorgánico disuelto y fosfato han disminuido en esta estación (Revilla *et al*., 2011).

En el año 2011, en ocasiones puntuales se midieron concentraciones de amonio cercanas a las que se consideran características de mal estado físico-químico (Bald, 2005). Así, los máximos de amonio medidos en las estaciones E-BI5, E-BI10 y E-BI20 fueron: 59, 52 y 21 µM, respectivamente. Siendo los valores característicos de mal estado: 63, 50 y 32 µM, para aguas oligohalinas, mesohalinas y polihalinas, respectivamente.

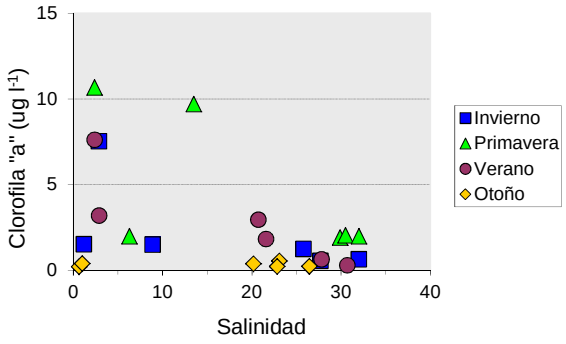


Figura 371 Variación de la concentración de clorofila a lo largo del gradiente salino del estuario del Bidasoa en las cuatro épocas de estudio durante 2011. Los datos son de superficie, en pleamar y bajamar.

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en el estuario del Bidasoa se ha calculado el valor del percentil 90 en periodos móviles de seis años (Figura 372). Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton.

Como se aprecia en la Figura 372, en la cabecera del estuario (E-BI5), el percentil ha variado poco, entre 3 y 4 µg l^{-1}, a lo largo de la última década. La zona media (E-BI10) presenta oscilaciones entre 4 y 8 µg l^{-1}, aproximadamente. La zona exterior (E-BI20) ha variado entre 1 y 5 µg l^{-1}. Tanto en la zona media, como en la exterior, donde las series temporales abarcan desde mediados de los 90, la clorofila ha aumentado lentamente hasta mediados de la década del 2000, momento a partir del cual se invierte la tendencia. Este cambio podría estar relacionado con acciones de saneamiento en el estuario.

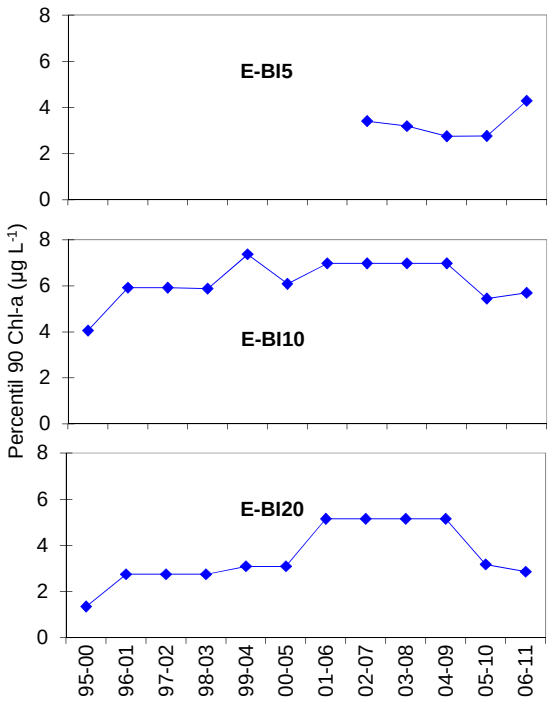


Figura 372 Evolución de la concentración de clorofila en el estuario del Bidasoa. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie (pleamar y bajamar), de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

En el resto de los estuarios del País Vasco, en aguas de carácter oligo-, meso- o polihalino el percentil 90 de la clorofila normalmente no supera los 8 µg l^{-1}. Por lo tanto, la biomasa fitoplanctónica en el estuario del Bidasoa a lo largo de los últimos 15 años puede considerarse dentro del rango normal. Los aportes de nutrientes de origen antropogénico que han afectado a la estación E-BI10 en épocas anteriores explicarían un nivel de clorofila superior al que se registra históricamente en la estación E-B5.

Hay que señalar que en otros estuarios del País Vasco se han observado oscilaciones, o cierto aumento de la clorofila, en las zonas exteriores, a lo largo de los últimos 10-15 años (por ejemplo, en el Oria, en el Urumea y en el Oiartzun). Las zonas más exteriores de los estuarios, por su localización, son las que soportan generalmente menos presión antropogénica de eutrofización, estando sometidas a una mayor advección mareal y ocupadas en pleamar por comunidades fitoplanctónicas de la costa. Como ya se ha comentado en otros capítulos, dichas oscilaciones, o aumentos a largo plazo en la biomasa fitoplanctónica, podrían estar ligados a cambios en las condiciones océano-meteorológicas a amplia escala espacial (factores como: insolación, turbiedad, aporte de nutrientes mediado por la pluviosidad y el caudal fluvial, estratificación frente a mezcla vertical, afloramiento frente a hundimiento, etc.).

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 290 se presentan las variables que describen la estructura de la comunidad fitoplanctónica en el estuario. Se dispone de datos para las tres estaciones de muestreo, en primavera y en verano, durante la pleamar.

Estación	E-BI5	E-BI10	E-BI20
Fecha	19/05/2011	19/05/2011	19/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	393	897	2.012
Diversidad (bit/cel)	1,9	3,8	3,0
Riqueza (Nº especies)	11	30	24
Estación	E-BI5	E-BI10	E-BI20
Fecha	23/08/2011	23/08/2011	23/08/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	589	8.007	1.328
Diversidad (bit/cel)	2,5	2,2	3,6
Riqueza (Nº especies)	10	20	25

Tabla 290 Índices relacionados con Fitoplancton. Estuario del Bidasoa. Los datos son de superficie, en pleamar.

La abundancia del fitoplancton fue más baja en la cabecera del estuario que en las zonas media e inferior. Este patrón también se observó en la riqueza de especies y, en algunas ocasiones en la diversidad.

Hay que recordar que las condiciones físico-químicas difieren mucho entre la cabecera, de carácter generalmente oligohalino, y el resto del estuario, con bastante más proporción de agua marina. En las muestras tomadas en primavera (en pleamar) la salinidad en la estación E-BI5 fue 6 USP y en el resto 30 USP. La concentración de clorofila fue similar en las tres estaciones en estas condiciones de muestreo (2 µg l^{-1}), sin embargo, la abundancia fitoplanctónica presentó valores mucho más altos en la estación E-BI20. Esto fue debido a un bloom de diatomeas entre las que destacó *Chaetoceros* spp. (796.500 células l^{-1}). Se identificaron varias especies de diatomeas, tanto en la desembocadura como en la zona media del estuario. Su contribución a la abundancia total fue aproximadamente de un 40-60%. Además de *Chaetoceros* spp. contribuyeron especialmente: *Pseudo-nitzschia* spp., *Skeletonema* spp.y *Thalassiosira* spp. Otros taxones destacados en la zona media y exterior fueron las haptofitas (*Emiliania huxleyi*) y las crisiofíceas (*Ollicola vangoorii* y *Dinobryon* sp.). Estas crisofíceas son organismos mixótrofos o fagotróficos, con preferencia por aguas dulces, por lo tanto, posiblemente proviniesen de arrastres fluviales producidos días antes. En la zona media (E-BI10) también se encontraron criptofitas (*Teleaulax* spp.) en número relativamente alto. En la cabecera del estuario, en primavera dominaron las diatomeas (77%), aunque casi en su totalidad fueron pennales, posiblemente bentónicas.

En verano, la abundancia fitoplanctónica tampoco se mostró acorde con la concentración de clorofila, a lo largo

del estuario. Mientras que el pico de clorofila se medía en la cabecera (E-BI5) con una salinidad de 2 psu, la abundancia más alta se observaba en la zona media (E-BI10), con una salinidad de 22 psu.

En verano, al contrario que en primavera, la contribución relativa de las diatomeas a la abundancia total fue bastante baja. En la zona media y en la desembocadura del estuario las diatomeas supusieron <10% del total celular. En la cabecera contribuyeron con un 21%, pero se trató de diatomeas pennales de pequeño tamaño (posiblemente bentónicas). Los taxones con mayor abundancia en la estación E-BI10 en verano fueron la criptofita *Teleaulax* spp. ($5 \cdot 10^6$ células l^{-1}), la dictiocofícea *Apedinella spinifera* ($0{,}7 \cdot 10^6$ células l^{-1}) y la prasinofícea *Tetraselmis* spp. ($0{,}6 \cdot 10^6$ células l^{-1}). En la estación E-BI20 la comunidad estival no presentó dominancia, sino que la abundancia estuvo muy repartida entre los distintos taxones. Esto se tradujo en un índice de diversidad muy alto en esta zona (Tabla 290).

En cuanto a las especies potencialmente tóxicas, la diatomea *Pseudo-nitzschia* spp. se observó en primavera con una abundancia bastante alta en las zonas media e inferior del estuario: 74.000 y 280.000 células l^{-1} (estaciones E-BI10 y E-BI20, respectivamente). Además, en las mismas muestras, se identificaron taxones potencialmente nocivos para los ecosistemas (diatomeas del género *Thalassiosira* sp. y haptofitas del género *Chrysochromulina* spp.), aunque en baja abundancia (<50.000 células l^{-1}). También se observó algún dinoflagelado potencialmente tóxico en cabecera (cf. *Pfiesteria*, 10.600 células l^{-1}), y en la desembocadura (*Prorocentrum minimum*, 5.300 células l^{-1}),

En verano no se detectaron taxones potencialmente tóxicos, pero sí alguno potencialmente nocivo para los ecosistemas: *Kryptoperidinium foliaceum* en cabecera (~20.000 células l^{-1}) y haptofitas del género *Chrysochromulina* spp. en las zonas media y exterior del estuario (<300.000 células l^{-1}).

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en anteriores informes, el fitoplancton en la masa de agua de transición del Bidasoa se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado, que ha cambiado respecto a años anteriores (véase tomo de metodología).

En la Figura 373 se muestra el valor de la métrica basada en los datos de clorofila “a” (percentil 90). En la cabecera (E-BI5, aguas oligohalinas) supone 4,29 µg l^{-1}, en la zona media (E-BI10, aguas mesohalinas) es 5,69 µg l^{-1} y en la zona inferior (E-BI20, aguas polihalinas) es 2,86 µg l^{-1} (n=48). Por lo tanto, la clorofila indica un estado “Muy bueno” en las tres zonas del estuario.

En la Figura 374 se muestra el indicador basado en la abundancia fitoplanctónica, que estima la frecuencia de blooms. En la estación E-BI5 no se han detectado floraciones fitoplanctónicas hasta la fecha, lo cual indica un estado “Muy bueno”. En las estaciones E-BI10 y E-BI20 la frecuencia de las floraciones es 9,1 y 18,2%, respectivamente, indicando también un estado “Muy bueno”, según la abundancia fitoplanctónica.

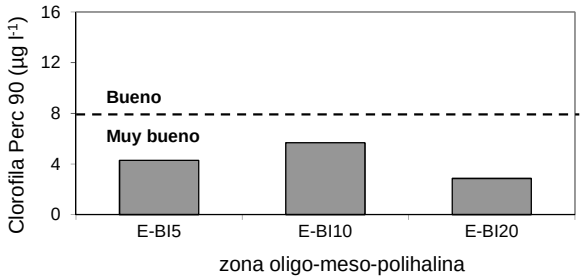


Figura 373 Percentil 90 de la concentración de clorofila en el estuario del Bidasoa. Los datos utilizados han sido los de superficie, pleamar y bajamar, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

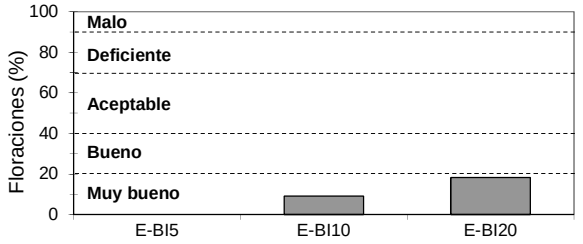


Figura 374 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en el estuario del Bidasoa. Los datos utilizados corresponden a superficie, pleamar, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

Tras realizar la integración de los dos indicadores, como se muestra en la Tabla 291, el estado del fitoplancton para el periodo 2006-2011 en el estuario del Bidasoa se clasifica como “Muy bueno” en las tres estaciones de muestreo.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
E-BI5	1,000	1,000	**Muy bueno (1,000)**
E-BI10	0,937	1,000	**Muy bueno (0,968)**
E-BI20	1,000	0,918	**Muy bueno (0,959)**

Tabla 291 Estuario del Bidasoa. Calificación del estado del fitoplancton para cada estación de muestreo durante el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

Finalmente, en la Tabla 292 se muestra la evolución del estado del fitoplancton a lo largo de periodos móviles de seis años, comenzando en 2002. El **estado del fitoplancton** integrado en la masa de agua del **Bidasoa** se clasifica como "**Muy bueno**" en toda la serie. Los últimos periodos presentan valores de EQR ligeramente más altos que las primeras evaluaciones.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Bidasoa	MB (0,887)	MB (0,956)	MB (0,956)	MB (0,979)	MB (0,974)
E-BI5	MB	MB	MB	MB	MB
E-BI10	MB	MB	MB	MB	MB
E-BI20	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 292 Evolución temporal del estado del fitoplancton en el estuario del Bidasoa, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

15.5.2 MACROALGAS

Para su estudio la masa de agua se dividió en 22 zonas tanto en 2004, como en 2007 y 2010, numeradas del 1 al 22 desde la desembocadura al interior. Estas 22 zonas representan tres tramos del estuario, que se pueden adscribir a las estaciones E-BI20 (zonas 1 a 3 y 13 a 15), E-BI10 (zonas 4 a 6, 8 a 11 y 16 a 19) y E-BI5 (zonas 7, 12 y 20), desde la desembocadura al interior. Además, como en 2007, se analizaron otras dos zonas correspondientes a las marismas de Jaizubia (zonas 21 y 22).

Así, en la Tabla 259 se observan los resultados obtenidos de aplicar el método explicado en el Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2003 (Borja *et al.*, 2004d) para la masa de agua en las tres campañas arriba indicadas.

La calificación obtenida en 2010 fue de **'Buen Estado'** para el global de la masa de agua, el mismo que las pasadas campañas de 2004 y 2007. Tampoco se observan cambios temporales a nivel de tramo.

	E-BI20	E-BI10	E-BI5	JAIZUBIA	GLOBAL
2004	MB	B	A	-	B
2007	MB	B	A	B	B
2010	MB	B	A	B	B

Tabla 293 Calificación obtenida para cada uno de los tramos en que se divide la masa de agua (M-EBI1 a M-EBI3 y M-EBI13 a M-EBI15 se adscriben a E-BI20; M-EBI4 a M-EBI6, M-EBI8 a M-EBI11 y M-EBI16 a M-EBI19 se adscriben a E-BI10; M-EBI7, M-EBI12 y M-EBI20, se adscriben a E-BI5; M-EBI21 y M-EBI22 corresponden a las marismas de Jaizubia) y para el global de la misma, en cada una de las campañas muestreadas (A=Estado Aceptable; B=Buen Estado; MB=Muy Buen Estado).

15.6 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

15.6.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

En la Tabla 294 se muestran los datos medios anuales, correspondientes a las campañas de 2011, de las variables hidrográficas analizadas en superficie y fondo en el estuario del Bidasoa, y de las variables relacionadas con el estado trófico (únicamente en superficie).

Variable	Unidad	E-BI5-S	E-BI5-F	E-BI10-S	E-BI10-F	E-BI20-S	E-BI20-F
Temperatura	℃	15,35	16,80	16,93	17,30	16,91	17,38
Salinidad	USP	2,48	24,98	20,71	26,58	28,52	33,15
Agua fluvial	%	93,04	29,84	41,84	25,33	19,89	6,89
Saturación O_2	%	86,25	59,67	69,17	78,98	87,39	83,69
pH		7,56	7,70	7,71	7,88	7,96	8,05
Silicato	µmol.dm^{-3}	83,88		54,58		24,87	
Amonio	µmol.dm^{-3}	11,58		20,17		10,75	
Nitrito	µmol.dm^{-3}	1,04		1,24		0,49	
Nitrato	µmol.dm^{-3}	55,63		43,48		18,56	
Nitrógeno Total	µmol.dm^{-3}	98,63		95,75		47,88	
Fosfato	µmol.dm^{-3}	1,69		1,52		1,03	
Fósforo Total	µmol.dm^{-3}	2,91		2,49		1,58	
Carbono O. Total	µmol.dm^{-3}	111,61		121,29		95,35	

Tabla 294 Estuario del Bidasoa. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico y presencia de agua de origen fluvial.

La incorporación de la estación E-BI5 al control de la calidad físico-química de las aguas del estuario del Bidasoa en 2002 incrementa la resolución espacial de la vigilancia a lo largo del eje del estuario y da una mayor representatividad a la influencia de los aportes introducidos por el río principal. Como en otros casos, la

estación E-BI5 denota un importante incremento de la presencia de agua de origen fluvial respecto a las estaciones E-BI10 y E-B20, situadas en la zona intermedia e inferior del estuario, respectivamente (Tabla 294).

A partir de los datos de salinidad obtenidos en la serie de muestreos del año 2011, puede observarse que la presencia media de agua de origen fluvial en cada estación decrece desde la estación E-BI5 (29-93%) hasta la E-BI20 (6-19%). En general, con la dilución producida por el incremento de la proporción de agua de mar disminuye la concentración de silicato, una sustancia relacionada con los aportes terrestres.No obstante, la proporcionalidad no se mantiene para los casos de amonio, nitrito y carbono orgánico total los valores registrados en las estaciones E-BI10 y E-BI20 indican la influencia de otros afluentes secundarios y aportes directos. En relación con lo anterior, también pueden destacarse los valores mínimos de saturación de oxígeno en la estación E-BI10.

Por otra parte, en los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de las fluctuaciones en el caudal y composición de los aportes. También se aprecia la influencia del estado de la marea, especialmente en las estaciones E-BI10 y E-BI20. En general, los valores registrados en la situación de bajamar indican una mayor alteración de la calidad de las aguas coincidente con una mayor influencia de los aportes citados y, recíprocamente, con una menor regulación y acondicionamiento por las aguas costeras y de la parte exterior del estuario.

En cuanto a los nutrientes, pueden destacarse las diferentes proporciones entre las formas oxidadas y reducidas del nitrógeno en función de los aportes mencionados y de la concentración de oxígeno disuelto. Como indican los valores medios del cuadro anterior, en las tres estaciones predomina el nitrato sobre el amonio. También se observa un exceso relativo del nitrógeno inorgánico disuelto (NID o suma de amonio, nitrito y nitrato) respecto al fosfato, exceso que se mantiene si se considera la relación entre las concentraciones totales de nitrógeno y fósforo. La relación entre el carbono y nitrógeno indica que aunque la proporción de carbono es superior a la del nitrógeno las diferencias se reducen por lo que se deduce que hay una menor incidencia de materiales detríticos.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. En general predominan las situaciones alternantes, con una distribución de tipo “dientes de sierra” en la que se observa la incidencia de la estacionalidad y de las condiciones hidrológicas. Las series de datos no reflejan una tendencia descendente de concentraciones de NID y fosfatos (Figura 375). Por el contrario, las tres estaciones del Bidasoa registran situaciones con concentraciones elevadas de nutrientes (Figura 375).

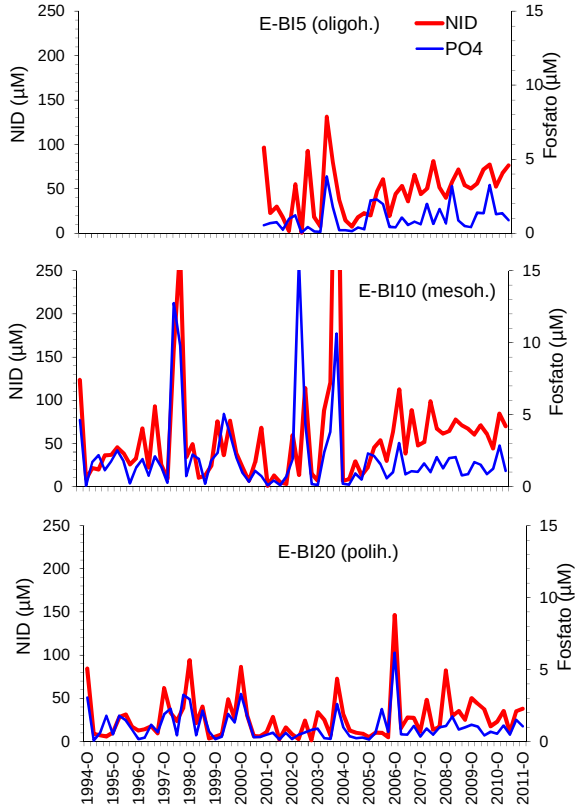


Figura 375 Evolución trimestral, entre otoño de 1994 y otoño de 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en micromoles por litro, en aguas de superficie (media de pleamar y bajamar), en las estaciones E-BI5, E-BI10 y E-BI20.

En la Figura 376 se presenta la evolución temporal del oxígeno disuelto en el estuario del Bidasoa (estaciones E-BI5, E-BI10 y E-BI20). Resulta evidente el ciclo estacional, muy regular a lo largo del seguimiento, con máximos en la época invernal y mínimos en la estival. La evolución global de esta variable muestra una tendencia hacia el ascenso entre 1994 y el año 2000. A partir de entonces, la tendencia es decreciente hasta el año 2002, pero empieza a mostrar una ligera

recuperación que continúa hasta el 2009. Sin embargo, en los dos últimos años las tres estaciones, pero especialmente las estaciones E-BI5 y E-BI10, presentan un descenso mostrando valores inferiores al 60% de saturación.

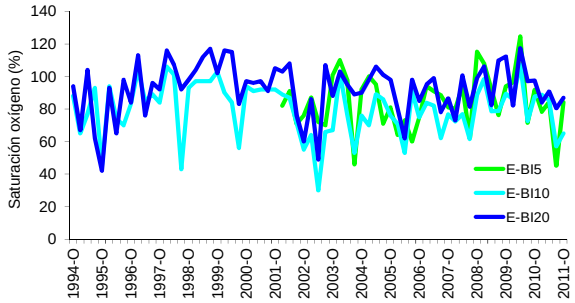


Figura 376 Porcentaje de saturación de oxígeno en la columna de agua en la zona interior del estuario Bidasoa (estaciones E-BI5, E-BI10 y E-BI20). Se muestra el promedio para cada época del año (invierno, primavera, verano y otoño) desde 1994 hasta 2011. La media se ha realizado con los datos tomados en superficie y fondo, y en dos situaciones de marea (pleamar y bajamar).

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie en las estaciones del estuario del Bidasoa, se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (2,3 y 0.3 $\mu g \cdot l^{-1}$).

En la Figura 377 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011. Los valores empleados son medias correspondientes a los datos de pleamar y bajamar para las tres estaciones de muestreo del estuario (E-BI5, E-BI10 y E-BI20) hasta el año 2006, desde 2007 solamente se han muestreado las estaciones en bajamar.

Como se puede observar en la Figura 377, algunos metales como manganeso, plomo y zinc, presentan oscilaciones a lo largo de los años, con diferencias apreciables en la concentración entre las diferentes estaciones de muestreo, y en algunos casos superando los objetivos de calidad fijados para cada metal (120, 7,2 y 60 $\mu g \cdot l^{-1}$ para manganeso, plomo y zinc, respectivamente). En 2011 se apreciar un aumento de la concentración en manganeso en las estaciones E-BI5 y E-BI20 y disdminuye en E-Bi10. El resto de los metales se han mantenido o disminuido ligeramente respecto a valores del año anterior. Así, la concentración de cadmio disminuye en las tres estciones pero sigue superando el objetivo de calidad (0.2 $\mu g\ l^{-1}$) en la estación E-BI10 en la campaña de invierno y en la estación E-BI20 en la campaña de verano. La concentración de hierro y niquel se mantienen parecidas al año anterior. En el caso del cobre y plomo disminuye la concentración en las tres estaciones de estudio sin llegar a superar en ningun caso el objetivo de calidad establecido (25 $\mu g\ l^{-1}$ Cu, 7.2 $\mu g\ l^{-1}$ Pb).

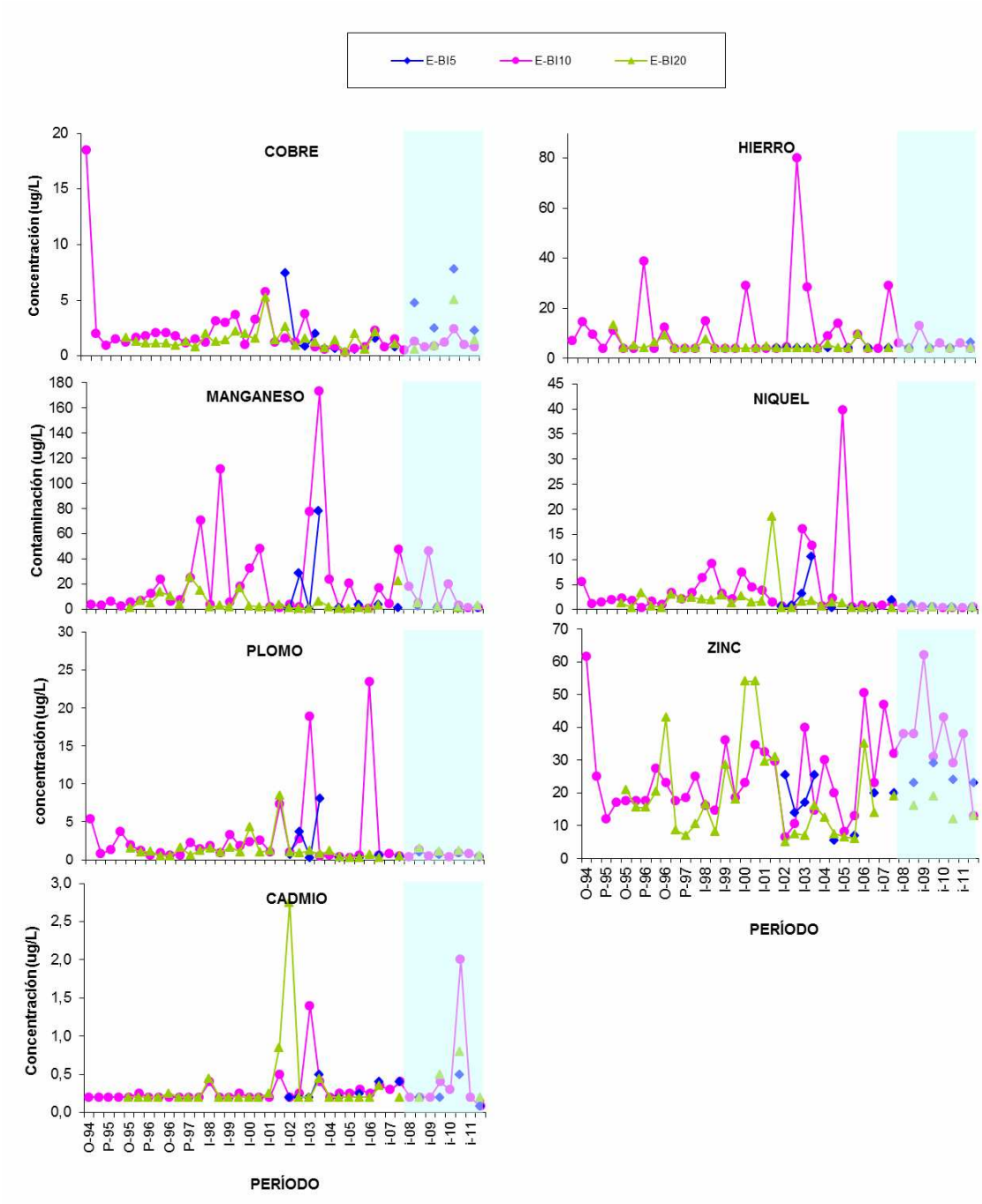


Figura 377 Evolución temporal de la concentración media (pleamar-bajamar) para cada metal en las estaciones del estuario del Bidasoa en el periodo que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2006, desde el año 2007 sólo se ha tenido en cuenta los datos de bajamar.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

En los resultados obtenidos en 2011 se ha observado la presencia de PAHs derivados del naftaleno, acenafteno, pireno, antraceno y fenantreno sobre todo en en la estación E-BI10 y congeneresn de acenafteno y pireno en la estación E-BI5, sin superar en ningun caso el objetivo de calidad establecido para cada uno de estos compuestos.

15.6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en la estaciónes E-BI10 y E-BI20 y desde 2002 en las estación E-BI5, se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado.

A partir de esta información, en la Figura 378 y Figura 379 se ha establecido una evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 295 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En cuanto a la variabilidad espacial, en la presente campaña, la estación externa (E-BI20) y la estación intermedia (E-BI10) presentan un sedimento mayoritariamente arenoso, mientras que la estación más interna es de carácter limoarenoso. Además, la estación más externa (E-BI20) presenta los menores valores de materia orgánica y los mayores valores de ratio C/N.

En relación a la evolución temporal, el contenido en materia orgánica muestra una tendencia descendente discontinua en la estación E-BI5 y E-BI10.Para el resto de parámetros sedimentológicos no se observa ningún patrón temporal definido en ninguna de las estaciones de estudio..

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
E-BI5	0,61	53,66	45,73	7,65	159	2,57	0,16	15,6
E-BI10	6,39	91,88	1,73	1,73	-2	3,05	0,18	17,2
E-BI20	0,14	99,22	0,64	0,66	125	1,62	0,01	123,7

Tabla 295 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

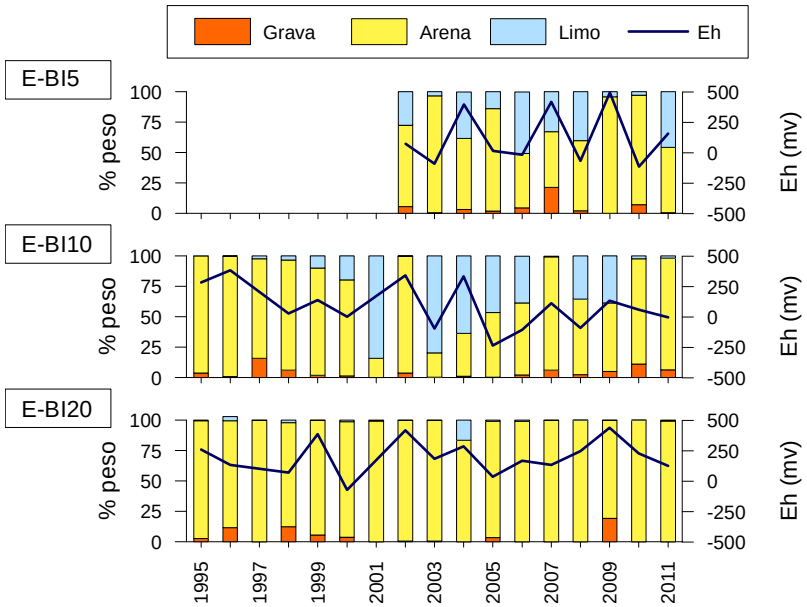


Figura 378 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

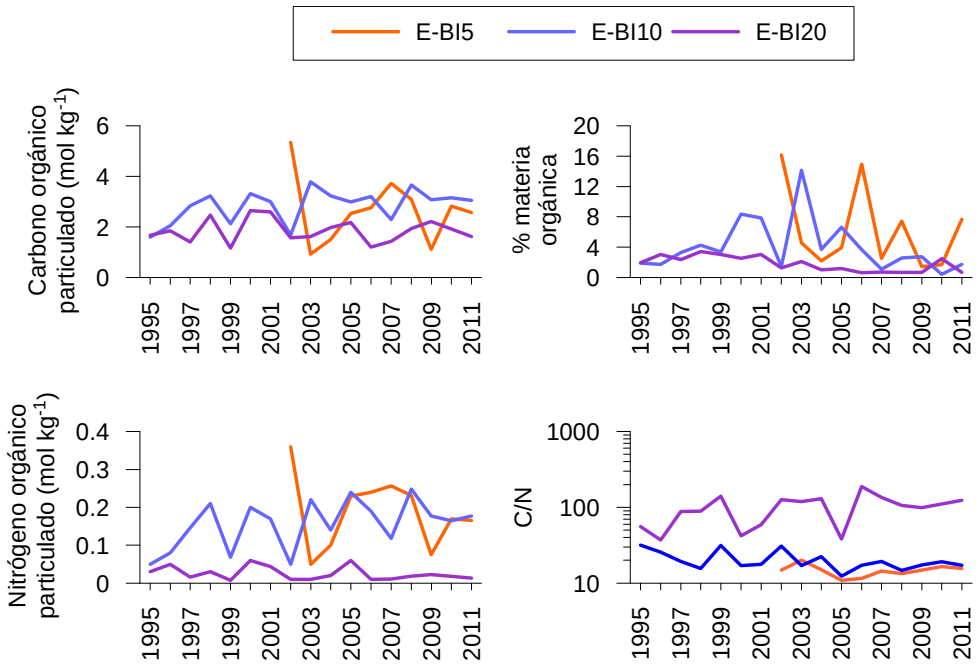


Figura 379 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 296 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. En la presente campaña, la estación E-BI10 presenta los valores más altos para todos los metales, excepto de Fe y Mn, que muestran su mayor concentración en la estación interna (E-BI5).

La Figura 380 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación E-BI10 y E-BI20 desde 1995 y para la estación E-BI5 desde 2002.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
E-BI5	0,24	28	49	38155	0,12	477	37,8	79	197
E-BI10	1,09	58	194	29653	0,49	326	56,7	549	826
E-BI20	0,08	20	29	23703	0,09	311	31,7	56	103
Media	0,47	35,1	90,6	30504	0,24	371	42,0	227,9	375,2
Desv. est.	0,55	19,7	90,0	7264	0,22	92	13,0	278,0	393,1

Tabla 296 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

En las campañas más recientes, en la estación E-BI20 y en la estación E-BI5 (excepto el Mn y el Pb), todos los metales se mantienen cercanos o inferiores al valor de fondo. Por el contrario, el Cd, Cu, Hg, Zn y Pb superan los niveles de fondo en la estación interior (E-BI5), donde se aprecia una tendencia temporal ascendente discontinua.

Por otro lado, en la Figura 381 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010, 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. De esta manera, durante la última campaña, en la estación E-BI20 y en la estación E-BI5 todos los metales se encuentran por debajo del valor TEL, y por lo tanto, no existe riesgo de afección sobre la biota. Sin embargo, en la estación interna (E-BI5) todos los metales superan el valor TEL, indicando probilidad media de efectos negativos en la biota.

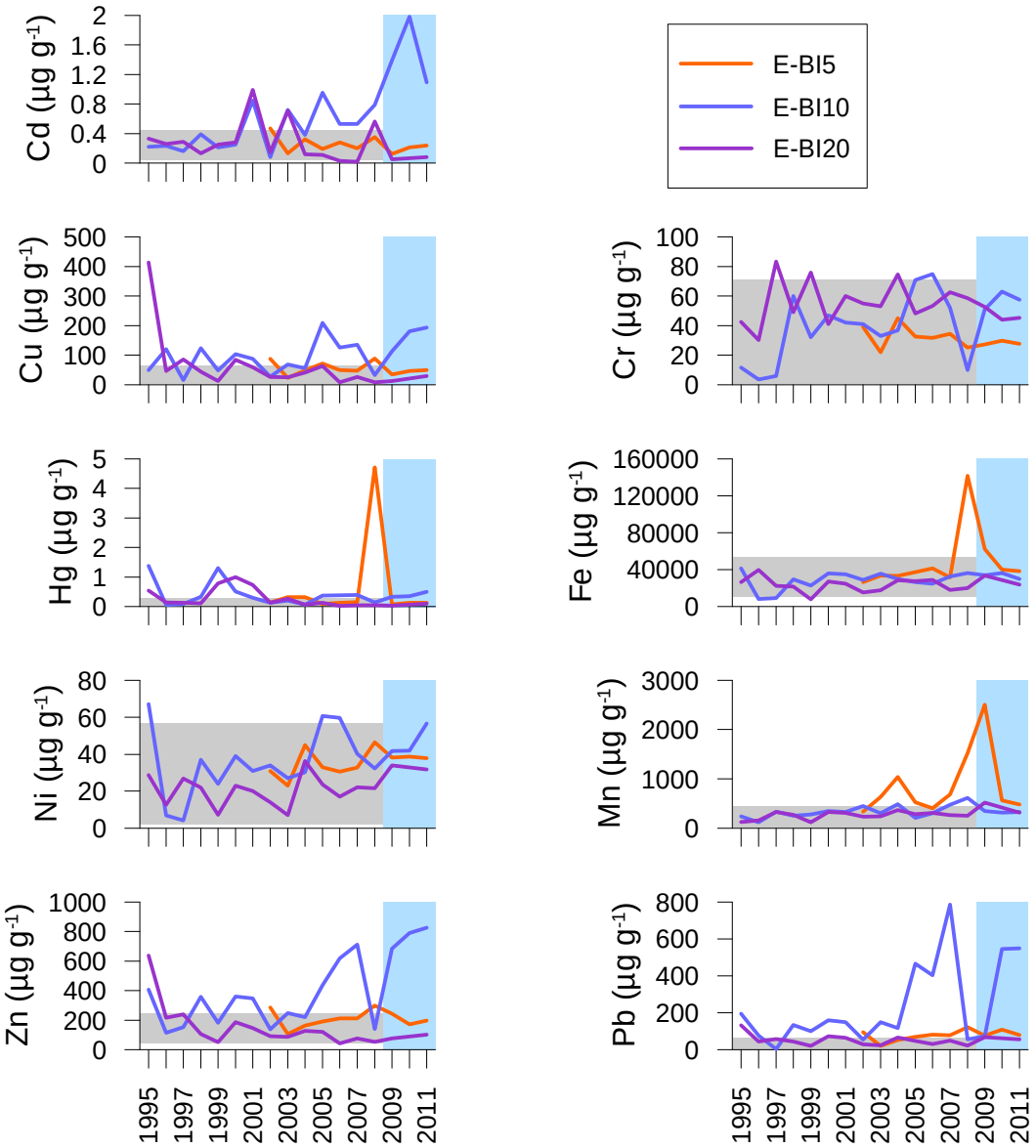


Figura 380 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

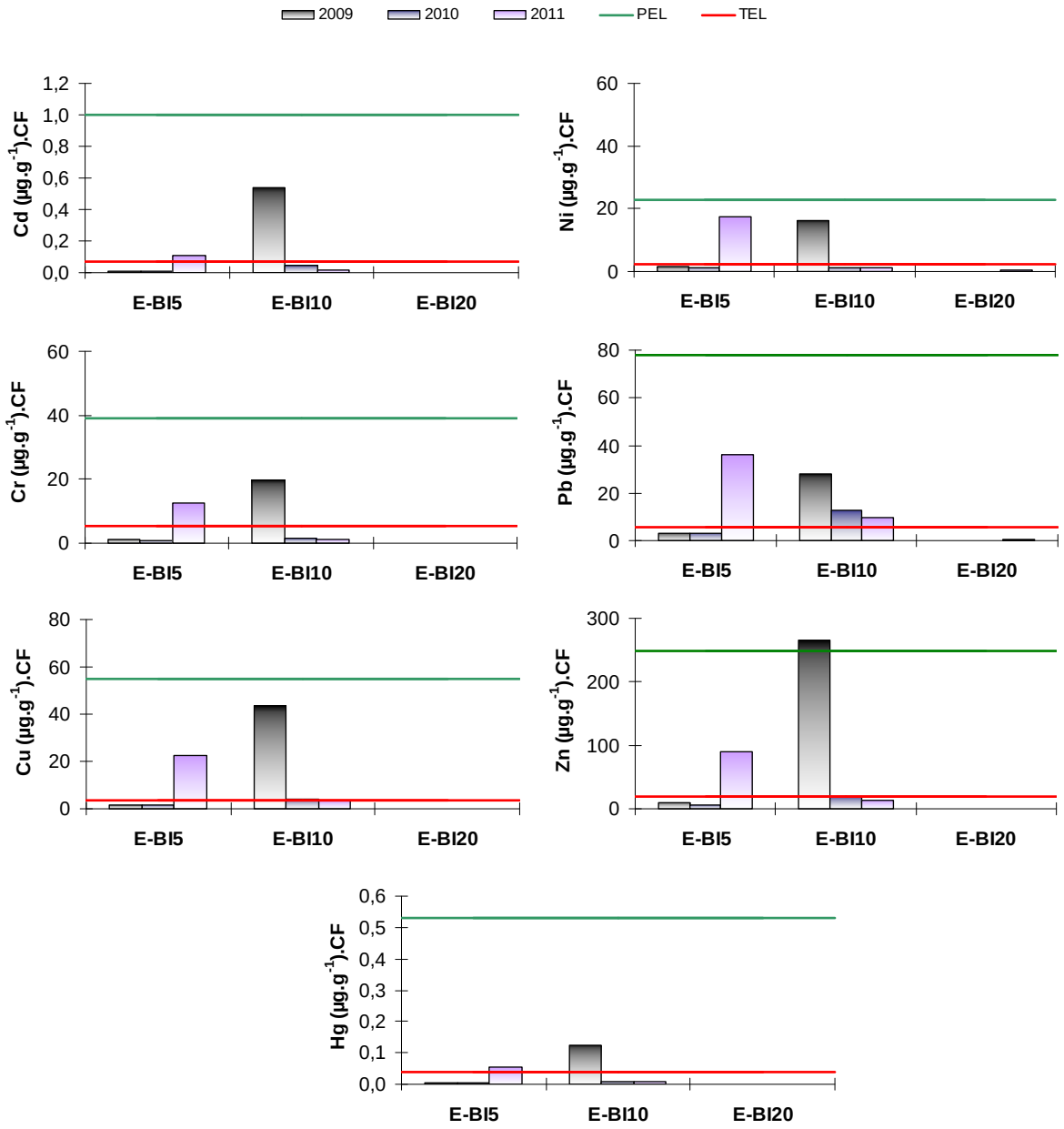


Figura 381 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones del Bidasoa, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 297 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las tres estaciones de estudio. La Figura 382 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados en la estación E-BI10 y E-BI20 desde 1995 y en la estación E-BI5 desde 2002.

Durante las últimas campañas, todos los compuestos orgánicos analizados muestran concentraciones cercanas o inferiores al límite de determinación analítico. Como excepción, los PAHs que se mantienen de forma continúa por encima del límite analítico, pero sin superar en ningún caso el objetivo de calidad (44792 $ng.g^{-1}$). Por lo tanto, las concentraciones de contaminantes orgánicos en ambas estaciones no implican efectos negativos sobre la biota.

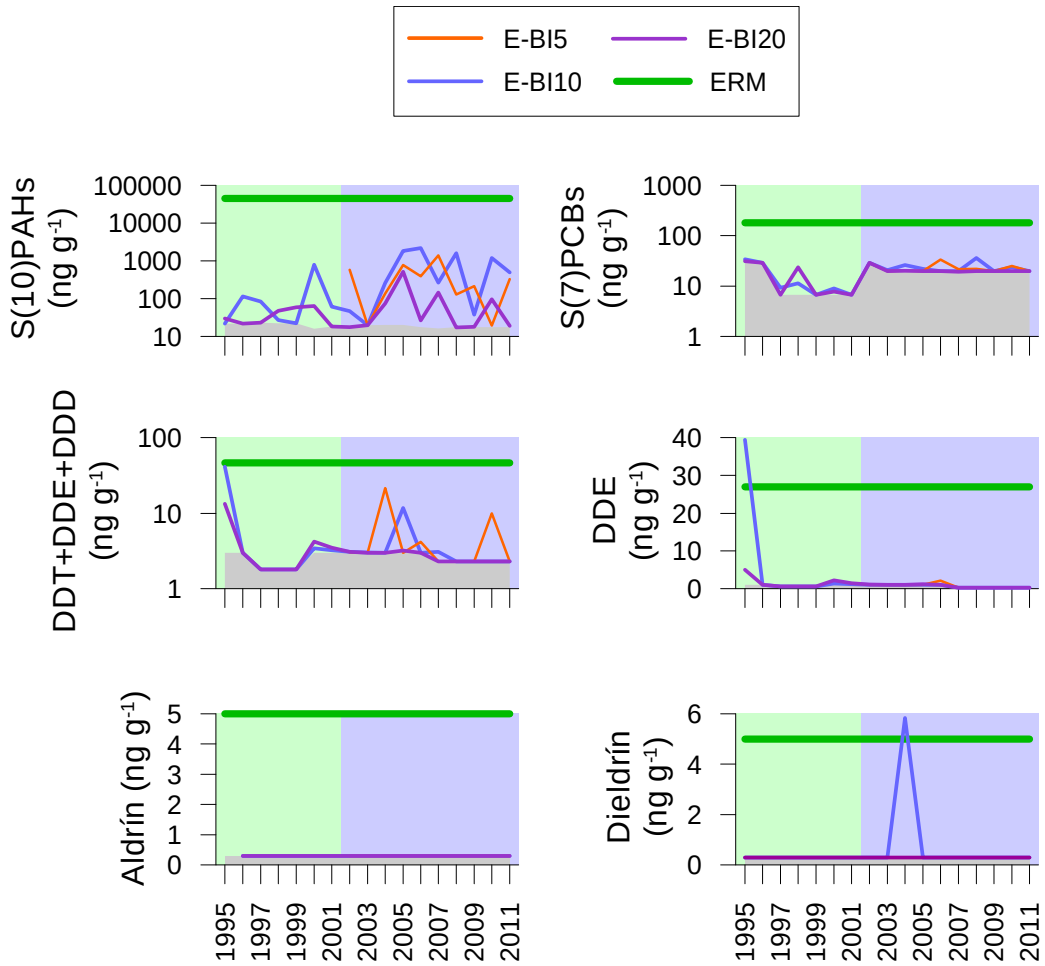


Figura 382 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efecto adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long et al., 1995).

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
E-BI5	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	7,65	0,31	<20	328,75
E-BI10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	1,36	0,46	<20	500,34
E-BI20	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	18,94

Tabla 297 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 298 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos del estuario del Bidasoa, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Según estos valores de ICC globales, la estación E-BI5 presenta contaminación ligera, la estación E-BI10 contaminación

media y la estación más externa (E-OK20) no presenta contaminación.

En la Figura 383 se presenta la evolución del ICC global para la estación E-BI10 y E-BI20 desde invierno de 1995, y en la estación E-BI5 desde 2002. En los muestreos más recientes, en la estación E-BI10 se observa una tendencia ascendente hacia valores de contaminación media (*i.e.,* ICC > 3). Por el contrario, la estación más interna (E-BI5) muestra un tendencia descendente desde valores de contamiación media hasta valores de contaminación ligera (*i.e.*, ICC > 1), mientras que la estación E-BI20 muestra valores ICC globales no contaminados.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
E-BI5	NC	CL	CL	CL	NC	CL	CL	CL	CL	CL
E-BI10	C	CL	C	NC	C	CL	CL	CF	C	C
E-BI20	NC	NC	NC	NC	NC	CL	CL	CL	NC	NC
Total	CL	CL	CL	NC	CL	CL	CL	C	CL	CL

Tabla 298 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por meta.

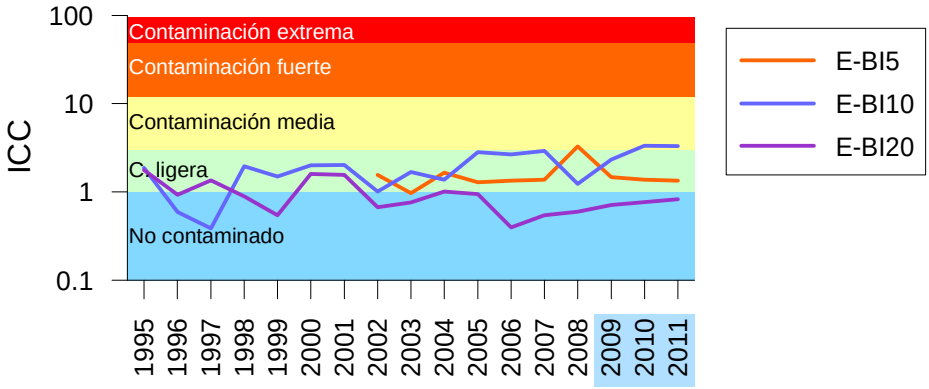


Figura 383 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

En relación a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, se deduce la estación E-BI5 y E-BI10 presentan un valor ICC global de contaminación ligera, mientras que la estación E-BI20 muestra un valor de ICC global no contaminado.

15.6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN BIOTA (MOLUSCOS)

En el estuario del Bidasoa el 10 de octubre de 2011 se recolectaron mejillones en su desembocadura (I-BI10). Los datos de la campaña de otoño de 2011 correspondientes a bacteriología, metales pesados y compuestos orgánicos se pueden consultar en la Base de Datos.

BACTERIOLOGÍA

La evolución de la concentración de bacterias en la estación I-BI10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011) se representa en la Figura 384.

La concentración de **coliformes fecales** en otoño de 2011 (100 NMP·100 ml^{-1}) es de las más bajas registradas en este punto de muestreo a lo largo del periodo de estudio. Dado que la concentración de coliformes fecales en 2011 es inferior a 300 NMP·100 ml^{-1}, se podría clasificar como zona tipo A, es decir, apta para el marisqueo.

En cuanto a los **estreptococos fecales**, la concentración en otoño de 2011 (550 NMP·100 ml^{-1}) se encuentra en el rango de las concentraciones registradas en este punto en los muestreos más recientes.

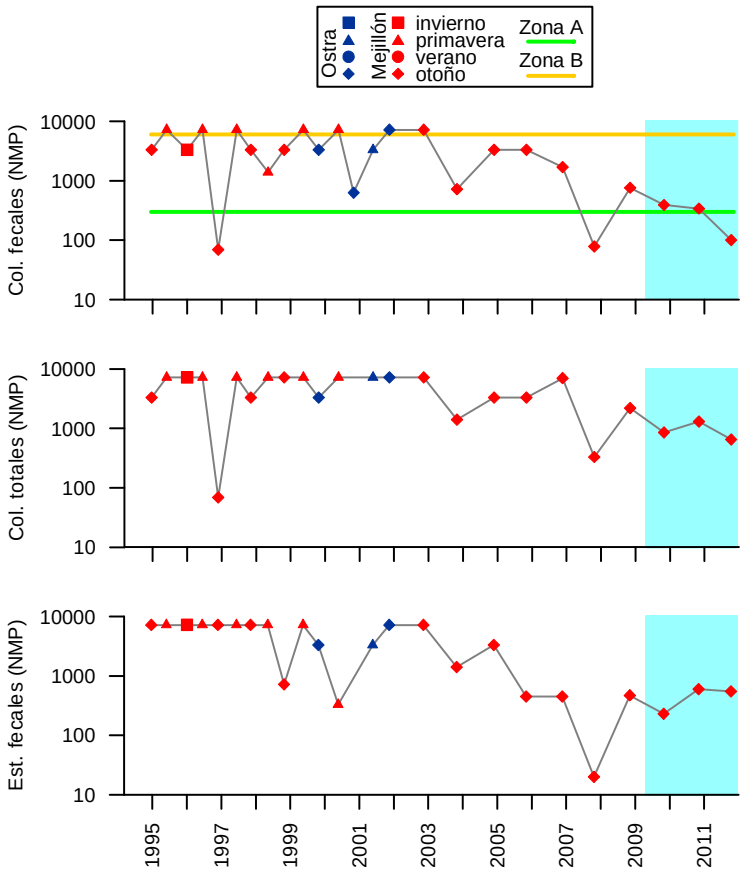


Figura 384 Evolución de la concentración de bacterias en la estación I-BI10 a lo largo del periodo de estudio (otoño de 1994-otoño de 2011).

METALES PESADOS

En la Figura 385 se muestra la evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-BI10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de **cadmio** en la capaña de otoño de 2011 (0,075 mg kg^{-1}) está en el rango de los valores determinados en esta estación en los muestreos más recientes. A lo largo del periodo de estudio ni la concentración máxima (0,44 mg kg^{-1}), que se registró en primavera de 1999, supera el límite legal para este metal (1 mg kg^{-1}), aunque es superior al valor de referencia del CIEM (0,4 mg kg^{-1}).

El **cromo** presenta en 2011 (0,13 mg kg^{-1}) una de las mínimas concentraciones observadas a lo largo del periodo de estudio en esta estación. En cuanto al cumplimiento de la legislación, incluso la máxima concentración, que se registró en otoño de 1997 (1,34 mg kg^{-1}), es inferior a los 1,8 mg kg^{-1} (valor actualmente no vigente) contemplados para el cromo.

A la hora de interpretar la evolución de la concentración de **cobre** a lo largo del periodo de estudio, hay que tener en cuenta que el cobre forma parte de la hemocianina, componente principal del sistema circulatorio de la ostra (Borja y Valencia, 1993). Por lo tanto, sería conveniente diferenciar los años en los que se recolectaron mejillones de aquellos en los que se ha recolectado ostra.

En otoño de 2011, en el que la concentración se ha medido en mejillón, el cobre presenta una concentración de 1,33 mg kg^{-1}. Este valor está en el rango de las concentraciones determinadas en esta estación en los muestreos más recientes. La concentración máxima en mejillones se observa en primavera de 1999 (56 mg kg^{-1}), y es el único caso en el que se supera el límite legal de cobre en mejillón (20 mg kg^{-1}, actualmente no vigente). En cuanto a las concentraciones de ostra, las observadas en otoño de 1999 y otoño de 2001 (73 y 408 mg kg^{-1}, respectivamente) son superiores al límite legal (actualmente no vigente) y al valor de referencia del CIEM (60 mg kg^{-1}, en ambos casos).

La concentración de **mercurio** observada en otoño de 2011, 0,005 mg kg^{-1}, es menor que la registrada en 2010 (0,04 mg kg^{-1}). En general, las concentraciones observadas a lo largo del periodo de estudio han sido inferiores a los límites de detección, que han ido variando a lo largo del tiempo. Por ello, en ningún caso se han superado ni el límite legal, 0,5 mg kg^{-1} ni el valor de referencia del CIEM, 0,2 mg kg^{-1}. Sin embargo, en el 36%

de los casos se ha superado la norma de calidad ambiental (20 µg kg^{-1}, valor que, tal y como se ha explicado en el tomo 1 de introducción y métodos, se ha considerado muy bajo para su aplicación en la costa vasca).

En otoño de 2011, la concentración de **níquel** (0,16 mg kg^{-1}) es superior a las registradas en las dos campañas anteriores. Aunque para este metal no hay establecido un límite legal, existe un valor de referencia dado por el CIEM, 1,5 mg kg^{-1}. A lo largo del periodo de estudio, en el estuario del Bidasoa, este valor sólo se ha visto superado en otoño de 1997 (10,9 mg kg^{-1}).

Para el **plomo**, en otoño de 2011 la concentración (0,005 mg kg^{-1}) es la mínima de las registradas a lo largo del periodo de estudio en esta estación. En 2007 se registró una concentración (2,04 mg kg^{-1}) que supera el límite legal para su consumo (1,5 mg kg^{-1}), también superado en algunos muestreos previos.

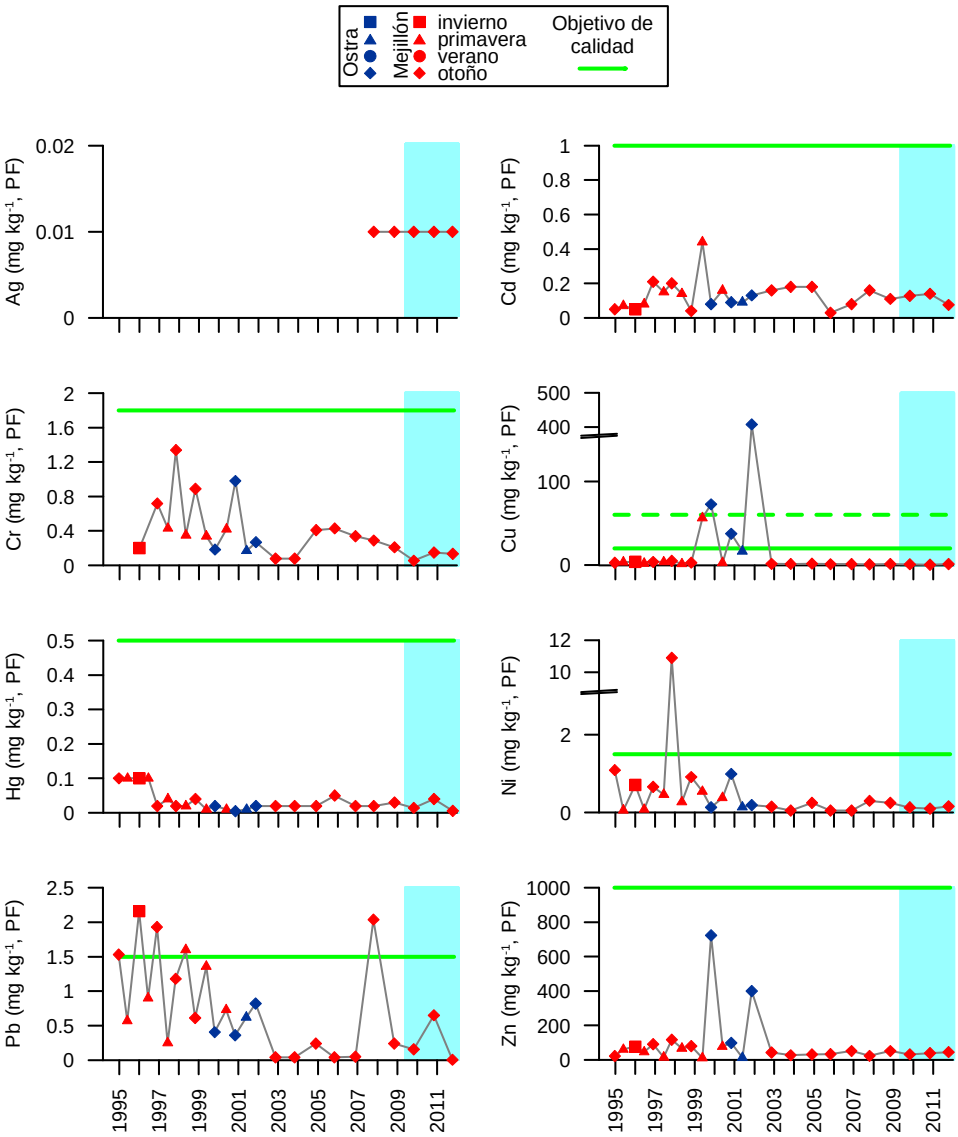


Figura 385 Evolución de la concentración de metales en moluscos (mg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-BI10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En cuanto al **zinc**, la concentración en otoño de 2011 (45 mg kg^{-1}) se encuentra dentro del rango de los valores registrados en los muestreos más recientes. Estas concentraciones se midieron en mejillón, que tiene la capacidad de regular la concentración de este metal (Rainbow, 1990). Sin embargo, en las campañas de otoño de 1999 y otoño de 2001 se muestreó ostra, que no dispone de dicha capacidad, y por ello las concentraciones observadas (723 y 399 mg· kg^{-1}, respectivamente) son un orden de magnitud mayor. Por lo tanto, en general, se observan concentraciones de zinc más elevada aquellos años en los que se han recolectado ostras. A lo largo del seguimiento, en ningún caso se ha superado el límite legal (actualmente no vigente), 1.000 mg kg^{-1}, y sólo se supera el valor de referencia para ostra dado por el CIEM, 600 mg kg^{-1}, en otoño de 1999 (723 mg kg^{-1}).

La concentración de **plata**, se comenzó a medir en los moluscos en la campaña de 2007 con un valor de 0,012 mg kg^{-1}. En las campañas posteriores se ha mantenido en valores inferiores al límite de detección (0,01 mg kg^{-1}).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En este apartado se contemplan diversas sustancias de origen antrópico. En su mayoría, se caracterizan por ser utilizadas como biocidas o pesticidas, pero también son utilizados por la industria. Como no hay legislación española específica para la mayoría de estas sustancias, nos hemos basado en NAUEN (1983) para recopilar lo existente en otros países del entorno y obtener los valores límites.

En la Figura 386 se muestra la evolución de la concentración de compuestos orgánicos en moluscos (µg kg^{-1} de Peso Fresco), en la estación I-BI10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

En el caso de los policlorobifenilos (**PCBs**) se han sumado las concentraciones de los 7 congéneres analizados, con objeto de poder compararlas con las de otros lugares. Hay que tener en cuenta que el dato puede variar al ser más o menos los congéneres estudiados en otras zonas. En otoño de 2011 la concentración del sumatorio de PCBs en la estación I-BI10 ha sido de 11 µg kg^{-1}, uno de los valores más bajos del rango de concentraciones más recientes para esta estación.

Los valores que se dan para la concentración de PCBs en moluscos (NAUEN, 1983) oscilan entre 1 a 5 ppm. Si se toma como valor límite 2 ppm (2.000 µg kg^{-1}), se observa que las concentraciones de PCBs encontradas a lo largo del periodo de estudio están muy alejadas de este valor, incluso la máxima observada en primavera de 1995 (95 µg kg^{-1}).

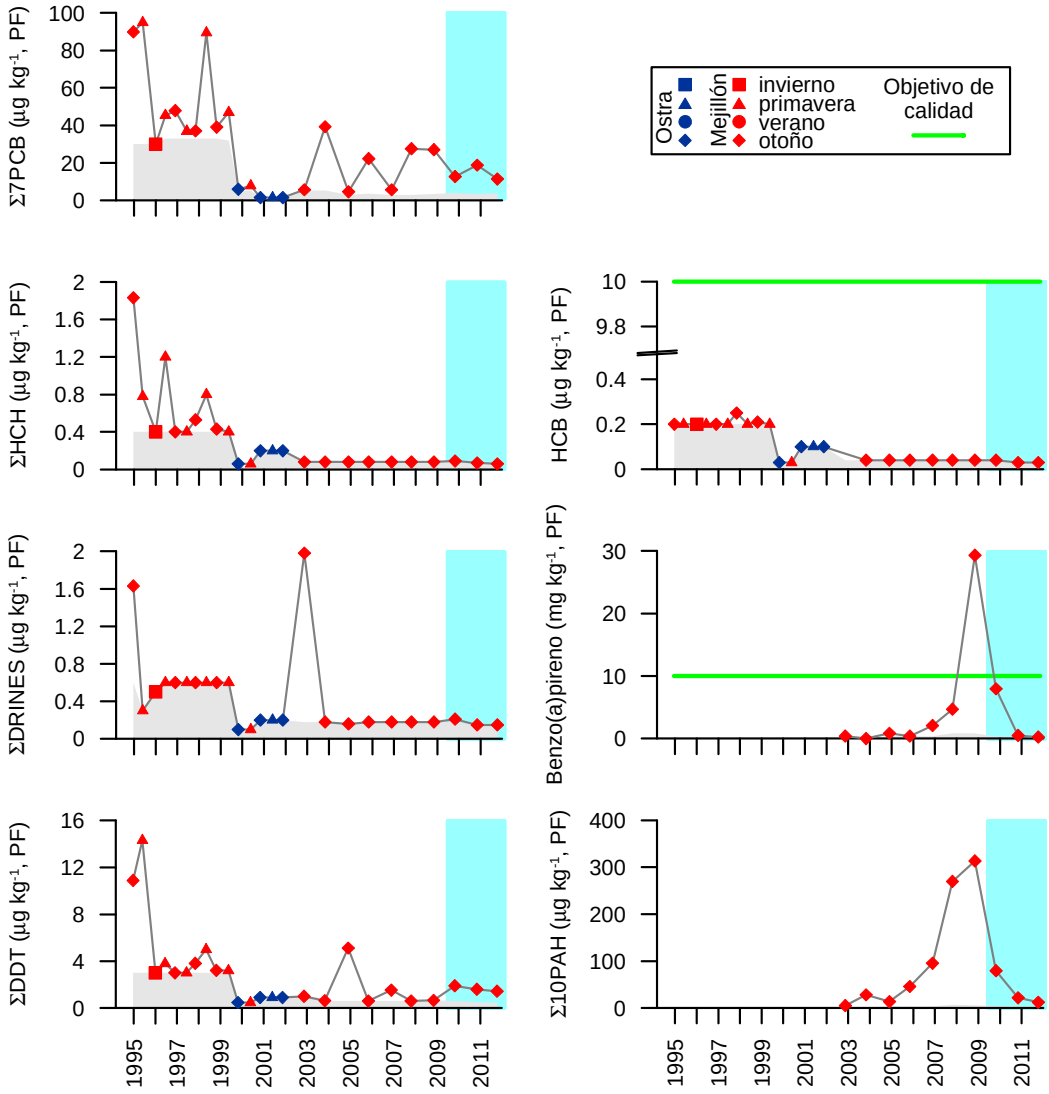


Figura 386 Evolución de la concentración de contaminantes orgánicos en moluscos (µg kg-1 de Peso Fresco), en la estación I-BI10, a lo largo del periodo de estudio (otoño 1994-otoño 2011).

La concentración de **DDT** corresponde a la suma de los tres compuestos de DDT analizadas (p-p'DDE, p-p'DDD, p-p'DDT). En otoño de 2011 (1,44 µg kg^{-1}) se supera el límite de detección (0,45 µg kg^{-1}).

A lo largo del periodo de estudio, las concentraciones de DDT en los moluscos son, en general, algo superiores al límite de detección, que ha ido variando a lo largo del tiempo. La concentración máxima de la primavera de 1995 (14 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado del valor límite considerado para el DDT, 2 ppm = 2.000 µg kg^{-1}.

La concentración de **HCH** corresponde a la suma de α-HCH y γ-HCH (lindano). En otoño de 2011, la concentración en moluscos del estuario del Bidasoa no ha alcanzado el límite de detección (0,06 µg kg^{-1}). Teniendo en cuenta que el valor límite sólo para el lindano es 200 µg kg^{-1}, incluso el máximo observado en otoño de 1994 (1,83 µg kg^{-1}) se encuentra muy por debajo de dicho límite.

En general, las concentraciones de **HCB** a lo largo del periodo de estudio no superan los límites de detección correspondientes. Incluso el máximo que se observo en otoño de 2002 (2,17 µg kg^{-1}) se encuentra muy alejado del valor límite para este compuesto, 10 µg kg^{-1}.

En cuanto a las concentraciones de los **drines** (aldrín, dieldrín e isodrín) en raras ocasiones se superan los límites de detección correspondientes.

Por último, desde otoño de 2002 se estudian los **PAH** en moluscos (Borja et al., 2003). En otoño de 2002 sólo el Indeno(1,2,3-cd)pireno presentó una concentración superior al límite de detección, mientras que en las seis campañas siguientes los límites de detección se superan en más compuestos, mostrando el sumatorio una tendencia ascendente hasta 2008 (313 µg kg^{-1}). Desde entonces la tendencia ascendente se rompe y la concentración disminuye hasta 12 µg kg^{-1} en 2011. Por otro lado, la concentración de benzo(a)pireno en 2011 (0,23 µg kg^{-1}) no supera el máximo permitido para el consumo según el Reglamento (CE) n°1881/2006 (10 µ g kg^{-1}).

NORMATIVAS Y DIRECTIVAS

En base a la concentración coliformes fecales en la muestra tomada en otoño de 2011, la calificación sería de Zona tipo A (apta para el marisqueo), según el derogado Real Decreto 571/1999.

En el estudio de la Red de Calidad de Aguas para Cultivo de Moluscos y Marisqueo, que AZTI realiza para el Departamento de Agricultura y Pesca, se observa que, en los últimos años se ha observado un empeoramiento en la calidad de las aguas en lo que se refiere a bacteriología, por lo que se ha cerrado recientemente al marisqueo. Debe de tenerse en cuenta que los puntos de muestreo de ambos estudios presentan una localización muy alejada.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Para la clasificación de la contaminación de los metales pesados se han tenido en cuenta los niveles de fondo para el País Vasco (Borja *et al*., 1996) y se ha utilizado la misma metodología que para el cálculo de los ICC para sedimentos (véase Borja *et al.,* 2003). A partir de las concentraciones de metales obtenidas en otoño de 2011 en los moluscos recolectados en el estuario del Bidasoa la clasificación general sería de no contaminado.

En cuanto a los compuestos orgánicos, rara vez alcanzan los límites de detección, por lo que se puede considerar que los moluscos de este estuario no están contaminados por compuestos orgánicos. Incluso la suma de las concentraciones PAHs en peso seco no superan los valores recomendados para el consumo por la OMS (200 µg kg^{-1}, peso seco) y la EPA (500 µg kg^{-1}, peso seco).

15.6.4 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como "**Buena'** en E-BI10 y E-BI 20 y "**Muy buena**" en E-BI5. Ninguna de las estaciones presenta una tendencia significativa entre 1994 y 2011, habiéndose mantenido en general en muy buen estado físico-químico (Figura 387).

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química en 2011, todas las estaciones cumplen con los objetivos establecidos, excepto la E-BI10 que no cumple para el oxígeno.

Contaminantes especificos

Según la DMA para la evaluación del estado ecológico hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los tres puntos de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es muy bueno en las estaciones E-BI5 y E-BI20 y aceptable en la estación E-BI10 (Tabla 299).

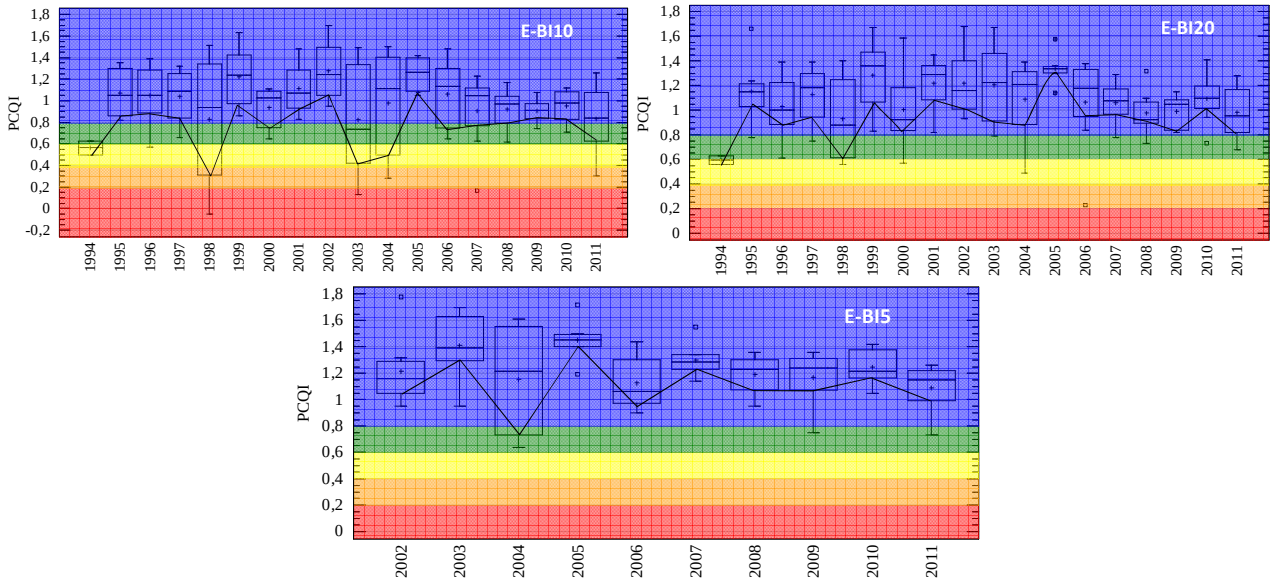


Figura 387 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo E-UR10 y E-UR5 de la masa de agua de transición del Urumea. La línea negra señala la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	E-BI5	E-BI10	E-B20	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}				
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}				
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}				
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	0,008	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,00375	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	0,009	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,1	0,2	0,2	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,5	0,2	0,2	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	0,11	<LC	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	0,5	0,6	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,06	0,01	<LC	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	0,363	0,6	Cumple
Estado Quimico				Bueno	No alcanza	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	23	21	13	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	2,2	1,1	1,4	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Aceptable	Muy Bueno	

Tabla 299 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua del Bidasoa en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza el buen estado químico (Tabla 299). La tendencia observada en los años más recientes ha sido muy variable no alcanzando el estado químico en 2005, 2006 y 2008, por presencia de níquel, plomo en agua y mercurio en sedimento, respectivamente (Tabla 300).

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	No alcanza buen estado	Ni
2006	No alcanza buen estado	Pb
2007	Bueno	-
2008	No alcanza buen estado	Hg (sedimento)
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 300 Estado químico de la masa de agua de transición Bidasoa en los años 2004-2011.

15.7 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

En este estuario, en los últimos años, se han dado algunas acciones que han modificado algo las condiciones hidromorfológicas, como es la construcción de los puertos deportivos de Hendaia y Hondarribia. En 2009-2010 tuvo lugar también la construcción del puerto deportivo de la dársena de Veteranos, que conllevó algunos dragados de poca entidad. Además se han dado otras acciones de recuperación de marismas y humedales en la zona de Plaiaundi y, en parte durante 2003, en la regata de Jaizubia, por lo que la situación general se califica de **'Muy Buena'.**

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 16 MASA DE AGUA COSTERA CANTABRIA-MATXITXAKO

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 16 MASA DE AGUA COSTERA CANTABRIA-MATXITXAKO 497

16.1 Resumen estado ecológico. Cantabria-Matxitxako 499

16.2 Estaciones de muestreo 502

16.3 Macroinvertebrados bentónicos 502
16.3.1 Parámetros estructurales 502
16.3.2 Calidad biológica 505

16.4 Vida vegetal asociada al medio acuático 506
16.4.1 Fitoplancton 506
16.4.2 Macroalgas 510

16.5 Indicadores fisicoquímicos 522
16.5.1 Caracterización físico-química en aguas 522
16.5.2 Caracterización físico-química en sedimentos 525
16.5.3 Evaluación del estado 531

16.6 Indicadores hidromorfológicos 534

16.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. CANTABRIA-MATXITXAKO

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta masa de agua. Asociados a esta masa se contabiliza un pequeño puerto pesquero (Armintza) y algunos botes en Bakio. Los vertidos más importantes son los de Petronor, junto a punta Lucero; los vertidos de las depuradoras de Plentzia y Bakio (que sirven a poblaciones relativamente pequeñas); y las entradas desde los estuarios vecinos (fundamentalmente el Nerbioi, pero también Barbadún y Butroe).

Además hay otras dos presiones importantes: los vertidos de sedimentos dragados del puerto de Bilbao, al oeste de la masa de agua; y los antiguos vertidos de escorias de Altos Hornos de Vizcaya, frente a Sopelana. Estos últimos provocan elevados niveles de metales en sedimentos en la zona de Sopelana (L-N20) y en Bakio (L-B20). Sin embargo, en un estudio específico sobre esta presión, Borja *et al.* (2008) determinan que la mayor parte de estos metales están en fracción metálica no biodisponible. De hecho, de todas las muestras estudiadas por estos autores, sólo una resultó positiva al test de toxicidad con anfípodos. Esto indica que estas escorias, actualmente dispersas por el área, no representan un problema para alcanzar el buen estado en el área en 2015.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, no se alcanza en buen estado químico, por presencia de plomo en agua en dos de las estaciones (Tabla 303).

Este año, al contrario que en años anteriores, no se alcanza el buen estado químico (Tabla 301). En la Tabla 302 se muestra que el estado químico de la estación L-REF30 es buena, además, el buen estado químico se mantiene en todos los años de estudio.

Según la DMA, para la evaluación del estado ecologico, hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes especificos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los cuatro puntos de control de esta masa, el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es muy bueno en L-N10 y L-N20 y aceptable en L-B20 y L-B10, debido al valor del plomo (Tabla 2). En el caso del punto control del L-REF30 el estado físico-químico para las prioritarias es muy bueno (Tabla 303). Por su parte, el estado físico-químico, de soporte de los elementos biológicos, presenta muy buen estado (Tabla 304). En el caso del punto control del L-REF30 el estado físico-químico para las prioritarias y los elementos de soporte es muy bueno.

En la Tabla 304 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua de Cantabria-Matxitxako, junto con la estación de referencia (L-REF30), frente a Bakio, en la plataforma continental.

En general, los elementos biológicos de esta masa de agua de Cantabria-Matxitxako, se encuentran en un estado de buena o muy buena calidad biológica. En dos estaciones (L-N20 y L-B20) en las que en 2007 la calidad del bentos había bajado a aceptable, han mejorado hasta buena en 2008 y muy buena en 2009-2011. Las ligeras alteraciones que tienen lugar en esta área podrían deberse a la influencia de las escorias mencionadas, aunque se ha demostrado que las escorias son inertes en su mayor parte (Borja *et al.,* 2008). Además, esta área presenta una gran movilidad de las arenas, ya que se encuentra en una de las zonas más dinámicas de la costa vasca, con altos niveles de energía del oleaje. Por tanto, tras inviernos muy duro en oleaje (como el de 2007), la calidad pueda verse afectada. Sin embargo, este año 2011, dos estaciones no presentan muy buen estado ecológico, debido al estado químico (Figura 388).

En cuanto a la estación de referencia (L-REF30), frente a Bakio, en la plataforma continental, la calidad de todos los elementos es muy buena.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	HCH
2005	Bueno	-
2006	No alcanza buen estado	HCH
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	No alcanza buen estado	Pb

Tabla 301 Estado químico de la masa de agua de transición Cantabria Matxitxako en los años 2004-2011.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 302 Estado químico de la estación L-REF30 en los años 2004-2011.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	L-N10	L-N20	L-B10	L-B20	Global	L-REF30
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}						
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}						
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}						
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}						
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}						
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}						
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}						
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,2	0,2	0,2	0,09	No se considera	0,3
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,2	0,3	0,2	0,09	No seconsidera	0,3
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,5	6,6	7,5	26,0	No Cumple	0,7
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	No seconsidera	<LC
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	<LC	0,006	0,003	<LC	Cumple	<LC
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,3	0,288	0,5	0,4	Cumple	0,6
Estado Quimico				Bueno	Bueno	No Alcanza	No Alcanza	No Alcanza	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	7,5	35,0	38,0	70,0	Cumple	30
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,1	1,3	1,6	1,5	Cumple	1,9
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Muy Bueno	Aceptable	Aceptable		Muy Bueno

Tabla 303 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua de Cantabria-Matxitxako en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS			ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplancton	Macroalgas	Bentos			>LD	>NC						
L-N10	MB	MB	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0.25	2.5	8.5
L-N20	MB	MB	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0.25	2.5	
L-B10	MB	B	B	B	MB	Sí	Sí	MB	A	6	0.25	1.5	
L-B20	MB	MB	MB	MB	MB	Sí	Sí	MB	B	8	0.25	2	
L-REF30	MB	-	MB	MB	MB	No	No	MB	MB				MB

Tabla 304 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua de Cantabria-Matxitxako y estación de referencia L-REF30, en 2011.

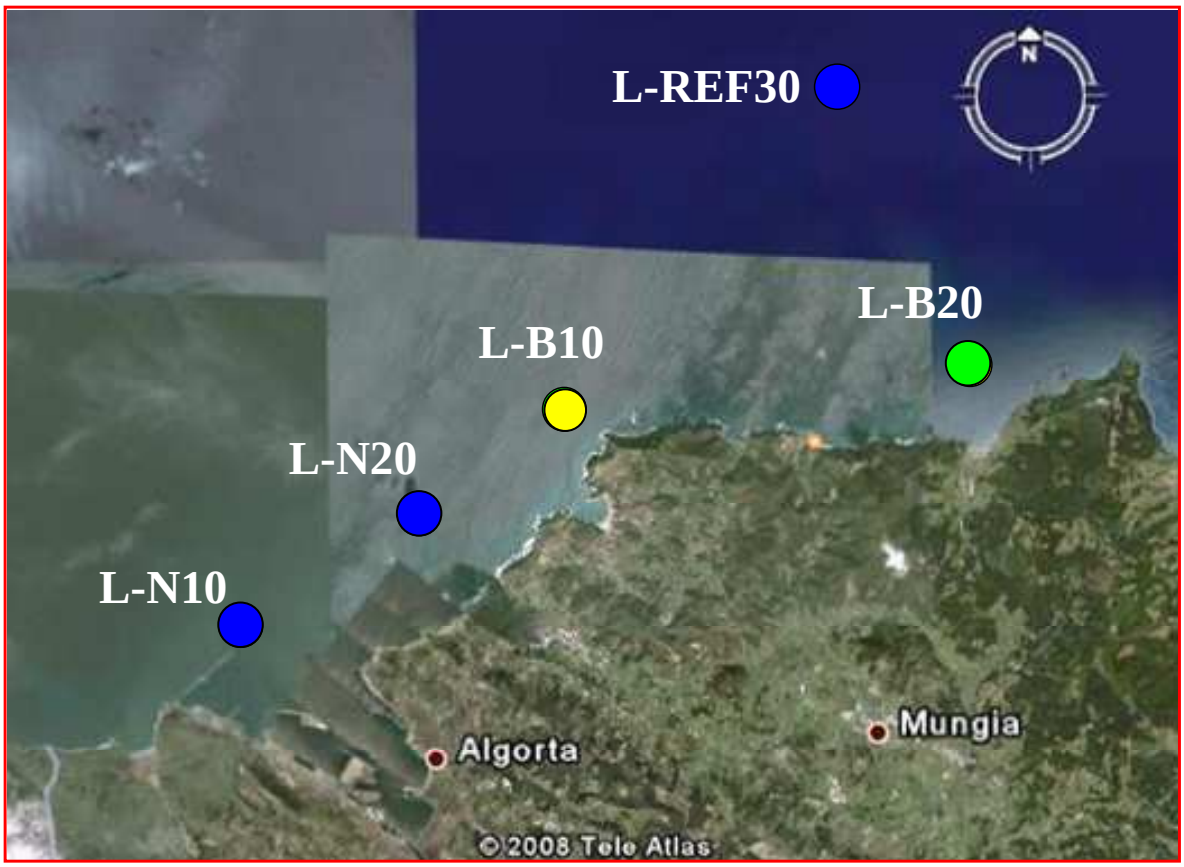


Figura 388 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la masa de agua litoral de Cantabria-Matxitxako: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

16.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua de costera de Cantabria-Matxitxako se analiza anualmente un total de 4 estaciones litorales. Aunque fuera de la masa de agua, en esta zona se encuentra también, sobre fondos de 100-110 m, una estación de referencia. Por otro lado, en 2003, 2006 y 2009 se analizaron 6 estaciones para macroalgas litorales. Sus posiciones se observan en la Tabla 305.

Cod_Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
L-N10	Litoral del Abra (frente al superpuerto) (Ibaizabal)	493465,75	4803511,98	Litoral
L-N20	Litoral de Sopelana (Ibaizabal)	498434,37	4805359,99	Litoral
L-B10	Litoral de Gorliz (cabo Villano) (Butroe)	503722,80	4809562,60	Litorales (Macroalgas)
L-B20	Litoral de Bakio (Butroe)	516021,52	4810728,24	Litorales (Macroalgas)
L-REF30	Estación de Referencia			Litoral
M-LM1	Barbadún Zona 01. Litoral Macroalgas	490224,57	4799789,65	Litorales (Macroalgas)
M-LM2	Barbadún Zona 02. Litoral Macroalgas	490921,83	4800193,79	Litorales (Macroalgas)
M-LN1	Ibaizabal Zona 01. Litoral Macroalgas	495932,40	4801047,55	Litorales (Macroalgas)
M-LN2	Ibaizabal Zona 02. Litoral Macroalgas	497072,17	4802332,05	Litorales (Macroalgas)
M-LB1	Butroe Zona 01. Litoral Macroalgas	504232,43	4807448,59	Litorales (Macroalgas)
M-LB2	Butroe Zona 02. Litoral Macroalgas	504194,63	4807461,19	Litorales (Macroalgas)

Tabla 305 Estaciones de muestreo en la masa de agua costera de Cantabria-Matxitxako.

16.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

16.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako, en invierno de 2011 pueden verse en laTabla 306. La estación L-N10, la más próxima a la desembocadura del Nerbioi, ha registrado un aumento de los parámetros estructurales contemplados, alcanzando los mayores valores de densidad (620 ind·m^{-2}) y de riqueza específica (14 *taxa*) en todo el periodo de estudio, confirmando la recuperación observada en la campaña de 2009 (Figura 389). En el análisis de la evolución de dichos parámetros a lo largo del tiempo se observa que, tanto la densidad como el número de especies, presentan un patrón temporal irregular, observándose valores especialmente bajos en los años 1999, 2004 y 2008 (Figura 389). La biomasa (41,5 g·m^{-2}) de la estación es la más alta del ámbito litoral para la presente campaña, muy superior al valor medio obtenido en esta estación desde el inicio del seguimiento en 1995 (6,33 g·m^{-2}). Cabe resaltar que el 75% de la biomasa la aportan 4 ejemplares del bivalvo *Venus casina* y 2 ejemplares del decápodo *Polybius henslowii*. La estructura trófica de la comunidad está dominada por los detritívoros superficiales con un 84%. Les siguen los carnívoros, con un 8%, y suspensívoros, con un 5%, y, con menor representación, los detritívoros subsuperficiales y los omnívoros.

Según la clasificación de AMBI la estación presenta alteración nula (Tabla 306), con AMBI=0,52, debido a la elevada presencia de especies sensibles e indiferentes a la alteración del medio (79% y 11% de la densidad, respectivamente) y a la ausencia de especies oportunistas. No se observan tendencias a lo largo del seguimiento (Figura 390), con valores de AMBI que oscilan entre 0,5 y 1,4, salvo en 2004 en que se llegó a 5,3 debido a problemas en el muestreo (Borja *et al.*, 2005). La dominancia del grupo ecológico I es constante, salvo por la citada campaña de 2005.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN				
		L-N10	L-N20	L-B10	L-B20	L-REF30
Densidad	ind·m^{-2}	620	487	620	347	2.820
Biomasa	g·m^{-2}	41,50	1,57	3,76	15,17	12,73
Riqueza	nº taxa	41	23	26	25	68
Diversidad número	bit·ind^{-1}	3,75	2,91	2,09	3,52	5,28
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	2,12	2,92	2,00	1,10	1,61
Equitabilidad número		0,70	0,64	0,44	0,76	0,87
Equitabilidad biomasa		0,40	0,64	0,42	0,24	0,26
Diversidad máxima	bits	5,36	4,52	4,70	4,64	6,09
AMBI		0,52	0,78	1,36	1,15	1,66
Clasificación AMBI		Alteración Nula	Alteración Nula	Alteración Ligera	Alteración Nula	Alteración Ligera

Tabla 306 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako.

La estación de Sopelana (L-N20) presenta valores de los parámetros ecológicos estudiados muy similares a los de la campaña de 2010 (487 ind·m^{-2}; 23 *taxa*), confirmando la mejoría observada en dicha campaña (Figura 389).

El grupo trófico más abundante es el de los detritívoros superficiales (89%), seguido por el de los carnívoros (6%), detritívoros subsuperficiales (3%) y omnívoros.

En las dos estaciones litorales de la cuenca del Nerbioi (L-N10 y L-N20) se observa una recuperación de los parámetros estructurales en los últimos cuatro años, siendo especialmente reseñable el aumento tanto de la densidad como del número de especies.

En términos de AMBI (0,91), la estación L-N20 presenta alteración nula (Tabla 306), siendo dominantes los grupos ecológicos I y II (Figura 390). En cuanto a la evolución temporal, no se observa una tendencia clara, aunque el valor parece estabilizarse en torno a AMBI=1 (alteración nula) durante los últimos años gracias a la dominancia de las especies sensibles e indiferentes.

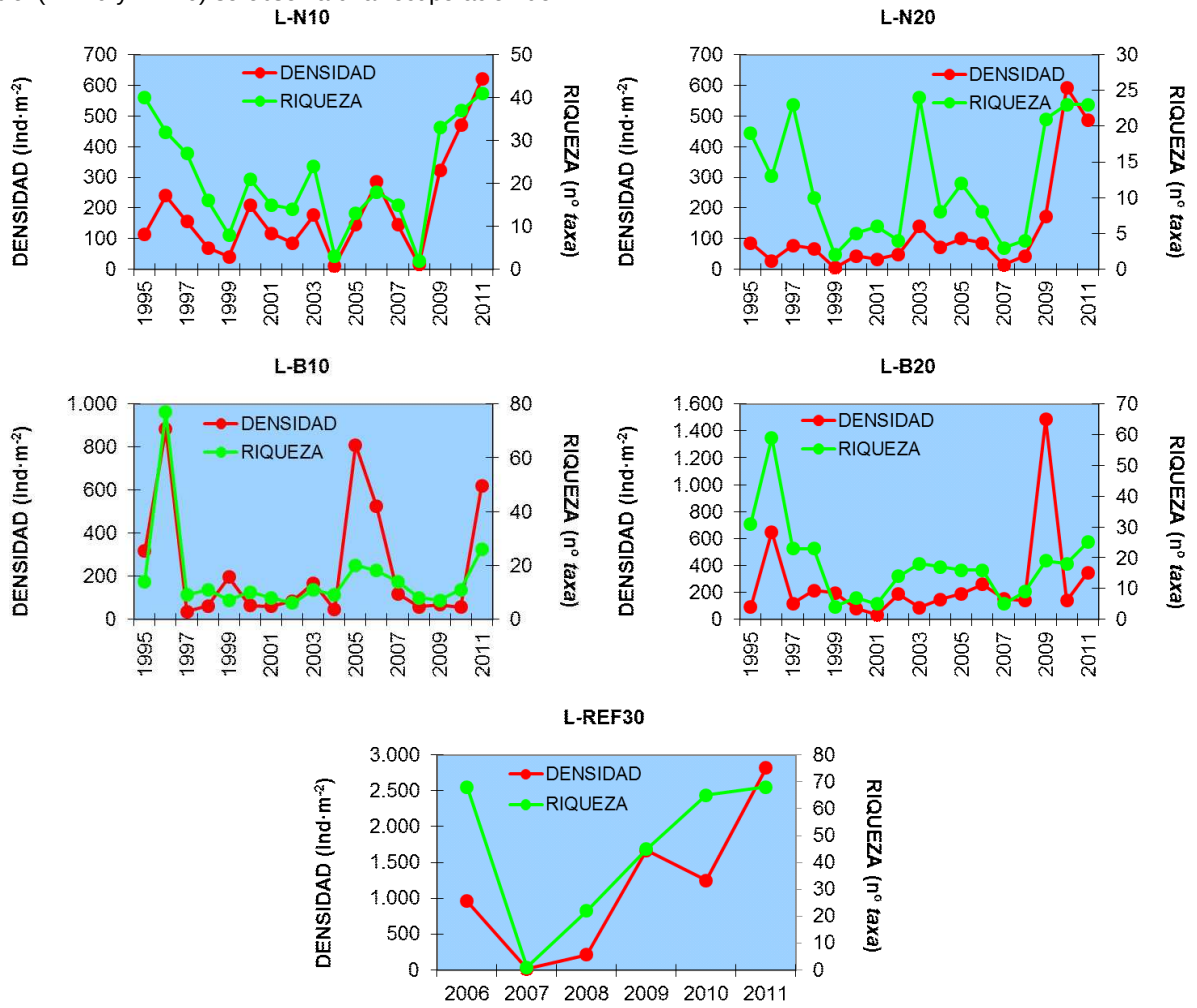


Figura 389 Evolución de la densidad y de la riqueza en las estaciones L-N10, L-N20, L-B10, L-B20 y L-REF30 (Cantabria-Matxitxako).

La estación más próxima a la desembocadura del Butroe (L-B10), presenta en 2011 un aumento de los valores de densidad (620 ind·m^{-2}) y riqueza específica (26 *taxa*) (Tabla 306), siendo este último valor el más alto observado desde 1997 (Figura 390).

El valor de la diversidad estimada a partir de los datos de densidad (2,09 bit·ind^{-1}) (Tabla 306) es el más bajo del ámbito litoral en la presente campaña. Esto se debe a que el 71% del total de individuos pertenece a una sola especie, el cangrejo ermitaño *Diogenes pugilator*.

El grupo trófico mejor representado es el de los detritívoros superficiales (90%), seguido por el de los carnívoros (5%) y, en menor proporción, detritívoros subsuperficiales y omnívoros.

El valor de de AMBI indica alteración ligera (Tabla 306), con dominancia de los grupos ecológicos II (especies indiferentes a la alteración del medio) y I (especies sensibles). Aunque las tendencias no son claras, los últimos años parece observarse una ligera reducción de los valores de AMBI, aunque oscilan entre 1 y 2, aproximadamente (Figura 390).

Los 25 *taxa* identificados en 2011 parecen confirmar la tendencia observada en el periodo 2007-2010, en el que aumentó la riqueza específica (de 5 *taxa* en 2007 a 18 *taxa* en 2010). El valor de la densidad para la presente campaña (347 ind·m^{-2}) es alto, comparado con los valores registrados desde 1997 (Figura 389), salvo por el máximo observado en 2009 (1.483 ind·m^{-2}) como consecuencia de la presencia de 1.333 ind·m^{-2} del cangrejo ermitaño *D. pugilator*, que suponían el 90% del total de individuos.

La categoría trófica mejor representada es la de los detritívoros superficiales (83%), seguida por la de los carnívoros (13%) y, en menor proporción, las de los detritívoros subsuperficiales y suspensívoros.

En cuanto a AMBI, la estación mantiene la calificación de alteración nula (AMBI=1,2) (Tabla 306), con dominancia del grupo ecológico I. No se observan tendencias temporales claras (Figura 390), y los valores se sitúan en la mayoría de los casos en torno al límite entre la alteración nula y la alteración ligera.

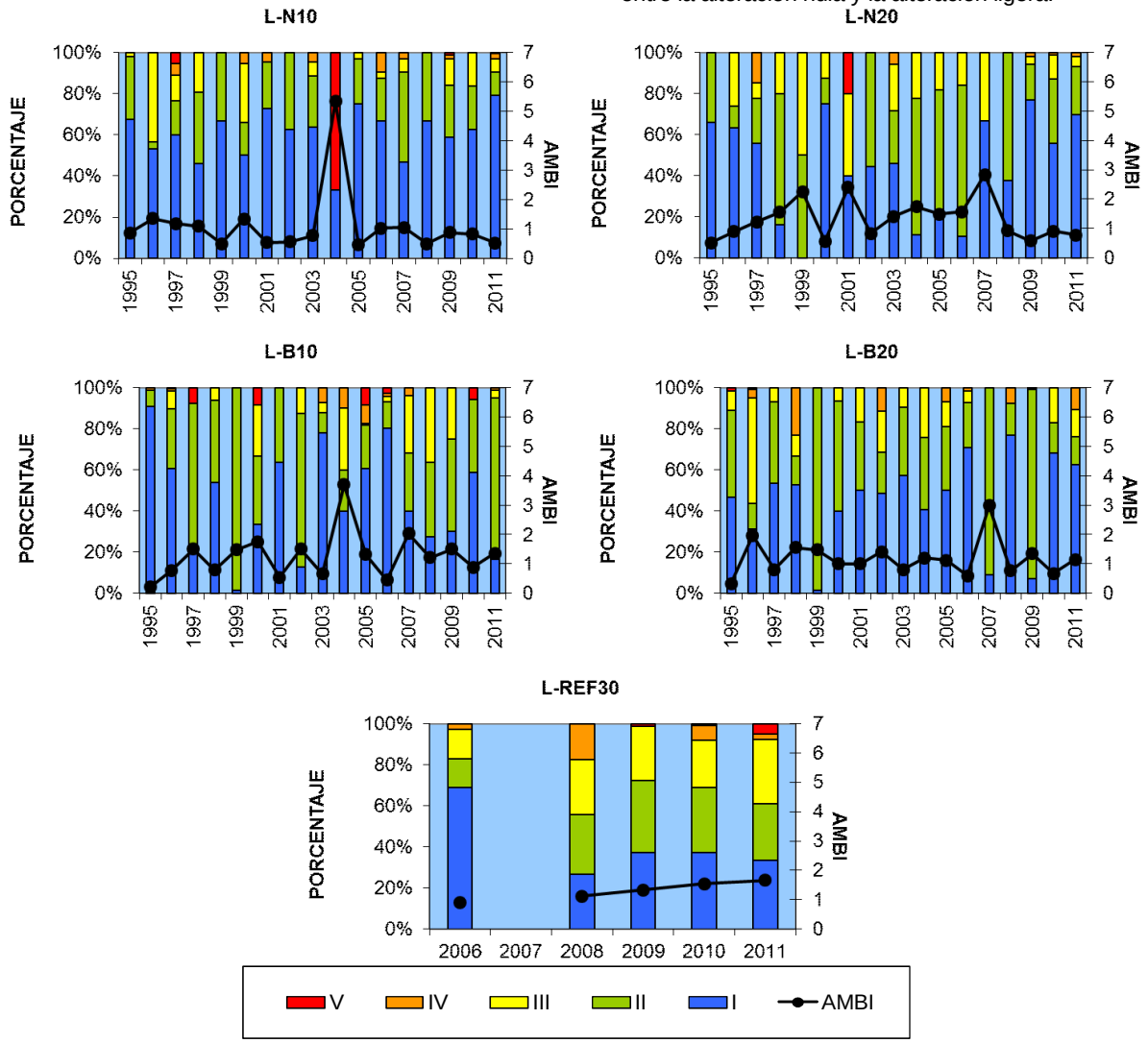


Figura 390 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones L-N10, L-N20, L-B10, L-B20 y L-REF30 de la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako.

La estación L-REF30, situada a 120 m de profundidad frente al litoral de Bakio, presenta unas características granulométricas poco habituales en esas profundidades (20% gravas, 79% de arenas y menos del 1% de limos).

En esta estación, la composición faunística presenta una gran variabilidad en el periodo de estudio, lo que indica una gran heterogeneidad en el área muestreada. El año 2006, el elevado número de especies (68 *taxa*), junto a los altos valores de densidad (960 ind·m^{-2}) y diversidad (4,77 bit·ind^{-1}) caracterizaban esta estación como una de las más ricas del ámbito litoral. Además, se pudo constatar la presencia, en una de las réplicas, de especies típicas de sustrato duro como el hidrozoo *Antennella secundaria*, el briozoo *Crisia* sp. y el decápodo *Eurynome spinosa*, junto a especies propias de la comunidad de *Amphiura* (*Amphiura filiformis*, *Ampharete finmarchica*, *Terebellides stroemii*, etc.). En la campaña de 2007 únicamente se recolectó un individuo de la esponja *Phakellia ventilabrum*.

En la campaña 2008, las diferencias entre réplicas fueron importantes: una de las réplicas resultó azóica y otra contenía únicamente 3 individuos, mientras que la tercera presentaba 18 *taxa* de anélidos poliquetos y una diversidad elevada (3,87 bit·ind^{-1}).

En 2009, la densidad (1.667 ind·m^{-2}) y la diversidad (4,94 bit·ind^{-1}) fueron las mayores desde el comienzo del estudio (2006). Del mismo modo, también la riqueza específica (45 *taxa*) fue muy alta.

En 2010 se registraron 1.250 ind·m^{-2} clasificadas en 65 *taxa*, siendo la diversidad la mayor desde el inicio del seguimiento para todo el ámbito litoral (5,57 bit·ind^{-1}).

Por último, en la presente campaña de 2011, se alcanzan los valores de densidad (2.820 ind·m^{-2}) y riqueza específica (68 *taxa*) mayores desde que se comenzó a muestrear esta estación en 2006 (Figura 389).

En esta estación están presentes todos los grupos tróficos contemplados: carnívoros (33%), detritívoros superficiales (30%), omnívoros (17%), suspensívoros (14%) y detritívoros subsuperficiales (6%).

A pesar del aumento observado en el número de especies e individuos, el índice AMBI sigue mostrando un ligero empeoramiento (AMBI=1,7) mantieniéndose dentro de la alteración ligera (Figura 389).

16.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las cinco estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

La estación **L-N10** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 391) con una evolución temporal bastante irregular, donde los valores de M-AMBI oscilan entre la calificación de Buen Estado y Muy Buen Estado. Esta tendencia respalda la clasificación por juicio de experto del estado ecológico del bentos en la campaña de 2004, modificando el Estado Aceptable inicial por el Buen Estado definitivo.

La estación **L-N20** presenta también **Muy Buen Estado** (Figura 391), con una evolución temporal irregular, con alternancia de avances y retrocesos. El último episodio de retroceso tuvo lugar entre las campañas de 2005 y de 2007, cuando la estación alcanzó la calificación de Estado Aceptable. Posteriormente, se produjo un período de mejora de la calidad al alcanzar la calificación de Muy Buen Estado que se mantiene hasta la actualidad. Como ya se ha comentado en informes anteriores, la notable variabilidad que presenta esta estación a lo largo de su seguimiento podría achacarse al elevado hidrodinamismo de la zona, lo que unido a la escasa cobertura de arena puede hacer que las comunidades presenten una inestabilidad más o menos importante.

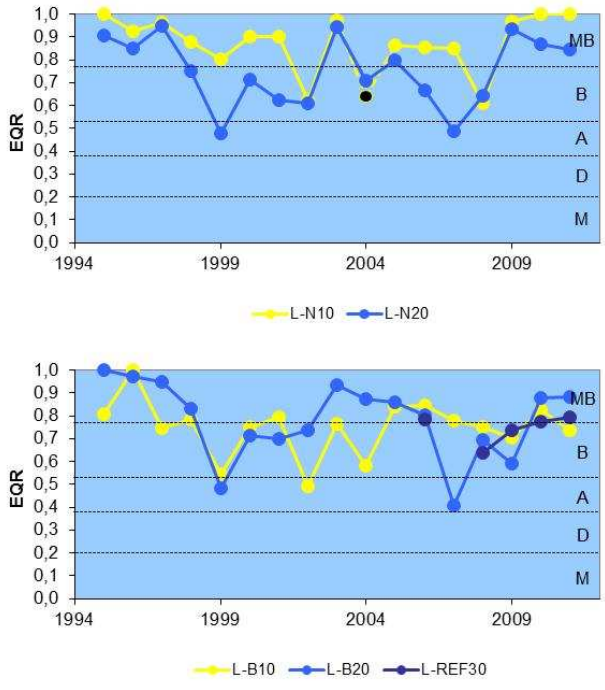


Figura 391 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako. En negro, casos en los que se aplica juicio de experto

La estación **L-B10** presenta **Buen Estado** (Figura 391). Entre 1995 y 2002, la estación parecía presentar cierta tendencia negativa con máximos y mínimos, hasta alcanzar la calificación de Estado Aceptable. A partir de dicha campaña, la tendencia parece invertirse y, en el periodo 2005-2007, se alcanza la calificación de Muy Buen Estado, que se mantiene en la presente campaña. Como ya se indicó en los informes anteriores (Borja *et al.*, 2007, 2008b), estos episodios de mejora de la calidad podrían estar relacionados con el desvío de los vertidos de las aguas residuales urbanas del estuario a la zona costera (en 1997-1998), en las proximidades del punto de muestreo, y la entrada en funcionamiento de las diferentes fases de depuración en la EDAR de Gorliz.

La estación **L-B20** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 391). A partir de 2003, se aprecia una tendencia temporal negativa, alcanzándose en 2007 la calificación de Estado Aceptable, en límite con Deficiente. Posteriormente, se observa una tendencia positiva alcanzándose el valor máximo de la serie en la presente campaña.

Por último, la estación **L-REF30** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 391). Desde el comienzo de su seguimiento en 2006, los valores de M-AMBI se han mantenido en el rango entre el Buen y el Muy Buen Estado. En 2007, no se estimó M-AMBI en dicha estación por considerarse que la única réplica obtenida no era representativa de la condición en la que se encontraba la zona en la que se sitúa, ya que sólo se identificó una esponja.

16.4 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

16.4.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

La concentración de clorofila se mide en cuatro puntos (L-N10, L-N20, L-B10 y L-B20) y a dos profundidades (superficie y fondo). Se realiza un muestreo por cada época del año (invierno, primavera, verano y otoño). También se estudia una estación que se sitúa a mayor distancia de la línea de costa que las anteriores y que se considera de referencia (L-REF30).

Los valores de clorofila de superficie y de fondo se compararon mediante un test "t-student" con objeto de conocer si existía una distribución vertical homogénea. En el conjunto de las estaciones costeras de Cantabria-Matxitxako, la clorofila supuso 0,5 ± 0,2 µg l^{-1} en superficie y 0,7 ± 0,3 µg l^{-1} en fondo (media ± desv. típica, n=16). No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre ambas profundidades. En la estación marina de referencia (L-REF30) tampoco se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre clorofila en superficie (0,5 ± 0,3 µg l^{-1}) y en fondo (0,3 ± 0,3 µg l^{-1}), (media ± desv. típica, n=4).

En la Figura 392 se muestra la variación espacial y anual durante 2011 de la concentración de clorofila en la estación marina de referencia y en las estaciones costeras. Los valores son el promedio de superficie y fondo. La variabilidad fue muy pequeña (0,3-0,9 µg l^{-1}). Aunque los patrones estacionales no fueron marcados, se pudieron apreciar concentraciones ligeramente más altas en primavera y verano en algunas estaciones de la costa, mientras que en la estación de referencia el máximo se observó en invierno.

El valor máximo se detectó en fondo (1,2 µg l^{-1}), en primavera. Debido a la elevada variabilidad a corta escala temporal (que es natural en el fitoplancton) y la frecuencia de muestreo aplicada (un único muestreo por cada época del año), es difícil extraer conclusiones sobre los patrones generales. Así, en otros años, en esta misma masa de agua se han observado picos de clorofila de 3-5 µg l^{-1} en las aguas de superficie, en primavera o en verano.

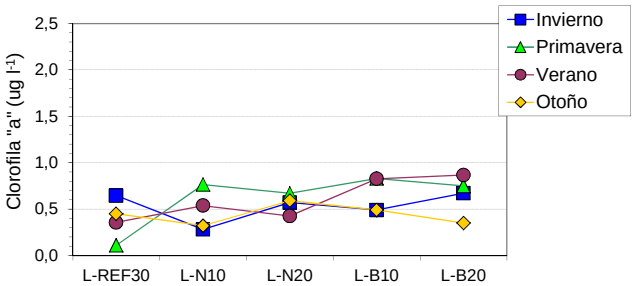


Figura 392 Variación de la concentración de clorofila en la estación marina de referencia y en las estaciones de la masa de agua Cantabria-Matxitxako, en el año 2011. Se muestra el promedio de la clorofila medida a dos profundidades (superficie y fondo) para cada época del año.

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila superficial en la costa, se calcularon los valores del percentil 90 en periodos móviles de seis años, para cada estación de muestreo (Figura 393). Este estadístico, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más

adecuado para aplicarlo al fitoplancton. Además, esta métrica se utiliza también en la evaluación de la calidad biológica (ver apartados siguientes).

En las estaciones del litoral del Nerbioi (L-N10 y L-N20) se apreció un descenso acusado en la serie temporal de la clorofila (Figura 393). Así, los primeros valores del percentil son cercanos a 3,5 µg l^{-1}, mientras que en los últimos periodos no superan 1,2 µg l^{-1}.

El descenso de la clorofila podría deberse al saneamiento del área metropolitana del Gran Bilbao, que hizo disminuir la concentración de nitrógeno disuelto (principalmente el amonio). El tratamiento biológico de las aguas residuales de esta población (que da servicio a unos 800.000 habitantes) comenzó en el año 2000 y se completó en el año 2002. Anteriormente, la carga de amonio en el estuario era muy alta (~5.000 t $año^{-1}$) y este tratamiento biológico logró reducirla en un 70% (García-Barcina *et al*., 2006). El amonio es un nutriente que puede fomentar el crecimiento de especies fitoplanctónicas oportunistas en los estuarios y zonas costeras.

En las estaciones influidas por la cuenca del Butroe la concentración de clorofila "a" se ha mantenido más estable a lo largo del tiempo (Figura 393). El valor del percentil 90 en oscila entre 1,2 y 1,6 µg l^{-1} en la estación L-B10 (frente a la desembocadura del Butroe). Los valores son menores en la estación L-B20 (litoral de Bakio), variando entre 0,7 y 1,0 µg l^{-1}. Por lo tanto, los valores observados en el litoral del Nerbioi en los últimos años se aproximan a los que han caracterizado la zona litoral del Butroe y la de Bakio en los últimos quince años.

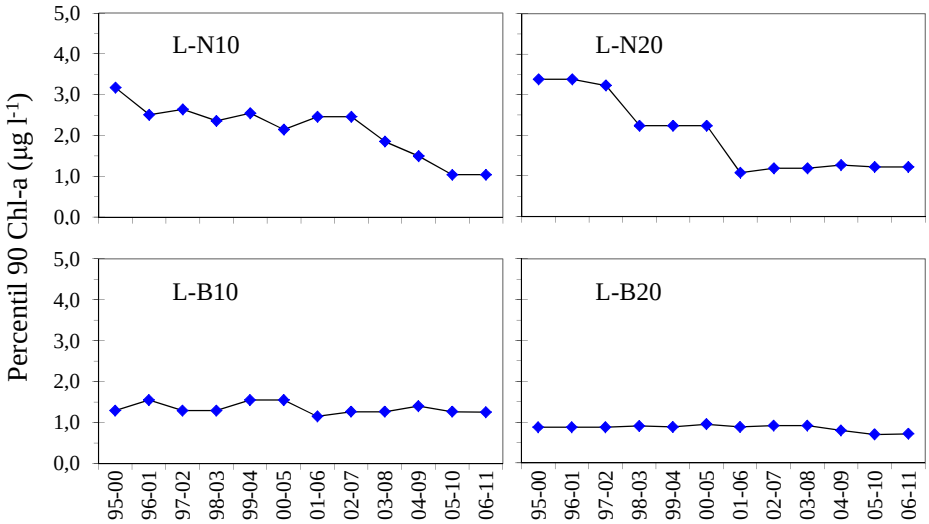


Figura 393 Evolución de la concentración de clorofila en las estaciones de la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie, de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 307 se indica la abundancia celular, riqueza de especies y diversidad (índice de Shannon) de las comunidades de fitoplancton en la estación marina de referencia L-REF30 y en las estaciones situadas en la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako. Estas variables se midieron en las cuatro épocas del año (en superficie).

En la estación de referencia, la abundancia presentó el valor máximo en primavera. No obstante, en los muestreos de 2011 siempre fue inferior a 10^6 células l^{-1}. En la masa de agua costera se encontraron máximos de un orden de magnitud superior (1,0-2,5·10^6 células l^{-1}) durante las épocas de primavera y verano. Éstos se localizaron en las estaciones del litoral del Nerbioi (L-N10, L-N20) y del Butroe (L-B10). En la estación L-B20, la abundancia celular fue comparable a la de la estación marina de referencia. Los valores más altos en esta zona se observaron en invierno y primavera (0,6-0,7·10^6 células l^{-1}). Como ya se ha comentado, la clorofila también presenta concentraciones históricas relativamente más bajas en el litoral de Bakio. Por lo tanto, la distribución de la abundancia celular coincide en gran medida con la de la clorofila.

En cuanto a la composición taxonómica, la estación de referencia se caracterizó en invierno por valores muy bajos en riqueza de especies (8 taxones), dominando las haptofitas, criptofitas (*Plagioselmis* spp. y *Teleaulax* spp.) y otros pequeños flagelados autótrofos. En primavera, aunque la riqueza aumentó notablemente (25 taxones), la comunidad estuvo dominada casi exclusivamente por la haptofita *Emiliania huxleyi*. El mínimo estival de la estación de referencia se caracterizó por una contribución importante de dinoflagelados de pequeño tamaño, haptofitas y pequeños flagelados. En otoño, con valores

de abundancia algo más altos, la especie más abundante fue la criptofita *Plagioselmis* spp., la prasinofícea *Pyramimonas* spp. y los pequeños flagelados autótrofos.

En las aguas costeras del País Vasco, en invierno algunas estaciones mostraron una composición bastante similar a la de la estación de referencia, sin embargo en otras se observaron blooms de diatomeas. Estas floraciones se encontraron en su mayoría en la zona oriental de la costa vasca. En la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako no se observó ninguna floración en invierno. No obstante, en la estación L-B20 la abundancia de diatomeas fue mayor que en el resto.

En primavera, la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako mostró valores mucho más altos de riqueza de especies que en invierno, sobre todo en los grupos de diatomeas y dinoflagelados. Las estaciones costeras estuvieron dominadas por la haptofita *Emiliania huxleyi*, al igual que la estación de referencia. También se encontró una abundancia relativamente alta de la diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp. (entre 52.000 y 112.000 células l^{-1} en las estaciones del litoral del Nerbioi (L-N10, L-N20) y del Butroe (L-B10). En la estación L-B20 este taxón sólo alcanzó 10.600 células l^{-1}. También en las estaciones L-N10, L-N20 y L-B10 se identificaron algunas especies de dinoflagelados potencialmente tóxicos *Dinophysis acuminata (*18.320 células l^{-1}*), D. acuta (266* células l^{-1}*), D. caudata* (266 células l^{-1}) y *D. tripos* (presencia).

En verano, los picos de abundancia en las estaciones costeras mostraron diferente composición en el litoral del Nerbioi y en el del Butroe. En la estación L-N10 las especies con mayor densidad fueron diatomeas (*Leptocylindrus danicus, Cylindroteca closterium*), criptofitas (*Plagioselmis* spp., *Teleaulax* spp.) y haptofitas (*Chrysochromulina* spp.). En la estación L-B10 dominaron las diatomeas (63%). Entre éstas se encontraron algunas especies que pueden resultar nocivas para los ecosistemas (*Chaetoceros socialis* y *Leptocylindrus minimus*). El dinoflagelado potencialmente tóxico *Prorocentrum minimum* se identificó en las estaciones L-B10 y L-B20. Sin embargo, en verano no se observaron especies que individualmente alcanzaran densidades típicas de bloom en esta masa de agua, siendo comunidades con una alta diversidad y bajo índice de dominancia.

En las muestras de otoño la abundancia fitoplanctónica descendió de forma general en las estaciones costeras del País Vasco. Este descenso fue muy notable en el litoral del Nerbioi. En la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako, las comunidades presentaron menor riqueza que en primavera y verano. Las diatomeas contribuyeron en muy bajo porcentaje (<20%) y las comunidades mostraron una contribución relativamente mayor de clorofitas (*Pyramimonas* spp.) y criptofitas (*Plagioselmis* spp.).

Estación	L-REF30	L-N10	L-N20	L-B10	L-B20
Fecha	04/03/2011	07/03/2011	04/03/2011	04/03/2011	04/03/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	419	179	239	435	669
Diversidad (bit/cel)	2,7	2,4	2,5	1,9	2,2
Riqueza (Nºespecies)	8	12	12	11	9
Estación	L-REF30	L-N10	L-N20	L-B10	L-B20
Fecha	25/05/2011	12/05/2011	12/05/2011	12/05/2011	25/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	654	1.019	1.297	924	586
Diversidad (bit/cel)	1,1	2,1	2,2	2,3	2,3
Riqueza (Nºespecies)	25	31	30	44	24
Estación	L-REF30	L-N10	L-N20	L-B10	L-B20
Fecha	01/09/2011	12/09/2011	12/09/2011	01/09/2011	01/09/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	221	2.464	160	1.540	329
Diversidad (bit/cel)	3,4	3,7	3,7	3,5	3,4
Riqueza (Nºespecies)	24	23	23	35	24
Estación	L-REF30	L-N10	L-N20	L-B10	L-B20
Fecha	10/11/2011	16/11/2011	16/11/2011	10/11/2011	10/11/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	353	30	81	285	196
Diversidad (bit/cel)	2,5	2,9	2,7	2,5	2,2
Riqueza (Nºespecies)	18	11	13	20	10

Tabla 307 Índices relacionados con fitoplancton en cuatro épocas a lo largo de 2011. Se indican para la estación marina de referencia y para las estaciones de la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako.

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en años anteriores, el fitoplancton en las aguas costeras se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

Se han realizado cambios en el método de evaluación. Para la métrica de clorofila el umbral que separa el estado “Muy bueno” del estado “Bueno” es ahora 2,5 µg l^{-1}. El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado que implica

el cálculo de los EQRs resultantes de cada indicador (véase tomo de metodología).

En la Figura 394 se muestra el indicador de biomasa fitoplanctónica durante el último periodo de evaluación. En la estación marina de referencia, el percentil 90 de la clorofila es 0,73 µg l^{-1} (n=16). En las estaciones de la masa de agua costera se sitúa entre 0,71 y 1,25 µg l^{-1} (n=24). El valor mínimo en la costa, que es muy cercano al de la estación de referencia, se observa en la estación L-B20, litoral de Bakio. El máximo se observa frente a la desembocadura del Butroe (L-B10). Todas las estaciones estudiadas se clasifican en un estado "Muy bueno" en base a la métrica de la clorofila.

En la Figura 395 se muestra el indicador de floraciones. En la estación marina de referencia la frecuencia es 8,3%. En las estaciones de la masa de agua costera oscila entre 8,3 y 25,0% (n=12). El valor mínimo de la costa también se observa en la estación L-B20 y es similar al de la estación de referencia. El valor máximo se observa en la estación situada frente al Butroe (L-B10). En ésta, la métrica indica un estado "Bueno". En el resto, el estado se clasifica como "Muy bueno".

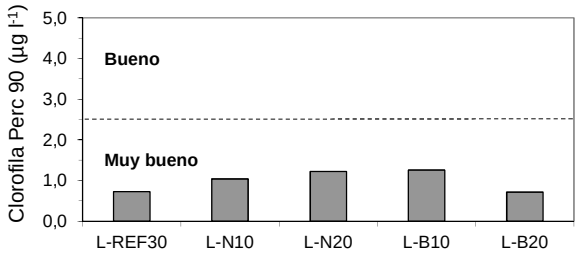


Figura 394 Percentil 90 de la concentración de clorofila en la estación marina de referencia y en las estaciones costeras de Cantabria-Matxitxako. Los datos utilizados han sido los de superficie, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

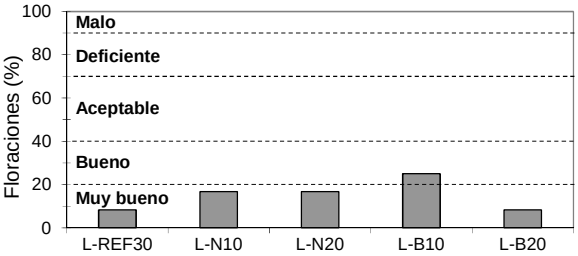


Figura 395 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en la estación marina de referencia y en las estaciones costeras de Cantabria-Matxitxako. Los datos utilizados corresponden a superficie, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

En la Tabla 308 se indica el estado del fitoplancton integrando los resultados de ambos indicadores (clorofila y frecuencia de floraciones) en cada una de las estaciones. Se indican también los valores de EQR. El EQR global se calcula con la media aritmética de los EQRs resultantes de ambos indicadores.

En el periodo 2006-2011, el estado global del fitoplancton se clasifica como "Muy bueno" en la estación marina de referencia y en las cuatro estaciones de la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako. En la estación costera cercana a la desembocadura del Butroe (L-B10) el valor del EQR global es algo inferior al del resto de las estaciones estudiadas (Tabla 308).

ESTACIÓN	EQR1 Biomasa	EQR2 Floraciones	Estado y EQR Global
L-REF30	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
L-N10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
L-N20	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
L-B10	1,000	0,668	Muy bueno (0,834)
L-B20	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)

Tabla 308 Calificación del estado del fitoplancton en la estación de referencia y en cada estación de muestreo de la masa de agua costera, para el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

En la Tabla 309 se muestra la evolución temporal del estado del fitoplancton a lo largo de periodos de seis años móviles, calculados a partir del año 2002. El **estado del fitoplancton** en la masa de agua **Cantabria-Matxitxako** se clasifica en el último periodo (2006-2011) como "**Muy bueno**", al igual que en los periodos anteriores. Todas las estaciones de muestreo presentan una calificación similar. El valor del EQR integrado en la masa de agua ha variado muy poco, siendo cercano a 1.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Cantabria-Matxitxako	**MB (0,960)**	**MB (0,988)**	**MB (0,948)**	**MB (0,959)**	**MB (0,959)**
L-N10	MB	MB	MB	MB	MB
L-N20	MB	MB	MB	MB	MB
L-B10	MB	MB	MB	MB	MB
L-B20	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 309 Evolución temporal del estado del fitoplancton en la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako y en cada una de sus estaciones de muestreo, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton en la masa de agua.

16.4.2 MACROALGAS

Para el estudio de las macroalgas (y los macroinvertebrados que definen comunidades de sustrato duro) de la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako, en la campaña de 2011 se han analizado dos transectos próximos a la desembocadura del Butroe (Figura 396). Al igual que se ha hecho para las macroalgas de las masas de agua de transición, la nomenclatura es la siguiente: M de 'Macroalgas', L de 'Litoral', B de 'Butroe' y, luego, el número del transecto. El segundo dígito que aparece en cada uno de los diferentes niveles mareales corresponde a las respectivas sub-zonas en que se ha dividido el transecto correspondiente.

La evaluación de la Calidad Biológica del resto de áreas dentro de la masa de agua se llevará a cabo combinando los datos de la presente campaña de 2011 con los de las dos campañas previas, que abarcan la totalidad de la masa.



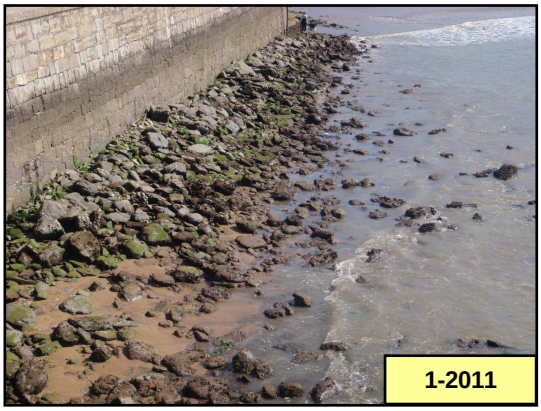
Figura 396 Posición de los transectos muestreados para macroalgas y macrofauna en la zona costera del entorno del Butroe.

TRANSECTO M-LB1

Está situado en Plentzia, en la Punta de Astondo (entre el dique y la Playa de Gorliz), en las coordenadas 50423-48074 (Figura 396).

El transecto discurre al abrigo de la protección que le proporciona el dique construido en la margen derecha de la Playa de Gorliz. Consiste en una extensión de bloques de mediano tamaño que reposan sobre la arena de la playa y cuyo comienzo se localiza en la base del muro que protege el paseo marítimo de la zona.

La longitud de este transecto es de 17,14 m, situándose la máxima cota a 4,61 m respecto al nivel 0 de marea, con una orientación de 147º SE (Foto 1-2011).



Desde el punto de vista biológico se distinguen seis zonas asimilables a las otras tantas facies. Tres de ellas se encuentran en la playa de cantos y otros tres en las paredes del muro de contención del paseo marítimo:

- M-LB11: *Chondracanthus acicularis* - *Corallina* sp.
- M-LB12: Ostreidae - *Chondracanthus acicularis* - *Caulacanthus ustulatus*
- M-LB13: Ostreidae - *Blidingia minima* - *Caulacanthus ustulatus*
- M-LB14: *Chthamalus* sp. – Ostreidae - *Patella* sp.
- M-LB15: *Chthamalus* sp. - *Melarhaphe neritoides*
- M-LB16: *Verruca maura* - *Melarhaphe neritoides*

En la Tabla 310 se indican los valores de los índices de cobertura específica del estudio semicuantitativo, valores que han sido utilizados para la representación gráfica de la Figura 397 y de la Figura 398.

M-LB1						
ZONAS	M-LB11	M-LB12	M-LB13	M-LB14	M-LB15	M-LB16
Longitud (m)	0-11,33	11,33-14,13	14,13-17,14	17,14-17,14	17,14-17,14	17,14-17,14
Altura (m)	0-1,10	1,10-2,08	2,08-2,08	2,08-3,68	3,68-4,35	4,35-4,61
Verrucaria maura	---	---	---	---	---	4
Melarhaphe neritoides	---	---	---	3	4	4
Chthamalus spp.	---	2	3	4	6	3
Littorina saxatilis	---	---	---	1	2	---
Blidingia minima	---	---	4	1	2	---
Ostreidae	4	5	4	4	1	---
Monodonta lineata	---	---	---	1	---	---
Pachygrapsus marmoratus	---	---	+	+	---	---
Hildenbrandia rubra	---	1	---	1	---	---
Patella vulgata	---	1	3	4	---	---
Caulacanthus ustulatus	---	4	4	1	---	---
Mytilus galloprovincialis	2	2	2	1	---	---
Patella intermedia	1	3	3	2	---	---
Ralfsia verrucosa	---	2	2	---	---	---
Lithophyllum incrustans	4	4	2	---	---	---
Gibbula umbilicalis	3	5	4	---	---	---
Ulva compressa	2	3	3	---	---	---
Ulva rigida	3	3	2	---	---	---
Chondracanthus acicularis	4	5	2	---	---	---
Gelidium pusillum	---	1	---	---	---	---
Puestas Sepia officinalis	+	+	---	---	---	---
Cangrejos ermitaños	++	++	---	---	---	---
Diatomeas	++	++	---	---	---	---
Sphacelaria spp.	1	1	---	---	---	---
Patella ulyssiponensis	2	3	---	---	---	---
Balanus perforatus	1	2	---	---	---	---
Ceramiales	3	2	---	---	---	---
Colpomenia peregrina	2	1	---	---	---	---
Falkenbergia rufolanosa	2	1	---	---	---	---
Ectocarpales	3	1	---	---	---	---
Stypocaulon scoparium	3	1	---	---	---	---
Corallina spp.	4	1	---	---	---	---
Asparagopsis armata	1	---	---	---	---	---
Gelidium spinosum	1	---	---	---	---	---
Chondria coerulescens	1	---	---	---	---	---
Hypoglossum hypoglossoides	1	---	---	---	---	---
Cladostephus spongiosus	1	---	---	---	---	---
Apoglossum ruscifolium	1	---	---	---	---	---
Stramonita haemastoma	1	---	---	---	---	---
Gelidium corneum	1	---	---	---	---	---
Anemonia sulcata	1	---	---	---	---	---

Tabla 310 Índices de cobertura de las especies más representativas del transecto M-LB1, muestreado el 17 de abril de 2011 (para metodología, ver Tomo 1).

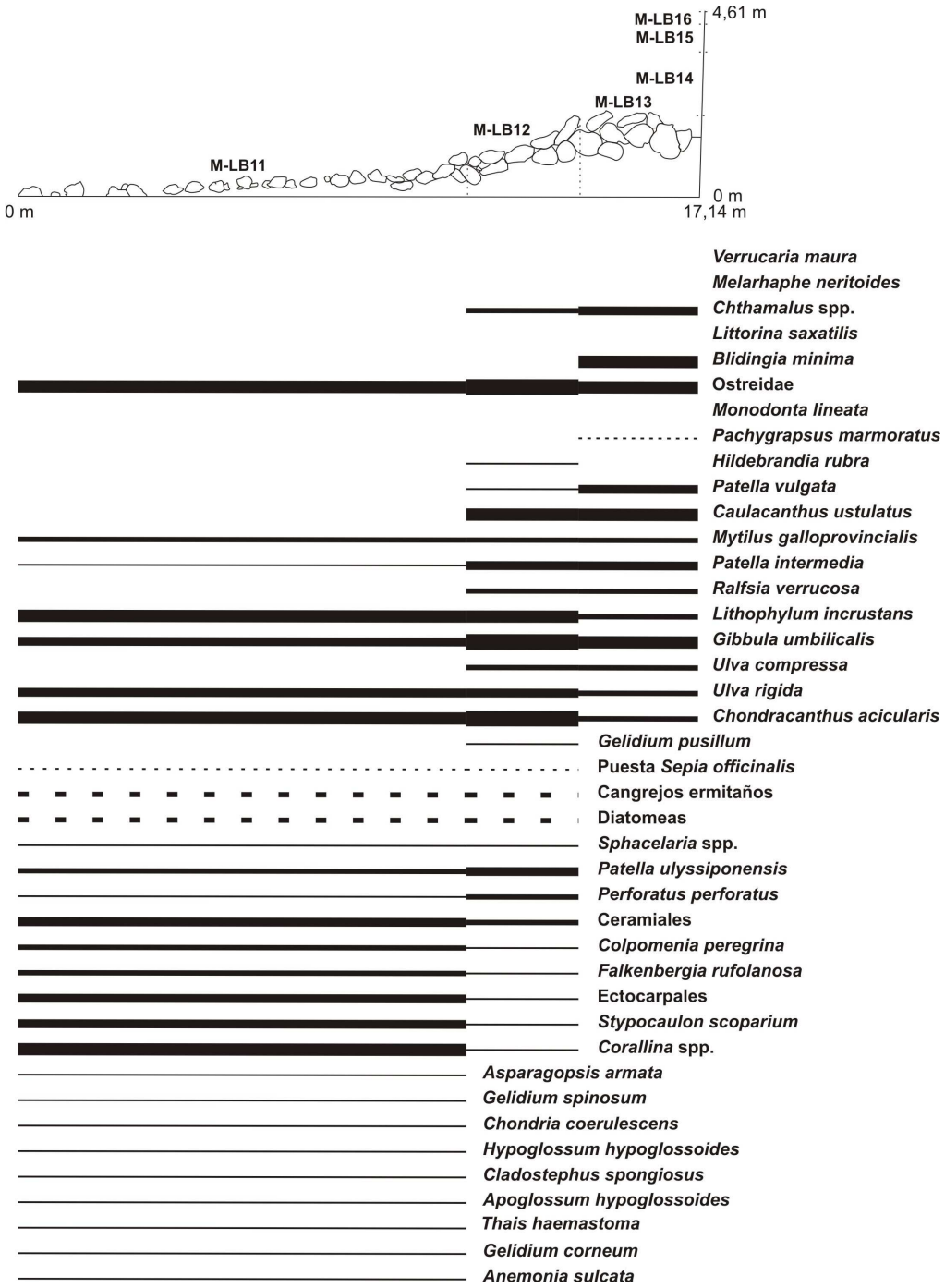


Figura 397 Distribución horizontal de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LB1

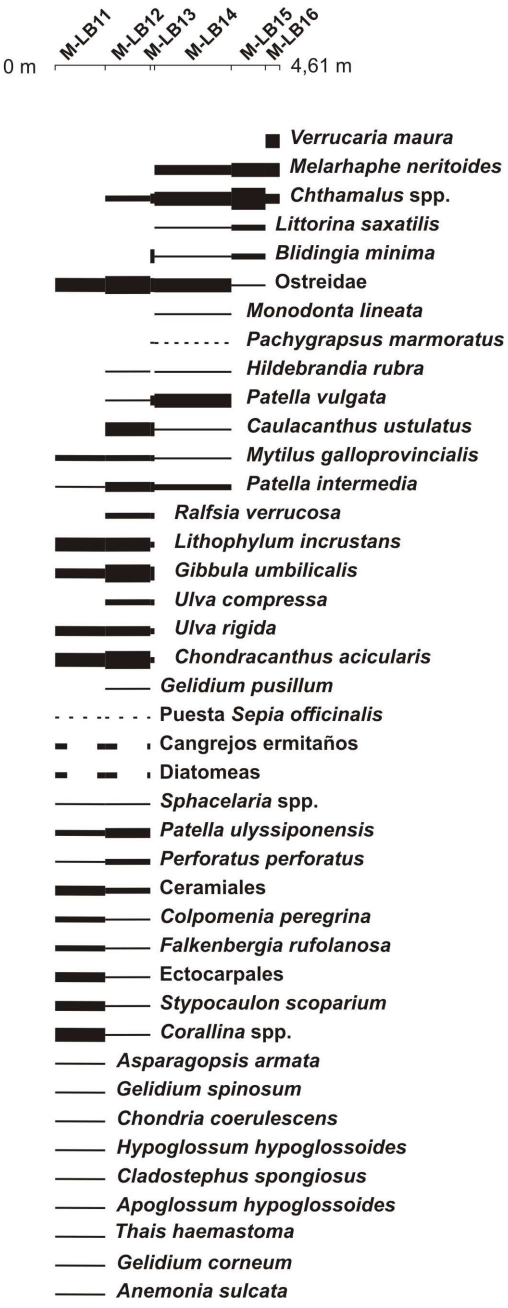
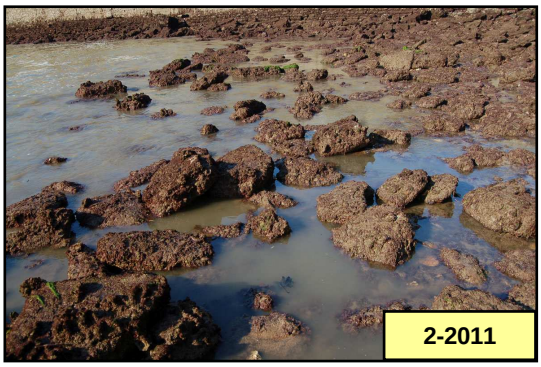


Figura 398 Distribución vertical de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LB1.

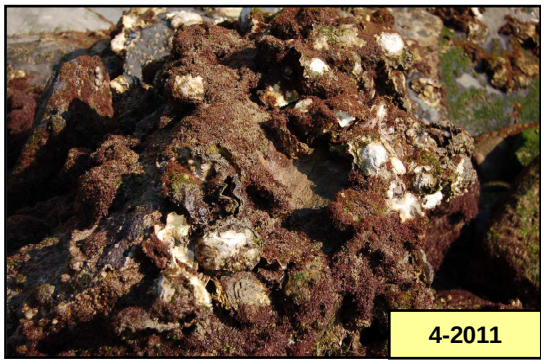
Franja infralitoral (M-LB11)

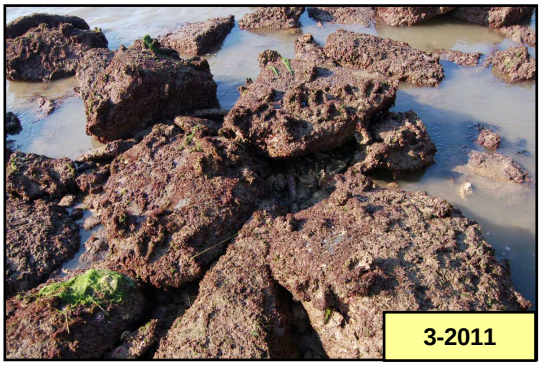
Esta zona ocupa una extensión de 11,33 m de longitud y se sitúa a 0-1,10 m sobre el nivel 0 de marea. La cobertura biológica, como en las campañas previas, alcanza prácticamente el 100% de la superficie rocosa, destacando la gran cantidad de sedimento arenoso sobre las piedras y la turbidez de la zona (Foto 2-2011).

Con alguna variación, las comunidades biológicas que la caracterizan son similares a las descritas para las campañas previas, destacando las algas *Chondracanthus acicularis* (20-30%), *Corallina* sp. (10-15%), *Lithophyllum incrustans* (alrededor del 10%) y *Stypocaulon scoparium* (coberturas ligeramente superiores al 5%), y las ostras *Ostrea edulis* y *Crassostrea gigas*, que aparen juntas y recubren gran parte de muchos de los bloques rocosos de la zona (densidades aproximadas de 15-30 ind·m^{-2}).



Sin embargo, se han detectado variaciones respecto a 2008 para algunas de las especies principales. Es el caso de las reducción en cobertura de *Ulva rigida* (15-25% en 2008; 5% en 2011) y *Corallina* sp. (35% en 2008; 15% en 2011) (Foto 3-2011). Respecto a *Corallina* sp., además, destaca la mayor abundancia relativa de *Corallina officinalis* que de *Corallina elongata* en 2011. Además, se han identificado especies no registradas en 2008, como: *Ulva compressa*, *Gelidium corneum* y, sobre todo, numerosas especies de diatomeas adheridas a otras algas, directamente o a través de filamentos. Por el contrario, no se han identificado algunas algas que sí apareceron en 2008, como: *Gymnogongrus crenulatus*, *Codium fragile*, *Nitophyllum punctatum*, *Osmundea pinnatifida* y *Rhodothamniella floridula*.





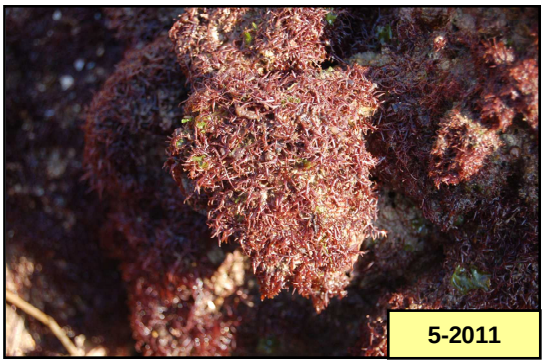
En cuanto a la fauna, además de las ostras, destacan el cirrípedo *Balanus perforatus* y al caracol *Gibbula umbilicalis*.

Zona mediolitoral inferior (M-LB12)

Esta zona se desarrolla a lo largo de 2,80 m y a una altura respecto al nivel del mar de 1,10-2,08 m.

Tanto las coberturas vegetales como la riqueza son menores que en la zona anterior. Dominan Las poblaciones de ostras (Foto 4-2011), con densidades algo superiores a las de la zona M-LB11 (30-50 ind·m^{-2}). Compartiendo espacio con las ostras, destacan las algas: *C. acicularis* (35-40%), *Caulacanthus ustulatus* (15-25%), *L. incrustans* (15%) y *U. rigida* (1-5%) (Foto 5-2011).

En cuanto a la fauna, apenas experimenta cambios respecto a 2008. Además de ostras, abundan los cirrípedos del género *Chthamalus* (50-100 ind·m^{-2}) y *B. perforatus* (10-30 ind·m^{-2}), la lapa *Patella ulyssiponensis* (5-10 ind·m^{-2}) y el caracol *G. umbilicalis* (20-40 ind·m^{-2}). También cabe destacar que en 2011 se ha identificado un ejemplar del caracol *Stramonita haemastoma*.



Zona mediolitoral media y superior (M-LB13 y 14)

La zona M-LB13 es continuación de las anteriores y se localiza a 2,08 m de altura. Consiste en un acúmulo de rocas de mediano y gran tamaño con la cota más elevada en la parte central (2,40 m). Tanto la fauna como la flora son menos abundantes que en las zonas precedentes.

Las algas se distribuyen de manera dispersa sobre los bloques, aunque las coberturas son mayores que las de 2008. Destacan *Blidingia minima* (10%), *C. ustulatus* (5-10%) y *U. compressa* (3-5%) (Foto 6-2011).



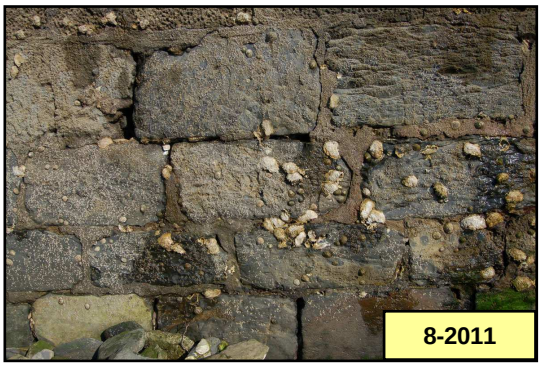
Las especies de fauna comienzan a adquirir mayor importancia relativa. A nivel taxonómico no se encuentran diferencias importantes respecto a la zona anterior; pero sí en cuanto a sus densidades. Como en 2008, destacan las ostras *C. gigas* y *O. edulis* (40 ind·m^{-2} entre las dos), los cirrípedos del género *Chthamalus* (500-1.000 ind·m^{-2}), el gasterópodo *G. umbilicalis* (5-10 ind·m^{-2}), el mejillón *M. galloprovincialis* y las lapas *Patella intermedia* y *Patella vulgata* (Foto 7-2011).

En la base del muro que limita la playa se distingue una cuarta zona cuya altura comienza a 2,08 m y termina a 3,68 m sobre el nivel del mar. Abarca, por tanto, parte del mediolitoral medio y superior.

Las algas apenas se hallan representadas. En alguna de las numerosa grietas del muro se observa *C. ustulatus* y, de manera más dispersa, *B. minima* e *Hildenbrandia rubra* (ambas ausentes en 2008).

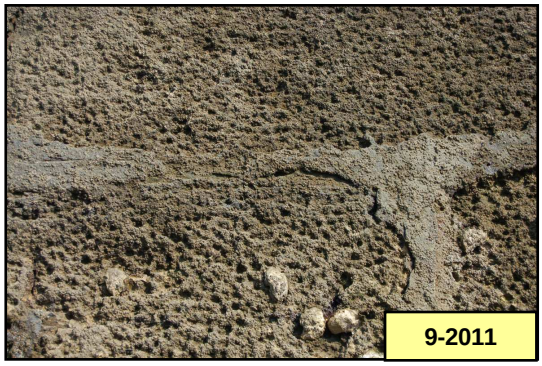
Por el contrario, la fauna se encuentra bastante más desarrollada. Al igual que en 2008, cinco *taxa* dominan sobre el resto: los cirrípedosdel género *Chthamalus* (1.000-2.500 ind·m^{-2}), el bígaro *Melarhaphe neritoides* (500-1.000 ind·m^{-2}), la ostra *C. gigas* (30-50 ind·m^{-2}) y las lapas *P. vulgata* (30-40 ind·m^{-2}) y *P. intermedia* (Foto 8-2011).





Franja supralitoral (M-LB15)

Se encuentra a 3,68-4,35 m sobre el nivel 0 de marea. Como en 2002 y 2005, esta zona se caracteriza por la práctica desaparición del cinturón de la ostra *C. gigas*. El recubrimiento biológico se debe casi en su totalidad a las poblaciones del cirrípedo *Chthamalus* sp. (30.000-50.000 ind·m^{-2}) (Foto 9-2011). Como suele ser habitual en este horizonte, la abundancia de *Chthamalus* sp. lleva aparejada la del bígaro *M. neritoides*, que alcanza densidades del orden de 50-100 ind·m^{-2}. Ocasionalmente, se pueden ver en algunos de los numerosos recovecos ejemplares del caracol *Littorina saxatilis*.



Zona supralitoral (M-LB16)

Se encuentra entre los 4,35 m y 4,61 m. Su cobertura biológica es sensiblemente menor a la de la zona anterior e igual a la de 2008. Lo más destacable de este nivel es la banda que forma el liquen *Verrucaria maura* (10%) (Foto 10-2011).



TRANSECTO M-LB2

Está situado en Plentzia, en la Punta de Astondo, en el dique que queda al final de la Playa de Gorliz, en las coordenadas 50423-48074 (Figura 396).

Se localiza en el lado del dique que da la espalda a la Playa, en una zona menos protegida que el transecto M-LB1. El terreno consiste en una sucesión de estratos prácticamente verticales, muy erosionados por efecto del oleaje, que dan lugar a una pequeña plataforma de abrasión de apenas 10º de inclinación (Foto 11-2011).



La longitud total del transecto es de 51,87 m, situándose la máxima cota a 7,41 m respecto al nivel 0 de marea, con una orientación de 170º SE.

En función de las coberturas biológicas, se han delimitado siete zonas distintas, correspondientes a las siguientes seis biocenosis o facies:

- M-LB21: *Corallina* sp. - *Lithophyllum incrustans*
- M-LB22: *Corallina elongata* - *Lithophyllum incrustans* - *Stypocaulon scoparium*
- M-LB23: *Corallina elongata* - *Lithophyllum incrustans* - *Sphacelaria* sp. - *Caulacanthus ustulatus*
- M-LB24: *Chthamalus* sp. - *Patella intermedia* - *Corallina elongata*
- M-LB25: *Ulva compressa*
- M-LB27: *Verruca maura* - *Melarhaphe neritoides*

En la Tabla 311 se indican los valores de los índices de cobertura específica del estudio semicuantitativo, valores que han sido utilizados para la representación gráfica de la Figura 399 y de la Figura 400.

	M-LB2						
ZONAS	M-LB21	M-LB22	M-LB23	M-LB24	M-LB25	M-LB26	M-LB27
Longitud (m)	0-4,60	4,60-8,80	8,80-16,20	16,20-26,10	26,10-31,06	31,06-49,06	49,06-51,87
Altura (m)	0-1,38	1,38-1,68	1,68-2,59	2,59-3,26	3,26-3,07	3,07-5,02	5,02-7,41
Verrucaria maura	---	---	---	---	---	---	1
Blidingia minima	---	---	---	---	---	2	1
Monodonta lineata	---	---	---	---	1	---	---
Patella vulgata	---	---	---	2	2	---	---
Melarhaphe neritoides	---	---	2	3	1	---	---
Chthamalus spp.	---	---	2	4	2	---	---
Caulacanthus ustulatus	---	---	4	4	2	---	---
Ectocarpales	---	1	---	---	1	---	---
Ulva compressa	2	2	2	3	5	---	---
Patella intermedia	2	2	4	4	3	---	---
Gibbula umbilicalis	2	2	2	3	3	---	---
Ulva rigida	3	3	3	2	2	---	---
Ceramium spp.	3	3	2	2	1	---	---
Patella ulyssiponensis	4	3	4	3	1	---	---
Corallina spp.	6	5	4	4	2	---	---
Lithophyllum incrustans	6	5	4	4	1	---	---
Balanus perforatus	---	---	---	2	---	---	---
Hildenbrandia rubra	---	---	---	1	---	---	---
Pterocladiella capillacea	---	---	---	1	---	---	---
Rhodophyllis divaricata	---	---	---	1	---	---	---
Mytilus galloprovincialis	---	---	2	3	---	---	---
Gelidium pusillum	3	1	---	2	---	---	---
Plocamium cartilagineum	3	3	3	2	---	---	---
Dictyota dichotoma	3	2	2	1	---	---	---
Ralfsia verrucosa	---	---	2	3	---	---	---
Gymnogongrus crenulatus	1	1	---	1	---	---	---
Actinia fragacea	2	---	1	1	---	---	---
Gelidium spinosum	1	1	1	2	---	---	---
Stypocaulon scoparium	3	4	2	2	---	---	---
Gigartinales	1	2	1	1	---	---	---
Sphacelaria spp.	3	3	4	1	---	---	---
Ocenebra erinacea	---	1	1	---	---	---	---
Cladostephus spongiosus	2	1	1	---	---	---	---
Cryptopleura ramosa	2	2	2	---	---	---	---
Chondracanthus acicularis	3	3	3	---	---	---	---
Apoglossum ruscifolium	---	1	---	---	---	---	---
Colpomenia peregrina	---	1	---	---	---	---	---
Codium decorticatum	---	1	---	---	---	---	---
Actinia equina	---	2	---	---	---	---	---
Falkenbergia rufolanosa	2	3	---	---	---	---	---
Petalonia fascia	1	2	---	---	---	---	---
Nithophyllum punctatum	1	1	---	---	---	---	---
Stramonita haemastoma	1	1	---	---	---	---	---
Hypoglossum hypoglossoides	1	1	---	---	---	---	---
Gelidium corneum	1	1	---	---	---	---	---
Asparagopsis armata	1	1	---	---	---	---	---
Jania rubens	1	---	---	---	---	---	---
Cangrejos ermitaños	+	---	---	---	---	---	---
Trailliella intricata	1	---	---	---	---	---	---
Anemonia sulcata	1	---	---	---	---	---	---
Gigartina pistillata	1	---	---	---	---	---	---

Tabla 311 Índices de cobertura de las especies más representativas del transecto M-LB2, muestreado el 17 de abril de 2011 (para metodología, ver Tomo 1).

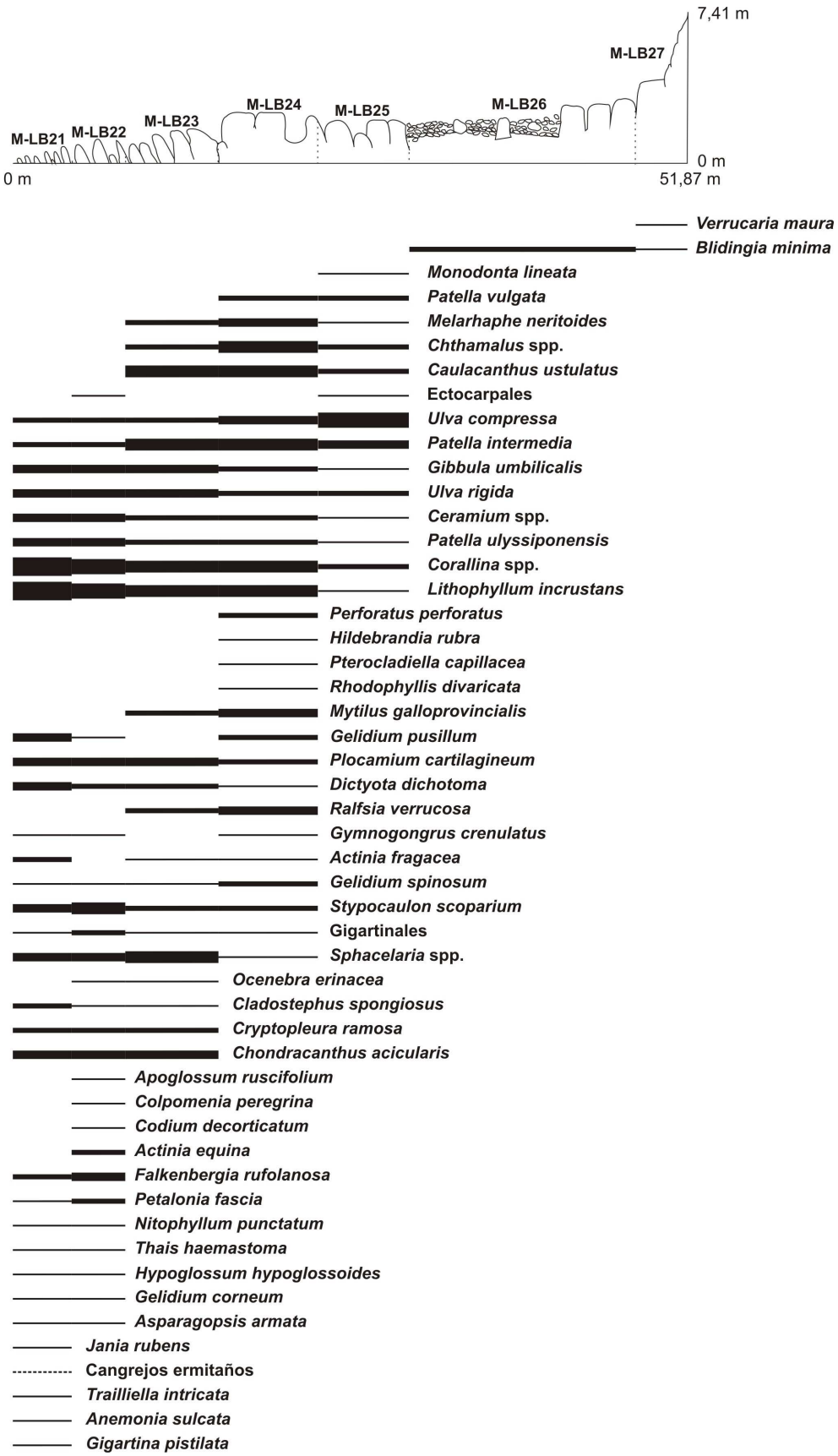


Figura 399 Distribución horizontal de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LB2.

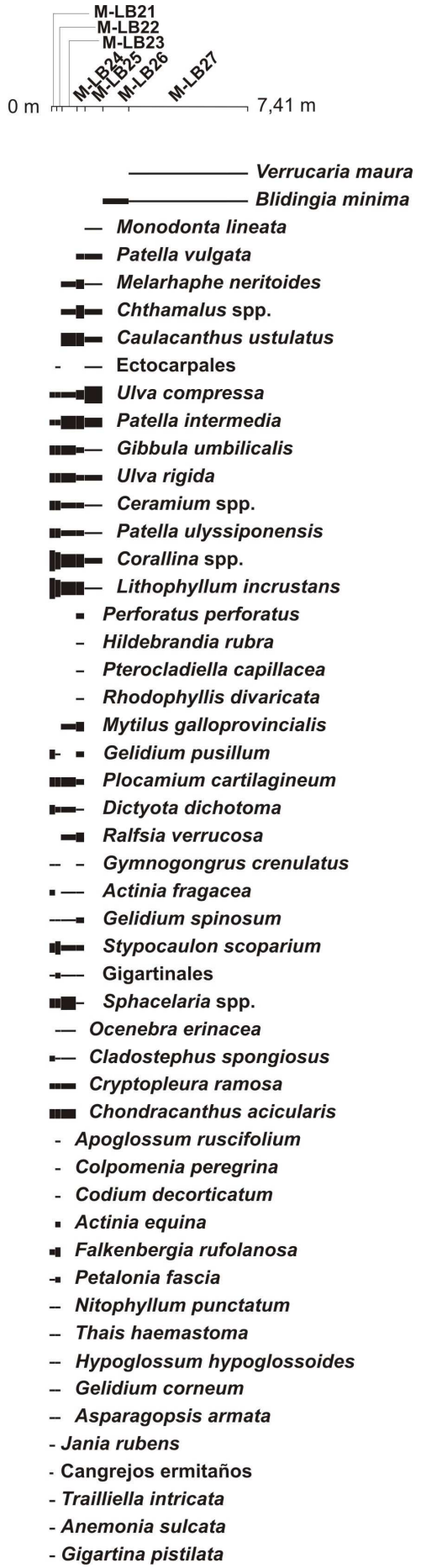


Figura 400 Distribución vertical de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LB2.

Franja infralitoral (M-LB21)

La primera zonación establecida en este transecto se extiende a lo largo de la franja infralitoral y parte del mediolitoral inferior. Su longitud es de 4,60 m y se encuentra entre los 0 m y los 1,38 m sobre el nivel 0 de marea (Foto 12-2011).



Las especies con mayores coberturas continúan siendo las mismas que en las tres campañas anteriores. Las algas del género *Corallina* (especialmente *C. elongata*) y *L. incrustans*, con coberturas estimadas del 60-75% del sustrato rocoso, caracterizan esta zona. *U. rigida*, *Plocamium cartilagineum* y *Sphacelaria* sp. ocupan un segundo plano (5%).

En 2011, tanto el alga *Dictyota dichotoma* como algunas especies del género *Sphacelaria*, que en 2008 experimentaron un incremento notable, vueven a presentar valores similares a los registrados en 2002 y 2005.

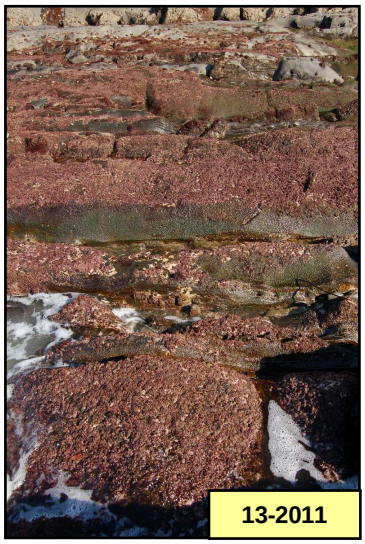
Como suele ser frecuente en las comunidades fotófilas infralitorales, la fauna no alcanza el mismo grado de desarrollo que las algas. Exceptuando la presencia de cangrejos ermitaños, la fauna en este año coincide básicamente con la observada en 2008, habiéndose identificado cuatro especies de moluscos y dos de cnidarios: las lapas *P. ulyssiponensis* (10-15 ind·m^{-2}) y *P. intermedia*, los caracoles *G. umbilicalis* y *S. haemastoma*, y las anémonas *Actinia fragacea* y *Anemonia sulcata*.

Mediolitoral inferior (M-LB22)

Esta segunda zona ocupa 4,20 m de longitud del transecto, a una altura comprendida entre los 1,38 m y 1,68 m sobre el nivel del mar. Las coberturas biológicas alcanzan mayores valores en la zona más cercana al mar. Sin embargo, a pesar de estas diferencias, todo este tramo se considera como una única zona, debido a las características de las algas presentes.

Las lajas que conforman la zona presentan desigual cobertura. Los mayores recubrimientos se localizan en las crestas y en las caras expuestas a la luz del sol (Foto 13-2011). Aunque las especies que dominan la

comunidad continúan siendo *Corallina* sp. y *L. incrustans*, sus coberturas se invierten respecto a la pasada campaña (30-50% y 50-60%, respectivamente). En las proximidades de la zona M-LB21 y en la base de las lajas aparecen importantes poblaciones del alga parda *S. scoparium* (alrededor del 15% de cobertura). Por otro lado, matas compuestas por algas filamentosas del género *Sphacelaria* sp. se distribuyen regularmente por toda la zona (alrededor del 5% de cobertura) (Foto 14-2011).





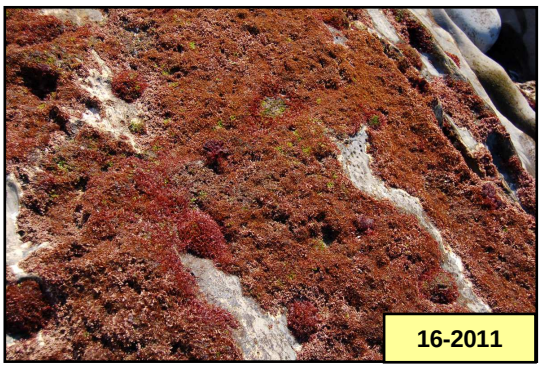
La fauna es más pobre que en la zona anterior, desapareciendo los cnidarios *A. sulcata* y *A. fragacea*, pero incorporándose *Actinia equina*. El resto de especies coinciden básicamente con las encontradas en la franja infralitoral.

Zona mediolitoral media (M-LB23 y 24)

En el mediolitoral medio y a una altura comprendida entre 1,68 m y 2,59 m, se distingue una tercera zona, de 7,40 m de longitud.

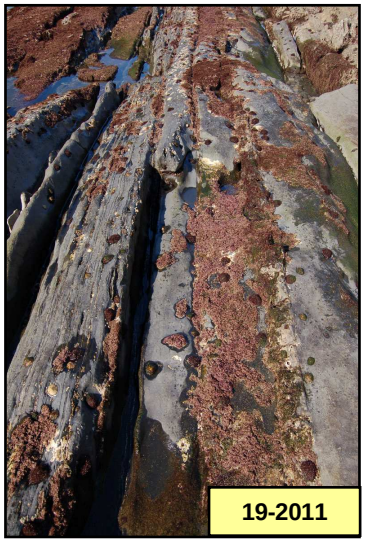
Esta zona, a pesar de mantener elementos comunes con la anterior, presenta ciertas diferencias, suficientes para establecer la segregación. Las coberturas vegetales disminuyen en su conjunto respecto a los dos niveles mareales inferiores y el porcentaje de lajas cubiertas por vegetación no llega al 50% (Foto 15-2011). Como en años anteriores, las mayores dominancias se las reparten, por un lado, *C. elongata* y *L. incrustans*, cuyas coberturas muestran valores muy desiguales de unos lugares a otros (valores medios del 15-20%), y, por otro, *C. ustulatus* (10-15%) y *Sphacelaria* sp. (5-10%), ambas epífitas de *Corallina* sp. (Foto 16-2011). También presentan coberturas significativas *U. rigida* (3%), *P. cartilagineum* (1-2%) y *C. acicularis* (1%).





En cuanto a la fauna, las lapas *P. ulyssiponensis* y *P. intermedia* constituyen las especies más representativas. Ambas presentan poblaciones más ricas que en la zona M-LB22 (25-35 ind·m^{-2} y 10-20 ind·m^{-2}, respectivamente). Por otro lado, *G. umbilicalis* mantiene unas poblaciones similares. A diferencia de en la anterior zona, no se observa ningún ejemplar del caracol *S. haemastoma* ni de la anémona *A. equina*. Por el contrario, aparecen pequeñas poblaciones de nuevas especies como el cirrípedo *Chthamalus* sp., el caracolillo *M. neritoides* y el mejillón *Mytilus galloprovincialis*.

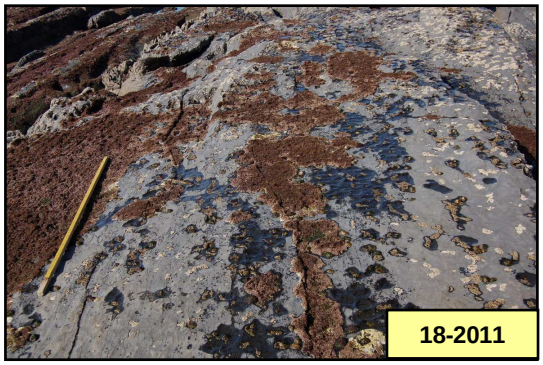
A continuación, se encuentra la zona M-LB24, parte de la cual se adentra en el mediolitoral superior. Con una longitud de 9,90 m, se sitúa entre los 2,59 m y los 3,26 m sobre el nivel 0 de marea.



El aspecto general de esta zona apenas cambia en relación a la visita del 2008. El gradual descenso de las coberturas vegetales patente en la zona anterior, se hace más acusado en esta zona (Foto 17-2011).

Se pueden establecer claramente dos áreas distintas. La primera, y más extensa, correspondería a la parte superior de las lajas (aproximadamente un 80% del total). En ésta, las poblaciones de *Chthamalus* sp. empiezan a caracterizar la comunidad biológica (Foto 18-2011). Las especies animales dominan sobre las especies vegetales. Los *taxa* faunísticos mejor representados son el cirrípedo *Chthamalus* sp. (2.500-5.000 ind·m^{-2}), las lapas *P. intermedia* (40-50 ind·m^{-2}), *P. ulyssiponensis* (5-10 ind·m^{-2}) y *P. vulgata*, el caracolillo *M. neritoides* (10-50 ind·m^{-2}) y el cirrípedo *B. perforatus*.





La segunda zona corresponde al conjunto de cubetas, pozas, grietas y pasillos. Son áreas donde se encuentran amplias coberturas de *L. incrustans* y *C. elongata*. La fauna más representativa incluye al caracol *G. umbilicalis*, la anémona *A. fragacea* y el mejillón *M. galloprovincialis* (Foto 19-2011). Los valores ponderados de ambas zonas se muestran en la Tabla 311.

Zona mediolitoral superior (M-LB25)

En el nivel mediolitoral superior, y a una altura de entre 3,07 m y 3,26 m sobre el nivel del mar, se distingue esta quinta zona, cuya longitud es de 4,96 m.

Las comunidades biológicas, muy pobres, son similares a las descritas en 2002, 2005 y 2008. El alga que caracteriza la superficie de las lajas es la clorofícea *U. compressa* (30-40%), cuya cobertura recupera los valores registrados en 2002 y 2005 (Foto 20-2011). El resto de algas apenas alcanza valores significativos, limitándose matas aisladas. En comparación con la campaña de 2008, además de incrementarse la cobertura de *U. compressa*, destacan la desaparición de *P. cartilagineum*, *D. dichotoma* y *Cryptopleura ramosa*, y la aparición de especies del Orden Ectocarpales.



En cuanto a la fauna, en los pasillos entre lajas, como en años anteriores, se identifican ejemplares de los moluscos *Monodonta lineata* y *G. umbilicalis*. En las caras superiores de las lajas se distinguen ejemplares de las lapas *P. intermedia* (5-10 ind·m^{-2}), *P. vulgata* y *P. ulyssiponensis*, y del cirrípedo *Chthamalus* sp., especies estas dos últimas ausentes en 2008.

Franja supralitoral y Zona supralitoral (M-LB26 y 27)

Las dos últimas zonas ocupan el supralitoral costero. La situación en 2011 es idéntica a la de años anteriores.

La primera de las zonas se localiza a 3,07-5,02 m. Se trata de una pequeña playa de cantos, de unos 18 m de longitud, con apenas cobertura biológica. La única especie identificada es el alga *B. minima* (Foto 21-2011).

La última zona, con una altura comprendida entre 5,02 m y 7,41 m, marca el final del transecto. Como en campañas previas, la biota se limita a unos pocos individuos de *M. neritoides* y a alguna pequeña mancha del liquen *V. maura*.



CALIDAD BIOLÓGICA

En la Tabla 312 se muestran los datos obtenidos para la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako en las campañas de 2009 (transectos M-LM1, M-LM2, M-LN3 y M-LN4) y de 2011 (transectos M-LB1 y M-LB2), con objeto de calificar su estado. La metodología utilizada se explica en Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2008 (Borja *et al.*, 2009f).

La calificación es de: Buen Estado para los transectos M-LM1, M-LM2 y M-LB1; y de Muy Buen Estado para el resto de transectos.

En promedio, incluyendo en el cálculo los transectos estudiados en el Nerbioi (que hasta la campaña de 2008 no se tenían en cuenta por encontrarse en la masa de agua de transición del Nerbioi), la masa de agua costera Cantabria-Matxitxako presentaba **'Muy Buen Estado'** (EQR=0,81) en la campaña de 2011. Entre el trienio 2002-2004 y el trienio 2005-2007, no se detectó evolución alguna; sin embargo, la inclusión de los transectos M-LN3 y M-LN4 a partir de la pasada campaña de 2009, permitió que la calificación de la masa de agua pasara de Buen Estado a Muy Bueno en el trienio 2008-2010, con un importante incremento de EQR (de 0,61-0,70 en los dos primeros trienios, a 0,82 en 2008-2010), calificación que se mantiene en 2011.

INDICADORES	M-LM1	M-LM2	M-LN3	M-LN4	M-LB1	M-LB2
Cobertura	36	68	44	53	38	40
Riqueza de poblaciones	6	8	9	8	5	4
Especies oportunistas	18	25	8	18	6	3
PUNTUACIÓN						
Cobertura	0,20	0,45	0,35	0,45	0,20	0,35
Riqueza de poblaciones	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,20
Especies oportunistas	0,25	0,15	0,35	0,25	0,35	0,35
PUNTUACIÓN TOTAL	0,65	0,80	0,90	0,90	0,70	0,90
CLASIFICACIÓN	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno	Muy Bueno

Tabla 312 Calificación de cada indicador de macroalgas y las equivalencias para la calificación de cada transecto, en las campañas de 2009 (M-LM1, M-LM2, M-LN3 y M-LN4) y de 2011 (M-LB1 y M-LB2).

16.5 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

16.5.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

La zona costera desde Cantabria a Matxitxako está representada por las estación L-N10, L-N20 (frente al estuario del Ibaizabal), L-B10, L-B20 y L-RF 30 (frente al estuario del Butroi). En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de la estratificación termohalina.

En la Tabla 313 se muestran los datos medios anuales del 2011 para las diferentes variables hidrográficas (superficie y fondo) e indicadoras del estado trófico (únicamente superficie) en la costera desde Cantabria hasta Matxitxako.

Variables	Unidades	L-N10-S	L-N10-F	L-N20-S	L-N20-F	L-B10-S	L-B10-F	L-RF30-S	L-RF30-F	L-B20-S	L-B20-F
Temperatura	℃	16,84	15,50	16,52	15,81	16,48	14,88	17,21	12,67	15,79	14,26
Salinidad	USP	35,52	35,69	34,70	35,62	34,47	35,58	35,22	35,73	34,43	35,63
Agua fluvial	%	0,21	0	2,51	0	3,17	0,05	1,05	0	3,29	0
Saturación O_2	%	92,46	93,25	94,76	95,42	101,56	99,67	102,23	92,82	102,67	100,08
pH		8,23	8,22	8,23	8,22	8,22	8,19	8,23	8,14	8,21	8,17
Clorofila-a	$\mu.dm^{-3}$	0,32	0,63	0,44	0,69	0,73	0,59	0,48	0,30	0,56	0,76
Silicato	$\mu mol.dm^{-3}$	1,70		4,15		3,71		2,20		4,58	
Amonio	$\mu mol.dm^{-3}$	2,54		2,98		2,80		2,50		3,36	
Nitrito	$\mu mol.dm^{-3}$	0,35		0,28		0,27		0,26		0,30	
Nitrato	$\mu mol.dm^{-3}$	2,31		3,63		4,34		2,80		5,01	
Nitrógeno Total	$\mu mol.dm^{-3}$	11,94		13,26		13,55		11,25		15,16	
Fosfato	$\mu mol.dm^{-3}$	0,30		0,31		0,35		0,29		0,36	
Fósforo Total	$\mu mol.dm^{-3}$	0,48		0,53		0,58		0,57		0,70	
Carbono O. Total	$\mu mol.dm^{-3}$	89,45		83,09		92,19		90,29		98,03	

Tabla 313 Costera desde Cantabria a Matxitxako. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico y presencia de agua de origen fluvial. F: fondo, S: superficie.

En 2011, los valores medios de temperatura se sitúan entre 12.6 y 17.1º C. Las temperaturas registradas en superficie son superiores a las de fondo. Asimismo, la salinidad y el porcentaje de agua continental indican una baja influencia de los aportes fluviales procedentes de las cuencas de la zona costera estudiada. El porcentaje medio de agua fluvial es de 2%, presentado como media de superficie de las estaciones de la costera entre Cantabria y Matxitxako. Para el nivel de fondo se puede decir que el agua presente es completamente marina (0.01%).

Los valores medios del porcentaje de saturación de oxígeno indican que no existe un déficit de oxígeno ni en la superficie ni en el fondo de la columna de agua. En este sentido, no se registran valores puntuales que representen un déficit de oxígeno en ninguno de los niveles de la columna de agua. No se registran floraciones fitoplanctónicas de importancia, como puede observarse por la concentración de clorofila. Las concentraciones de nutrientes presentan una distribución coherente con los ciclos estacionales y los pulsos de fertilización adicional que indica el porcentaje de agua no marina. Los valores de 2011 se encuentran en el rango habitual de las aguas litorales, incluida la estación de referencia.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. En general predominan las situaciones alternantes, con una distribución de tipo “dientes de sierra” en la que se observa la fuerte incidencia de la estacionalidad y de la variabilidad de las condiciones hidrológicas y climáticas que condicionan fundamentalmente la fracción de agua dulce presente en las aguas superficiales.

En cuanto a la evolución de los nutrientes, tanto los valores de NID como la concentración de fosfato no presentan ninguna tendencia clara. Sin embargo, la estación L-N10, la más próxima a la desembocadura del Abra, en general, es la que mayores concentraciones de nutrientes presenta a lo largo del estudio. En cambio, las estaciones L-RF30 y L-B20 son las que muestran valores más bajos. En 2009, destacó la alta concentración de NID (23 µmol dm^{-3}) detectada en invierno de 2009 en la estación L-N20. Este hecho tal vez podría relacionarse con los dragados que tuvieron lugar en los muelles de Santurtzi y de la Naval y que concluyeron en Mayo 2009,

coincidiendo con un descenso de las concentraciones (Figura 401). En el 2011 los valores de NID de todas las estaciones son ligeramente más bajos que los registrados en 2009. En el caso de la concentración de fosfato, al igual que para el NID, no se observa ningún patrón claro a lo largo del tiempo pero las estaciones situadas frente al Ibaizabal presentan valores más altos a los observados en las estaciones cercanas al Butroi (Figura 401).

Los valores de oxigeno disuelto registrados en 2011 en todas las estaciones de la masa de agua Cantabria-Matxitxako casi alcanzan el 100% de saturación (Figura 402)

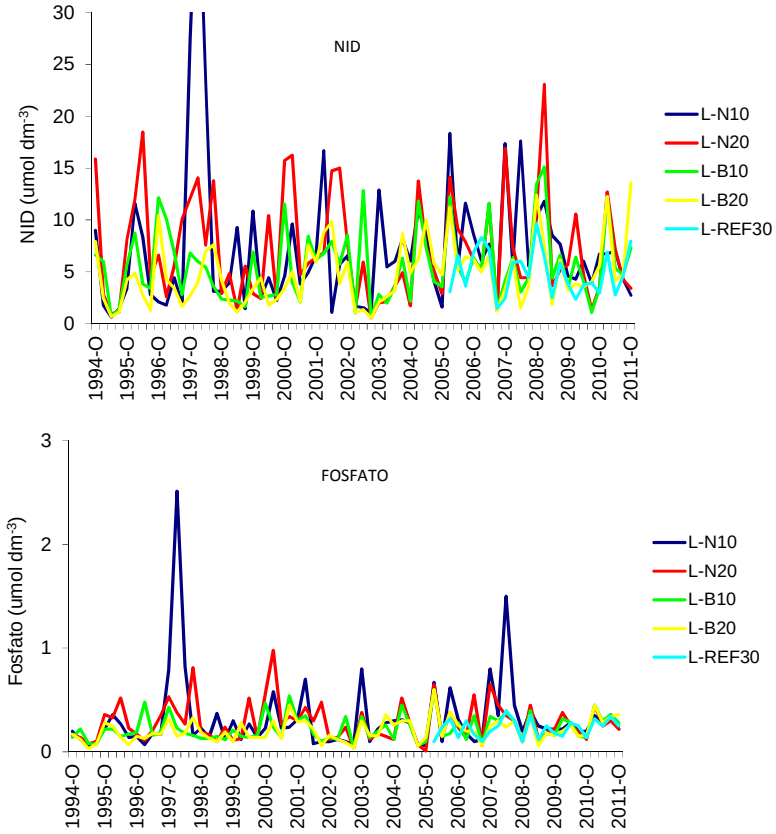


Figura 401 Evolución trimestral, entre otoño 1994 y otoño 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en µmol L^{-1}, en aguas de superficie en las estaciones L-N10, L-N20, L-B10, L-RF30 y L-B20.

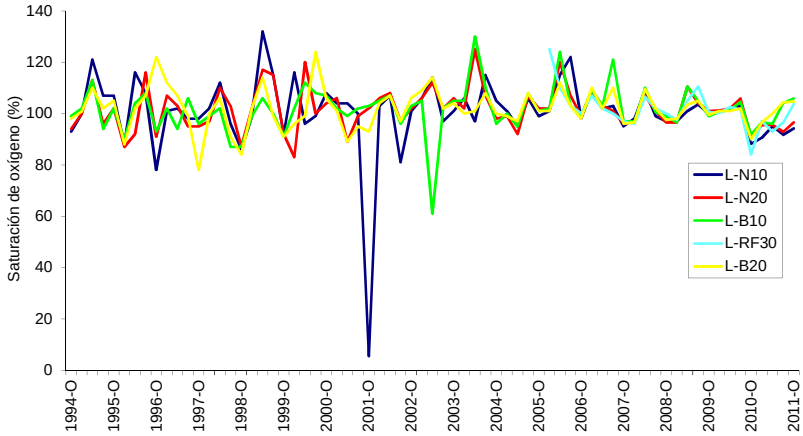


Figura 402 Porcentaje de saturación de oxígeno en la columna de agua en la masa de agua Cantabria-Matxitxako (estaciones L-N10, L-N20, L-B10, L-RF30 y L-B20). Se muestra el promedio para cada época del año (invierno, primavera, verano y otoño) desde 1994 hasta 2011. La media se ha realizado con los datos tomados en superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y mercurio, se encuentran por debajo de los respectivos límites de detección (2, 3 y 0,3 $\mu g \cdot l^{-1}$ respectivamente).

En la Figura 403, se recoge la evolución de la concentración media del resto de metales para el periodo comprendido entre invierno de 1998 y verano de 2011 para las estaciones que comprenden la costera entre Cantabria y Matxitxako (L-N10, L-N20, L-B10, L-B20 y L-REF30).

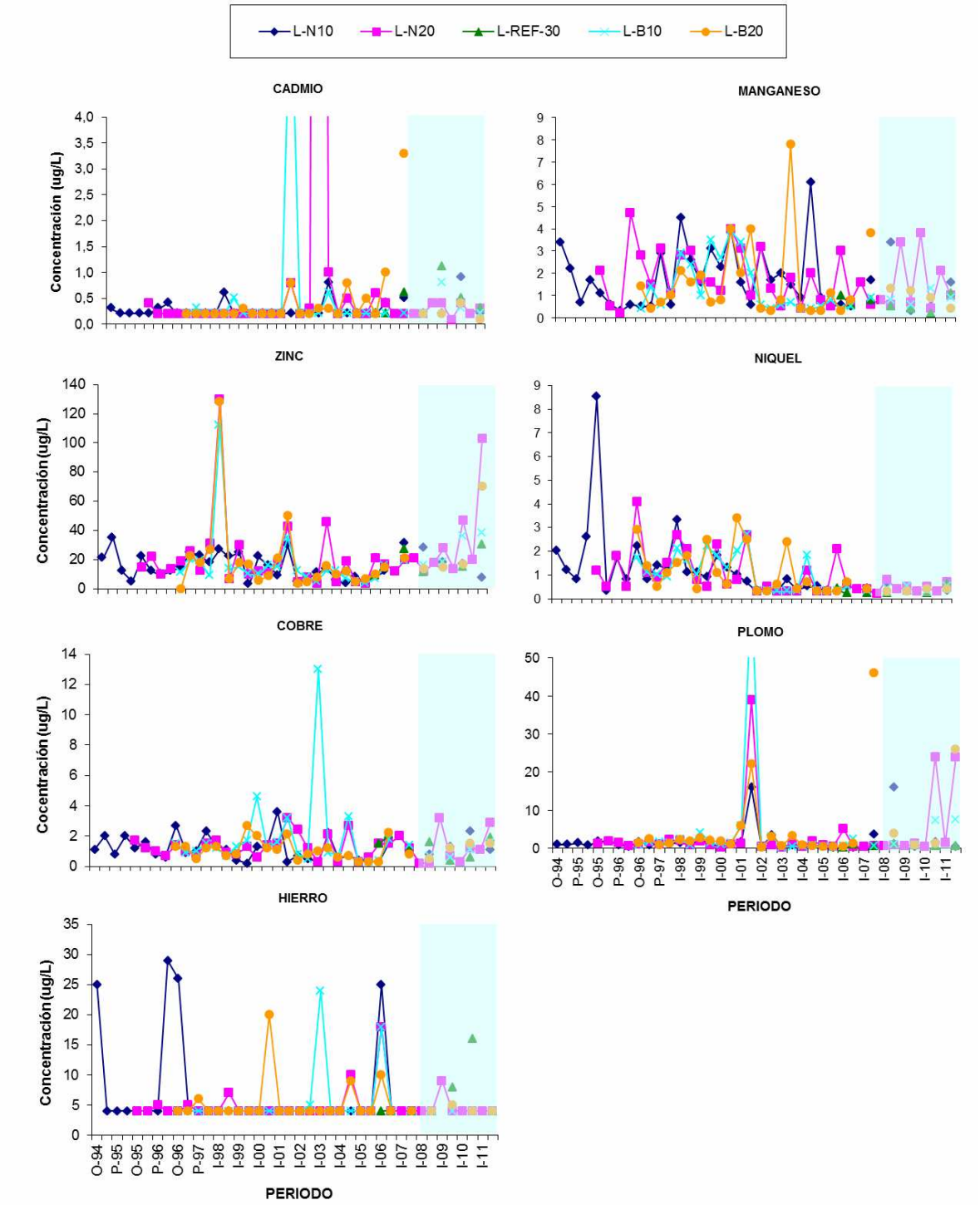


Figura 403 Evolución temporal de la concentración para cada metal en las estaciones del litoral de la zona costera correspondiente entre Cantabria y Matxitxako que abarca desde otoño de 1994 a verano de 2011.

Como se puede apreciar en la Figura 403, en general, no se observan tendencias bien definidas en la evolución de las concentraciones de los distintos metales donde predominan las oscilaciones en la mayoría de los metales. El cadmio, plomo y zinc han superado los objetivos de calidad establecidos (0,2, 7,2 y 60 $\mu g \cdot l^{-1}$, respectivamente) en casos puntuales, la concentración

máxima en cadmio se obtuvo en verano del 2001 en la estación de L-B10 (6,90 µg·l^{-1}) e invierno de 2003 en la estación L-N20 (52 µg·l^{-1}). La concentración máxima de plomo en todas las estaciones fue en verano del 2001, superando en todos los objetivos de calidad. Del mismo modo, en el caso del zinc se supero en cuatro de las cinco estaciones el objetivo de calidad en invierno del 1998.

Este año se ha observado que la concentración del hierro no ha variado respecto al año anterior excepto en la estación de L-REF-30 donde la concentración ha bajado en al campaña de verano. Respecto a la concentración del Ni se ha observado un ligero descenso en la estación L-N10, mientras que en el resto de las estaciones ha subido ligeranmente. En el caso del Mn en términos generales ha habido un ligero descenso de la concentración en todas las estaciones excepto en las staciones L-N10 y L-REF30, que se oberva un aumento de concentración. En el caso del Zn ha subido considerablemente la concentración en todas las estaciones excepto en la estación L-N10, superando el objetivo de calidad establecido (60 µg·l^{-1}) en las estaciones L-N20 y L-B20 con valores de 103 µg·l^{-1} y 70 µg·l^{-1}, respectivamente, en la campaña de verano. La concentración de Cd ha bajado ligeramente en todas las estaciones pero sigue superando el objetivo de calidad establecido (0.2 µg·l^{-1}) en todas las estaciones de muestreo, excepto en la estación L-B20. En términos generales la concentración de Pb ha bajado o se ha mantenido respecto a concentraciones del año anterior en todas las estaciones, excepto en L-B20, donden la concentración ha aumentado. La concentración del Pb en la estación L-N20, L-B10 y L-B20 en al campaña de verano superan el objetivo de calidad establecido (7.2 µg·l^{-1}) con valores de 24, 7.5 y 26 µg·l^{-1}, respectivamente.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

En los resultados obtenidos en 2011 aparecen concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) de grupos de contaminantes específicos como PAHs de los congeneres de acenafteno en todas las estaciones de muestreo y fenantreno, acenaftileno, pireno, criseno y fluoranteno en la estación L-N20 sin sobrepasar en ningun caso el objetivo de calidad establecido para cada compuesto.

16.5.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en las estaciones L-N10, L-N20, L-B10 y L-B20 y desde 2006 en la estación L-RF30, se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado.

A partir de esta información, en la Figura 404 y en la Figura 405 se representa la evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 314 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En relación a la variabilidad espacial, los sedimentos de estas estaciones costeras se caracterizan por presentar un sedimento predominantemente arenoso, con elevados valores de potencial redox y ratio C/N, y valores bajos de contenido en materia orgánica y nitrógeno orgánico particulado. La estación L-RF30 mantiene valores promedio de carbono, nitrógeno y materia orgánica mayores y el ratio C/N menores que el resto de las cuatro estaciones.

En cuanto a la evolución temporal, excepto en la estación L-RF30 donde se observa un descenso del ratio C/N, en el resto de estaciones no se aprecian patrones temporales definidos.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
L-N10	0,01	96,92	3,07	0,95	435	2,24	0,01	200
L-N20	0,12	98,72	1,16	1,46	377	1,73	0,01	150
L-B10	0,11	99,24	0,65	1,51	399	2,56	0,01	176
L-B20	0,03	99,35	0,62	1,07	401	1,87	0,02	112
L-RF30	20,44	78,57	0,99	2,26	364	4,26	0,11	39

Tabla 314 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

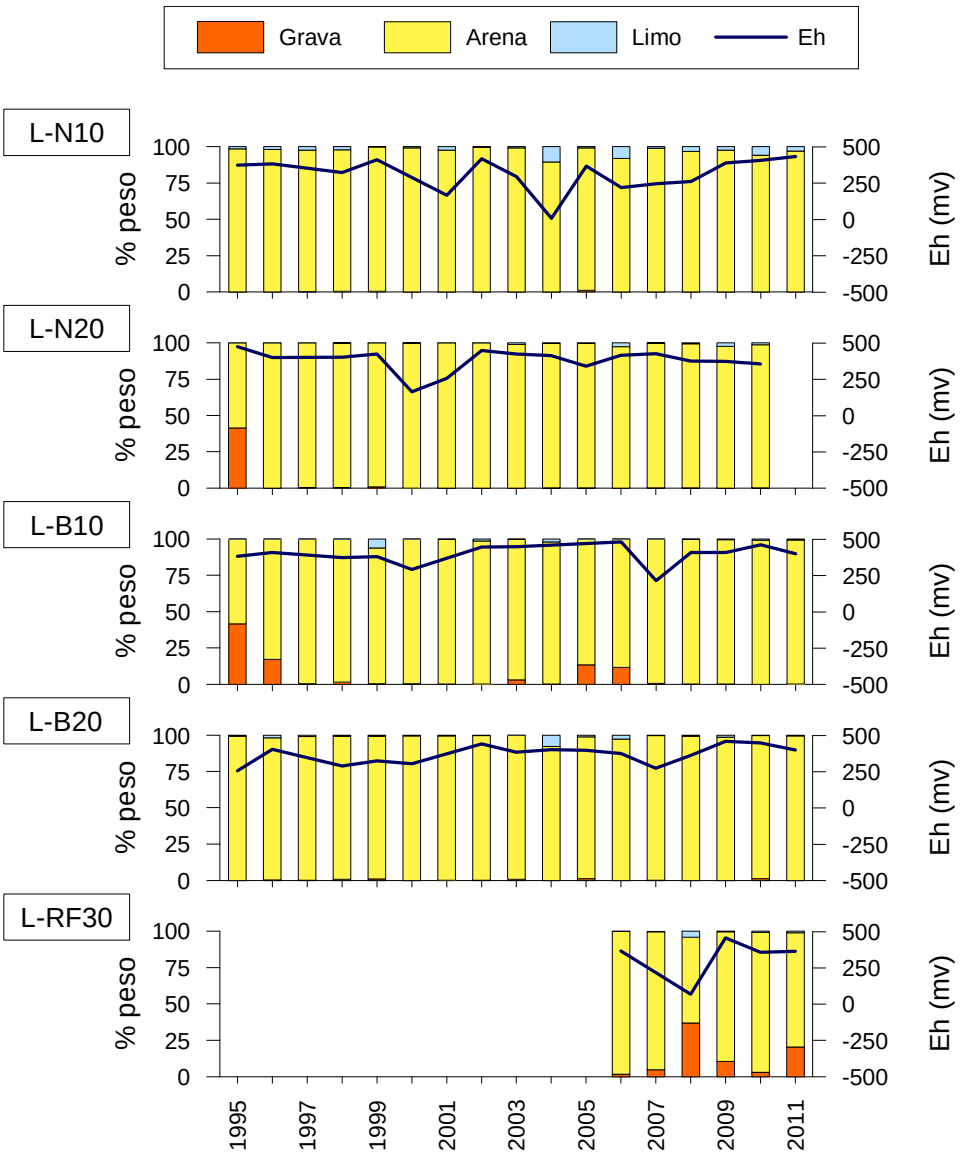


Figura 404 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno)

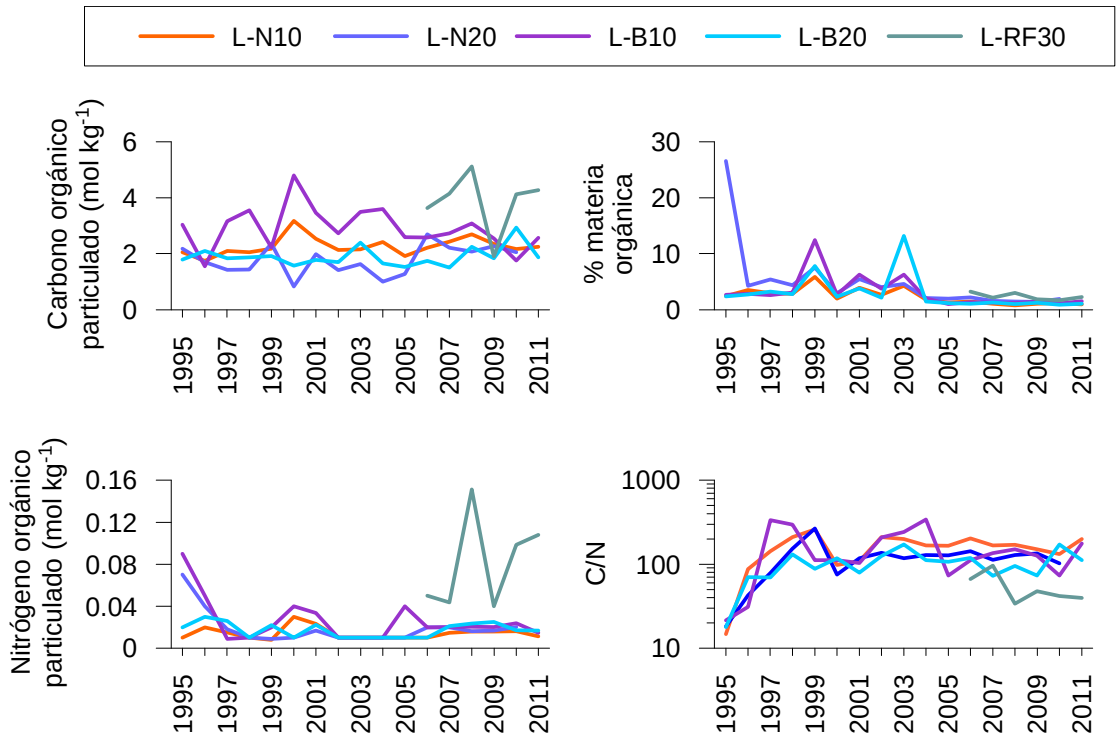


Figura 405 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 315 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011.

La Figura 406 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales desde el año 1995, en las estaciones L-N10, L-N20, L-B10 y L-B20 y desde 2006 en la estación L-RF30.

Cd, Cu (excepto en la estación L-N20 y L-B10), Cr y Ni en los muestreos más recientes, se mantienen en el rango del nivel de fondo en las cinco estaciones.

Pb y Zn muestran una elevada variabilidad temporal, aunque en los muestreos más recientes, las concentraciones están próximas a los valores de fondo.

Hg, Mn y Fe presentan una elevada variabilidad temporal, con valores por encima del nivel de fondo en la mayoría de las estaciones.

Estación	Cd ($\mu g\ g^{-1}$)	Cr ($\mu g\ g^{-1}$)	Cu ($\mu g\ g^{-1}$)	Fe ($\mu g\ g^{-1}$)	Hg ($\mu g\ g^{-1}$)	Mn ($\mu g\ g^{-1}$)	Ni ($\mu g\ g^{-1}$)	Pb ($\mu g\ g^{-1}$)	Zn ($\mu g\ g^{-1}$)
L-N10	0,10	11	24	61089	0,89	753	34,0	37	121
L-N20	0,16	18	41	77648	0,50	1279	41,3	50	189
L-B10	0,02	13	40	76795	0,43	1323	32,5	39	206
L-B20	0,08	13	25	60979	0,13	835	27,0	35	169
L-RF30	0,14	19	28	21890	0,64	756	26,1	55	170
Media	0,10	14,7	31,7	59680	0,52	989	32,2	43,4	170,9
Desv. est.	0,05	3,4	8,3	22625	0,28	287	6,1	8,8	31,6

Tabla 315 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

En la Figura 407 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. De esta manera, durante la última campaña, todos los metales se mantienen por debajo del valor TEL, y por lo tanto, no existe riesgo de afección sobre la biota.

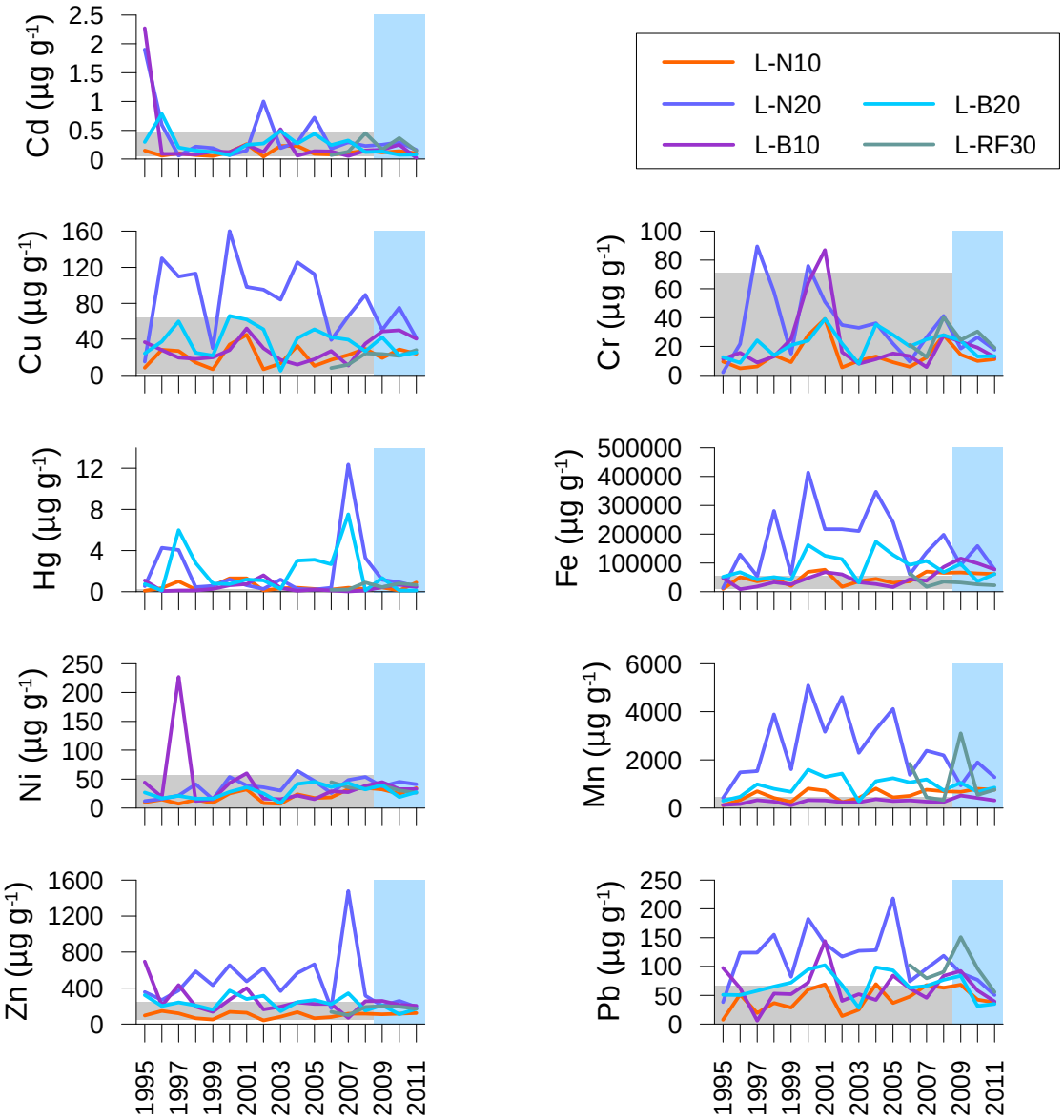


Figura 406 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

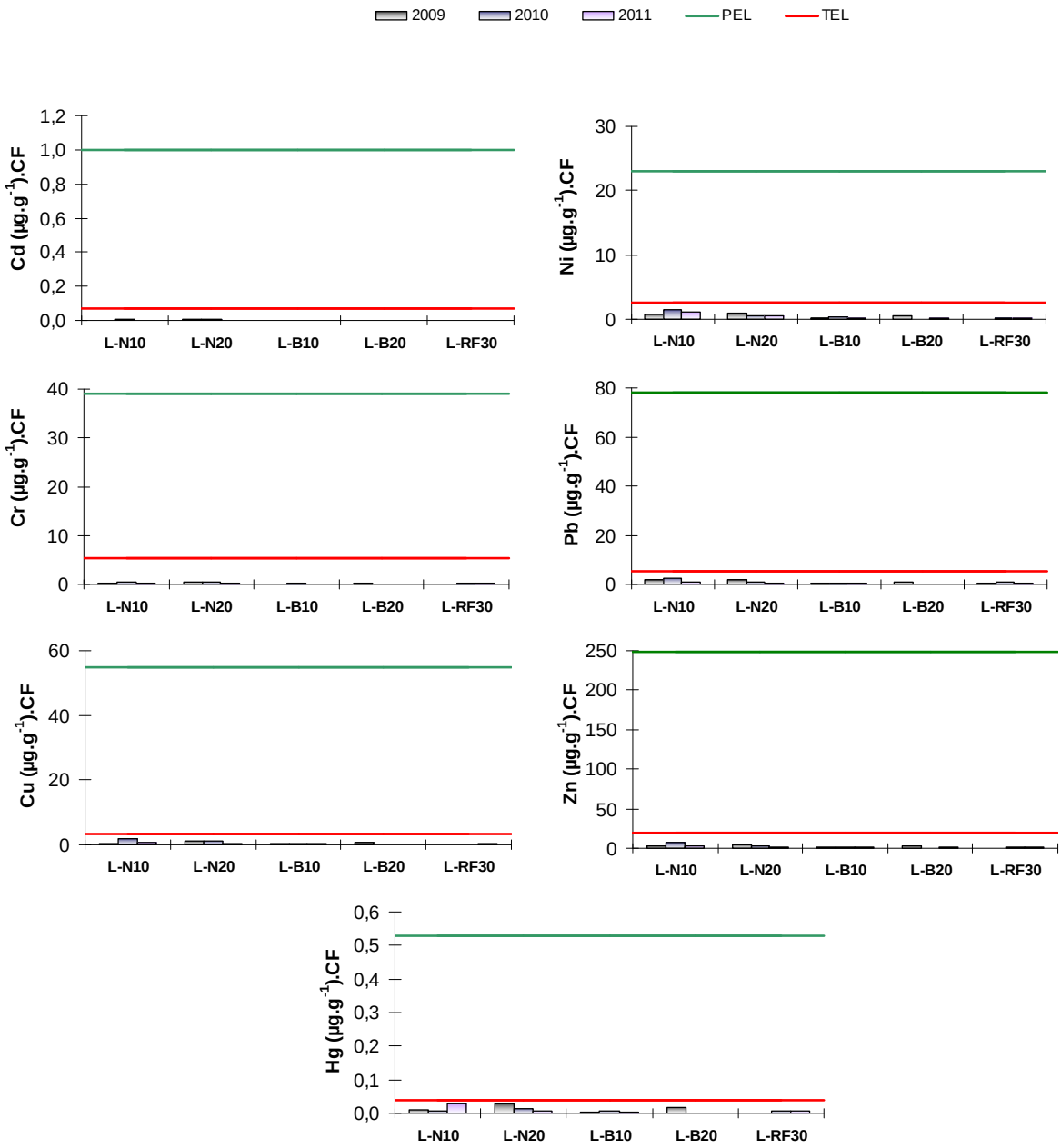


Figura 407 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones de la masa de agua costera Cantabria- Matxitxako, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 316 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011, en las cinco estaciones de estudio. La Figura 408 ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados desde el año 1995, en las estaciones L-N10, L-N20, L-B10 y L-B20 y desde 2006 en la estación L-RF30.

La mayoría de las concentraciones están próximas al nivel de determinación analítico, o inferiores a él, con la excepción de los PAHs, aunque sin superar el objetivo de calidad (44792 $ng.g^{-1}$).

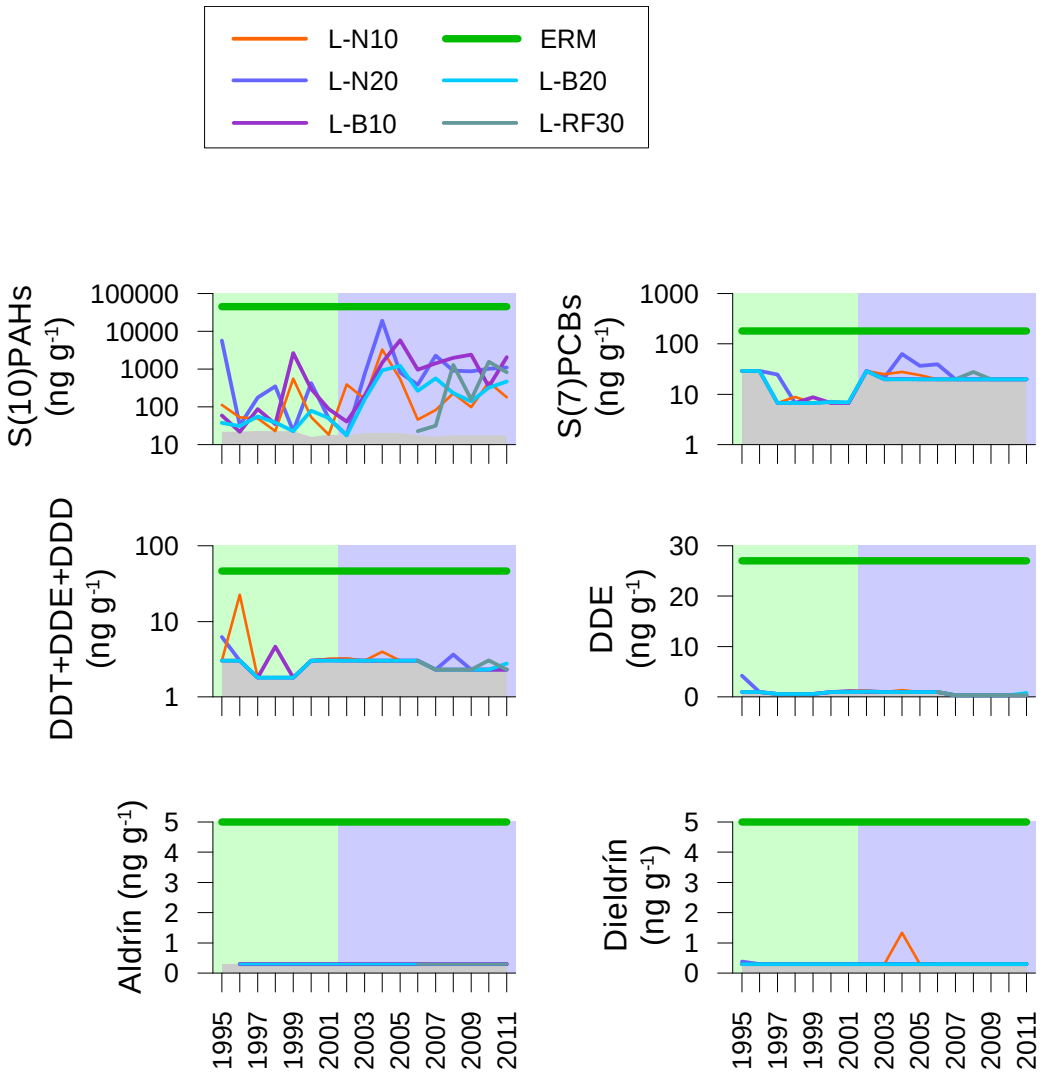


Figura 408 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos (µg kg^{-1}). La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efectos adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long *et al*., 1995).

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
L-N10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	177
L-N20	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	0,30	<20	1105
L-B10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	0,36	<20	2024
L-B20	<0,30	<0,30	<0,30	0,75	<1,00	<1,00	<2,00	0,27	<20	466
L-RF30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	0,55	<20	824

Tabla 316 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se

calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 317 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos de la masa de agua costera Cantabría-Matxitxako, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Según estos valores de ICC globales, todas las estaciones de estudio presentan contaminación ligera, excepto la estación L-B20, que no muestra contaminación.

En la Figura 409 se presenta la evolución del ICC global de metales, donde se observa que en los muestreos más recientes los valores de ICC se encuentran en el rango de contaminación ligera (*i.e.*, ICC > 1), excepto la estación L-B20 que en las dos últimas campañas no muestra contaminación.

En cuanto a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, con respecto a la campaña del año anterior, las cinco estaciones mantienen valores de no contaminación global.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
L-N10	NC	NC	NC	CL	C	C	CL	CL	NC	CL
L-N20	NC	NC	CL	CL	C	C	CL	CL	CL	CL
L-B10	NC	NC	CL	CL	C	C	CL	CL	CL	CL
L-B20	NC	NC	NC	CL	CL	C	NC	CL	CL	NC
L-RF30	NC	NC	NC	NC	C	C	NC	CL	CL	CL
Total	NC	NC	NC	CL	C	C	CL	CL	CL	CL

Tabla 317 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

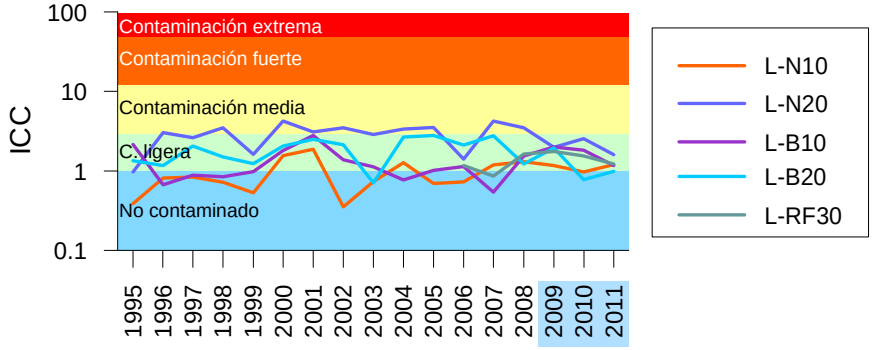


Figura 409 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

16.5.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FÍSICO-QUÍMICO

Condiciones generales

De acuerdo con la metodología expuesta en el Tomo 1, el estado en 2011 de la zona costera de Cantabria-Matxitxako en función de los indicadores físico-químicos puede considerarse **'Muy Buena'** en todas las estaciones de muestreo controladas (**L-N10, L-N20, L-B10, L-B20 y L-RF30).** En las Figura 410 y Figura 411 se puede observar la evolución del estado físico-químico de estas estaciones entre 1994 y 2011.

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, las medias de las variables estudiadas cumplen en la estación todas las estaciones.

Contaminantes especificos

Según la DMA, para la evaluación del estado ecológico, hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los cuatro puntos de control de esta masa, el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias, es muy bueno en L-N10, L-N20 y L-B20 y aceptable en L-B10 (Tabla 318). En el caso del punto control del L-REF30 el estado físico-químico para las prioritarias es muy bueno.

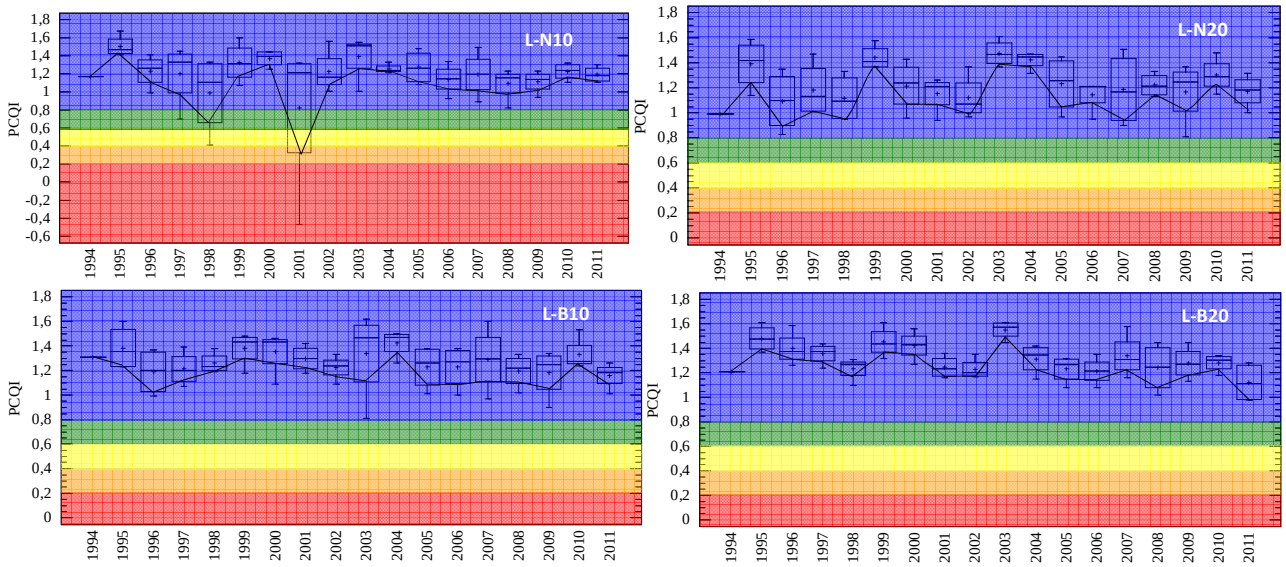


Figura 410 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo L-N10, L-N20, L-B10 y L-B20 de la masa de agua de costera Cantabria-Matxitxako. La línea negra señala la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

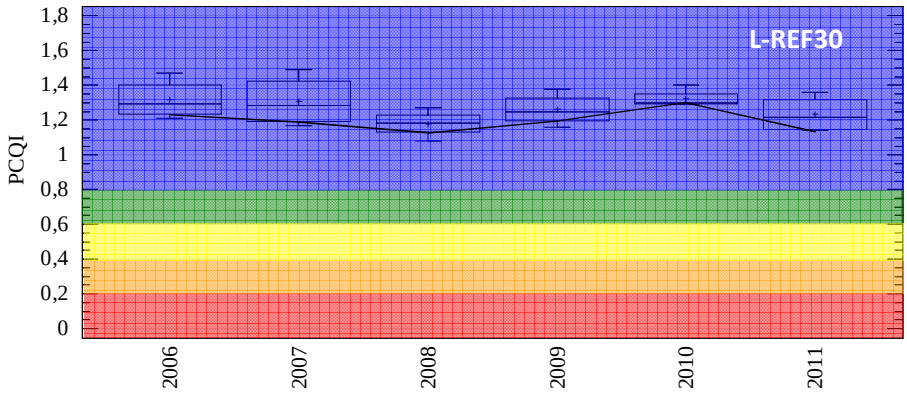


Figura 411 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 2006 y 2011 de la estación de muestreo L-REF30 de la masa de agua de costera Cantabria-Matxitxako. La línea negra señala la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	L-N10	L-N20	L-B10	L-B20	Global	L-REF30
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}						
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}						
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}						
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}						
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}						
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}						
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}						
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,2	0,2	0,2	0,09	No se considera	0,3
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,2	0,3	0,2	0,09	No se considera	0,3
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,5	6,6	7,5	26,0	No Cumple	0,7
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	<LC	0,006	0,003	<LC	Cumple	<LC
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,3	0,288	0,5	0,4	Cumple	0,6
Estado Quimico				Bueno	Bueno	No Alcanza	No Alcanza	No Alcanza	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	7,5	35,0	38,0	70,0	Cumple	30
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1,1	1,3	1,6	1,5	Cumple	1,9
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Muy Bueno	Aceptable	Aceptable		Muy Bueno

Tabla 318 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua de Cantabria-Matxitxako en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, no se alcanza el buen estado químico (Tabla 318). Este año al contrario que años anteriores no se alcanza el buen estado químico por presencia de plomo en agua (Tabla 319). En la Tabla 320 se muestra que el estado químico de la estación L-REF30 es buena, además, el buen estado químico se mantiene en todos los años de estudio.

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	No alcanza buen estado	HCH
2005	Bueno	-
2006	No alcanza buen estado	HCH
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	No alcanza buen estado	Pb

Tabla 319 Estado químico de la masa de agua de transición Cantabria Matxitxako en los años 2004-2011.

Año	Estado Químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 320 Estado químico de la estación L-REF30 en los años 2004-2011.

16.6 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Esta zona costera no ha presentado entre 2005 y 2008 ninguna obra, actuación o acción que altere de manera significativa su morfología ni las corrientes o mareas, por lo que su situación puede calificarse de Muy Buena (cumple), para este elemento.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 17 MASA DE AGUA COSTERA MATXITXAKO-GETARIA

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 17 MASA DE AGUA COSTERA MATXITXAKO-GETARIA 535

17.1 Resumen estado ecológico. Matxitxako-Getaria 537

17.2 Estaciones de muestreo 540

17.3 Macroinvertebrados bentónicos 540
17.3.1 Parámetros estructurales 540
17.3.2 Calidad biológica 544

17.4 Vida vegetal asociada al medio acuático 546
17.4.1 Fitoplancton 546
17.4.2 Macroalgas 549

17.5 Indicadores fisicoquímicos 593
17.5.1 Caracterización físico-química en aguas 593
17.5.2 Caracterización físico-química en sedimentos 598
17.5.3 Evaluación del estado 604

17.6 Indicadores hidromorfológicos 607

17.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. MATXITXAKO-GETARIA

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta masa de agua.

Asociados a esta masa se contabilizan varios puertos pesqueros y comerciales (Bermeo, Elantxobe, Mutriku). Los vertidos más importantes son los de algunas depuradoras, como en Ondarroa, Lekeitio o Deba; y las entradas desde los estuarios vecinos (fundamentalmente el Deba y Urola, pero también los pequeños ríos del Oka, Lea y Artibai).

Fuera de estas presiones no existen otras importantes en la zona.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, se alcanza en buen estado químico (Tabla 323), manteniendo así el estado de cumplimiento desde el 2004 (Tabla 321). En la Tabla 322 se muestra que el estado químico de la estación L-REF20 es buena, además, el buen estado químico se mantiene en todos los años de estudio.

Según la DMA, para la evaluación del estado ecologico, hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes especificos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los seis puntos de control de esta masa, el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es muy bueno en todas la estaciones excepto en el L-OK10 y L-L20 que es aceptable (Tabla 323). Por su parte, el estado físico-químico, de soporte de los elementos biológicos, presenta muy buen estado (Tabla 324). En el caso del punto control del L-REF20 el estado físico-químico para las prioritarias es bueno, siendo muy bueno los elementos de soporte.

En la Tabla 324 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua de Matxitxako-Getaria, junto con la estación de referencia (L-REF20), frente a Deba, en la plataforma continental.

En general, los elementos biológicos de esta masa de agua de Matxitxako-Getaria, se encuentran en un estado de buena o muy buena calidad biológica. Hay que tener en cuenta que esta parte de la costa vasca es la que menos población soporta y sólo el caudal del Deba es considerable. El resto de ríos llevan menos caudal e introducen pocos contaminantes al sistema, por lo que todo ello explica la buena situación. En 2011 todas las estaciones presentan muy buen estado para el bentos y el fitoplancton.

Por otro lado, la calidad química y físico-química es muy buena en aguas, y no ha habido incumplimientos, excepto Pb en L-OK10 y L-L20. Por tanto, el estado ecológico de las estaciones está entre bueno y muy bueno (Figura 412).

En cuanto a la estación de referencia (L-REF20), frente a Deba, en la plataforma continental, la calidad de todos los elementos es muy buena.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 321 Estado químico de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria en los años 2004-2011.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 322 Estado químico de la estación L-REF20 en los años 2004-2011.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	L-OK10	L-L10	L-L20	L-A10	L-D10	L-U10	Global	L-REF20
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}								
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}								
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}								
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}								
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}								
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}								
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}								
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,3	0,4	0,2	0,8	No se considera	0,2
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,3	0,4	0,5	0,8	No se considera	0,2
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	0,09
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	21,0	0,5	10,0	0,6	0,8	0,8	Cumple	0,5
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	0,31
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,3	<LC	0,5	0,4	0,325	0,5	Cumple	0,7
Estado Quimico				No Alcanza	Bueno	No Alcanza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l-1	53,0	1	88,0	7,5	9,6	10	Cumple	28
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l-1	1	0,4	67,0	1,2	2,9	1,7	Cumple	
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Aceptable	Muy Bueno	Aceptable	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno		Bueno

Tabla 323 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua de Matxitxako-Getaria en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS			ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplancton	Macroalgas	Bentos			>LD	>NC						
L-OK10	MB	MB	MB	MB	MB	No	Sí	MB	B	8	0.2	1.6	8.3
L-L10	MB	B	MB	B	MB	No	No	MB	B	8	0.2	1.6	
L-L20	MB	MB	MB	MB	MB	No	Sí	MB	B	8	0.2	1.6	
L-A10	MB	B	MB	B	MB	No	No	MB	B	8	0.13	1.04	
L-D10	MB	B	MB	B	MB	No	No	MB	B	8	0.12	0.96	
L-U10	MB	MB	MB	MB	MB	No	No	MB	MB	10	0.15	1.5	
L-REF20	MB	-	MB	MB	MB	No	No	MB	MB				

Tabla 324 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua de Matxitxako-Getaria y estación de referencia L-REF20, en 2011.



Figura 412 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la masa de agua litoral de Matxitxako-Getaria: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

17.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua litoral de Matxitxako-Getaria se analiza anualmente un total de 6 estaciones litorales, y una estación de referencia (fuera de la masa). Por otro lado, en años diferentes (completando toda el área en el período 2005-2011) se analizaron 15 zonas de macroalgas en la zona litoral. Sus posiciones se observan en la Tabla 325.

Cod_Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
L-OK10	Litoral de Mundaka (Oka)	524250,65	4810030,91	Litorales
L-L10	Litoral de Elantxobe (Kai Arri) (Lea)	533699,73	4805814,10	Litorales
L-L20	Litoral de Lekeitio (Lea)	541453,21	4802562,36	Litorales
L-A10	Litoral de Ondarroa (Artibai)	548544,61	4798500,18	Litorales
L-D10	Litoral de Deba (Deba)	548544,61	4798500,18	Litorales
L-U10	Litoral de Zumaia (Urola)	561520,42	4796532,43	Litorales
L-REF20	Estación de referencia			Litorales
M-LOK1	Oka Zona 01. Litoral Macroalgas	524690,95	4806489,11	Litorales (Macroalgas)
M-LOK2	Oka Zona 02. Litoral Macroalgas	524589,39	4805908,81	Litorales (Macroalgas)
M-LOK3	Oka Zona 03. Litoral Macroalgas	524976,26	4804888,44	Litorales (Macroalgas)
M-LOK4	Oka Zona 04. Litoral Macroalgas	525600,09	4805754,06	Litorales (Macroalgas)
M-LL1	Lea Zona 01. Litoral Macroalgas	540840,76	4801887,42	Litorales (Macroalgas)
M-LL2	Lea Zona 02. Litoral Macroalgas	540941,60	4801664,16	Litorales (Macroalgas)
M-LL3	Lea Zona 03. Litoral Macroalgas	541293,33	4801498,01	Litorales (Macroalgas)
M-LA2	Artibai Zona 02. Litoral Macroalgas	547837,60	4797069,61	Litorales (Macroalgas)
M-LA1	Artibai Zona 01. Litoral Macroalgas	547757,49	4796895,20	Litorales (Macroalgas)
M-LA2	Artibai Zona 02. Litoral Macroalgas	547837,60	4797069,61	Litorales (Macroalgas)
M-LA1	Artibai Zona 01. Litoral Macroalgas	547757,49	4796895,20	Litorales (Macroalgas)
M-LU1a	Urola Zona 01a. Litoral Macroalgas	560088,00	4795025,00	Litorales (Macroalgas)
M-LU1b	Urola Zona 01b. Litoral Macroalgas	560135,00	4795009,00	Litorales (Macroalgas)
M-LU1c	Urola Zona 01c. Litoral Macroalgas	560160,00	4795001,00	Litorales (Macroalgas)
M-LU2	Urola Zona 02. Litoral Macroalgas	561817,00	4795562,00	Litorales (Macroalgas)

Tabla 325 Estaciones de muestreo en la masa de agua costera de Matxitxako-Getaria.

17.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

17.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 326. Los parámetros estructurales (570 ind·m^{-2} y 42 *taxa*) en la estación litoral de la cuenca del Oka (L-OK10) presentan los valores máximos desde el año 1997. La distribución temporal de dichos parámetros presenta un patrón irregular (Figura 413). Los datos faunísticos obtenidos, caracterizados por la presencia de especies como *Urothoe pulchella* y *Magelona johnstoni*, parecen indicar que se trata de la comunidad observada años anteriores, y descrita por Borja *et al.* (2004) como Comunidad *Tellina-Venus*, y ampliamente extendida en el SE del Golfo de Vizcaya sobre fondos arenosos a 10-70 m de profundidad.

Todos los grupos tróficos contemplados están representados, dominando los detritívoros superficiales (64%), seguidos por carnívoros y suspensívoros (ambos 15%) y, en menor proporción, por detritívoros subsuperficiales y omnívoros (4% y 2%).

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN						
		L-OK10	L-L10	L-L20	L-A10	L-D10	L-U10	L-REF20
Densidad	nº·m^{-2}	570	4.986	473	200	4.190	337	1.600
Biomasa	g·m^{-2}	9,02	1,31	10,66	4,04	2,97	16,14	10,59
Riqueza	nº	42	46	48	23	44	36	90
Diversidad número	bit·ind^{-1}	4,41	3,18	4,89	3,57	3,36	4,74	5,50
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	1,02	4,52	1,09	1,88	2,31	0,34	2,32
Equitabilidad número		0,82	0,58	0,88	0,79	0,62	0,92	0,85
Equitabilidad biomasa		0,19	0,82	0,19	0,41	0,42	0,07	0,36
Diversidad máxima	bits	5,39	5,52	5,58	4,52	5,46	5,17	6,49
AMBI		1,15	1,72	1,04	0,58	2,01	1,44	2,17
Clasificación AMBI		Alteración Nula	Alteración Ligera	Alteración Nula	Alteración Nula	Alteración Ligera	Alteración Ligera	Alteración Ligera

Tabla 326 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria.

Por grupos ecológicos las especies sensibles superan a la indiferentes y vuelven a dominar, tal y como ocurrió en 2009, reflejando una situación de Alteración Nula (AMBI=1,2) frente a la Alteración Ligera de 2010 (Figura 414). En este sentido, la estación L-OK10 presenta valores de AMBI muy estables a lo largo del tiempo (0,3-1,5), siempre con dominancia de especies adscritas al grupo ecológico I (excepto en 2010).

En 2011, la estación L-L10, situada en el litoral del Lea, presenta valores altos para los parámetros estructurales: 4.985 ind·m^{-2}, 46 *taxa* y 4,52 bit·g^{-1} (máximos de densidad, riqueza específica y diversidad para la biomasa de la presente campaña en las estaciones costeras).

En general, continúa la recuperación reflejada en la campaña 2009. No obstante, teniendo en cuenta la evolución de dichos parámetros a lo largo del tiempo, tanto la densidad como el número de especies presentan un patrón temporal irregular (Figura 413).

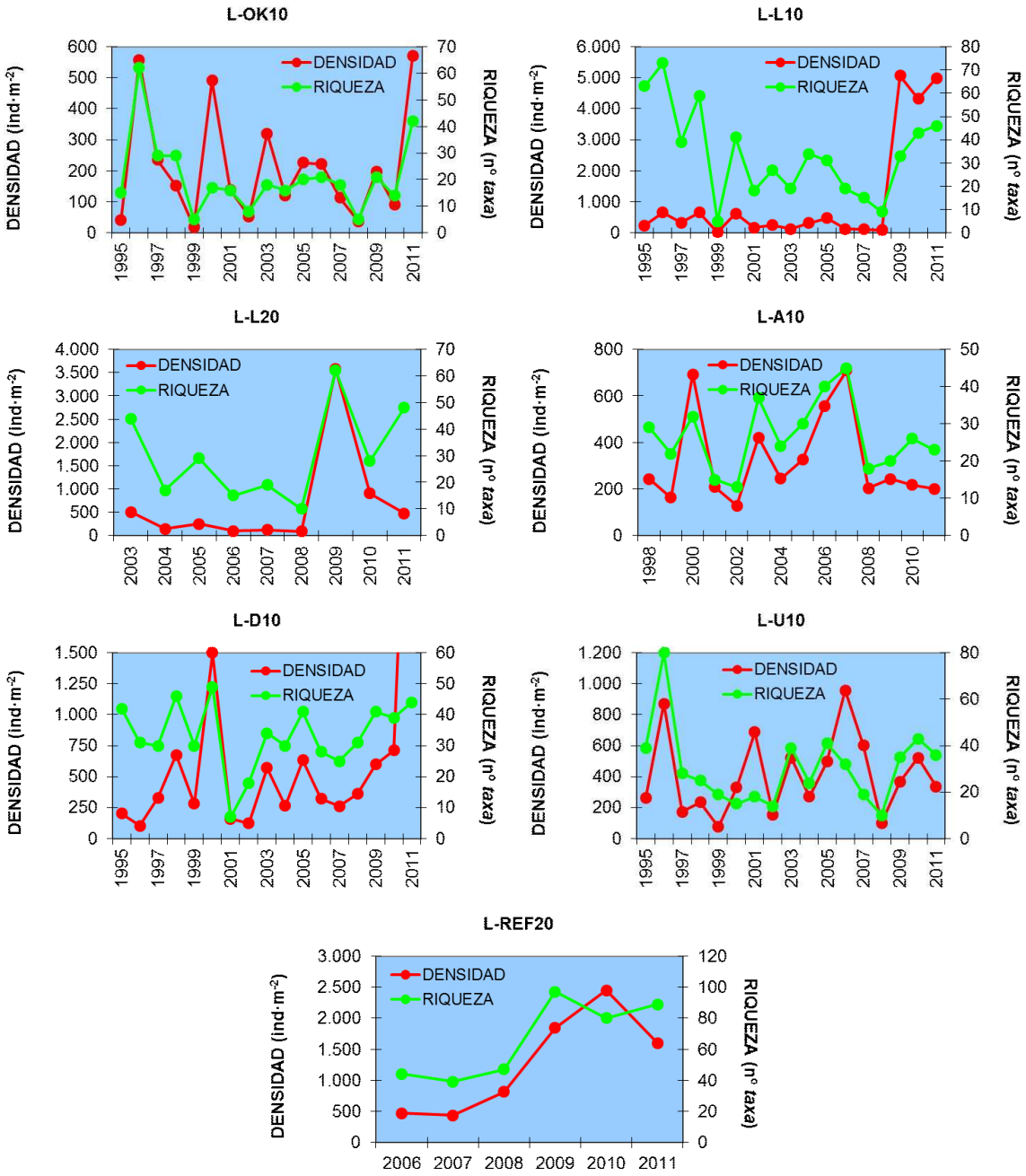


Figura 413 Evolución de la densidad y de la riqueza en las estaciones L-OK10, L-L10, L-L20, L-A10, L-D10, L-U10 y L-REF20 (Matxitxako-Getaria).

La composición faunística parece caracterizar esta estación como Comunidad de Arenas de *Amphioxus*.

Debido a la abundancia de nematodos, el grupo trófico mayoritario es el de los omnívoros (44%), seguido por los de los carnívoros (36%), detritívoros superficiales (16%) y, en menor medida, suspensívoros y detritívoros subsuperficiales.

La estación L-L10 presenta alteración ligera, con AMBI=1,7 (Tabla 326).Como es habitual, al menos en las tres últimas campañas, dominan las especies tolerantes al enriquecimiento orgánico (grupo ecológico III) y las especies sensibles a la alteración del medio (grupo ecológico I) (Figura 414).

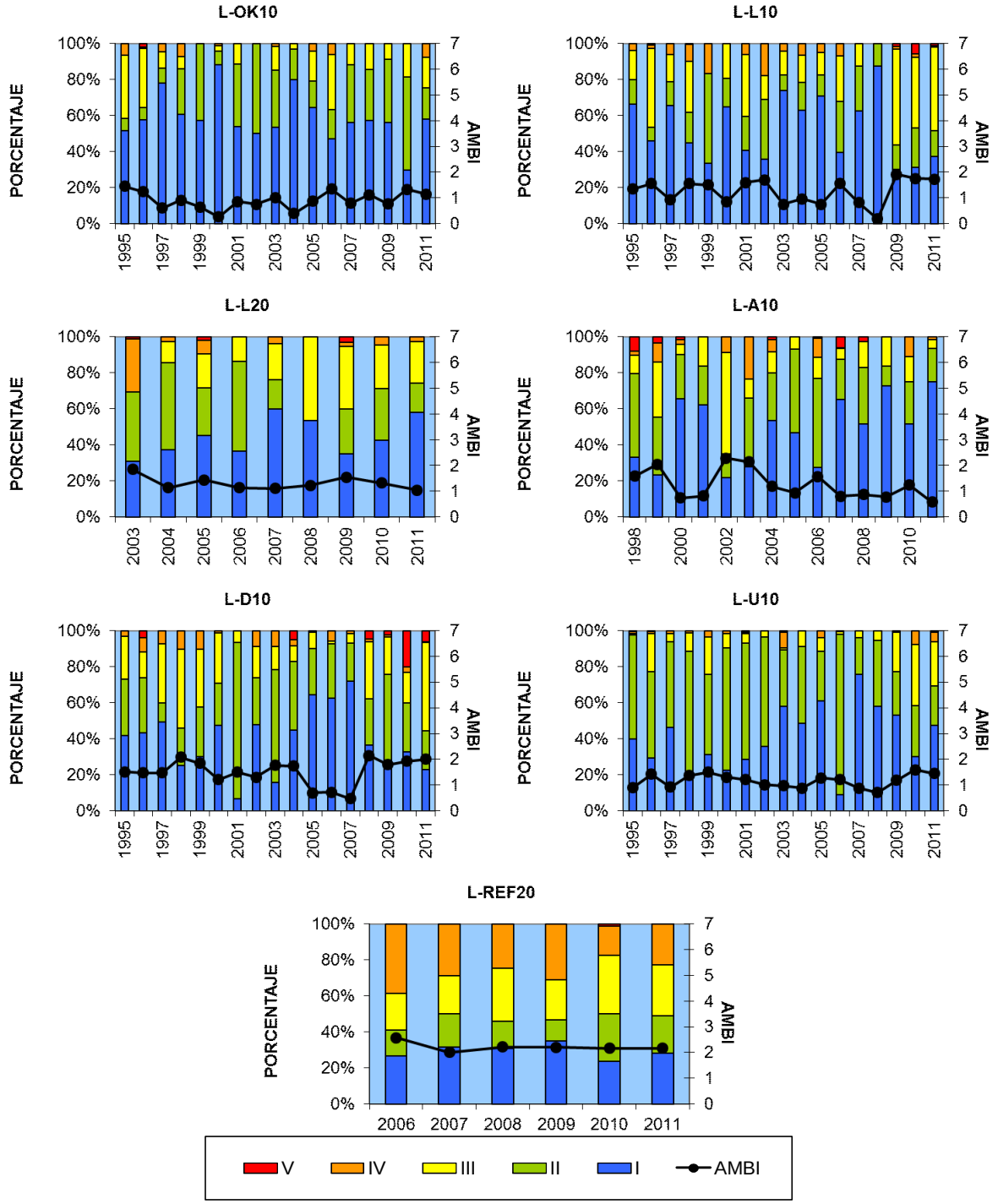


Figura 414 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones L-OK10, L-L10, L-L20, L-A10, L-D10, L-U10 y L-REF20 de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria en la campaña de 2011.

La otra estación litoral del Lea (L-L20), presenta un patrón temporal para los parámetros estructurales muy irregular. Atendiendo a la variabilidad entre las distintas réplicas, parece razonable concluir que es una zona muy heterogénea, probablemente condicionada por un elevado hidrodinamismo, también patente en la

distribución granulométrica del sedimento (98% de arenas).

En 2009, esta estación mostró los valores de densidad (3.573 ind·m^{-2}) y riqueza específica (62 *taxa*) más altos desde que se muestreó por vez primera en 2003. En la presente campaña de 2011, aunque la densidad ha disminuido (473 ind·m^{-2}), la riqueza ha aumentado (48 *taxa*) (Tabla 326). Ambos valores pueden considerarse altos respecto a la serie temporal de la estación (Figura 413).

La estructura trófica de la comunidad está dominada por los detritívoros superficiales (75%), seguidos por los detritívoros subsuperficiales (12%), carnívoros (6%), suspensívoros (5%) y omnívoros (2%).

La estación presenta Alteración Nula, con AMBI=1,0 (Tabla 326). Domina el grupo ecológico I, los grupos II y III tienen relevancia, y no se encuentra ninguna especie oportunista de primer orden (Figura 414). El coeficiente AMBI muestra valores más o menos estables a lo largo del seguimiento, superando ligeramente el valor de 1.

Los parámetros estructurales de la estación L-A10 (200 ind·m^{-2} y 23 *taxa*) son similares a los de las campañas 2008-2010 (Tabla 326, Figura 413) y se sitúan entre los más bajos del ámbito litoral para la presente campaña. Si se estudia la evolución de dichos parámetros a lo largo del tiempo, se ve que tanto densidad como riqueza específica presentan un patrón temporal irregular (Figura 413).

La estructura trófica de la comunidad está dominada por los detritívoros superficiales (75%), seguidos por los detritívoros subsuperficiales (12%), carnívoros (6%), suspensívoros (5%) y omnívoros (2%).

Según la clasificación de AMBI, la estación presenta Alteración Nula (AMBI=0,6) (Tabla 326), con dominancia del grupo ecológico I (52%). A pesar del ligero aumento sufrido en el AMBI en 2010, se mantienen la tendencia descendente que se observa desde 2002 (Figura 414).

El valor de densidad de la estación L-D10es el más alto registrado en la estación desde el inicio del seguimiento (4.190 ind·m^{-2}) y la riqueza específica se sitúa entre las más altas (44 *taxa*), manteniendo la mejora observada desde 2006 (Tabla 326, Figura 414).

Como viene siendo habitual a lo largo del estudio, la composición faunística parece caracterizar esta estación como Comunidad de Arenas de *Amphioxus*. La ausencia en 2008, 2009 y 2010 del cefalocordado *Branchiostoma lanceolatum*, especie que da nombre a la comunidad, parece confirmar el descenso acusado de sus poblaciones en la costa guipuzcoana, descrito por Martínez *et al*. (2007).

La estructura trófica está dominada por los omnívoros (53%), carnívoros (30%), detritívoros superficiales (17%) y, en menor medida, detritívoros subsuperficiales (1%).

La estación presenta alteración ligera (AMBI=2,0) (Tabla 326), con dominancia de especies tolerantes al enriquecimiento orgánico (49%) y presencia relevante de especies sensibles e indiferentes a la alteración del medio (23% y 22%, respectivamente). Por otro lado, disminuye la abundancia relativa de las especies oportunistas de primero orden, que la pasada campaña de 2010 alcanzaron su máximo (del 20% en 2010 al 6% la presente campaña de 2011). Atendiendo a la evolución que sigue la estación desde que se iniciara su seguimiento en 1995 (Figura 414), hasta la campaña de 2007 se venía observando cierta tendencia positiva por la que la dominancia del grupo ecológico I aumentaba gradualmente (del 38% en 1995 al 72% en 2007) y el valor estimado para AMBI disminuía (de 1,5 en 1995 a 0,5 en 2007). Sin embargo, en 2008 la tendencia se interrumpió, y el valor de AMBI aumentó, manteniéndose en torno a 2 en campañas sucesivas. En tiempos recientes en esta zona se ha iniciado el vertido de la EDAR de Galtzuaran, aunque no se cree que pueda afectar, debido a la distancia.

La riqueza específica de la estación litoral del Urola (L-U10), que en el año 2005 había aumentado hasta 40 *taxa*, y descendió en el periodo en 2006-2008, mostró en 2009 signos de recuperación, con 367 ind·m^{-2} y 35 *taxa*. Esta recuperación continuó en 2010 (523 ind·m^{-2} y 43 *taxa*), pero en la presente campaña estos parámetros muestran un retroceso, con valores similaes a los de 2009 (337 ind·m^{-2} y 36 *taxa*) (Tabla 326, Figura 414).

Atendiendo a los datos faunísticos y granulométricos de los años anteriores, parece que la zona frente a la desembocadura del Urola es bastante heterogénea, por lo que a lo largo del tiempo se encuentran alternancias entre comunidades como la Lusitánico-boreal de *Tellina tenuis* (Stephen, 1930) y la de Arenas de *Amphioxus*. Estas alternancias habría que atribuirlas más a la heterogeneidad espacial que a cambios temporales.

La estructura trófica está dominada por los detritívoros superficiales, con un 76%, seguidos por los detritívoros subsuperficiales y carnívoros (ambos 11%) y, en menor medida, por los omnívoros.

La estación presenta alteración ligera (Tabla 326), con un valor de AMBI estimado de 1,4 y dominancia del

grupo ecológico I, seguido por los grupos III y II. Aunque los valores de AMBI son bastante homogéneos a lo largo de la serie, parece que se rompe la ligera tendencia a la mejora que se observaba desde el comienzo del seguimiento, ya que en 2010 y 2011 se vuelve a reflejar el empeoramiento iniciado en 2009 (Figura 414), con una disminución de las especies sensibles y aumento de las oportunistas de segundo orden.

Frente a la costa de Zumaia, junto a la isobata de 100 m, se localiza la estación L-REF20. Esta estación, con 90 *taxa*, presenta una de las riquezas específicas más altas de todo el ámbito litoral desde el inicio del estudio, solo superada por los 97 *taxa* de 2009 y, tanto la densidad (1.600 ind·m^{-2}) como la diversidad específica, se sitúan entre las más altas del seguimiento (Figura 413).

Las poblaciones faunísticas de esta estación permanecen estables a lo largo del periodo de estudio y presentan especies características de la Comunidad de *Amphiura* (*Thyasira flexuosa*, *Prionospio fallax*, *Terebellides stroemii* y Nephtys sp.), además de otras especies como *Auchenoplax crinita*, *Ditrupa arietina*, *Paradiopatra calliopae*, *Galathowenia oculata* y *Euchone incolor*, propias de la Comunidad de *Auchenoplax crinita-Paradiopatra calliopae-Ditrupa arietina*. Esta transición entre comunidades ha sido descrita a mayor profundidad (160-225 m) en la plataforma guipuzcoana (Martínez y Adarraga, 2001). Las especies del género *Amphiura* que dan nombre a la comunidad, descrita por Thorson (1957), aparecen en la costa vasca escasamente representadas.

Todas las categorías tróficas contempladas se encuentran representadas, dominando el grupo de los detritívoros superficiales (65%), seguidos por los carnívoros (22%) y, en menor proporción, omnívoros (6%), detritívoros subsuperficiales (4%) y suspensívoros (3%).

La estación presenta alteración ligera, con AMBI=2,16 (Tabla 326). La estructura por grupos ecológicos muestra codominancia de las especies sensibles a la alteración del medio y las tolerantes al enriquecimiento orgánico (28%), seguidas de las oportunistas de segundo orden (23%) y las indiferentes a la alteración (21%) (Figura 414). El valor de AMBI prácticamente se mantiene con respecto a las pasadas campañas.

17.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las siete estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

La estación **L-OK10** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 415), con una evolución temporal bastante homogénea, manteniendo esta calificación, en general, a lo largo del seguimiento. Excepcionalmente, en las campañas de 1999 y 2008, la calificación bajó a Buen Estado y en 2002 incluso a Estado Aceptable. Como se comentó en informes anteriores, cabe la posibilidad de que puntualmente esta estación se haya visto afectada por vertidos de dragado del puerto de Bermeo.

La estación **L-L10** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 415), manteniéndose esta calificación a lo largo de todo el seguimiento, excepto en las campañas de 1999 y 2002, en que presentó Buen Estado. Este tipo de variaciones se deben posiblemente a razones naturales, entrando dentro de la variabilidad de las propias comunidades.

La estación **L-L20** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 415), manteniéndose esta calificación a lo largo de todo el seguimiento.

La estación **L-A10** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 415), manteniéndose esta calificación desde que comenzará su seguimiento en 1998, salvo en 2002, donde se alcanzó el Estado Aceptable (M-AMBI=0,46).

Al igual que la estación L-A10, también **L-D10** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 415), manteniendo esta calificación a lo largo de todo el seguimiento, salvo en la campaña de 2001 (Buen Estado; M-AMBI=0,56).

La estación **L-U10** presenta también **Muy Buen Estado** (Figura 415), con una evolución temporal irregular desde el inicio del seguimiento. Así, entre 1995 y 2002 presentó una tendencia negativa, en la que pasó de Muy Buen Estado a Buen Estado. Posteriormente, entre 2003-2005 recuperó la calificación de Muy Buen Estado. En 2006 y 2007, volvió a presentar Buen Estado, pero en las cuatro últimas campañas (2008-2011), recupera la calificación máxima., y en la presente campaña mantiene dicha calificación.

Por último, la estación **L-REF20** presenta **Muy Buen Estado** (Figura 415), con una tendencia temporal positiva desde el comienzo de su seguimiento en 2006.

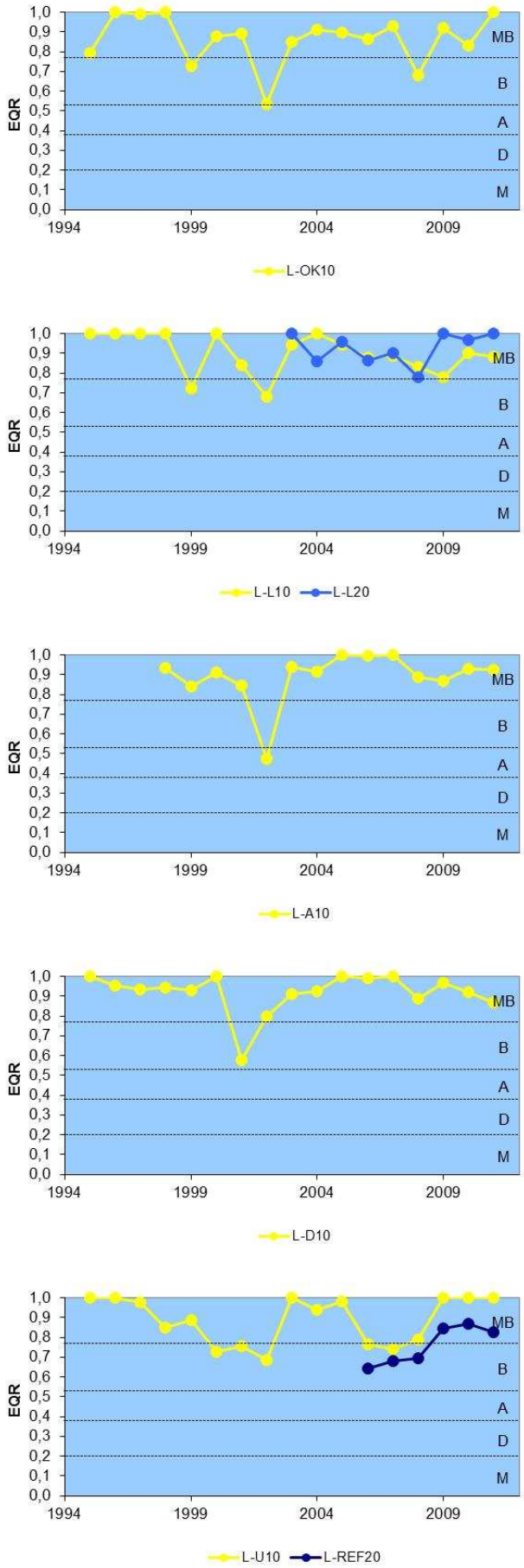


Figura 415 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria.

17.4 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

17.4.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

La concentración de clorofila “a” se midió en seis estaciones (L-OK10, L-L10, L-L20, L-A10, L-D10 y L-U10) y a dos profundidades. Los muestreos se realizaron en invierno, primavera, verano y otoño. Se presentan también los resultados de una estación de referencia para esta masa de agua (L-REF20), que se sitúa a mayor distancia de la línea de costa que las anteriores.

Con objeto de averiguar si existían diferencias significativas entre las aguas de superficie y fondo se aplicó un test “t-student”. En la masa de agua costera, la clorofila supuso 0,7 ± 0,7 µg l^{-1} en superficie y 0,7 ± 0,6 µg l^{-1} en fondo (media ± desv. típica, n=24). La diferencia entre ambas profundidades no fue estadísticamente significativa. En la estación marina de referencia, aunque el valor promedio de superficie (0,4 ± 0,1 µg l^{-1}) fue superior al de fondo (0,2 ± 0,1 µg l^{-1}), no se detectaron diferencias estadísticamente significativas (n=4).

En la Figura 416 se representa la concentración de clorofila (promedio de los valores de superficie y fondo) en las estaciones situadas en la masa de agua costera y en la estación marina de referencia (L-REF20). En el conjunto de los datos, el rango de variación fue de 0,2 a 1,5 µg l^{-1}. Los máximos anuales fueron más elevados en las estaciones costeras que en la estación de referencia. Los máximos de la costa se detectaron durante el invierno y la primavera. En la estación de referencia la concentración media de superficie y fondo fue siempre inferior a 0,5 µg l^{-1} y no se detectó un patrón estacional claro.

En las aguas de superficie de Matxitxako-Getaria, el máximo de clorofila fue 2,5 µg l^{-1} y se observó en invierno. En las aguas de fondo, el máximo alcanzó 2,2 µg l^{-1} y se observó en primavera. Los picos de clorofila en esta masa de agua fueron superiores a los máximos registrados en Cantabria-Matxitxako (1,2 µg l^{-1}) y Getaria-Higer (1,9 µg l^{-1}), pero algo menores en comparación con el pico observado en Mompás-Pasaia (2,7 µg l^{-1}). En toda la costa del País Vasco, los valores más altos se observaron durante las épocas de invierno o primavera.

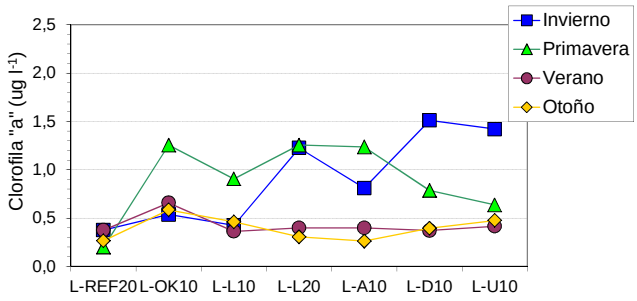


Figura 416 Variación de la concentración de clorofila en la estación marina de referencia y en las estaciones de la masa de agua Matxitxako-Getaria, en el año 2011. Se muestra el promedio de la clorofila medida a dos profundidades (superficie y fondo) para cada época del año.

Para estudiar la evolución a lo largo de los años de la concentración de clorofila en la masa de agua costera se calcularon los valores del percentil 90 en cada una de las estaciones de muestreo (Figura 417). Este estadístico en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton. El percentil 90 se calculó para periodos móviles de seis años y empleando únicamente los datos de superficie, tal y como se utiliza para la evaluación de la calidad biológica (ver apartados siguientes).

La mayoría de las estaciones comenzaron a muestrearse en 1995. Sin embargo, las estaciones L-L20 y L-A10 se comenzaron a estudiar años más tarde. Por lo tanto, en éstas se muestran los valores a partir de la fecha de que se dispone de periodos completos de seis años (2002 y 1998, respectivamente).

En la masa de agua costera Matxitxako-Getaria la concentración de clorofila se ha mantenido muy estable a lo largo del tiempo, sin apreciarse tendencias de aumento o disminución en el percentil 90 (Figura 417). Este estadístico ha variado entre 0,7 y 1,5 µg l^{-1}. Aunque los valores del percentil 90 de la clorofila son muy semejantes entre las distintas estaciones de esta masa de agua, la estación L-L10 ha mostrado siempre valores ligeramente inferiores al resto (<1,0 µg l^{-1}).

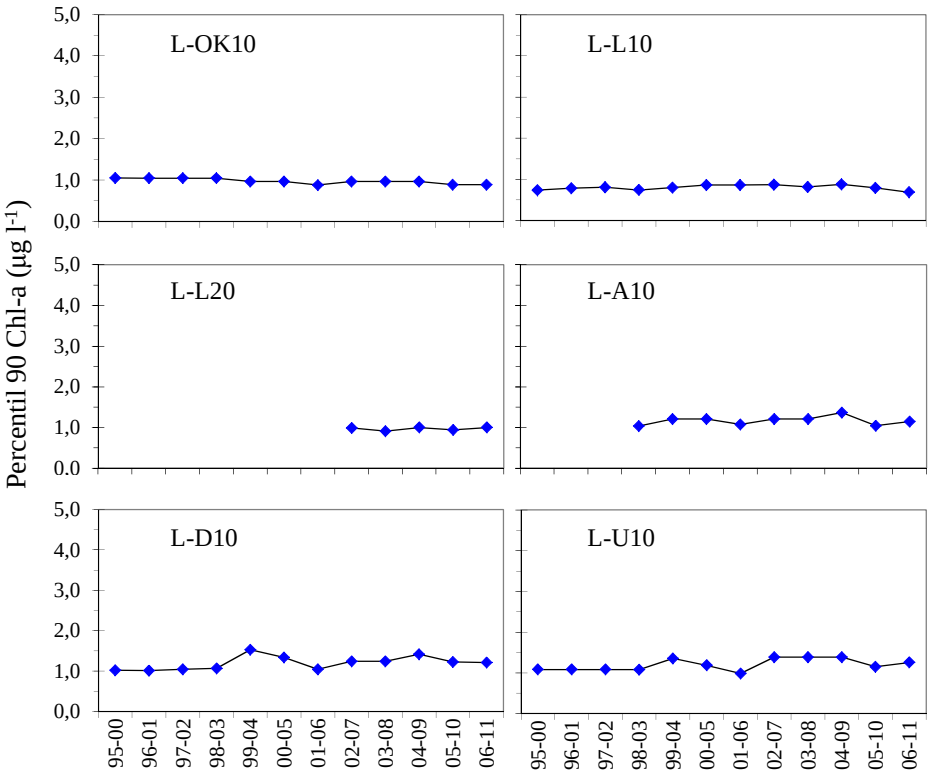


Figura 417 Evolución de la concentración de clorofila en las estaciones de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie, de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 327 se indica la abundancia celular, riqueza de especies y diversidad (índice de Shannon) de las comunidades de fitoplancton en la estación marina de referencia L-REF20 y en las estaciones situadas en la masa de agua costera Matxitxako-Getaria. Estas variables se midieron en las cuatro épocas del año (en muestras de superficie).

En la estación de referencia, la abundancia presentó los valores máximos en los muestreos de invierno y primavera y los mínimos en los de verano y otoño. En esta estación el máximo alcanzó, aproximadamente, $0{,}5 \cdot 10^6$ células l^{-1} (primavera). En las aguas costeras se observó el mismo patrón de variabilidad anual, aunque los picos fueron superiores a los de la estación de referencia. Éstos supusieron: en el litoral del Oka $0{,}9 \cdot 10^6$ células l^{-1}, en el del Lea $1{,}9 \cdot 10^6$ células l^{-1}, en el del Artibai $1{,}7 \cdot 10^6$ células l^{-1}, en el del Deba $1{,}2 \cdot 10^6$ células l^{-1} y en el del Urola $1{,}4 \cdot 10^6$ células l^{-1}.

El patrón de variabilidad anual observado en la estación de referencia es el habitual de la plataforma del Cantábrico. Éste responde principalmente al ciclo de la temperatura, que determina los procesos de mezcla invernal y estratificación estival en la columna de agua y, en consecuencia, la disponibilidad de nutrientes en la capa de superficie. Dichos procesos naturales explican que los máximos de abundancia fitoplanctónica generalmente ocurran en invierno o en primavera, si se dan condiciones de calma atmosférica y poca nubosidad. Del mismo modo, los mínimos de abundancia ocurren en verano, por efecto de la estratificación térmica y el agotamiento de nutrientes en la capa de superficie. Las estaciones costeras generalmente no acusan descensos tan acusados en verano como las estaciones marinas de referencia, debido a su ubicación, más cercana a las fuentes de nutrientes de origen terrestre. Respecto a este patrón general, en el año 2011 se observaron valores de abundancia también bajos en otoño, tanto en las estaciones de referencia, como en la costa.

Hay que destacar que la masa de agua costera de Matxitxako-Getaria presentó en verano, una abundancia celular más baja que la del resto de la costa vasca. Esto es coherente con la baja presión de eutrofización que existe en la zona central de la costa del País Vasco. Así, Borja et al. (2006) identificaron dos zonas con diferente nivel de presión, comparando las cargas de nitrógeno con la sensibilidad de las masas de agua (ésta última estimada a partir de su potencial de dilución) y concluyeron que la zona central podía ser clasificada sin presión (con una carga de 74 kg N d^{-1} km^{-2}); y la zona occidental y oriental, con un nivel de presión bajo (con cargas de 163 y 171 kg N d^{-1} km^{-2}, respectivamente). Por lo tanto, la masa de agua de Matxitxako-Getaria puede considerarse la más cercana a las condiciones de

referencia o mínimo impacto en los elementos físico-químicos y fitoplanctónicos.

En cuanto a la composición taxonómica, la estación de referencia se caracterizó en invierno por valores muy bajos en riqueza de especies (7) y una casi nula contribución de las diatomeas (3%). La abundancia, sin embargo, no fue baja, gracias a haptofitas, pequeños flagelados y criptofitas. En primavera y verano, la riqueza aumentó notablemente (20-25). La comunidad mostró su valor máximo de abundancia en primavera, con una contribución de las diatomeas del 37%, entre las cuales se encontró la especie potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp. (~40.000 células l^{-1}). La comunidad en verano mostró muy baja abundancia, pero gran diversidad. En otoño la riqueza de especies descendió (11) y la abundancia fue también baja, con una contribución mínima de diatomeas (2%).

En la masa de agua costera Matxitxako-Getaria, en invierno la contribución relativa de las diatomeas fue bastante alta (46-87%). Se observaron floraciones de diatomeas de pequeño tamaño, entre las cuales se identificó a *Thalassiosira* spp. (potencialmente nociva para los ecosistemas), con una abundancia comprendida entre 100.000 y casi un millón de células por litro. En primavera, la riqueza de especies aumentó. También se observó una abundancia elevada de diatomeas, en algunas estaciones de muestreo y, concretamente, en la estación L-A10 un bloom de *Chaetoceros* spp. Además, la diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp., presentó abundancias entre 12.700 y 46.700 células l^{-1}, en el mismo rango que la estación marina de referencia.

En verano disminuyó drásticamente la abundancia fitoplanctónica en la masa de agua costera. La comunidad presentó una mayor proporción de dinoflagelados (12-23%), entre los que se identificó el taxón potencialmente tóxico *Prorocentrum minimum* (aunque en baja abundancia, <10.000 células l^{-1}). Las diatomeas fueron relativamente importantes (47%) en la estación L-U10, donde el máximo lo presentó *Chaetoceros* spp.

En otoño, con una abundancia total muy baja a lo largo de esta masa de agua, las diatomeas contribuyeron muy poco (0-18%). En otoño los grupos dominantes fueron clorofitas, criptofitas, dinoflagelados, haptofitas y pequeños flagelados. La diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp. se identificó en la estación L-U10 (~4.000 células l^{-1}).

Estación	L-REF20	L-OK10	L-L10	L-L20	L-A10	L-D10	L-U10
Fecha	04/03/2011	07/03/2011	07/03/2011	07/03/2011	07/03/2011	07/03/2011	07/03/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	329	671	924	1.853	289	1.253	1.375
Divers. (bit/cel)	1,8	1,3	1,6	2,0	2,4	1,6	2,0
Riqueza (Nº sp.)	7	12	14	11	14	10	15
Estación	L-REF20	L-OK10	L-L10	L-L20	L-A10	L-D10	L-U10
Fecha	25/05/2011	25/05/2011	25/05/2011	25/05/2011	25/05/2011	25/05/2011	25/05/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	535	930	656	1.049	1.686	1.003	1.085
Divers. (bit/cel)	3,4	1,3	1,7	2,5	2,2	2,4	2,6
Riqueza (Nº sp.)	20	23	20	25	25	29	27
Estación	L-REF20	L-OK10	L-L10	L-L20	L-A10	L-D10	L-U10
Fecha	01/09/2011	01/09/2011	06/09/2011	06/09/2011	06/09/2011	06/09/2011	06/09/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	151	184	145	176	174	164	289
Divers. (bit/cel)	3,3	3,4	2,6	3,0	3,2	3,3	3,4
Riqueza (Nº sp.)	25	24	15	23	23	25	27
Estación	L-REF20	L-OK10	L-L10	L-L20	L-A10	L-D10	L-U10
Fecha	08/11/2011	10/11/2011	10/11/2011	10/11/2011	10/11/2011	10/11/2011	10/11/2011
Abund. (x10^3 céls. l^{-1})	63	183	372	142	28	208	70
Divers. (bit/cel)	3,1	2,4	2,8	2,7	2,4	2,6	2,5
Riqueza (Nº sp.)	11	14	18	18	8	10	9

Tabla 327 Índices relacionados con fitoplancton en cuatro épocas a lo largo de 2011. Se indican para la estación marina de referencia y para las estaciones de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria.

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en años anteriores, el fitoplancton en las aguas costeras se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

Se han realizado cambios en el método de evaluación. Para la métrica de clorofila el umbral que separa el estado "Muy bueno" del estado "Bueno" es ahora 2,5 µg l^{-1}. El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado que implica el cálculo de los EQRs resultantes de cada indicador (véase tomo de metodología).

En la Figura 418 se muestra el indicador de biomasa fitoplanctónica durante el último periodo de evaluación. En la estación marina de referencia, el percentil 90 de la clorofila es 1,05 µg l^{-1} (n=16). En las estaciones de la masa de agua costera se sitúa entre 0,69 y 1,26 µg l^{-1} (n=24). El rango de variación es muy similar al observado

en la masa de agua situada más hacia el oeste (Cantabria-Matxitxako). El valor mínimo, que es algo inferior al de la estación de referencia, se observa en la estación L-L10, frente a Elantxobe. El máximo se observa en la estación L-U10, frente a la desembocadura del Urola (Zumaia). Todas las estaciones estudiadas se clasifican en un estado "Muy bueno" en base a la métrica de la clorofila.

En la Figura 419 se muestra el indicador de floraciones. En la estación marina de referencia la frecuencia es 8,3%. En las estaciones de la masa de agua costera oscila en un rango muy estrecho, entre 8,3 y 16,7% (n=12). En todas las estaciones el estado se clasifica como "Muy bueno".

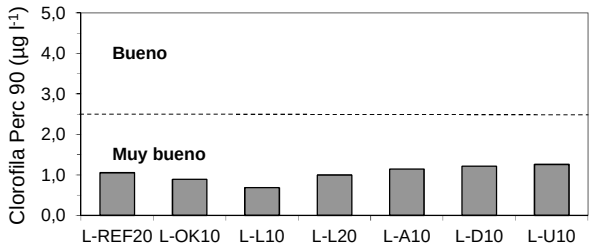


Figura 418 Percentil 90 de la concentración de clorofila en la estación marina de referencia y en las estaciones costeras de Matxitxako-Getaria. Los datos utilizados han sido los de superficie, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

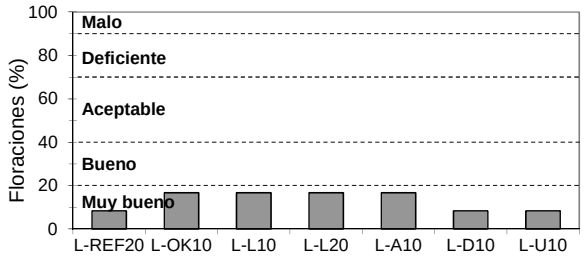


Figura 419 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en la estación marina de referencia y en las estaciones costeras de Matxitxako-Getaria. Los datos utilizados corresponden a superficie, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

En la Tabla 328 se indica el estado del fitoplancton integrando los resultados de ambos indicadores (clorofila y frecuencia de floraciones) en cada una de las estaciones. Se indican también los valores de EQR. El EQR global se calcula con la media aritmética de los EQRs resultantes de ambos indicadores.

En el periodo 2006-2011, el estado global del fitoplancton se clasifica como "Muy bueno" en la estación marina de referencia y en las seis estaciones de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria. El valor del EQR global es similar en todas las estaciones y alcanza la calificación más alta posible (Tabla 328).

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
L-REF20	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
L-OK10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
L-L10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
L-L20	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
L-A10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
L-D10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)
L-U10	1,000	1,000	Muy bueno (1,000)

Tabla 328 Calificación del estado del fitoplancton en la estación de referencia y en cada estación de muestreo de la masa de agua costera, para el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

En la Tabla 329 se muestra la evolución temporal del estado del fitoplancton a lo largo de periodos de seis años móviles, calculados a partir del año 2002. El **estado del fitoplancton** en la masa de agua **Matxitxako-Getaria** se clasifica en el último periodo (2006-2011) como "**Muy bueno**", al igual que en los periodos anteriores. Todas las estaciones de muestreo presentan una calificación similar. El valor del EQR integrado en la masa de agua no ha variado a lo largo de la serie temporal y muestra la calificación más alta posible.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Matxitxako-Getaria	**MB (1,000)**	**MB (1,000)**	**MB (1,000)**	**MB (1,000)**	**MB (1,000)**
L-OK10	MB	MB	MB	MB	MB
L-L10	MB	MB	MB	MB	MB
L-L20	MB	MB	MB	MB	MB
L-A10	MB	MB	MB	MB	MB
L-D10	MB	MB	MB	MB	MB
L-U10	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 329 Evolución temporal del estado del fitoplancton en la masa de agua costera Matxitxako-Getaria y en cada una de sus estaciones de muestreo, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton en la masa de agua.

17.4.2 MACROALGAS

Para el estudio de las macroalgas (y los macroinvertebrados que definen comunidades de sustrato duro) de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria, en la campaña de 2011 se han analizado dos transectos próximos a la desembocadura del Oka (Figura 420), tres transectos próximos a la desembocadura del Lea (Figura 421) y otros dos transectos próximos a la desembocadura del Artibai (Figura 422).

La nomenclatura, al igual que se ha hecho para las macroalgas de las masas de agua de transición, es la siguiente: M de 'Macroalgas', L de 'Litoral', OK de 'Oka', L de 'Lea' o A de 'Artibai' y, luego, el número del transecto. El segundo dígito que aparece en cada uno de los

diferentes niveles mareales corresponde a las respectivas sub-zonas en que se ha dividido el transecto correspondiente.La evaluación de la Calidad Biológica del resto de áreas dentro de la masa de agua se llevará a cabo combinando los datos de la presente campaña de 2011 con los de las dos campañas previas, que abarcan la totalidad de la masa.

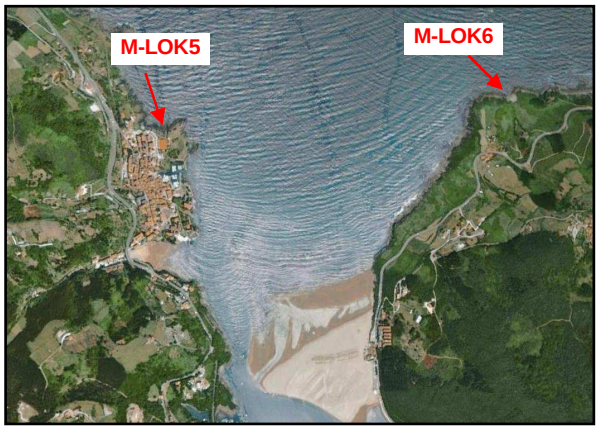


Figura 420 Posición de los transectos muestreados para macroalgas y macrofauna en la zona costera del entorno del Oka.



Figura 421 Posición de los transectos muestreados para macroalgas y macrofauna en la zona costera del entorno del Lea.

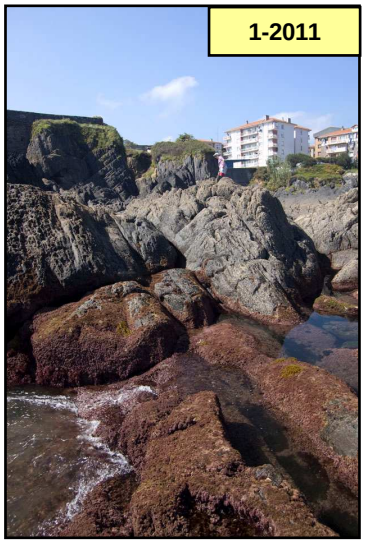


Figura 422 Posición de los transectos muestreados para macroalgas y macrofauna en la zona costera del entorno de Urola.

TRANSECTO M-LOK5

Este transecto se halla en Urdaibai, en la Punta de Santa Katalina, en las coordenadas 524444-4806457 (Figura 420).

A pesar del considerable grado de exposición de la costa en esta área, el transecto se encuentra ligeramente protegido y discurre a lo largo de unos bloques rocosos de moderada pendiente al pie del monte Betrokolomendi. La longitud total del transecto es de 16,31 m, con una altura respecto al nivel 0 de marea de 5,86 m (Foto 1-2011).



Longitudinalmente, el transecto presenta una suave pendiente en su primer metro de recorrido, continúa en la parte frontal y prácticamente vertical de un gran bloque, y sigue por unos bloques de unos 15º de inclinación respecto a la horizontal. En función de la distribución de la biota, se divide en siete zonas más o menos diferenciadas, correspondientes a las siguientes facies:

- M-LOK51: *Corallina elongata* - *Cladostephus spongiosus*
- M-LOK52: *Gelidium corneum*
- M-LOK53: *Corallina elongata* - *Lithophyllum incrustans*
- M-LOK54: *Corallina elongata* - *Caulacanthus ustulatus* - *Lithophyllum incrustans*
- M-LOK55: *Chthamalus* sp. - *Patella* sp.
- M-LOK56: *Chthamalus* sp. - *Lichina pygmaea*
- M-LOK57: *Verrucaria maura*

En la Tabla 330 se indican los valores de los índices de cobertura específica del estudio semicuantitativo, valores que han sido utilizados para la representación gráfica de la Figura 423 y de la Figura 424.

	M-LOK5						
ZONAS	M-LOK51	M-LOK52	M-LOK53	M-LOK54	M-LOK55	M-LOK56	M-LOK57
Longitud (m)	0-2,01	2,01-2,23	2,23-2,35	2,35-3,94	3,94-8,29	8,29-15,07	15,07-16,31
Altura (m)	0-0,86	0,86-1,28	1,28-1,82	1,82-2,40	2,40 -3,64	3,64-5,04	5,04-5,86
Verrucaria maura	---	---	---	---	---	2	5
Patella rustica	---	---	---	---	2	2	1
Melarhaphe neritoides	---	---	---	1	3	3	4
Chthamalus spp.	---	---	1	3	4	5	3
Lichina pygmaea	---	---	---	---	---	3	---
Corallina officinalis	---	---	---	---	---	1	---
Mytilus galloprovincialis	---	---	---	---	3	2	---
Lithophyllum byssoides	---	---	---	---	3	1	---
Patella vulgata	---	---	---	--	4	1	---
Gibbula umbilicalis	---	---	---	1	1	1	---
Caulacanthus ustulatus	---	---	---	4	---	2	---
Patella intermedia	---	---	---	4	5	3	---
Ceramiales	3	2	3	3	---	2	---
Lithophyllum incrustans	5	4	7	4	2	2	---
Corallina elongata	6	5	7	6	2	1	---
Bangia atropourpurea	---	---	---	---	1	---	---
Crassostrea gigas	---	---	---	---	1	---	---
Actinia equina	---	---	---	---	1	---	---
Hildenbrandia rubra	---	---	---	2	2	---	---
Patella ulyssiponensis	---	---	1	4	1	---	---
Ulva rigida	2	1	2	3	1	---	---
Gelidium pusillum	---	---	---	2	---	---	---
Ulva clathrata	---	---	---	1	---	---	---
Colpomenia peregrina	---	---	1	1	---	---	---
Ralfsia verrucosa	---	---	2	2	---	---	---
Plocamium cartilagineum	---	3	2	1	---	---	---
Chondria coerulescens	1	---	2	1	---	---	---
Bifurcaria bifurcata	1	---	1	1	---	---	---
Balanus perforatus	---	---	1	---	---	---	---
Rhodophyllis divaricata	---	---	1	---	---	---	---
Codium tomentosum	---	---	1	---	---	---	---
Gelidium spinosum	2	3	3	---	---	---	---
Chondracanthus acicularis	2	---	1	---	---	---	---
Cryptopleura ramosa	2	3	2	---	---	---	---
Pterosiphonia complanata	2	2	1	---	---	---	---
Mesophyllum lichenoides	3	3	2	---	---	---	---
Falkenbergia rufolanosa	4	2	4	---	---	---	---
Cladostephus spongiosus	5	1	2	---	---	---	---
Apoglossum ruscifolium	---	2	---	---	---	---	---
Gymnogongrus crenulatus	---	1	---	---	---	---	---
Palmaria palmata	---	1	---	---	---	---	---
Peyssonnelia atropurpurea	---	1	---	---	---	---	---
Gastroclonium ovatum	1	1	---	---	---	---	---
Gelidium corneum	2	6	---	---	---	---	---
Electra pilosa	+	+	---	---	---	---	---
Amphiroa van-bosseae	1	---	---	---	---	---	---
Derbesia tenuissima	1	---	---	---	---	---	---
Cladophora prolifera	1	---	---	---	---	---	---
Anemonia sulcata	1	---	---	---	---	---	---
Halurus equisetifolius	1	---	---	---	---	---	---
Stypocaulon scoparium	1	---	---	---	---	---	---
Paracentrotus lividus	1	---	---	---	---	---	---
Cystoseira tamariscifolia	1	---	---	---	---	---	---
Dictyota dichotoma	1	---	---	---	---	---	---
Boergeseniella fruticulosa	2	---	---	---	---	---	---
Jania rubens	3	---	---	---	---	---	---

Tabla 330 Índices de cobertura de las especies más representativas del subtransecto M-LOK5, muestreado el 31 de julio de 2011 (para metodología, ver Tomo 1).

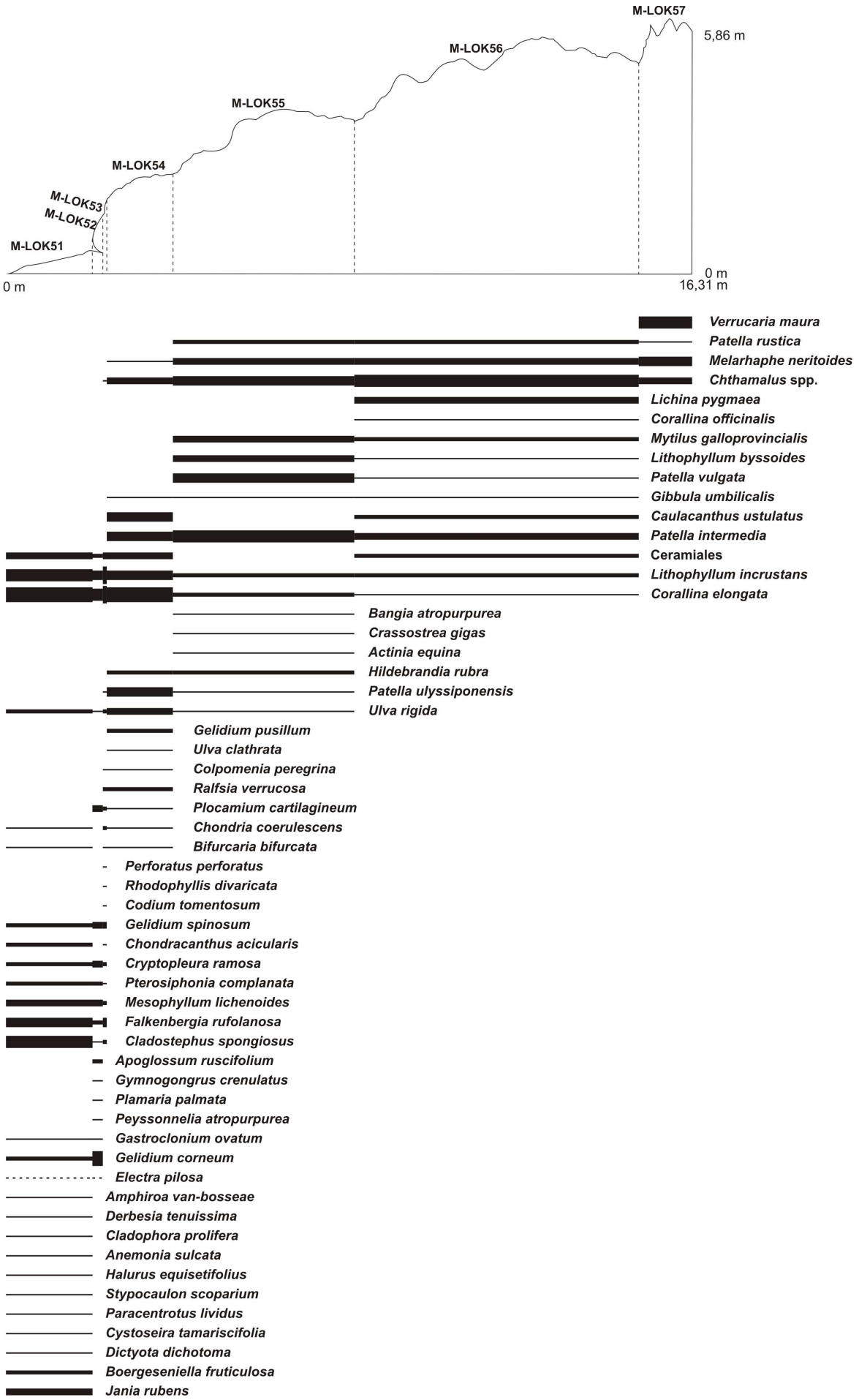


Figura 423 Distribución horizontal de la cobertura de las diferentes especies del subtransecto M-LOK5.

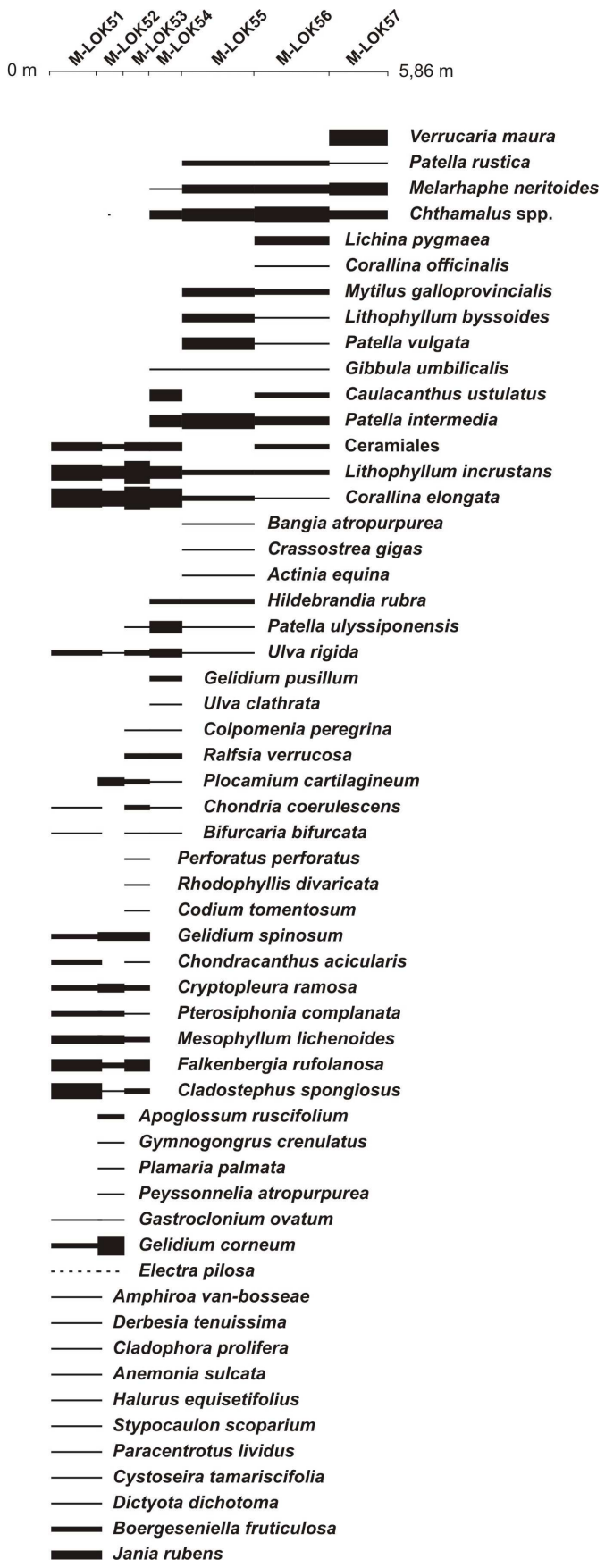
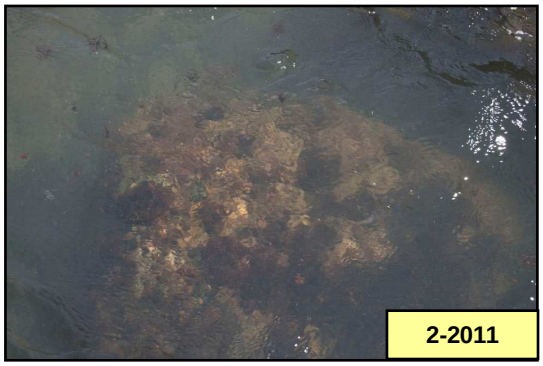


Figura 424 Distribución vertical de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LOK5.

Franja infralitoral (M-LOK51)

La franja infratiloral cubre esta primera zona, que se extiende desde el nivel del mar, hasta 0,86 m de altura. En la pasada campaña de 2008, este nivel ocuba dos zonas diferenciadas. Sin embargo, en la presente campaña de 2011 no se observan diferencias suficientes dentro de la franja infralitoral como para dividirla en dos zona distintas.

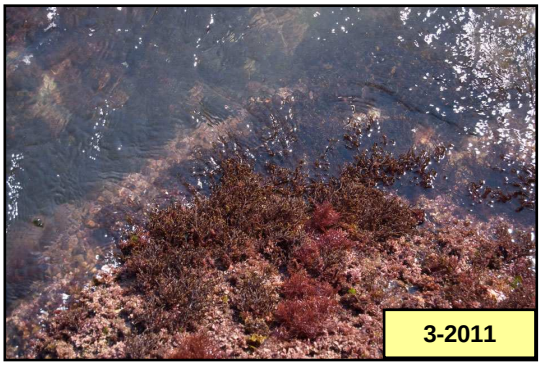
El primer tramo discurre en la confluencia con una plataforma arenosa y consiste en una serie de bloques rocosos de pequeño tamaño diseminados por la arena. La cobertura vegetal está bastante desarrollada en ellos, siendo *Corallina elongata*, *Cladostephus spongiosus*, *Lithophyllum incrustans*, *Falkenbergia rufolanosa* y *Jania rubens* las especies más abundantes (Foto 2-2011).



A continuación, y hasta el final de la zona, aparece una laja de escasa inclinación en la que, además de las anteriores especies, se distinguen matas de *Gelidium* sp., Ceramiales y una multitud de algas de pequeño porte (Foto 3-2011).

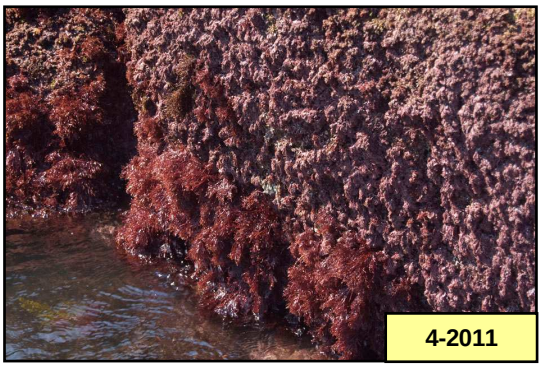
Teniendo en cuenta las coberturas medias de los dos tramos descritos, las especies de algas con mejor representación en la zona M-LOK51 son: *C. elongata* (60-75%), *L. incrustans* (50-60%), *C. spongiosus* (25-35%) y *F. rufolanosa* (5-10%).

Por último, la cobertura faunística es muy pobre. En esta primera zona únicamente se han identificado algunos ejemplares del erizo *Paracentrotus lividus*, de la anémona *Anemonia sulcata* y del briozoo colonial *Electra pilosa*, creciendo sobre *Gelidium* sp.



Zona mediolitoral inferior (M-LOK52 y 53)

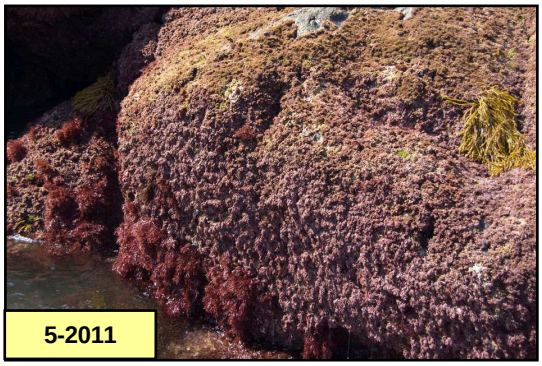
En la zona mediolitoral inferior y a una altura comprendida entre 0,86 m y 1,28 m, esta segunda zona apenas experimenta cambios respecto a la campaña de 2008. El cinturón formado por el alga *Gelidium corneum*, con recubrimientos ligeramente superiores al 60%, y las coberturas de *C. elongata* y *L. incrustans* (10-15%), continúan caracterizando la zona (Foto 4-2011). Ocultas por las matas de *G. corneum*, se distinguen la delicada alga laminar *Cryptopleura ramosa* y el agla calcárea *Mesophyllum lichenoides* (ambas con coberturas próximas al 5%). También presenta una cobertura relativamente apreciable el alga rodofita *Plocamium cartilagineum*, especie que habitualmente epifita *Gelidium sp.* y *Corallina* sp. El resto de especies corológicas presentan coberturas significativamente menores que las anteriores.



Como en el caso anterior, apenas se observan vestigios de fauna sésil en la zona. Así, la única especie identificada corresponde a colonias del briozoo *E. pilosa* que crecen adheridas a las ramas de *G. corneum*. Cabe indicar también que no se ha encontrado el ejemplar del antozoo *A. sulcata* que se identificó la pasada campaña de 2008.

A una mayor altura, entre 1,28 m y 1,82 m, en el mediolitoral inferior se distingue una segunda zona (M-LOK53). En ella, el cinturón de *G. corneum* deja paso a un horizonte perfectamente definido de *C. elongata* y *L. incrustans*, ambas con recubrimientos superiores al 90% (Foto 5-2011). Epifitando *C. elongata*, abundan las bolas

algodonosas características de *F. rufolanosa* (5-10%), mientras que, asomando entre las ramas de *C. elongata*, *se* aprecian también matas de las *Gelidium spinosum* (5% de cobertura) y, en menor medida, *C. spongiosus*.



Como en 2008 la fauna queda limitada a unos pocos ejemplares de la lapa *Patella ulyssiponensis* y de los cirrípedos *Balanus perforatus* y *Chthamalus* sp.

Zona mediolitoral media (M-LOK54)

Entre 1,82 m y 2,40 m de altura, se distingue esta zona, que se enclava dentro del nivel mediolitoral medio.

La inclinación se suaviza y el recubrimiento vegetal disminuye respecto la zona M-LOK53. Sin embargo, la fauna presenta mayor variedad y riqueza. Al cinturón de *C. elongata* y *L. incrustans* se le incorpora *Caulacanthus ustulastus*. Las coberturas de *C. elongata* y *L. incrustans* reducen sus valores respecto a M-LOK53, (60-70% y 20-30%, respectivamente). Por su parte, *C. ustulastus*, cuyas matas cespitosas crecen sobre *C. elongata*, presenta un recubrimiento de 25-35%. También *Ulva rigida* está bien representada e incrementa su presencia respecto a las zonas anteriores (5%). En las superficies desnudas de la roca aparecen costras de la feofícea *Ralfsia verrucosa*, y sobre las conchas de lapas *P. ulyssiponensis* crecen matas de *Gelidium pusillum* (Foto 6-2011).



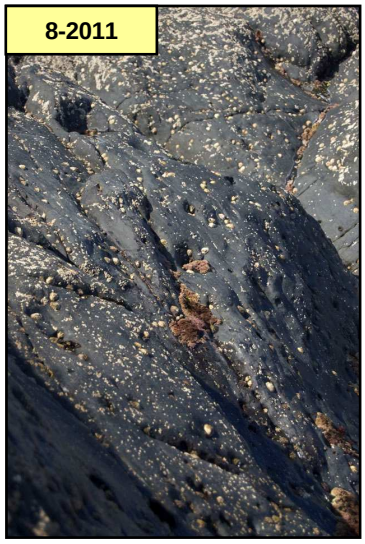
En cuanto a la fauna, además de las desiguales poblaciones del cirrípedo *Chthamalus* sp. (20-50 ind·m^{-2}), se encuentran las lapas *P. ulyssiponensis* (15-20 ind·m^{-2}) y *Patella intermedia* (10-15 ind·m^{-2}), y algunos ejemplares de los bígaros *Melarhaphe neritoides* y *Gibbula umbilicalis* (ausente en 2008).

Zona mediolitoral superior (M-LOK55)

Formando parte del mediolitoral medio y superior, se sitúa esta quinta zona, con una altura comprendida entre los 2,40 m y 3,64 m sobre el nivel de marea.

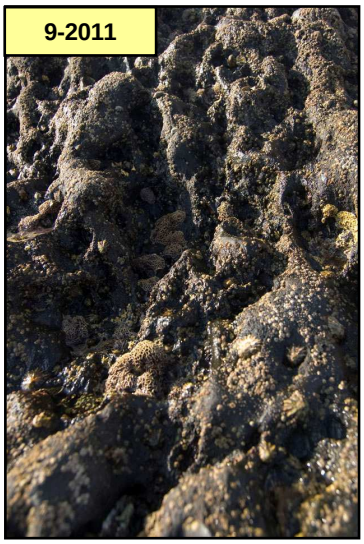
El aspecto general no cambia respecto a las observaciones de 2008. Las coberturas vegetales prácticamente desaparecen, quedando relegadas a alguna cubeta o a fisuras y grietas que permitan mantener cierto grado de humedad (Foto 7-2011). Como especies más destacables se pueden enumerar matas y/o manchas aisladas de *C. elongata* y *L. incrustans* donde el terreno presenta grietas o pequeñas pozas (Foto 8-2011), de *Lithophyllum byssoides* en oquedades (Foto 9-2011), y de *Bangia atropurpurea* sobre la concha de alguna de las lapas presentes.

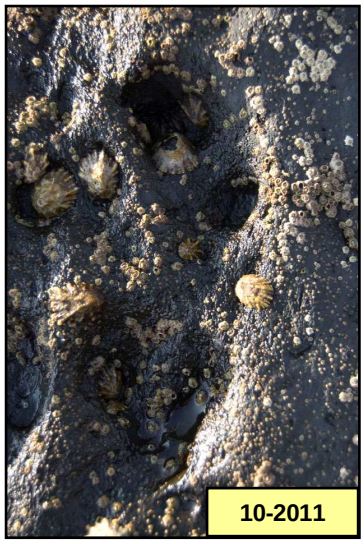




El recubrimiento biológico aumenta considerablemente respecto a las zonas anteriores. Los horizontes vegetales son sustituidos por el cinturón del cirrípedo *Chthamalus* sp. que caracteriza este nivel

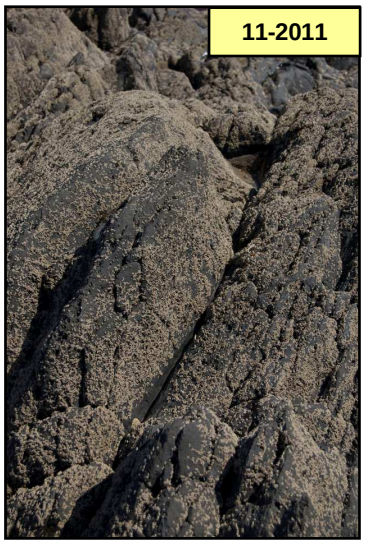
mareal. Una gran parte de los ejemplares corresponden a individuos muy pequeños, lo que puede contribuir a subestimar las densidades reales. Como en 2008, se estiman unos valores de 5.000-10.000 ind·m^{-2}. Se encuentran también muchos ejemplares de *M. neritoides*, más abundantes en los niveles superiores de las lajas. Además, se han identificado es las lapas *P. intermedia* (50-100 ind·m^{-2}), *Patella vulgata* (15-25 ind·m^{-2}), *P. ulyssiponensis* y *Patella rustica*, el mejillón *Mytilus galloprovincialis* (en forma de pequeñas manchas y ejemplares dispersos), y el caracol *G. umbilicalis* (Foto 10-2011).

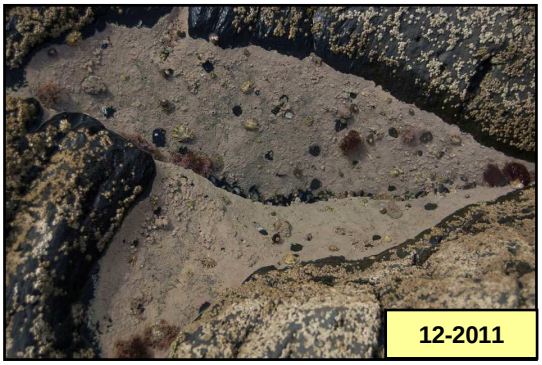




Franja supralitoral (M-OK56)

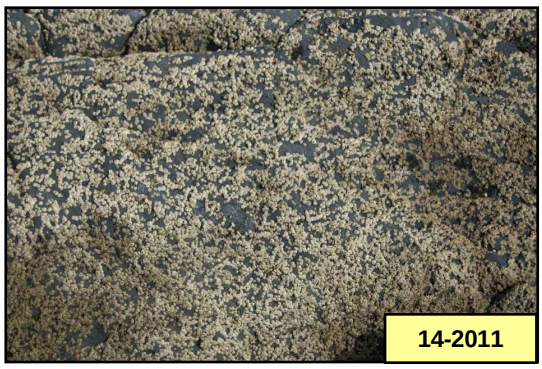
Esta zona se localiza entre los 3,64 m y 5,04 m sobre el nivel 0 de marea, con recubrimientos vegetales limitados a pequeñas pozas (Foto 11-2011) y a las incrustaciones de *L. byssoides*. En algunas de estas cubetas se identifican *L. incrustans*, *C. elongata*, *Corallina officinalis*, *Caulacanthus ustulatus*, y las Ceramiales *Ceramium secundatum* y *Centroceras clavulatum*) (Foto 12-2011). Entre los caparazones de *Chthamalus* sp. se distinguen también pequeñas poblaciones de los líquenes *Lichina pygmaea* y *Verrucaria maura* (éste último sólo en el tramo superior) (Foto 13-2011).







Por su parte, las comunidades animales continúan estando representadas por *Chthamalus* sp. (10.000-30.000 ind·m^{-2}), cirrípedo que alcanza poblaciones más desarrolladas que en la zona inmediatamente inferior (Foto 14-2011). También se encuentran los moluscos *M. neritoides* (100-1.000 ind·m^{-2}), *P. intermedia*, *P. rustica*, *P. vulgata*, *G. umbilicalis*, *Monodonta lineata* y *M. galloprovincialis*.



Zona supralitoral (M-LOK57)

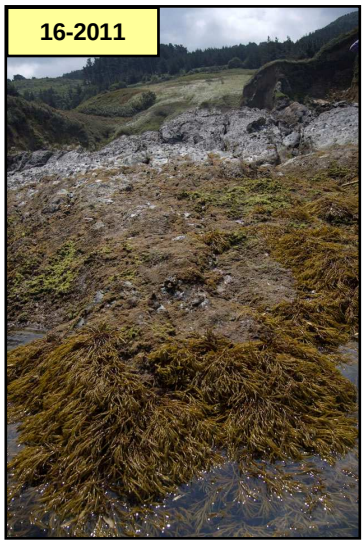
Esta última zona del transecto llega hasta los 5,86 m de altura. Su aspecto no varía respecto a 2008. Las poblaciones de *Chthamalus* sp. (25-50 ind·m^{-2}) se reducen notablemente respecto a M-LOK56. Además de *Chthamalus* sp., sólo se identifican algunos ejemplares de *M. neritoides* y amplias manchas del liquen *V. maura* (20-30% del recubrimiento rocoso) (Foto 15-2011).



TRANSECTO M-LOK6

El segundo transecto de la cuenca del Oka se halla localizado en la margen oriental de la playa de La Laida, en las coordenadas 526213-4806622. Su longitud total es de 15,21 m y la altura respecto al nivel 0 de marea, de 3,98 m (Figura 420).

El terreno consiste en una serie de bloques de grandes dimensiones al pie del monte Koaiotontorra, en una pequeña playa virgen con cierto grado de protección frente al oleaje (Foto 16-2011).



Según sus coberturas biológicas, se distinguen siete zonas, asimilables a las siguientes facies:

- M-LOK61: *Cystoseira tamariscifolia* - *Dictyota dichotoma intrincata* - *Ulva rigida* - Ceramiales
- M-LOK62: *Bifurcaria bifurcata*
- M-LOK63: *Lophosiphonia reptabunda* - *Codium adhaerens* - *Ulva clathrata*
- M-LOK65: *Ralfsia verrucosa* - *Codium adhaerens*
- M-LOK66: *Chthamalus* sp. - *Ralfsia verrucosa*
- M-LOK67: *Chthamalus* sp. - *Lychina pygmaea*

En la Tabla 331 se indican los valores de los índices de cobertura específica del estudio semicuantitativo, valores que han sido utilizados para la representación gráfica de la Figura 425 y de la Figura 426.

	M-LOK6					
ZONAS	M-LOK61	M-LOK62	M-LOK63	M-LOK64	M-LOK65	M-LOK66
Longitud (m)	0-1,41	1,41-2,19	2,19-5,49	5,49-10,71	10,71-14,22	14,22-15,21
Altura (m)	0-0,54	0,54-1,09	1,09-1,67	1,67-2,38	2,38-3,36	3,36-3,98
Verrucaria maura	---	---	---	---	---	2
Lichina pygmaea	---	---	---	---	---	2
Calothrix crustacea	---	---	---	---	---	2
Mytilus galloprovincialis	---	---	---	---	2	1
Patella vulgata	---	---	---	3	4	4
Melarhaphe neritoides	---	---	---	2	4	4
Patella intermedia	---	---	2	3	4	3
Chthamalus spp.	---	---	1	3	4	5
Ralfsia verrucosa	---	---	1	4	4	---
Monodonta lineata	---	---	---	---	1	---
Lithophyllum byssoides	---	---	---	---	1	---
Actinia equina	---	---	---	---	1	---
Padina pavonia	---	---	---	---	1	---
Patella ulyssiponensis	---	---	2	4	1	---
Caulacanthus ustulatus	---	---	4	2	2	---
Centroceras clavulatum	---	2	3	3	3	---
Boergeseniella fruticulosa	2	1	---	---	1	---
Stypocaulon scoparium	2	3	2	---	1	---
Lithophyllum incrustans	2	4	3	2	3	---
Codium adhaerens	1	---	4	4	2	---
Ulva clathrata	2	2	4	3	2	---
Ceramiales	4	2	1	---	2	---
Jania rubens	3	3	---	---	2	---
Corallina elongata	3	4	2	3	2	---
Ulva rigida	4	2	2	3	2	---
Gibbula umbilicalis	---	---	---	3	---	---
Ulva compressa	---	---	---	2	---	---
Lophosiphonia reptabunda	---	---	5	4	---	---
Anemonia sulcata	1	1	5	4	---	---
Chondracanthus acicularis	1	2	2	2		
Gelidium crinale	---	1	1	---	---	---
Thais haemastoma	---	2	1	---	---	---
Colpomenia peregrina	1	---	1	---	---	---
Cladostephus spongiosus	2	3	1	---	---	---
Bifurcaria bifurcata	3	6	1	---	---	---
Falkenbergia rufolanosa	3	1	1	---	---	---
Gastroclonium ovatum	---	2	---	---	---	---
Mesophyllum lichenoides	---	2	---	---	---	---
Rhodophyllis divaricata	---	1	---	---	---	---
Pterosiphonia complanata	1	3	---	---	---	---
Dictyota dichotoma	1	1	---	---	---	---
Halopithys incurva	1	1	---	---	---	---
Champia parvula	1	1	---	---	---	---
Plocamium cartilagineum	2	1	---	---	---	---
Dictyota dichotoma intrincata	4	1	---	---	---	---
Codium fragile	1	---	---	---	---	---
Chylocladia verticillata	1	---	---	---	---	
Gelidium spinosum	1	---	---	---	---	---
Jania corniculata	1	---	---	---	---	---
Amphiroa van-bosseae	1	---	---	---	---	---
Electra pilosa	1	---	---	---	---	---
Asparagopsis armata	2	---	---	---	---	---
Cystoseira baccata	2	---	---	---	---	---
Cystoseira tamariscifolia	4	---	---	---	---	---

Tabla 331 Índices de cobertura de las especies más representativas del subtransecto M-LOK6, muestreado el 3 de agosto de 2011 (para metodología, ver Tomo 1).

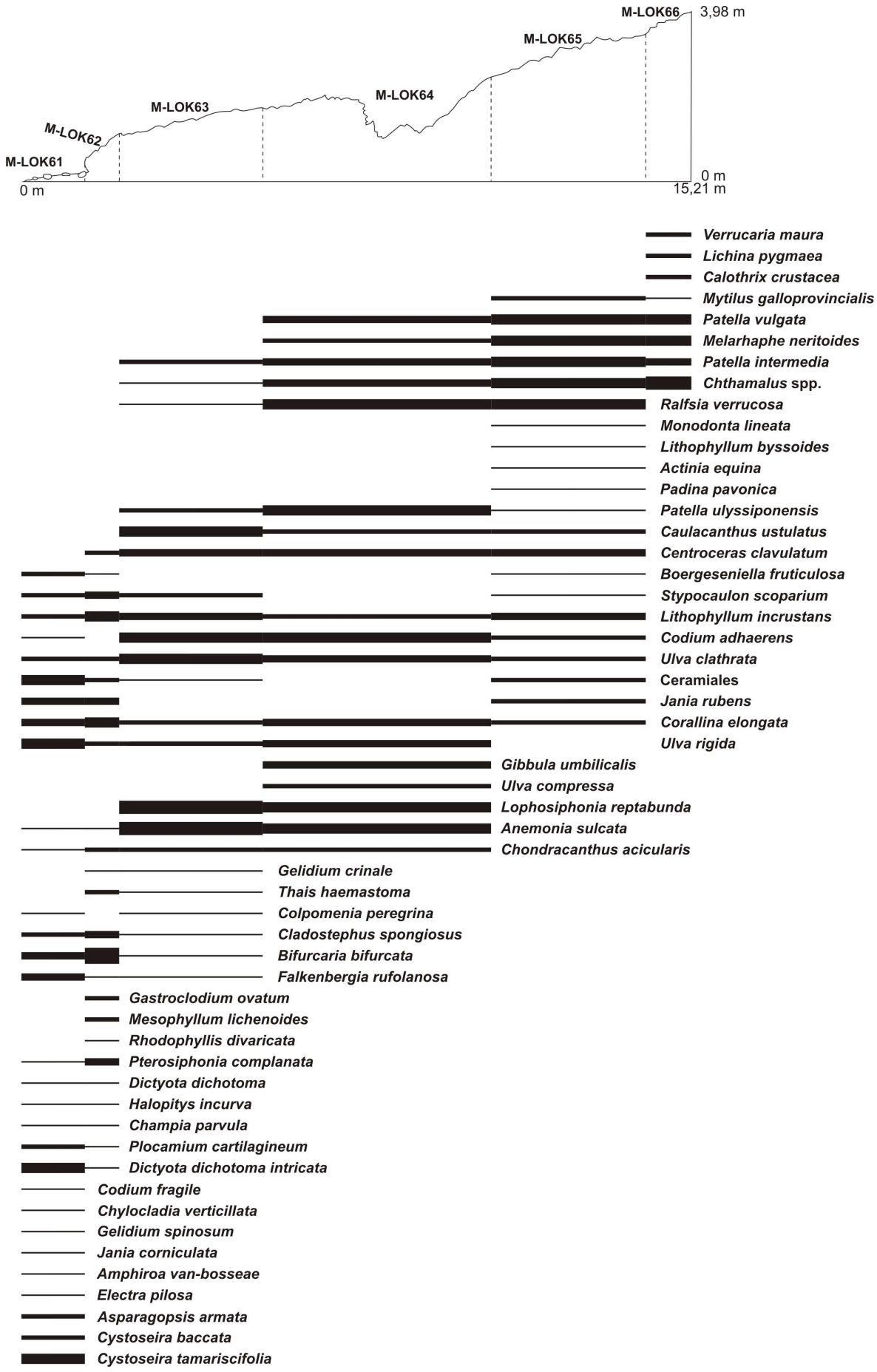


Figura 425 Distribución horizontal de la cobertura de las diferentes especies del subtransecto M-LOK6.

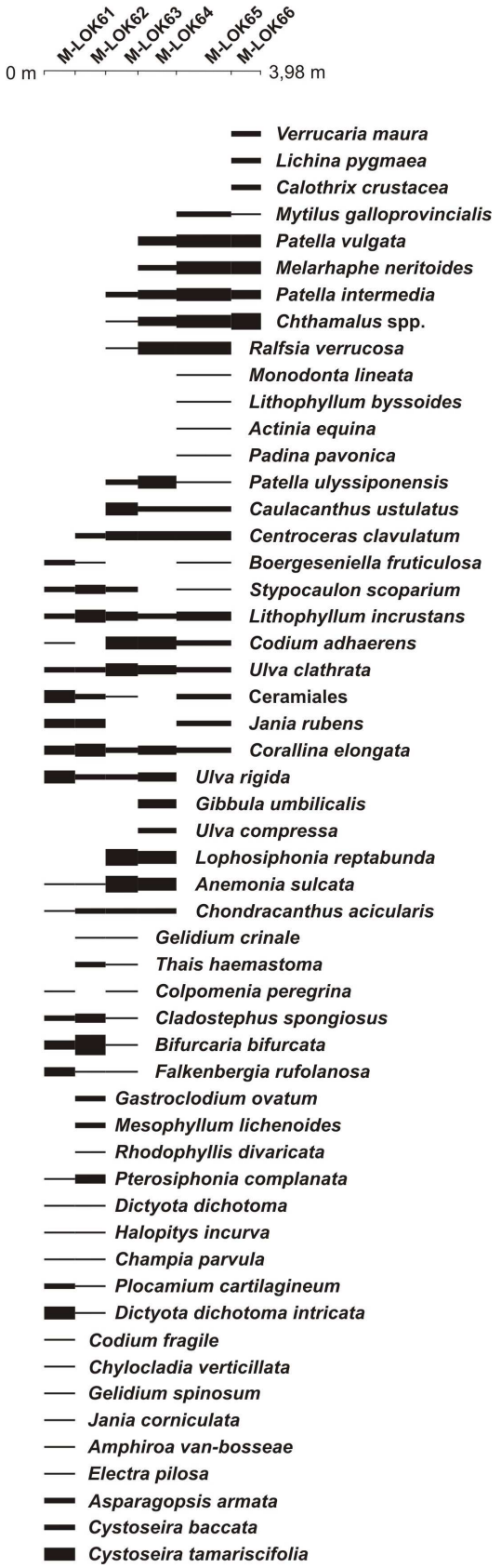


Figura 426 Distribución vertical de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LOK6.

Franja infralitoral (M-LOK61 y 62)

Esta primera zona se sitúa entre 0 m y 1,41 m de altura, al pie de un gran bloque inclinado. El fondo está constituido en su mayor parte por arena, de la cual surgen algunas piedras tapizadas de algas.

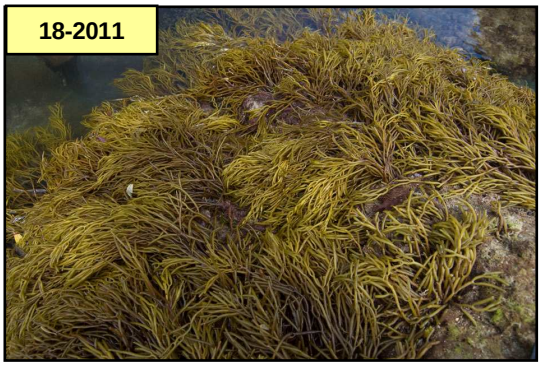
En 2008 se establecieron dos zonas distintas. La primera, dominada por *F. rufolanosa* y *U. rigida*, y la segunda por *Cystoseira tamariscifolia*. En 2011 se aprecia una distribución más regular de dichas especies, lo que lleva a reunirlas en una única zona.

Las algas más representativas son las feofíceas *C. tamariscifolia* y *Dictyota dichotoma intrincata* (epífita de *C. tamariscifolia*), la clorofícea laminar *U. rigida* y diversas rodofíceas del Orden Ceramiales. No existe zonación clara, sino que las algas crecen diseminadas, sin formar cinturones definidos. Como en 2008, entremezcalas con los granos de arena y sobre otras algas, abundan bolas de consistencia algodonosa constituidas por formas filamentosas y de pequeño porte. La mayoría pertenecen al Orden Ceramiales. Su análisis posterior en laboratorio, permite la identificación de especies de las familias Rhodomelaceae, Ceramiaceae y Dasyaceae. Además, se distinguen matas de *Bifurcaria bifurcata*, *Cystoseira baccata*, *G. spinosum*, *C. spongiosus*, *Asparagopsis armata*, *Stypocaulon scoparium*, *Halopithys incurva* y *Codium fragile*. También son relativamente abundantes *F. rufolanosa* (epífita de *Cystoseira* sp. y de *C. elongata*), *J. rubens* (tanto epilítica como epífita) y *C. elongata* (todas ellas con alrededor del 5%) (Foto 17-2011).



La fauna se limita, como en 2008, a la presencia ocasional de alguna anémona de la especie *A. sulcata* y a colonias dispersas del briozoo *E. pilosa* sobre las ramas de un ejemplar *G. spinosum*.

La segunda zona de la franja infralitoral se extiende hasta los 1,09 m de altura. El difuso horizonte anterior deja paso a uno de *B. bifurcata* más compacto y mejor delimitado. Las coberturas de esta alga (90%) superan a las registradas en 2008 (Foto 18-2011). A pesar de dar la impresión de un horizonte monoespecífico, en los escasos resquicios desprovistos de *B. bifurcata*, y en especial bajo sus ramas, se encuentra una gran variedad de especies (Foto 19-2011).





La fauna está representada por escasos ejemplares del cnidario *A. sulcata* y el molusco *Stramonita haemastoma*.

Zona mediolitoral inferior (M-LOK63)

La transicción de la franja infralitoral al mediolitoral inferior viene marcada por la ausencia de algas de elevado porte.

Sobre la superficie inclinada de la piedra, el cinturón de *B. bifurcata* da paso a otro formado por *Lophosiphonia reptabunda* (40-50%), *Ulva clathrata* (10-15%) y *Codium adhaerens* (Foto 20-2011). Las coberturas de la clorofícea *U. clathrata* disminuyen sensiblemente respecto a 2008 (20-30%), aunque localmente puede ser abundante (Foto 21-2011). Las zonas donde las coberturas de *U. clathrata* disminuyen, son aprovechadas por *C. adhaerens* (15-20%), especie que delimita un cinturón en el tramo superior de esta zona (Foto 22-2011). Además de las de las tres anteriores, también han sido significativas las coberturas alcanzadas por las algas rojas *C. ustulatus* (5-10%), *C. clavulatum* y *L. incrustans* (estas dos últimas con alrededor del 5%). La rodofícea *Gelidium crinale*, muy abundante en 2008 (5-10%), prácticamente desaparece en 2011.



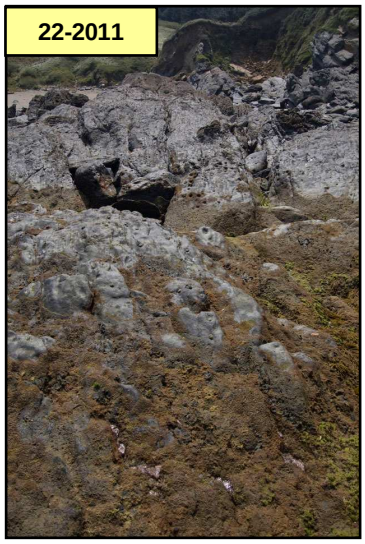


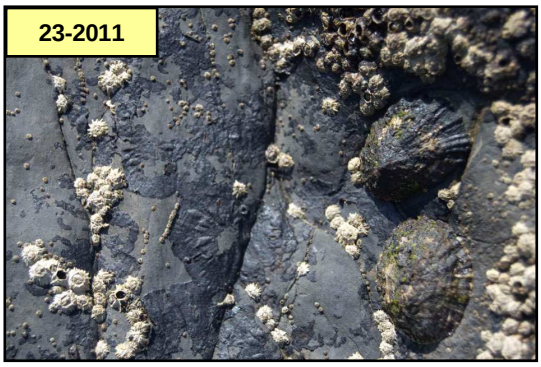
La fauna en esta tercera zona es más abundante que la registrada en las dos anteriores. De las cinco especies identificadas, destacan sobre el resto, las poblaciones de la anémona A. sulcata (30-40 ind·m-2), localmente muy abundantes.

Zona mediolitoral media (M-LOK64 y 65)

En el mediolitoral medio las comunidades vegetales no están tan desarrolladas. No cubren la totalidad del sustrato y se observan amplias superficies desnudas.

La zona M-LOK64 sigue al horizonte formado por *L. reptabunda, C. adhaerens* y *U. clathrata* (Foto 22-2011). El relieve es más accidentado que el de niveles inferiores, con subidas y bajadas. Las comunidades se distribuyen de manera más confusa, sin dominancias claras. En las zonas donde el agua queda retenida por un prolongado periodo, se observan coberturas importantes de las algas *C. elongata*, *L. reptabunda*, *C. clavulatum*, *U. clathrata*, *C. ustulatus, Chondracanthus acicularis* y *L. incrustans*. En piedras sueltas de la parte inferior aparecen poblaciones más o menos desarolladas de *U. rigida* y *Ulva compressa*. En las crestas y áreas adyacentes, *C. adhaerens* es es la especie más abundante; mientras que en las superficies desnudas la únicúnica especie algal visible es *R. verrucosa* (Foto 23-2011).





La fauna varía ligeramente respecto a la zona anterior; mostrándose algo más rica en especies. Las lapas *P. ulyssiponensis* (20-35 ind·m^{-2}), *P. intermedia* (5-10 ind·m^{-2}) y *P. vulgata* (1-5 ind·m^{-2}), la anémona *A. sulcata* (5-10 ind·m^{-2}), el cirripedo *Chthamalus* sp. (100-1.000 ind·m^{-2}), y los bígaros *M. neritoides* (25-50 ind·m^{-2}) y *G. umbilicalis* son las especies identificadas.

A continuación, y marcando la frontera con el mediolitoral superior, se distingue una zona más escarpada, con fisuras y grietas que facilitan el desarrollo de especies. Esta zona representa el límite inferior del cinturón de *Chthamalus* sp. (5.000-10.000 ind·m^{-2}). Las manchas del alga parda incrustante *R. verrucosa* cubren amplias superficies expuestas (10-15%), y las matas de *C. ustulatus* (en grietas y sobre mejillones), *C. adhaerens* y *L. byssoides* lo hacen en menor medida. Entre las fisuras, recovecos y pequeñas cubetas se identifica un buen número de algas, algunas más propias de niveles mareales inferiores. También se encuentran especies animales, como *M. galloprovincialis*, *M. neritoides*, *G. umbilicalis*, *M. lineata* y *Actinia equina* (Foto 24-2011).



Además de la fauna presente en las zonas menos expuestas al sol directo, compartiendo espacio con *Chthamalus* sp., se encuentran sobre la piedra desnuda los moluscos *M. neritoides* (20-100 ind·m^{-2}), *P. intermedia* (20-30 ind·m^{-2}), *P. vulgata* (25-30 ind·m^{-2}) y *P. ulyssiponensis*.

Zona mediolitoral superior (M-LOK66)

Esta última zona del transecto se localiza entre los 3,36 m y 3,98 m de altura sobre el nivel 0 de marea. La diversidad biológica va disminuyendo gradualmente, siendo la especie más abundante *Chthamalus* sp. (10.000-30.000 ind·m^{-2}), cirrípedo que supera incluso las coberturas de las zonas anteriores. A continuación, y con valores desiguales, se identifican *M. neritoides* (1.000-5.000 ind·m^{-2}), *P. vulgata* (30-40 ind·m^{-2}) y *P. intermedia* (1-5 ind·m^{-2}) y el mejillón *M. galloprovincialis* (en grietas).

En cuanto a la flora, lo más reseñable, como en 2008, son las matas del liquen *L. pygmaea* y de la cianobacteria *Calothrix crustacea* (Foto 25-2011).



TRANSECTO M-LL1

El primer transecto de Lekeitio se localiza en una barra rocosa situada en la parte oriental de la Isla de San Nicolás, en las coordenadas 54085-48018. Discurre por una serie de bloques de mediano tamaño desperdigados en la base del islote. La longitud del transecto es de 34,58 m, con una altura de 5,54 m y 330º NW de orientación (Foto 26-2011).



Las especies que caracterizan el transecto continúan siendo más o menos las mismas que lo hacen desde 2002. Sin embargo, sus proporciones relativas han cambiado. En 2011 llama la atención la cantidad de arena depositada a lo largo de muchas piedras del transecto. También se aprecia una reducción en el desarrollo de las coberturas vegetales en las zonas M-LL12 y M-LL13. De menor a mayor altura respecto al nivel mareal se distinguen las siguientes facies o comunidades:

- M-LL11: *Bifurcaria bifurcata*
- M-LL12: *Corallina elongata* - *Sphacelaria* sp.
- M-LL13: *Sphacelaria* sp. - *Ulva* sp.
- M-LL14: *Chthamalus* sp.
- M-LL15: *Chthamalus* sp. - *Lichina pygmaea*
- M-LL16: *Verrucaria maura*

En la Tabla 332 se indican los valores de los índices de cobertura específica del estudio semicuantitativo, valores que han sido utilizados para la representación de las gráficas de la Figura 427 y de la Figura 428.

	M-LL1					
ZONAS	M-LL11	M-LL12	M-LL13	M-LL14	M-LL15	M-LL16
Longitud (m)	0-14,40	14,40-19,60	19,60-31,70	31,70-32,48	32,48-33,18	33,18-34,58
Altura (m)	0-1,30	1,30-2,00	2,00-2,60	2,60-3,64	3,64-4,61	4,61-5,54
Verrucaria maura	---	---	---	---	---	4
Chthamalus sp.	---	---	---	3	4	3
Melarhaphe neritoides	---	---	---	3	4	3
Patella rustica	---	---	---	---	1	---
Mytilus galloprovincialis	---	---	---	---	1	---
Lichina pygmaea	---	---	---	2	4	---
Catenella caespitosa	---	---	---	1	3	---
Patella vulgata	---	---	3	3	3	---
Patella intermedia	---	2	2	4	3	---
Lithophyllum byssoides	---	---	---	2	---	---
Hildenbrandia rubra	---	---	---	1	---	---
Blidingia minima	---	---	---	1	---	---
Gelidium pusillum	---	---	3	2	---	---
Codium adhaerens	---	2	3	1	---	---
Ralfsia verrucosa	---	4	4	4	---	---
Lithophyllum incrustans	4	2	---	1	---	---
Gibbula umbilicalis	2	2	---	3	---	---
Corallina sp.	4	4	1	2	---	---
Ulva compressa	---	---	4	---	---	---
Scinaia furcellata	---	---	1	---	---	---
Caulacanthus ustulatus	---	2	4	---	---	---
Patella ulyssiponensis	---	3	3	---	---	---
Sphacelaria sp.	---	4	4	---	---	---
Ulva clathrata	---	4	3	---	---	---
Cladostephus spongiosus	2	1	1	---	---	---
Ulva rigida	2	2	2	---	---	---
Ceramiales	3	3	2	---	---	---
Anemonia sulcata	4	2	1	---	---	---
Boergeseniella thuyoides	---	2	---	---	---	---
Cangrejos ermitaños	+	+	---	---	---	---
Asparagopsis armata	1	1	---	---	---	---
Stypocaulon scoparium	2	3	---	---	---	---
Dictyota dichotoma	2	1	---	---	---	---
Falkenbergia rufolanosa	3	1	---	---	---	---
Colpomenia peregrina	2	2	---	---	---	---
Bifurcaria bifurcata	5	3	---	---	---	---
Cladophora sp.	1	---	---	---	---	---
Chondracanthus teedei	1	---	---	---	---	---
Gymnogongrus crenulatus	1	---	---	---	---	---
Gigartina pistillata	1	---	---	---	---	---
Codium fragile	1	---	---	---	---	---
Cystoseira tamariscifolia	1	---	---	---	---	---
Plocamium cartilagineum	2	---	---	---	---	---
Chondria coerulescens	2	---	---	---	---	---
Bonnemaisonia hamifera	2	---	---	---	---	---
Cryptopleura ramosa	2	---	---	---	---	---
Chondracanthus acicularis	2	---	---	---	---	---
Jania rubens	3	---	---	---	---	---
Mesophyllum lichenoides	3	---	---	---	---	---
Gelidium spinosum	3	---	---	---	---	---
Gelidium corneum	3	---	---	---	---	---
Pterocladiella capillacea	4	---	---	---	---	---

Tabla 332 Índices de cobertura de las especies más representativas del transecto M-LL1, muestreado el 19 de abril de 2011 (para metodología, ver Tomo 1).



Figura 427 Distribución horizontal de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LL1

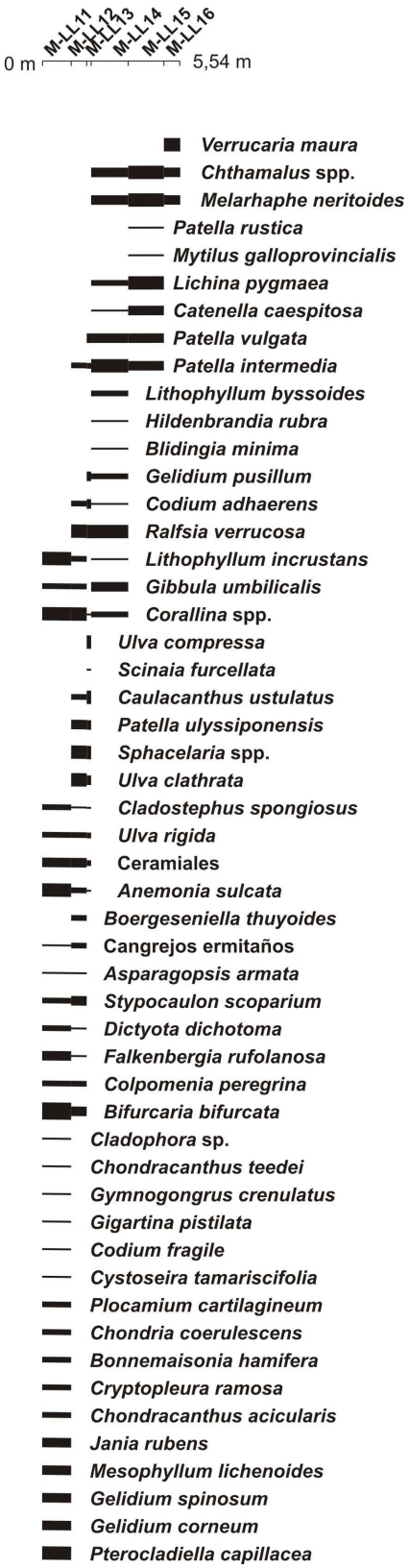


Figura 428 Distribución vertical de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LL1.

Franja infralitoral (M-LL11)

Esta zona, que abarca la totalidad de la franja infralitoral y parte de la zona mediolitoral inferior, presenta una altura con respecto al nivel 0 de marea de 1,30 m extendiéndose a lo largo de 14,40 m.Las comunidades biológicas no presentan cambios apreciables respecto a 2002, 2005 y 2008. La especie que caracteriza la zona continúa siendo el alga parda *B. bifurcata*, alga perenne que puede alcanzar 0,45 m de longitud y que es localmente abundante en medios semiprotegidos (Foto 27-2011). La presente campaña de 2011 se le estima una cobertura similar a la de años anteriores (50-60%). Como ya se comentó en el informe correspondiente a la campaña de 2008, ocultas por las matas de *B. bifurcata*, crece una multitud de algas de pequeño y mediano porte que ocupan tanto la parte superior como, sobre todo, los laterales de los bloques. La especie más conspicua es *L. incrustans*, rodofícea calcárea que recubre gran parte de la piedra donde se asienta el cinturón de *B. bifurcata* (Foto 28-2011).



En esta zona del infralitoral se confirma la elevada diversidad corológica observada en las tres campañas anteriores. Entre los pasillos que dejan los bloques rocosos cubiertos de *B. bifurcata* se identifican (con alguna excepción) las mismas especies que entonces. De todas ellas, la más destacada es *J. rubens*, alga que alcanza coberturas cercanas al 5% (Foto 29-2011).



En cuanto a la fauna, a diferencia de las algas, no es muy diversa. Entre las especies mejor representadas, todas ellas registradas en las tres campañas previas, destacan el antozoo *A. sulcata* (poblaciones de 5 ind·m^{-2} dispersas por todo el área), el cangrejo ermitaño *Clibanarius erythropus* (localmente abundante) y el molusco *G. umbilicalis*. Como única diferencia, destaca la ausencia en 2011 de la anémona *Actinia fragacea*.

Zona mediolitoral (M-LL12 y 13)

La zona M-LL12 se localiza en la frontera entre el mediolitoral inferior y el medio, a una altura de 1,30-2 m sobre el nivel del mar. Su longitud es de 5,20 m.

El paso de la franja infralitoral al nivel mediolitoral viene marcado por la desaparición del compacto cinturón de *B. bifurcata* (Foto 30-2011). Aunque las especies que definen el nivel coinciden en gran parte con lo observado en 2002, 2005 y 2008, se detectan cambios importantes en cuanto a sus abundancias, con una disminución de las coberturas generales.



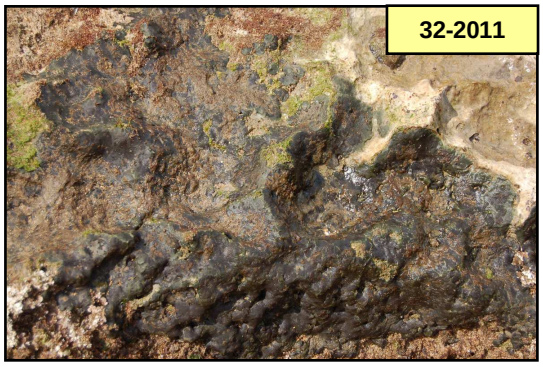
Las algas que dominaban en 2008 experimentan un descenso muy acusado de sus poblaciones. Así, la suma de las pardas *Sphacelaria pennata* y *Sphacelaria cirrosa* (actualmente se consideran sinónimos) pasa de 30-60% en 2008 a 15-20% en 2011. La cobertura del alga verde *U. clathrata* desciende de un 25-35% a un 5-10%.

Por el contrario otras especies incrementan sus coberturas notablemente. *S. scoparium*, que sufrió en 2008 un descenso en sus coberturas, recupera la cobertura de 2005 (alrededor del 5%). Por su parte, *C. elongata* continúa incrementando sus poblaciones, hasta erigirse en la especie más abundante en 2011 (15-25% de cobertura), superando los valores de otras campañas.

El tramo medio posterior del nivel mediolitoral medio, correspondiente a la zona M-LL13, tiene una longitud de 12,10 m y se localiza entre los 2 m y 2,60 m.

Aunque desde el punto de vista biológico repiten muchas de las especies de la zona anterior, se aprecian diferencias. La más evidente es la disminución de la cobertura vegetal (Foto 31-2011), ocupando las algas los bordes y laterales de los bloques preferentemente (muchas de las caras superiores de las piedras presentan amplias superficies desnudas). Las más abundantes son *Sphacelaria* sp. (15-20%), *U. clathrata*, *U. compressa* (10% de cobertura conjunta, aproximadamente) y *G. pusillum*, *C.ustulatus* y *R. verrucosa* (5%). A diferencia de 2008, se aprecia una disminución de *G. pusillum* (30-40% en 2008) y de *U. clathrata* (35% en 2008). Por otro lado, se observan incrementos de *C. ustulatus*, *U. compressa*, *R. verrucosa* y *C. adhaerens* (localmente abundantes en las superficies más desnudas de las rocas) (Foto 32-2011). El resto muestran escaso desarrollo, estando representadas sólo por alguna mata o fronde disperso.



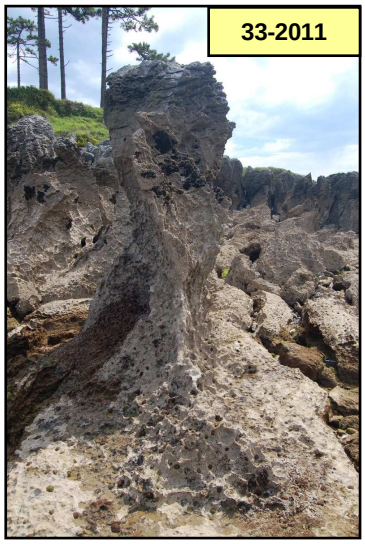


La fauna, la misma que la observada en 2008, se limita a poblaciones discretas de las lapas *P. vulgata*, *P. ulyssiponensis* y *P. intermedia*, y la anémona *A. sulcata*.

Zona mediolitoral superior (M-LL14)

La zona M-LL14 discurre en su mayor parte por el mediolitoral superior (los primeros centímetros se localizan en el mediolitoral medio). Se encuentra a 2,60-3,64 m de altura y su longitud es mucho menor que el de la zona anterior (0,78 m). Se trata de una roca de gran tamaño con una inclinación de casi 75º (Foto 33-2011).

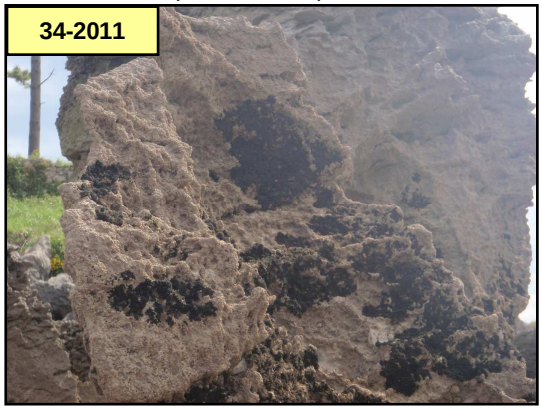
Esta zona constituye el comienzo del cinturón de *Chthamalus* sp. La flora es menos diversa que en las tres zonas inferiores, pero más que en 2008, siendo *R. verrucosa* la mejor representada (5-10%). Además de las algas, se observan también pequeñas manchas espaciadas del liquen *L. pygmaea*, ausentes en 2005, pero presentes en 2002 y 2008.



La fauna está representada, sobre todo, por el cinturón que del cirrípedo *Chthamalus* sp., si bien sus densidades en 2011 (500-1.000 ind·m^{-2}) son inferiores a las de 2008. Le acompañan el gasterópodo *M. neritoides* (100–500 ind·m^{-2}), las lapas *P. vulgata* (5-10 ind·m^{-2}) y *P. intermedia* (1-5 ind·m^{-2}), y el bígaro *G. umbilicalis*.

Franja supralitoral (M-LL15)

Esta zona se localiza en la misma piedra, pero en la franja supralitoral, a de 3,64-4,61 m de altura respecto al nivel 0 de marea. Presenta características similares a las de 2008. El liquen *L. pygmaea* forma un cinturón definido y el alga *Catenella caespitosa* presentan coberturas significativas, mientras que *R. verrucosa* apenas se encuentra representada. La fauna también repite más o menos la situación de hace tres años. Se observa alguna reducción en los ejemplares de *P. intermedia* y *P. rustica,* pero los cirrípedos *Chthamalus* sp. y los moluscos *M neritoides*, *P. vulgata* y *M. galloprovincialis* mantienen los mismos valores (Foto 34-2011).



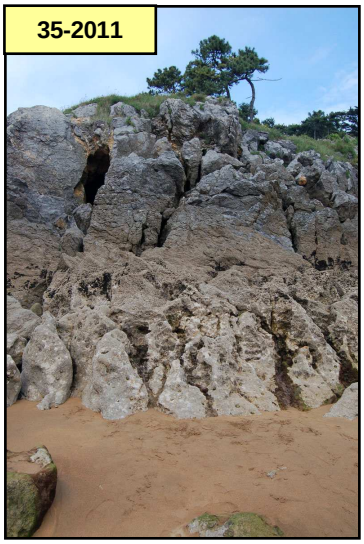
Zona supralitoral (M-LL16)

Esta última zona alcanza 5,54 m de altura sobre el nivel 0 de marea y presenta una situación similar a la de 2002, 2005 y 2008. El liquen *L. pygmaea* desaparece por completo, ocupando su lugar el otro liquen negro *V. maura*, con un recubrimiento aproximado de 20-25%. Las dos únicas especies de fauna identificadas corresponden al cirrípedo *Chthamalus sp.* y al molusco *M. neritoides*, ambas con densidades notablemente inferiores a las de las dos zonas precedentes.

TRANSECTO M-LL2

Este transecto también se localiza en la Isla de San Nicolás, aunque en el lado opuesto de la misma, frente a la playa de Karraspio, en las coordenadas 54095-48017 (Figura 421).

El terreno por donde discurre forma parte de una de las laderas del islote, algo cuarteada, con una inclinación aproximada de 35º respecto a la horizontal. La principal característica de esta zona es la baja diversidad biológica, motivada entre otros factores por el efecto erosivo del sedimento arenoso del entorno (Foto 35-2011). La longitud del transecto es de 6,98 m, con 6,47 m de altura y una orientación de 150º SE.



Desde el punto de vista biológico se distinguen cinco zonas, asimilables a las siguientes facies:

- M-LL21: *Patella* sp. - *Gelidium pusillum*
- M-LL22: *Chthamalus* sp. - *Ralfsia verrucosa*
- M-LL23: *Chthamalus* sp. - *Lichina pygmaea*
- M-LL24: *Chthamalus* sp.
- M-LL25: *Melarhaphe neritoides*

En la Tabla 333 se indican los valores de los índices de cobertura específica del estudio semicuantitativo, valores que han sido utilizados para la representación gráfica de la Figura 429 y de la Figura 430.

	M-LL2				
ZONAS	M-LL21	M-LL22	M-LL23	M-LL24	M-LL25
Longitud (m)	0-0,91	0,91-1,55	1,55-3,25	3,25-4,89	4,89-6,39
Altura (m)	1,95-3,00	3,00-3,75	3,75-4,45	4,45-5,17	5,17-6,47
Verrucaria maura	---	---	---	---	1
Melarhaphe neritoides	2	3	4	6	5
Chthamalus sp.	3	5	6	6	1
Lichina pygmaea	---	2	4	---	---
Lithophyllum incrustans	2	1	---	---	---
Mytilus galloprovincialis	3	1	---	---	---
Ralfsia verrucosa	3	3	---	---	---
Patella intermedia	4	2	---	---	---
Caulacanthus ustulatus	1	---	---	---	---
Corallina elongata	1	---	---	---	---
Crassostrea gigas	2	---	---	---	---
Patella ulyssiponensis	2	---	---	---	---
Polysiphonia macrocarpa	2	---	---	---	---
Patella vulgata	3	---	---	---	---
Ulva compressa	3	---	---	---	---
Gelidium pusillum	3	---	---	---	---

Tabla 333 Índices de cobertura de las especies más representativas del transecto M-LL2, muestreado el 19 de abril de 2011 (para metodología, ver Tomo 1).

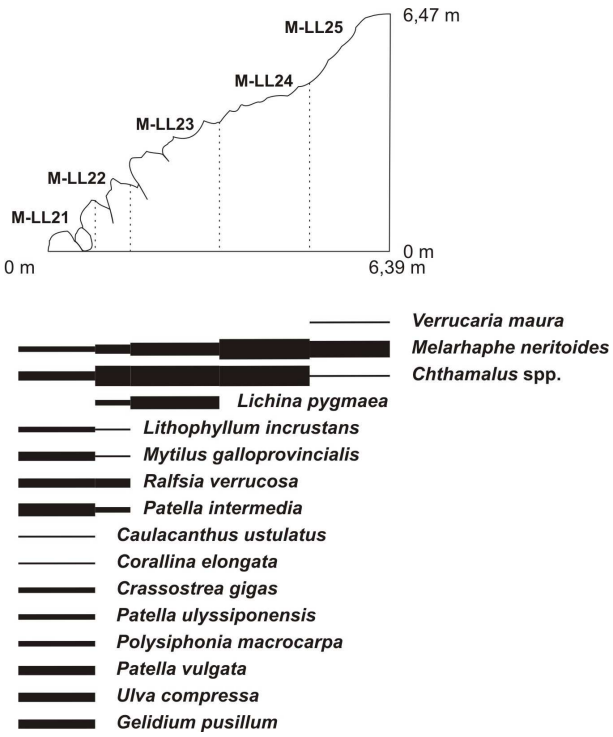


Figura 429 Distribución horizontal de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LL2.

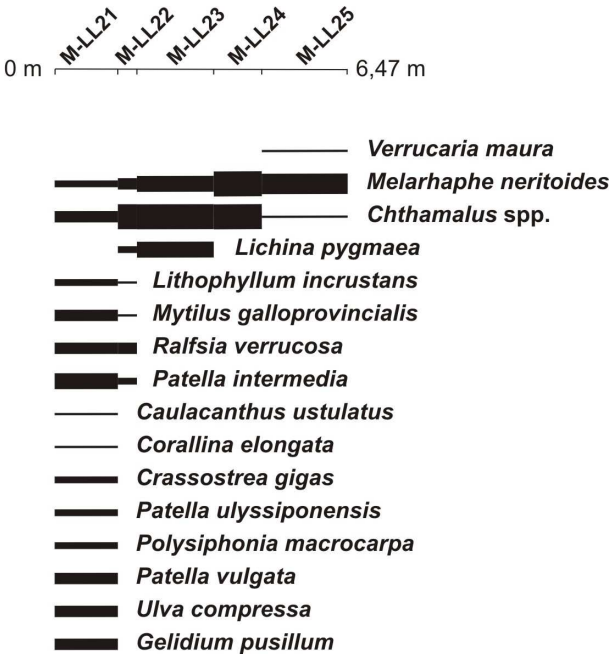
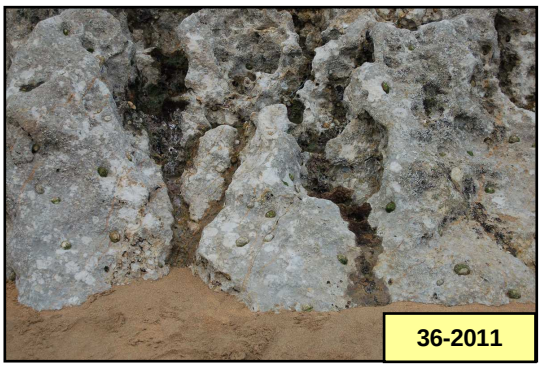


Figura 430 Distribución vertical de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LL2.

Zona mediolitoral media (M-LL21)

En el nivel mediolitoral medio, y a una altura aproximada de 2,09-3 m sobre el nivel 0 de marea se sitúa esta zona, de aproximadamente 1 m de longitud. En 2011 el nivel de la arena en dicha zona sube unos 0,40 m respecto a las tres campañas previas. Por ello, un tercio de la zona queda sepultada. A pesar de ello, las poblaciones no experimentan cambios significativos respecto a las de 2002, 2005 y 2008. Se trata de una zona castigada por la remoción de la arena circundante, por lo que la diversidad y recubrimiento biológico no alcanza valores muy elevados (Foto 36-2011).



Las especies de algas que colonizan esta zona son escasas y, la mayoría de ellas, quedan restringidas a las fisuras, grietas y recovecos de las rocas (Foto 37-2011). En función del grado de recubrimiento, se identifican *G. pusillum* (con un 5-10% de cobertura forma un césped firmemente adherido al sustrato del que apenas sobresale 0,5 cm), *R. verrucosa*, *U. compressa* (fijada a la concha de las lapas), *L. incrustans* (en los fondos de pequeñas pozas), *Polysiphonia macrocarpa*, *C. ustulatus* (en grietas) y, finalmente, *C. elongata* (en zonas de escorrentía).



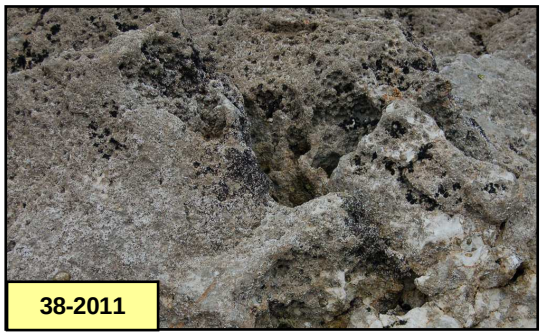
Como las algas, la fauna de este tipo de medios sujetos a la erosión de la arena, también es pobre. El *taxon* más abundante es *Chthamalus* (500-1.000 ind·m^{-2}), sobre todo en el tramo alto de la zona. Sin embargo, aunque menos abundantes, la fauna más característica la constituyen las lapas *P. intermedia* (20-30 ind·m^{-2}), *P. vulgata* (10 ind·m^{-2}) y *P. ulyssiponensis* (3-5 ind·m^{-2}).

Zona mediolitoral superior (M-LL22)

Esta zona, de 0,64 m de longitud, se halla a una altura comprendida entre los 3,00 m y los 3,75 m sobre el

nivel 0 del mar. El número de especies es inferior al observado en la zona anterior (7, frente a 14). La comunidad biológica no muestra cambios significativos respecto a las visitas de 2002, 2005 y 2008.

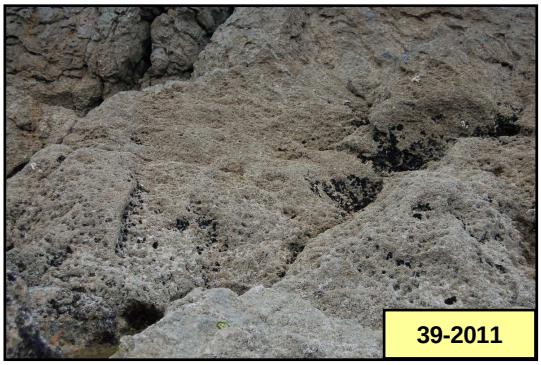
Sobre las superficies más expuestas, el único alga observada es *R. verrucosa*, que aparece en forma de pequeñas manchas dispersas, ocupando una superficie de 1-5% del sustrato rocoso. En un nivel superior aparece alguna pequeña mancha del liquen halófito *L. pygmaea,* aunque en menor proporción que en 2008 (Foto 38-2011). Las mayores coberturas biológicas corresponden al cinturón que forma el cirrípedo *Chthamalus* sp. Las poblaciones de este crustáceo parecen estables y se encuentran muy desarrolladas, estimándose unas densidades de más de 10.000 ind·m^{-2}, con coberturas próximas al 50-70%. Compartiendo espacio con *Chthamalus* sp., se observan individuos de *M. neritoides* (50.000-100.000 ind·m^{-2}), algunos de ellos en los caparazones vacíos de dicho cirrípedo y otros fijados al sustrato en las grietas presentes en el terreno.



La presencia de pequeñas cubetas y pozas en las oquedades de las rocas, contribuye a enriquecer las comunidades biológicas. En estos ambientes aparecen pequeñas piñas de mejillones, de lapas de la especie *P. intermedia* y recubrimientos variables del alga *L. incrustans*, tal y como se describía en el informe correspondiente a la pasada campaña de 2008.

Franja supralitoral (M-LL23)

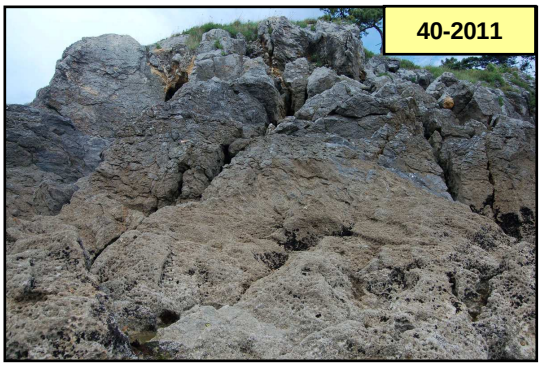
En la franja supralitoral, a una altura de 3,75-4,45 m, se distingue esta zona caracterizada por el horizonte compacto que forman el cirrípedo *Chthamalus* sp. (30.000-50.000 ind·m^{-2}) y, en menor medida, el liquen *L. pygmaea*, que ocupa amplias manchas espaciadas por toda la zona (Foto 39-2011). Esta zona no cambia respecto a 2002, 2005 y 2008, y, como entonces, no se observan algas. Además, la fauna es poco diversa y se reduce a la presencia de ejemplares de *Chthamalus* sp. (80-90% de cobertura) y del gasterópodo *M. neritoides*.



Zona supralitoral (M-LL24 y 25)

En la zona supralitoral, y a una altura de 4,45-5,17 m, se distingue una cuarta zona de 1,64 m de longitud. Como en la zona M-LL23, el horizonte de *Chthamalus* sp. estructura el nivel. Las diferencias observadas son las mismas que en las campañas previas y se resumen en la desaparición de *L. pygmaea* y el incremento de las poblaciones de *M. neritoides* (Foto 40-2011).

La última zona discurre entre los 5,17 m y los 6,47 m sobre el nivel 0, y tampoco muestra diferencias notables respecto a las campañas previas. La cobertura biológica disminuye respecto a M-LL24, siendo lo más destacable la presencia de alguna mancha de *V. maura* y la práctica desaparición de *Chthamalus* sp., salvo en grietas y fisuras, donde su número aumenta localmente. En menor proporción, se ven reducidas también las poblaciones del bígaro *M. neritoides* (10.000-30.000 ind·m^{-2}, frente a 30.000-50.000 ind·m^{-2} en M-LL24).



TRANSECTO M-LL3

El último transecto analizado en Lekeitio, se localiza en la margen derecha de la playa de Karraspio, en las coordenadas 54134-48014 (Figura 421). Discurre a lo largo de una serie de estratos subhorizontales más o menos paralelos a la línea de costa. Su longitud total es de 21,15 m y la altura máxima, de 6,95 m sobre el nivel 0 de marea. La orientación del transecto es de 268º SW.

Los patrones en la distribución de las comunidades faunísticas y corológicas permiten diferenciar ocho zonas asimilables a las siguientes facies o biocenosis:

- M-LL31: *Gelidium corneum* - *Corallina elongata* - Stypocaulon scoparium
- M-LL32: *Corallina elongata* - *Lithophyllum incrustans* - *Ceramium* sp.
- M-LL33: *Corallina elongata* - *Lithophyllum incrustans* - *Patella* sp.
- M-LL34: *Chthamalus* sp. - *Patella* sp.
- M-LL35: *Chthamalus* sp.
- M-LL36: *Chthamalus* sp. - *Lichina pygmaea*
- M-LL37: *Chthamalus* sp. - *Patella* sp.
- M-LL38: *Verrucaria maura* - *Melarhaphe neritoides*

En la Tabla 334 se indican los valores de los índices de cobertura específica del estudio semicuantitativo, valores que se utilizan para la representación gráfica de la Figura 431 y de la Figura 432.

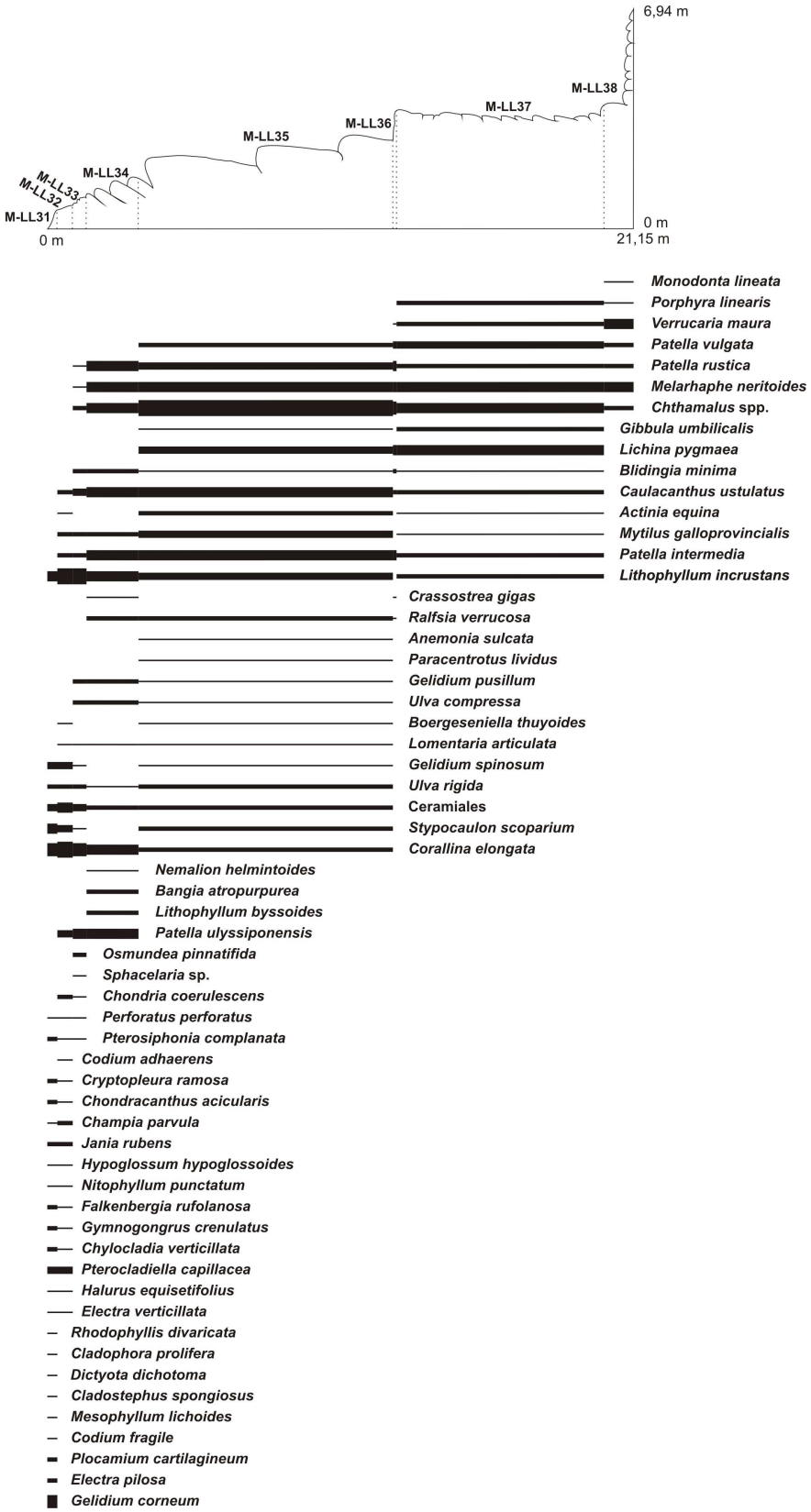


Figura 431 Distribución horizontal de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LL3.

M-LL3								
ZONAS	M-LL31	M-LL32	M-LL33	M-LL34	M-LL35	M-LL36	M-LL37	M-LL38
Longitud (m)	0-0,35	0,35-0,91	0,91-1,40	1,40-3,30	3,30-12,55	12,55-12,75	12,75-20,35	20,35-21,15
Altura (m)	0,34-0,74	0,74-1,13	1,13-1,57	1,57-2,25	2,25-3,63	3,63-4,64	4,64-4,95	4,95-6,94
Monodonta lineata	---	---	---	---	---	---	---	1
Porphyra linearis	---	---	---	---	---	---	2	1
Verrucaria maura	---	---	---	---	---	1	2	4
Patella vulgata	---	---	---	---	2	3	3	2
Patella rustica	---	---	---	---	3	4	2	2
Melarhaphe neritoides	---	---	1	4	4	4	4	4
Chthamalus sp.	---	---	2	4	6	5	4	2
Gibbula umbilicalis	---	---	---	---	1	---	2	---
Lichina pygmaea	---	---	---	---	3	4	4	---
Blidingia minima	---	---	2	2	1	2	1	---
Caulacanthus ustulatus	---	---	4	3	1	---	1	---
Actinia equina	---	1	---	---	2	---	1	---
Mytilus galloprovincialis	---	2	2	2	3	---	1	---
Patella intermedia	---	2	2	4	4	4	2	---
Lithophyllum incrustans	4	6	6	4	3	---	2	---
Crassostrea gigas	---	---	---	1	---	1	---	---
Ralfsia verrucosa	---	---	---	2	2	1	---	---
Anemonia sulcata	---	---	---	---	1	---	---	---
Paracentrotus lividus	---	---	---	---	1	---	---	---
Gelidium pusillum	---	---	2	2	1	---	---	---
Ulva compressa	---	---	2	2	1	---	---	---
Boergeseniella thuyoides	---	1	---	---	1	---	---	---
Lomentaria articulata	---	1	1	1	1	---	---	---
Gelidium spinosum	3	3	1	---	1	---	---	---
Ulva rigida	2	2	2	1	2	---	---	---
Ceramiales	3	4	3	2	2	---	---	---
Stypocaulon scoparium	4	3	1	---	2	---	---	---
Corallina elongata	5	6	5	4	2	---	---	---
Nemalion helminthoides	---	---	---	1	---	---	---	---
Bangia atropurpurea	---	---	---	2	---	---	---	---
Lithophyllum byssoides	---	---	---	2	---	---	---	---
Patella ulyssiponensis	---	3	4	4	---	---	---	---
Osmundea pinnatifida	---	---	2	---	---	---	---	---
Sphacelaria sp.	---	---	1	---	---	---	---	---
Chondria coerulescens	---	2	1	---	---	---	---	---
Balanus perforatus	1	1	1	---	---	---	---	---
Pterosiphonia complanata	2	1	1	---	---	---	---	---
Codium adhaerens	---	1	---	---	---	---	---	---
Cryptopleura ramosa	2	1	---	---	---	---	---	---

M-LL3								
ZONAS	M-LL31	M-LL32	M-LL33	M-LL34	M-LL35	M-LL36	M-LL37	M-LL38
Chondracanthus acicularis	2	1	---	---	---	---	---	---
Champia parvula	1	2	---	---	---	---	---	---
Jania rubens	2	2	---	---	---	---	---	---
Hypoglossum hypoglossoides	1	1	---	---	---	---	---	---
Nitophyllum punctatum	1	1	---	---	---	---	---	---
Falkenbergia rufolanosa	2	1	---	---	---	---	---	---
Gymnogongrus crenulatus	2	1	---	---	---	---	---	---
Chylocladia verticillata	2	1	---	---	---	---	---	---
Pterocladiella capillacea	3	3	---	---	---	---	---	---
Halurus equisetifolius	1	1	---	---	---	---	---	---
Electra verticillata	1	1	---	---	---	---	---	---
Rhodophyllis divaricata	1	---	---	---	---	---	---	---
Cladophora prolifera	1	---	---	---	---	---	---	---
Dictyota dichotoma	1	---	---	---	---	---	---	---
Cladostephus spongiosus	1	---	---	---	---	---	---	---
Mesophyllum lichenoides	1	---	---	---	---	---	---	---
Codium fragile	1	---	---	---	---	---	---	---
Plocamium cartilagineum	2	---	---	---	---	---	---	---
Electra pilosa	2	---	---	---	---	---	---	---
Gelidium corneum	5	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 334 Índices de cobertura de las especies más representativas del transecto M-LL3, muestreado el 19 de abril de 2011 (para metodología, ver Tomo 1).

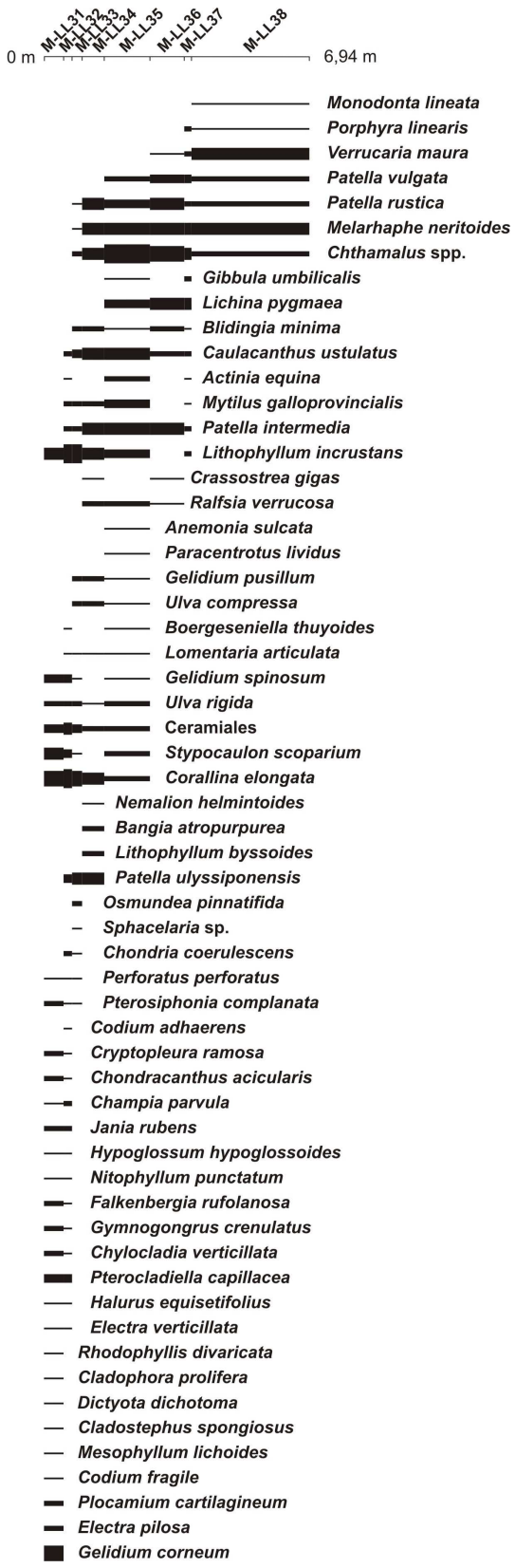
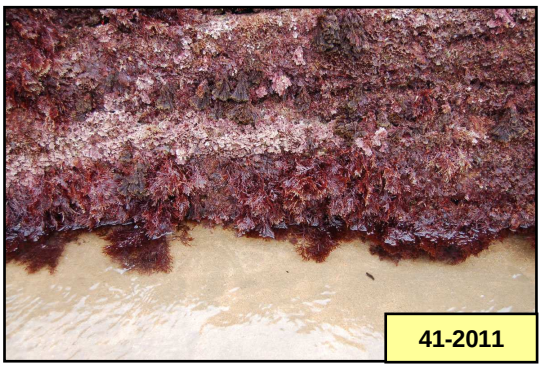


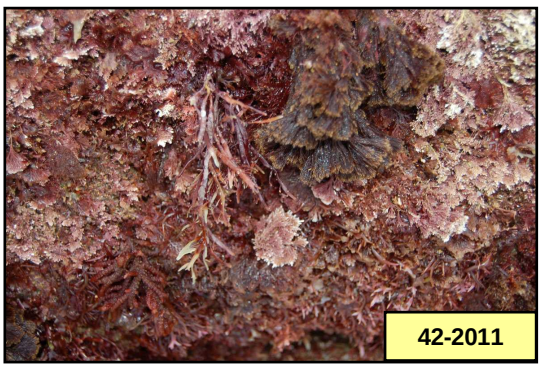
Figura 432 Distribución vertical de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LL3.

Franja infralitoral (M-LL31)

La primera zona que pertenece a la franja infralitoral, de 0,35 m de longitud, se sitúa a una altura comprendida entre 0,34 m y 0,74 m. El grado de inclinación es acusado (75º) y la cobertura biológica es prácticamente del 100%.

En comparación con el resto de las zonas del transecto, donde las algas presentan pequeño porte, aquí se encuentran matas de tamaño apreciable. La distribución de las algas más abundantes muestra cierta segregación espacial. En la parte basal, se localiza un cinturón bien definido de *G. corneum*, junto a su congénere *G. spinosum* y a *Pterocladiella capillacea*. En la parte central y superior destacan *C. elongata* y *L. incrustans*, y en el tramo superior abunda *S. scoparium* (Foto 41-2011). Las coberturas medias de *G. corneum* se mantienen respecto a 2008 (30%), mientras que las de *L. incrustans* (20-30%), *C. elongata* (30-40%) y *S. scoparium* (10%) se incrementan. El resto de algas, que no llega a superar el 5% de cobertura, se distribuye de manera más dispersa. (Foto 42-2011).



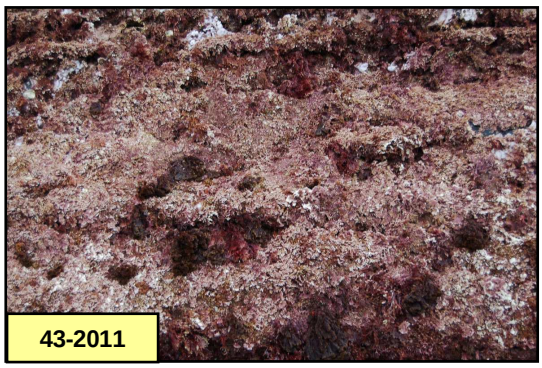


La escasa fauna encontrada en 2011 coincide con la registrada en la campañas de 2008 y 2005. Sobre algunas ramas de *G. corneum* se observan colonias de los briozoos *E. pilosa* y *Electra verticillata* (esta última de carácter meridional y escasa en la cornisa cantábrica) y, ocultos por la misma alga, algunos individuos del cirrípedo *B. perforatus*.

Franja infralitoral y zona mediolitoral inferior (M-LL32)

Esta segunda zona se localiza a una altura de entre 0,74 m y 1,13 m, y marca la transición entre la franja infralitoral y la zona mediolitoral. Su longitud es de tan sólo 0,56 m y la pendiente no es tan pronunciada como en la zona anterior (25º).

El número de especies se mantiene con relación a la zona M-LL31, si bien, como ya se ha comentado anteriormente, las algas son de menor tamaño. De entre ellas, destacan las algas rojas *C. elongata* (70-80% de cobertura) y *L. incrustans* (prácticamente el 90%), especies que forman un claro horizonte. Las coberturas de ambas superan incluso las obtenidas en años anteriores (Foto 43-2011). Epifitando a *C. elongata*, aparecen numerosas matas de diversas especies del Orden Ceramiales. También destacan las matas de la feofícea *S. scoparium* y de las rodofíceas *P. capillacea* y *G. spinosum*. El resto de algas aparecen mucho más aisladamente.



En estos niveles mareales inferiores la fauna continúa mostrando escasa abundancia, siendo los moluscos *P. ulyssiponensis*, *P. intermedia* y *M. galloprovincialis*; el antozoo *A. equina*, los cirrípedos de la especie *B. perforatus* y alguna colonia del briozoo *E. verticillata* las únicas especies registradas.

Zona mediolitoral inferior (M-LL33)

En el nivel mediolitoral inferior y a una altura comprendida entre 1,13 m y 1,57 m se diferencia un tercer horizonte definido por las algas *L. incrustans* y *C. elongata*, y la lapa *P. ulyssiponensis*. Los recubrimientos biológicos no son tan compactos como en las dos zonas anteriores. El efecto ramoneador de las lapas se hace evidente, apareciendo pequeñas superficies rocosas libres de algas. Al igual que en 2002, 2005 y 2008 *L. incrustans* ocupa las mayores superficies, manteniendo más o menos las mismas coberturas que entonces (65%). El recubrimiento de *C. elongata* también continúa siendo importante, alcanzando coberturas próximas al 50% (Foto 44-2011). La superficie ocupada por *C. ustulatus* (5-10%) es ligeramente superior a la observada en 2008 y, como en años anteriores, se confirma como la tercera alga más abundante. También merecen destacarse las coberturas de Ceramiales (*Ceramium ciliatum*, *Ceramium tenerrimum* y *Ceramium echionotum*, especialmente), las cuales, aunque no llegan al 5% aparecen de manera regular por toda la zona.

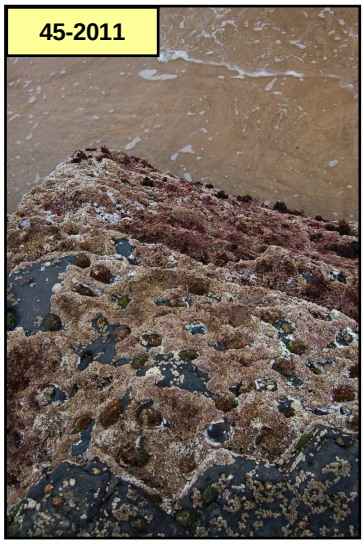


La fauna es bastante más abundante que en los dos niveles inferiores, siendo los moluscos el grupo taxonómico más abundante. De las seis especies identificadas, destacan las poblaciones de la lapa *P. ulyssiponensis* (40 a 50 ind·m^{-2}), similares a las de 2005 y 2008, y mucho mayores que en 2002. También cabe resaltar que la ostra *Crassostrea gigas* registrada en 2008 no ha sido observada en 2011.

Zona mediolitoral media (M-LL34)

Situada entre 1,57 m y 2,25 m sobre el nivel del mar, y presenta una extensión de casi 2 m.

De manera más acusada que en la zona anterior, se observa una reducción gradual de las coberturas vegetales, aunque esta disminución no se produce por igual en toda la zona. En el tramo inferior, donde confluye con M-LL33 las coberturas de algas son aún importantes (Foto 45-2011); sin embargo, según se gana altura, disminuyen paulatinamente y son sustituidas por los cirrípedos del género *Chthamalus* (Foto 46-2011), especie que comienza a formar su cinturón característico.





En conjunto, las algas más representativas continúan siendo las rodofíceas *L. incrustans*, *C. elongata* y *C. ustulatus*, especies que presentan un recubrimiento del 15-25%, 10-20% y casi el 5%, respectivamente.

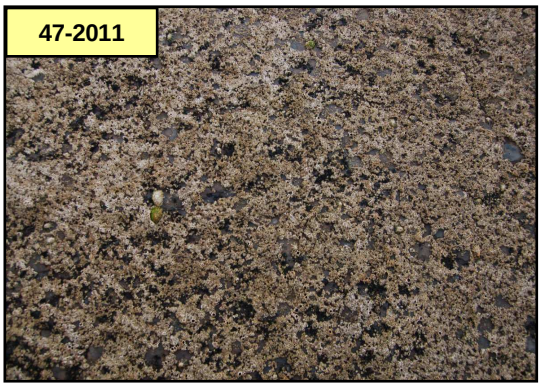
Como en 2008, como especies faunísticas más abundantes son los cirrípedos del género *Chthamalus* (2.500-5.000 ind·m^{-2}), los bígaros *M. neritoides* (500-1.000 ind·m^{-2}), y las lapas *P. intermedia* (30-60 ind·m^{-2}) y *P. ulyssiponensis* (25-50 ind·m^{-2}). En general, las abundancias de las diferentes especies no experimentan cambios significativos respecto a las observaciones de hace tres años.

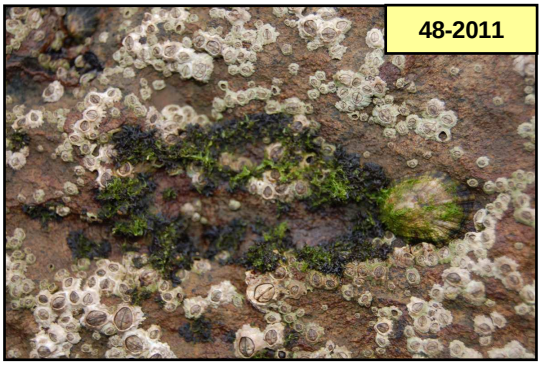
Zona mediolitoral superior (M-LL35)

Ocupando parte del mediolitoral medio y todo el mediolitoral superior se distribuye esta zona, con una extensión de 9,25 m y una altura sobre el nivel 0 de entre 2,25 m y 3,63 m. La distribución de los organismos marinos tampoco muestra excesivas diferencias respecto a las observaciones de 2002, 2005 y 2008.

En las zonas desprovistas de pozas o cubetas, que suponen la práctica totalidad de la zona, la especie que caracteriza el nivel continúa siendo el cirrípedo *Chthamalus* sp. Las coberturas de este animal son muy superiores a las de la zona M-LL34, estimándose densidades superiores a los 30.000 ind·m^{-2} (Foto 47-2011). Cohabitando con *Chthamalus* sp. se encuentran ejemplares de *M. neritoides* (10-50 ind·m^{-2}), *P. intermedia* (10-20 ind·m^{-2}), *P. vulgata*, *P. rustica* (ésta en el tramo más elevado) y *M. galloprovincialis*. En las lajas situadas a mayor altura aparecen pequeñas manchas del liquen *L. pygmaea* (Foto 48-2011).

En los huecos entre lajas, pozas y pequeñas cubetas, tampoco se observa ningún cambio respecto a las tres visitas anteriores. El alga incrustante *L. incrustans* ocupa el fondo de todas ellas, con coberturas medias para la zona de 3-5%. El resto de especies apenas alcanza coberturas y/o densidades significativas.





Franja supralitoral (M-LL36)

Esta zona que consiste en una pared sub-vertical de 1 m de altura y cuya altura sobre el nivel 0 se encuentra entre los 3,63 m y 4,64 m (Foto 49-2011). Exceptuando la presencia de alguna mancha del liquen *V. maura* en la parte alta de la zona, la situación recuerda a la de 2005 y 2008. Entre los ejemplares de *Chthamalus* sp., aparecen numerosas manchas del liquen *L. pygmaea*. Su cobertura (alrededor del 5%) es ligeramente inferior a la de 2008, donde superaba ligeramente el 10%. El único alga observada es la clorofícea *B. minima*, manteniéndose de la misma manera que hace tres años.

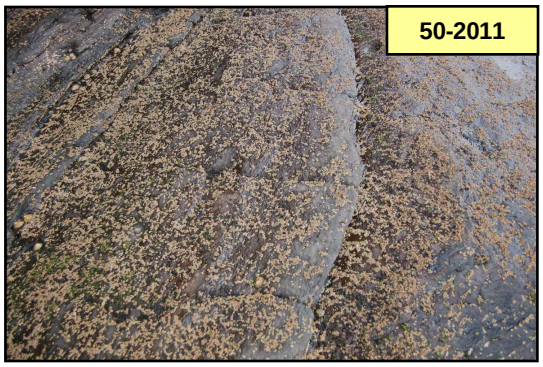


La fauna tampoco muestra cambios respecto a 2008. La especie más característica continúa siendo *Chthamalus* sp. Las poblaciones de este cirrípedo, cuyas coberturas suponen alrededor del 50% del sutrato rocoso, se estiman en 5.000-7.500 ind·m^{-2}. También destacan el bígaro *M. neritoides* (30-100 ind·m^{-2}), las lapas *P. rustica* (10-15 ind·m^{-2}), *P. intermedia* (10-15 ind·m^{-2}) y *P. vulgata*, y, en menor medida, la ostra *C. gigas* (<1 ind·m^{-2}).

Zona supralitoral (M-LL37, M-LL38)

La primera zona enclavada en la zona supralitoral, se localiza entre 4,64 m y 4,95 m de altura y presenta una longitud de 7,60 m.

Se trata de una continuación de la anterior. En comparación con ella, se aprecia un descenso gradual de las coberturas y/o abundancias de *L. pygmaea*, *Chthamalus* sp., *P. vulgata* y *P. intermedia* (Foto 50-2011). Por el contrario el número de manchas del liquen *V. maura* se va incrementando. Al final de esta zona se observan pequeños recubrimientos del alga *Porphyra linearis* (Foto 51-2011), especie que en 2008 sólo apareció en M-LL38.





Por otra parte, la presencia de una charca intermareal y de pequeñas pozas contribuye a enriquecer la diversidad. En ellas se identifican las algas *L. incrustans*, *C. ustulatus* y *B. minima*, los moluscos *P. intermedia*, *M. lineata*, *G. umbilicalis* y *M. galloprovincialis*, y el cnidario *A. equina* (Foto 52-2011).



Además de amplias manchas espaciadas de *V. maura* (Foto 53-2011), en los tramos más altos de esta zona, se han identificado el molusco *M. neritoides* (100-200 ind·m^{-2}), *Chthamalus* sp. (10-20 ind·m^{-2}), *P. rustica* (1-5 ind·m^{-2}), *P. vulgata* (1-5 ind·m^{-2}) y, adheridos al muro, algunos frondes del alga *P. linearis* (Foto 54-2011).





TRANSECTO M-LA1

El primer transecto de la cuenca del Artibai, se encuentra en Ondarroa, en la parte central de la playa de Saturrarán, en las coordenadas 54787-47970 (Figura 422).

El lugar elegido para ubicar el transecto corresponde a unas formaciones rocosas de fácil acceso desde el paseo marítimo, que aparecen sobre la arena de la playa. La orientación seguida es de 20º NE. El relieve del terreno es regular y homogéneo, con una pendiente más o menos constante, en la que apenas se superan los 30º de inclinación. La longitud del transecto es de 11,23 m y la altura, de 7,39 m (Foto 55-2011).



Como en visitas anteriores, se distinguen cuatro zonas con características propias, asimilables a las siguientes facies:

- M-LA11: *Lithophyllum incrustans* - *Pterosiphonia complanata* - *Corallina elongata*
- M-LA12: *Lithophyllum incrustans* - *Corallina elongata* - *Chthamalus* sp.
- M-LA13: *Chthamalus* sp.
- M-LA14: *Verrucaria maura* - *Lichina pygmaea* - *Patella rustica*

En la Tabla 335 se indican los valores de los índices de cobertura específica del estudio semicuantitativo, valores que han sido utilizados para la representación gráfica de la Figura 433 y de la Figura 434.

M-LA1				
ZONAS	M-LA11	M-LA12	M-LA13	M-LA14
Longitud (m)	0-0,79	0,79-2,49	2,49-8,77	8,77-11,23
Altura (m)	0-1,65	1,65-3,05	3,05-4,67	4,67-7,39
Verrucaria maura	---	---	---	5
Lichina pygmaea	---	---	---	3
Patella rustica	---	---	2	3
Blidingia minima	---	---	1	2
Patella vulgata	---	---	3	2
Melarhaphe neritoides	---	3	5	3
Chthamalus spp.	---	4	7	2
Lithophyllum byssoides	---	---	3	---
Actinia equina	---	---	1	---
Hildenbrandia rubra	---	---	1	---
Mastocarpus stellatus	---	---	1	---
Mytilus galloprovincialis	---	3	4	---
Ralfsia verrucosa	---	4	4	---
Caulacanthus ustulatus	---	3	2	---
Crassostrea gigas	---	3	2	---
Ulva rigida	1	1	1	---
Patella intermedia	1	5	4	---
Gelidium pusillum	1	2	2	---
Ceramiales	3	2	1	---
Patella ulyssiponensis	3	4	2	---
Corallina elongata	6	5	4	---
Lithophyllum incrustans	7	5	3	---
Ulva compressa	---	2	---	---
Ulva clathrata	---	1	---	---
Bangia atropurpurea	---	1	---	---
Cladophora sp.	1	1	---	---
Balanus perforatus	2	1	---	---
Cladophora prolifera	1	---	---	---
Mesophyllum lichenoides	1	---	---	---
Stypocaulon scoparium	1	---	---	---
Plocamium cartilagineum	2	---	---	---
Chondria coerulescens	2	---	---	---
Chondracanthus acicularis	2	---	---	---
Gelidium corneum	2	---	---	---
Falkenbergia rufolanosa	3	---	---	---
Pterosiphonia complanata	5	---	---	---

Tabla 335 Índices de cobertura de las especies más representativas del transecto M-LA1, muestreado el 20 de abril de 2011 (para metodología, ver Tomo 1).

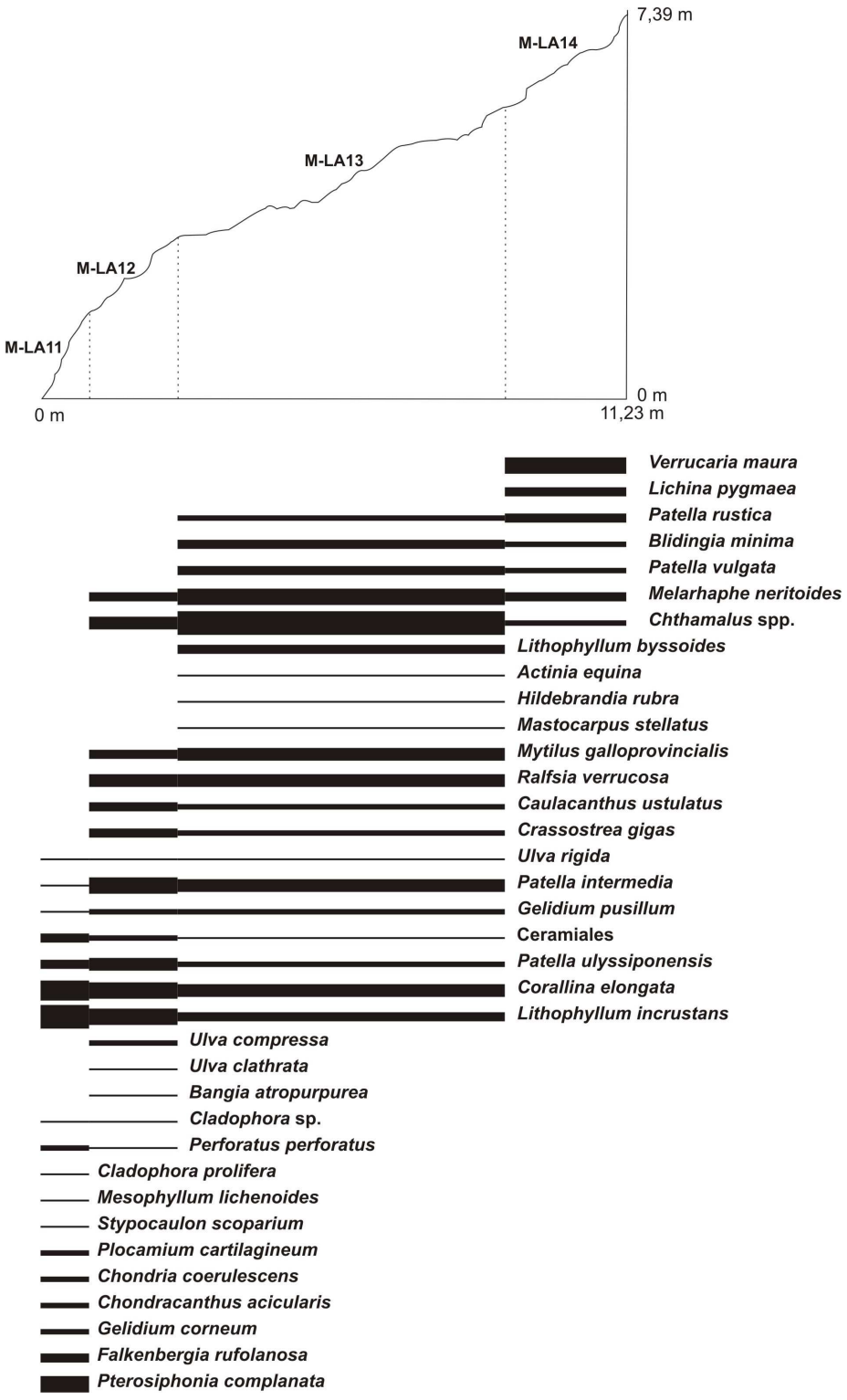


Figura 433 Distribución horizontal de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LA1.

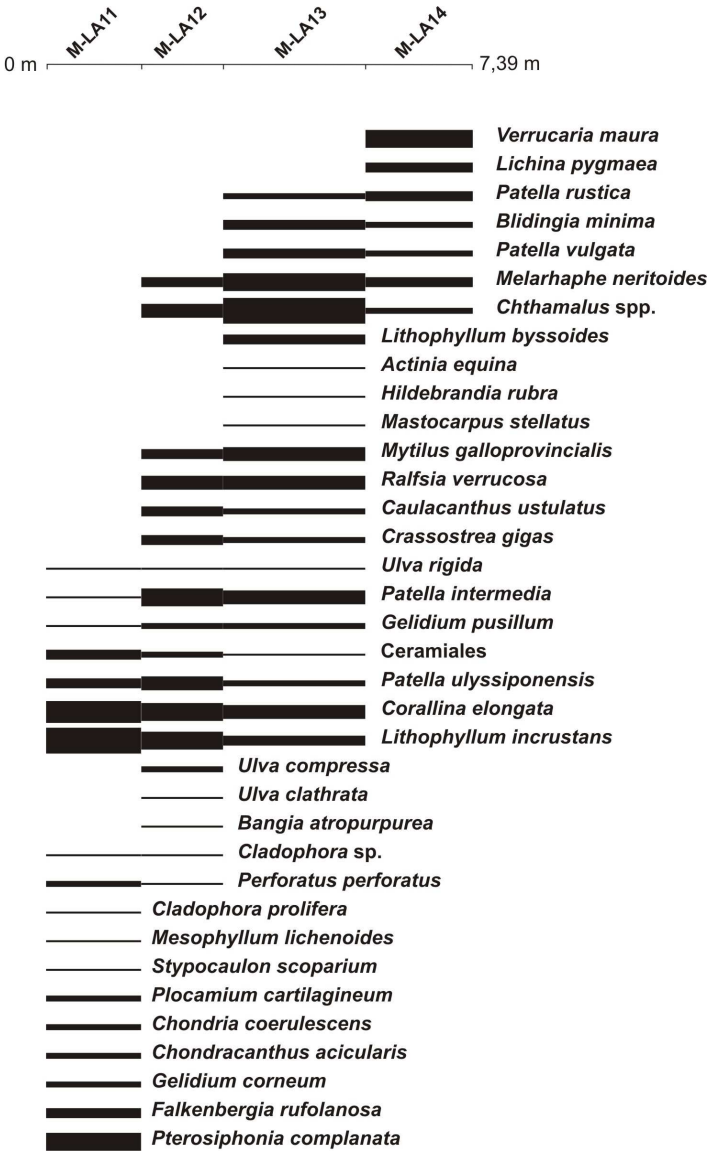


Figura 434 Distribución vertical de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LL1.

Franja infralitoral y mediolitoral inferior (M-LA11)

Esta zona presenta un considerable grado de exposición y se extiende entre los 0 m y 1,65 m sobre el nivel 0 de marea. La presencia de bloques sueltos, delante del transecto le proporcionan una relativa protección frentre al oleaje directo. El recubrimiento biológico es total y la diversidad puede considerarse moderada. La inestabilidad ambiental provocada por el efecto erosivo de la arena sobre la laja, unida al considerable grado de exposición al oleaje de la misma, limita la presencia de comunidades biológicas maduras. Los organismos que definen la zona coinciden en gran medida con los detectados en campañas previas, confirmándose las tendencias observadas en 2008. Las coberturas de *Pterosiphonia complanata*, que entonces se incrementaron de manera notable respecto a las campañas de 2002 y 2005, mantienen más o menos los valores de hace tres años (50-60%). Del mismo modo, se repiten las elevadas coberturas de las otras dos algas principales de esta zona: *L. incrustans*, con coberturas cercanas al 90% del sustrato rocoso, y *C. elongata*, especie que, con un 60-70%, incrementa los valores de 2008 (45-60%) (Foto 56-2011). En menor proporción, pero relativamente abundantes, se observan matas de algunas epífitas como *F. rufolanosa* (alrededor del 3%) y las Ceramiales *Pleonosporium borreri*, *Callithamnion tetragonum*, *Callithamnion corymbosum*, *Spongoclonium caribaeum*, *Pterothamnion crispum*, *Dasya hutchinsiae* y *Ceramium tenerrimum*.

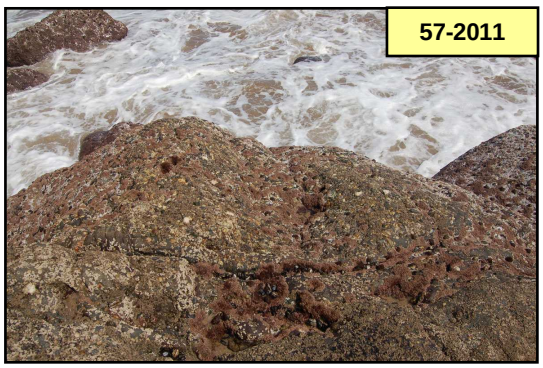
En comparación con la flora, la distribución de la fauna es más pobre. Se han identificado tres especies, y ninguna en gran número. La especie más abundante es la lapa *P. ulyssiponensis* (5-10 ind·m^{-2}), seguida por el cirrípedo *B. perforatus* y la lapa *P. intermedia*. A diferencia de los años anteriores no se observa la pequeña colonia de la esponja naranja *Hymeniacidon sanguinea*.



Zona mediolitoral media (M-LA12)

El comienzo de la zona, de 1,70 m de longitud y situada a una altura de entre 1,65 m y 3,05 m, lo marca el final del cinturón de *Lithophyllum incrustans* - *Corallina elongata* - *Pterosiphonia complanata*. Tanto la cobertura biológica, como la riqueza de algas, disminuyen respecto a M-LA2 (Foto 57-2011). Presenta características similares a las de campañas previas, pero con ciertas diferencias. Por ejemplo, disminuye la cobertura de las tres algas dominantes (*L. incrustans*, *C. elongata* y *R. verrucosa*). La distribución de *C. elongata* y *L. incrustans* (especialmente) sigue un gradiente descendiente con la altura, mientras la de *R. verrucosa* aumenta (Foto 58-2011). En promedio, la cobertura de *L. incrustans* es de 40-50%, 25-35% para *C. elongata* y 5-10% para *R. verrucosa*. También destaca *C. ustulatus* (5%).

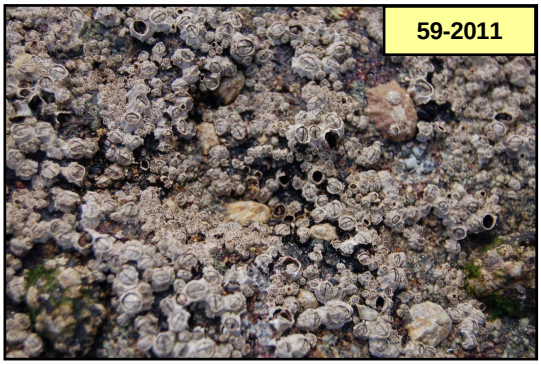
De la fauna, destacan los cirrípedos del género *Chthmalus* sp. (2.500-5.000 ind·m^{-2}), las especies de lapas *P. ulyssiponensis* (30-50 ind·m^{-2}) y *P. intermedia* (20-30 ind·m^{-2}), y el bígaro *M. neritoides* (5-10 ind·m^{-2}). También destaca, en el tramo medio, la ostra *C. gigas* (especie no observada en 2008).





Zona mediolitoral superior y franja supralitoral (M-LA13)

Esta tercera se mantiene prácticamente sin cambios desde 2002. Su altura se encuentra comprendida entre los 3,05 m y 4,67 m y presenta una longitud de 6,28 m. Marca el comienzo del compacto cinturón de *Chthamalus* (50.000 ind·m^{-2}), con unos recubrimientos cercanos al 90% de la superficie rocosa (Foto 59-2011). Como suele ocurrir habitualmente en este horizonte, la segunda especie más abundante es el bígaro *M. neritoides,* molusco que alcanza densidades similares a las de la campaña de 2008 (50-100 ind·m^{-2}), pero inferiores a las registradas en 2002 y 2005.



En cuanto a las algas, que no suelen ser muy abundantes en este nivel mareal, destaca el alga marrón incrustante *R. verrucosa*, especie que presenta coberturas del 5-10% de la superficie rocosa (como en 2008).

Zona supralitoral (M-LA14)

Esta zona se extiende entre los 4,65 m y 7,39 m sobre el nivel 0 de marea.

Presenta características similares a las de 2008, habiéndose identificado las mismas especies que entonces y con las mismas coberturas. Las principales diferencias respecto a la zona anterior se deben a la

reducción de las poblaciones del cirrípedo *Chthamalus* sp. y a la aparición de líquenes halófitos. El primero de ellos, *L. pygmaea* ocupa preferentemente la parte inferior de la zona (Foto 60-2011), mientras que el segundo, *V. maura*, aparece de manera más abundante en los niveles más elevados, alcanzando al final de la zona una cobertura del 20-30% de la superficie rocosa. Además de estos dos líquenes, se identifican frondes del alga verde *B. minima* sobre la concha de alguna *P. vulgata*.

En cuanto a la fauna, destaca la presencia del bígaro *M. neritoides* (10-50 ind·m^{-2}), del cirrípedo *Chthamalus montagui* (100-1.000 ind·m^{-2}), y de las lapas *P. rustica* (5-10 ind·m^{-2}) y *P. vulgata* (5-10 ind·m^{-2}).



TRANSECTO M-LA2

La formación rocosa que limita la playa de Saturrarán por su parte derecha, junto a la punta de Saturrarán y en las coordenadas 54761-47968, es el lugar escogido para situar este segundo transecto (Figura 422). Su longitud total es de 19,37 m y la altura respecto el nivel 0 de 5,84 m. El relieve presenta irregularidades, ya que consiste en una sucesión de estratos inclinados y, en la zona de contacto con el mar, asoman grandes bloques despredidos de la costa por efecto del oleaje.

En función de las coberturas biológicas se delimitan trece zonas distintas, correspondientes a las siguientes biocenosis:

- M-LA21: *Gelidium corneum* - *Lithophyllum incrustans*
- M-LA22, 25, 26, 27, 28: *Corallina elongata* - *Lithophyllum incrustans* - *Patella* sp.
- M-LA23, 24, 29: *Lithophyllum incrustans* - *Chthamalus* sp. - *Patella* sp. - Ostreidae
- M-LA210: *Chthamalus* sp. - *Lithophyllum incrustans*
- M-LA211, 212: *Chthamalus* sp.
- M-LA213: *Verrucaria maura* - *Melarhaphe neritoides*

En la Tabla 336 se indican los valores de los índices de cobertura específica del estudio semicuantitativo, valores que han sido utilizados para la representación gráfica de la Figura 435 y de la Figura 436.

	M-LA2												
ZONAS	M-LA21	M-LA22	M-LA23	M-LA24	M-LA25	M-LA26	M-LA27	M-LA28	M-LA29	M-LA29	M-LA210	M-LA212	M-LA213
Longitud (m)	0-0,90	0,90-1,58	1,58-2,38	2,38-2,96	2,96-3,05	3,05-3,23	3,23-3,57	3,57-3,86	3,86-4,55	4,55-6,56	6,56-17,29	17,29-18,69	18,69-19,37
Altura (m)	0-0,50	0,50-0,95	0,95-1,54	1,54-0,81	0,81-0,43	0,43-0	0-0,53	0,53-0,95	0,95-1,70	1,70-2,34	2,34-4,50	4,50-5,16	5,16-5,84
Verrucaria maura	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	4
Melarhaphe neritoides	---	---	1	---	---	---	---	---	1	1	4	5	4
Chthamalus sp.	---	3	4	4	2	---	1	4	4	4	6	4	2
Lichina pygmaea	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	1	---
Patella vulgata	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3	3	---
Gibbula umbilicalis	---	---	2	---	---	---	---	---	2	2	3	1	---
Patella intermedia	---	3	5	4	3	---	3	4	5	5	4	1	---
Lithophyllum incrustans	5	6	4	3	6	7	7	6	4	4	3	1	---
Monodonta lineata	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---
Bangia atropurpurea	---	---	2	---	---	---	---	---	2	2	2	---	---
Crassostrea gigas	---	---	2	2	---	---	---	---	1	1	2	---	---
Actinia equina	---	1	---	---	---	---	---	---	---	1	3	---	---
Ostrea edulis	---	1	4	4	---	---	---	1	4	4	1	---	---
Mytilus galloprovincialis	---	2	2	1	2	1	1	2	2	2	3	---	---
Cereus pedunculatus	---	2	---	---	---	---	---	---	---	2	2	---	---
Caulacanthus ustulatus	---	3	2	---	---	---	---	---	1	---	2	---	---
Paracentrotus lividus	2	---	1	---	---	---	---	---	1	1	1	---	---
Ulva rigida	2	2	1	---	---	---	1	---	1	1	1	---	---
Patella ulyssiponensis	3	6	5	4	5	3	4	5	5	4	2	---	---
Corallina elongata	4	4	4	1	4	6	6	4	4	4	2	---	---
Petalonia fascia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---
Bryopsis plumosa	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---
Gymnogongrus crenulatus	---	---	---	---	---	---	1	---	---	1	---	---	---
Ralfsia verrucosa	---	---	2	1	---	---	---	---	2	1	---	---	---
Ulva compressa	---	---	2	---	---	---	---	2	2	2	---	---	---
Hildenbrandia rubra	---	---	1	1	1	---	---	---	---	1	---	---	---
Balanus perforatus	---	3	1	1	2	2	2	---	---	1	---	---	---
Ceramium sp.	4	3	2	---	---	3	4	2	2	2	---	---	---
Gelidium pusillum	---	2	1	---	---	---	1	---	1	---	---	---	---
Gelidium spinosum	---	1	---	---	---	1	1	---	---	---	---	---	---
Cryptopleura ramosa	1	---	---	---	---	1	1	---	---	---	---	---	---
Mesophyllum lichenoides	1	---	---	---	---	2	2	---	---	---	---	---	---
Plocamium cartilagineum	2	---	---	---	---	2	2	---	---	---	---	---	---
Pterosiphonia complanata	3	1	---	---	---	2	1	---	---	---	---	---	---
Gelidium corneum	4	---	---	---	---	2	1	---	---	---	---	---	---
Falkenbergia rufolanosa	4	1	---	---	---	3	3	---	---	---	---	---	---
Codium adhaerens	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	---
Anemonia sulcata	---	1	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Electra pilosa	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hymeniacidon sanguinea	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Trailliella intricata	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Chondria coerulescens	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cladophora prolifera	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Asparagopsis armata	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Jania rubens	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Stypocaulon scoparium	4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 336 Índices de cobertura de las especies más representativas del transecto M-LA2, muestreado el 20 de abril de 2011 (para metodología, ver Tomo 1).

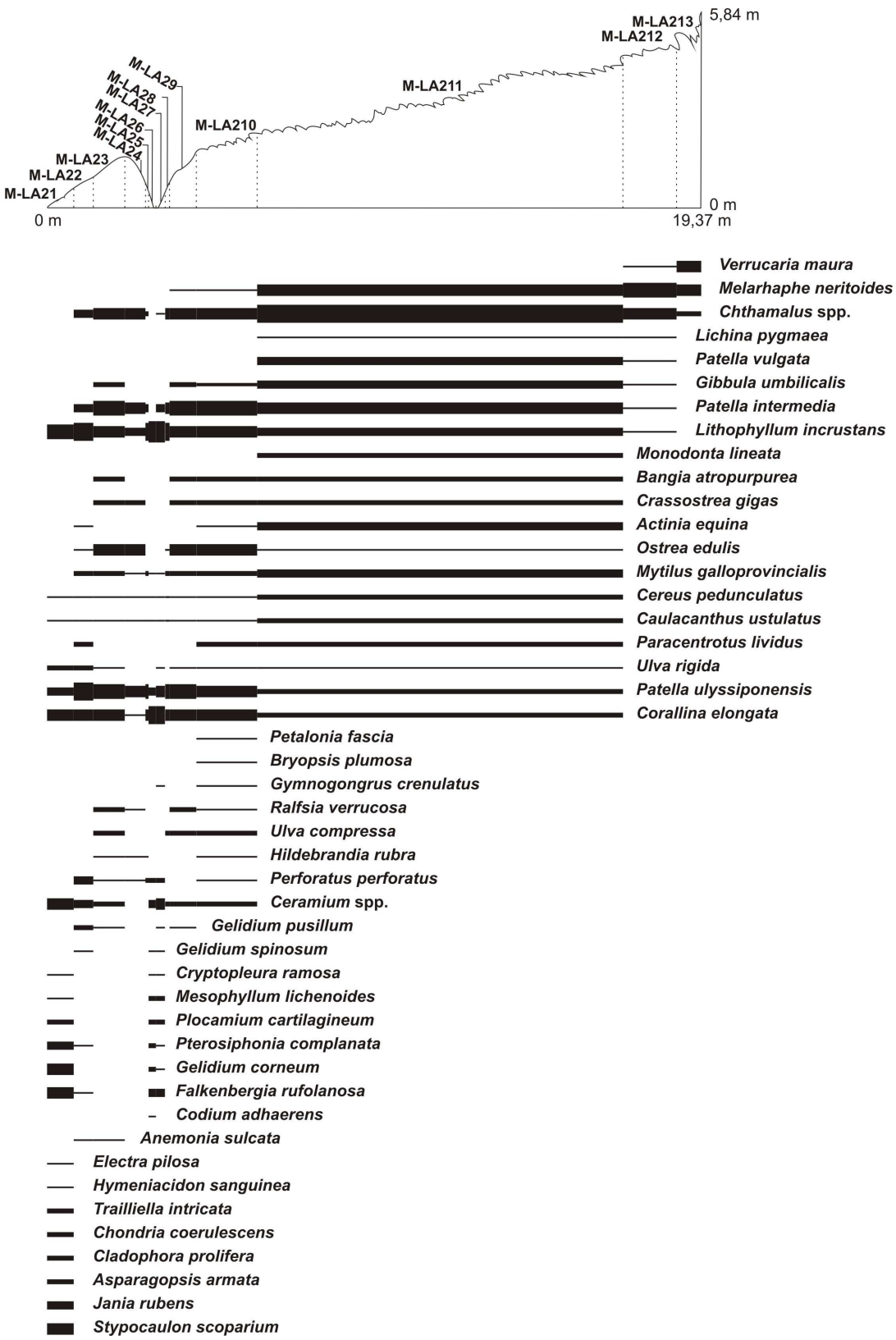


Figura 435 Distribución horizontal de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LA2

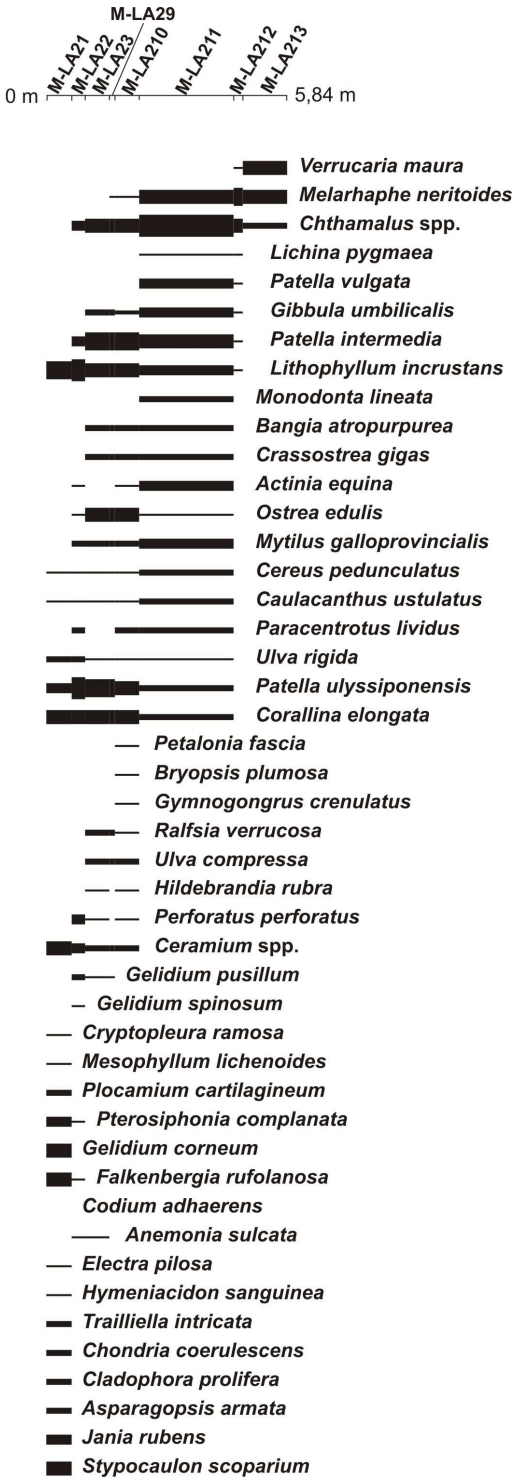


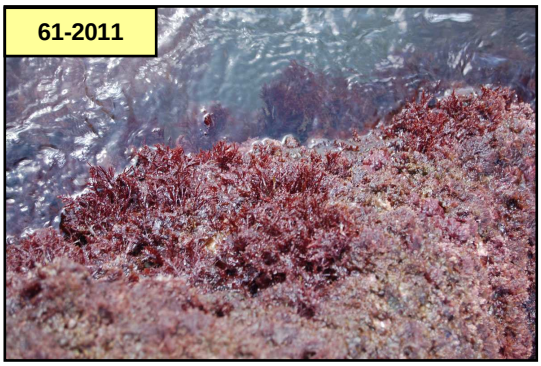
Figura 436 Distribución vertical de la cobertura de las diferentes especies del transecto M-LA2.

Franja infralitoral (M-LA21, 22, 25, 26, 27 y 28)

Así como en años anteriores sólo se incluían dos zonas en la franja infralitoral, actualmente se hacen evidentes un mayor número de zonas, llegándose a diferenciar hasta seis. La presencia de un bloque desprendido del núcleo principal de estratos posibilita la duplicidad de este nivel mareal a ambos lados de sus caras.

La primera zona establecida (M-LA21) discurre a lo largo de 0,90 m, alcanzando una altura de 0,50 m sobre el nivel 0 de marea. Esta zona se localiza en la cara más expuesta del bloque desprendido, en un lugar con elevado grado de exposición al oleaje.

Las algas más abundantes son *L. incrustans*, *G. corneum*, *S. scoparium*, *C. ciliatum* y *C. elongata*. La cobertura de *G. corneum* (30%) se mantiene respecto a 2008. Por el contrario *L. incrustans* (50-60%), *S. scoparium* (15-20%), *Ceramium* sp. (10-15%) y *C. elongata* (10-15%) incrementan sus recubrimientos (15-30%, <3%, <2% y <5%, respectivamente, en 2008). También es muy abundante *F. rufolanosa*, tetrasporofito de *A. armata*, cuyas coberturas estimadas rondan el 10%. *P. complanata* y *J. rubens*, ésta última ausente en 2008, son también relativamente abundantes, aunque presentan coberturas inferiores al 5% (Foto 61-2011).



Las especies de fauna identificadas comprenden la lapa *P. ulyssiponensis* (5-10 ind·m^{-2}), el erizo *P. lividus*, el briozoo *E. pilosa* y la esponja naranja incrustante *H. sanguinea*.

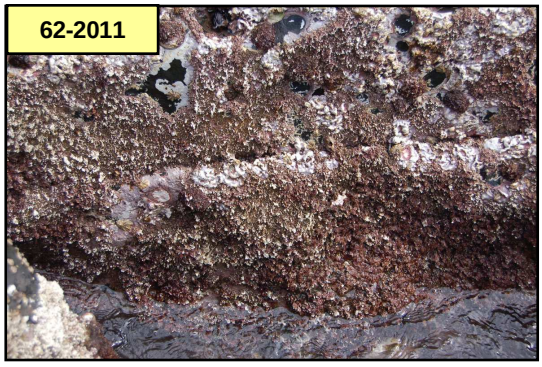
A una altura similar se distingue la zona M-LA26. Localizada en la cara protegida del bloque desprendido, presenta un menor desarrollo biológico que la zona anterior. Las especies mejor representadas son *L. incrustans* (>90%) y *C. elongata* (60-65%). El número de matas de *G. corneum* disminuye notablemente y, aunque con menores abundancias, se mantienen las de *Ceramium* sp. y *F. rufolanosa* (ambas con un 3-5%).

La fauna también es algo diferente. Se identifican algunos individuos de la lapa *P. ulyssiponensis*, del cirrípedo *B. perforatus* y del mejillón *M. galloprovincialis*.

Frente a M-LA26, en el conjunto principal de estratos y a una altura de hasta 0,53 m, se establece la zona M-LA27.

Las comunidades biológicas en ambas zonas son similares. Las especies más abundantes continúan siendo las rodofíceas *L. incrustans* y *C. elongata*, mantiendo los mismos recubrimientos. Entre las

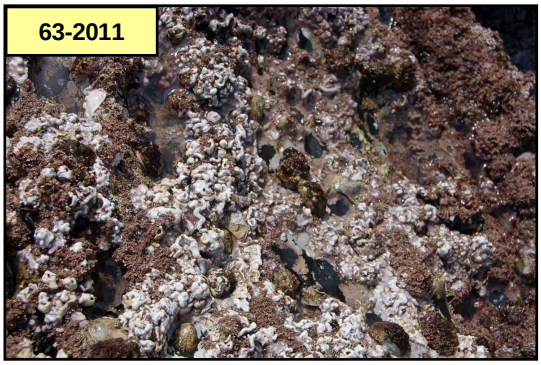
diferencias faunísticas más apreciables destaca el incremento de la densidad de la lapa *P. ulyssiponensis* (25-50 ind·m^{-2}), así como la presencia de ejemplares aislados del cirrípedo *C. montagui* y de la lapa *P. intermedia*. Entre las algas también existen pequeñas diferencias, como son la presencia de *U. rigida*, *G. pusillum*, *C. adhaerens* y *Gymnogongrus crenulatus* (Foto 62-2001).



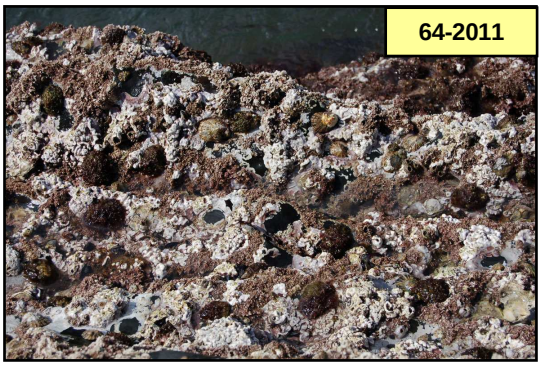
Por encima de las tres zonas anteriormente mencionadas, a una altura de entre 0,43 m y 0,95 m, se distinguen otras tres zonas. Por su mayor proximidad al mar se denominan M-LA22, M-LA25 y M-LA28.

La zona M-LA22 se sitúa en la cara más expuesta del bloque, entre los 0,50 m y 0,95 m de altura (Foto 62-2011). Las comunidades biológicas no experimentan grandes cambios respecto a las campañas previas. La facies definida por las algas *L. incrustans* y *C. elongata* (con recubrimientos en torno al 60-90% y 25-30%, respectivamente) sigue caracterizando la zona (Foto 63-2011). Junto a ellas, también destacan las algas *C. ustulatus*, *C. ciliatum* y *C. tenerrimum*. El alga cespitosa *C. ustulatus*, como en 2008, presenta una cobertura cercana al 5%, mientras que las coberturas de las especies de *Ceramium* superan las de años anteriores.



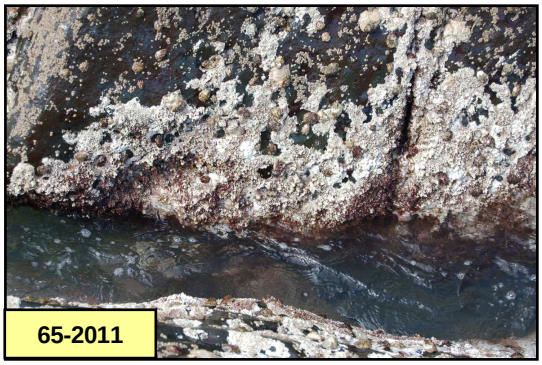


Por su parte, la existencia de numerosas grietas y pasillos en la roca permite la instalación de una comunidad faunística relativamente rica. Así, destacan las poblaciones de la lapa *P. ulyssiponensis*, con densidades (100-125 ind·m^{-2}) superiores a las de 2008 (30-50 ind·m^{-2}). Con densidades menores, se identifican los cirrípedos *Chthamalus* sp. y *B. perforatus* y de la lapa *P. intermedia* (5-10 ind·m^{-2}), pequeñas piñas del mejillón *M. galloprovincialis* en grietas y pequeños recovecos, de la ostra *Ostrea edulis*, e individuos de los cnidarios: *Cereus pedunculatus*, *A. equina* y *A. sulcata* en las pequeñas pozas o cubetas (Foto 64-2011).

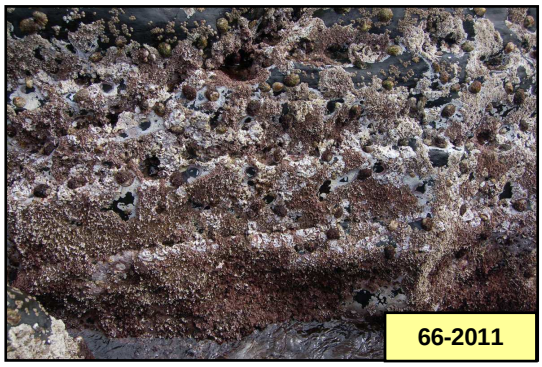


En la cara protegida del bloque y a una altura comprendida entre 0,43 m y 0,81 m, se establece la zona M-LA25. El horizonte biológico que caracteriza esta zona es el mismo que en la zona anterior, si bien el aspecto general es algo distinto debido a las características del sustrato.

Destacan las coberturas de *L. incrustans* (70-90%) y *C. elongata* (25-30%). El perfil más vertical y liso de la piedra, limita la presencia y el grado de desarrollo de algunas especies identificadas en M-LA22 (Foto 65-2011). Entre las diferencias existentes entre ambas zonas destaca la reducción de las poblaciones de *P. ulyssiponensis* (50-100 ind·m^{-2}, frente a 100-125 ind·m^{-2}), *Chthamalus* sp. y *B. perforatus*, la ausencia de varias especies de algas y animales, como *C. ustulatus*, *G. pusillum*, *G. spinosum*, *F. rufolanosa*, *P. complanata*, *A. equina*, *C. pedunculatus*, *A. sulcata* y *O. edulis*, y la aparición de alguna mancha de la rodofícea *Hildenbrandia rubra*.



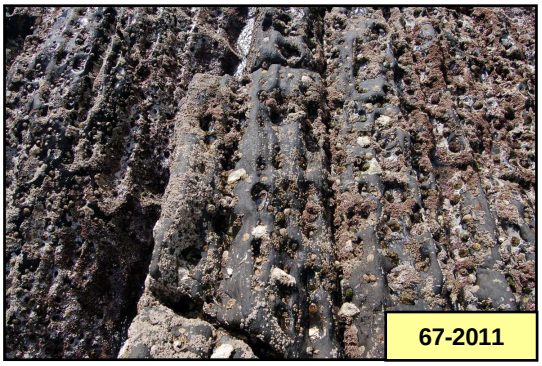
La última zona de la franja infralitoral (M-LA28) continúa presentando dominancia de las algas *L. incrustans* (50-75%) y *C. elongata* (25-30%). Localizada entre 0,53 m y 0,95 m sobre el nivel del mar, en el conjunto principal de estratos y con un perfil del terreno similar a M-LA25, recuerda mucho a ella. Las diferencias que justifican su establecimiento se resumen en el incremento de las densidades de *Chthamalus* sp. (1.000-2.500 ind·m^{-2}) y de *P. intermedia* (25-50 ind·m^{-2}), la presencia de la ostra *O. edulis* y de las algas *U. compressa* y *Ceramium* sp., y la ausencia de *H. rubra* y *B. perforatus* (Foto 66-2011).



Zona mediolitoral inferior (M-LA23, 24 y 29)

La primera subdivisión se localiza entre 0,95 m y 1,54 m de altura y corresponde al tramo expuesto más alto del bloque desprendido.

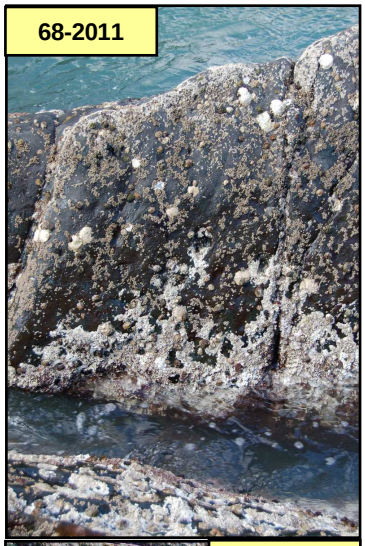
Se observan algunos cambios respecto a las observaciones de 2008. Así, las algas *L. incrustans* y *C. elongata* continúan dominando, si bien sus valores de cobertura son menores que entonces (15-20% y 5-10% en 2011, frente a 20-30% y 15-30% de 2008, respectivamente). La irregularidad del terreno, que presenta abundantes grietas y pasillos, permite la presencia de una variada flora y fauna (Foto 67-2011).

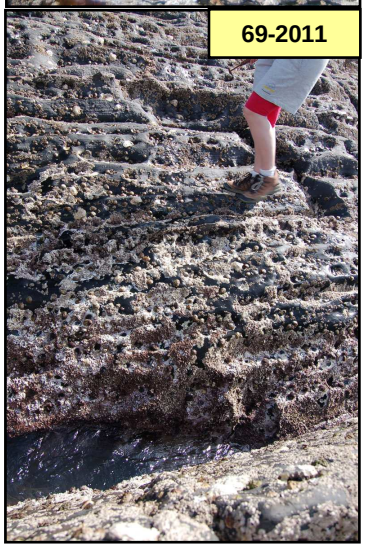


El dominio de las comunidades vegetales deja gradualmente paso a las comunidades animales y la fauna incrementa su importancia de manera notable. En los tramos superiores abundan las colonias de *Chthamalus* sp. (5.000-7.500 ind·m^{-2}) y, por toda la zona, son numerosas las lapas *P. ulyssiponensis* y *P. intermedia* (50-100 ind·m^{-2}). También las ostras *O. edulis* (10-15 ind·m^{-2}) y *C. gigas* se distribuyen regularmente por la zona. En los caparazones vacíos de *Chthamalus* sp. se encuentran algunos ejemplares del gasterópodo *M. neritoides*, mientras que en grietas y en pozas se observan pequeñas piñas del mejillón *M. galloprovincialis*.

En la cara opuesta del mismo bloque, y protegida de la acción directa del oleaje, se distingue la zona M-LA24. Las poblaciones de *Chthamalus* sp. abundan en la cresta superior, mientras que las manchas de *L. incrustans* ocupan los tramos inferiores. Las coberturas vegetales disminuyen respecto a M-LA23 y las algas *C.ustulatus*, *U. compressa*, *G. pusillum* y *Ceramium* sp., presentes en el mismo nivel mareal de la cara expuesta de la piedra, desaparecen. Del mismo modo, también las poblaciones de *P. ulyssiponensis* y *P. intermedia* disminuyen (20-40 ind·m^{-2}), así como la densidad de *Chthamalus* sp. (2.500-5.000 ind·m^{-2}) (Foto 68-2011).

La última zona del mediolitoral inferior se sitúa en el complejo principal de estratos, entre 0,95 y 1,70 m de altura. Las comunidades se asemejan a las de M-LA23. Con un perfil más suave que en ésta última zona, se distinguen abundantes manchas de *L. incrustans* (10-15% de cobertura), así como del cirrípedo *Chthamalus* sp. (5.000-7.500 ind·m^{-2}), de la ostra *O. edulis* (20-30 ind·m^{-2}), y de las lapas *P. intermedia* (50-100 ind·m^{-2}) y *P. ulyssiponensis* (40-60 ind·m^{-2}) (Foto 69-2011).



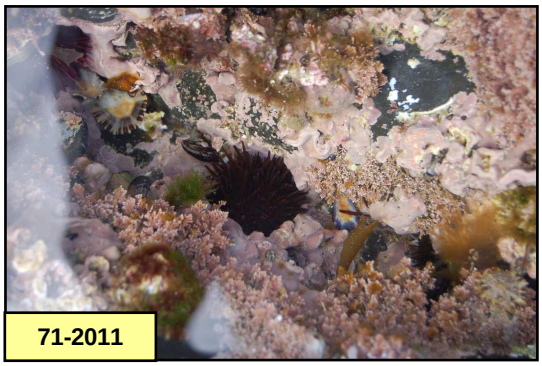


Zona mediolitoral media (M-LA210)

Se sitúa a una altura sobre el nivel de marea deentre 1,70 m y 2,34 m. Las comunidades presentes son continuación de las de la zona anterior. El cinturón de *Chthamalus* sp. (alrededor de 10.000 ind·m^{-2}) ocupa gran parte de la superficie de los estratos, especialmente en sus tramos más altos (Foto 70-2011). La presencia de pozas y pasillos entre los estratos enriquece la diversidad biológica en este nivel. En estos ambientes, con una superficie estimada del 30% de la zona, dominan las coberturas de *L. incrustans* (90%) y, en menor medida, *C. elongata* (15-20%). En cuanto a la fauna, se identifican ejemplares de la lapa *P. intermedia* (50-100 ind·m^{-2}), del bígaro *G. umbilicalis*, del mejillón *M. galloprovincialis*, del erizo *P. lividus* y de los cnidarios *C. pedunculatus* y *A. equina* (Foto 71-2011).

En las caras expuestas se observan (además de *Chthamalus* sp.) ejemplares del gasterópodo *M. neritoides*, del mejillón *M. galloprovincialis* en las grietas, del cirrípedo *B. perforatus*, de las ostras *C. gigas* y *O. edulis* (10-25 ind·m^{-2}), y de las lapas *P. intermedia* (50-100 ind·m^{-2}) y *P. ulyssiponensis* (50-100 ind·m^{-2}). Entre las escasas algas presentes, destacan algunas manchas de la feofícea *R. verrucosa* y de la rodofícea *H. rubra*. Además, sobre las conchas de algunas lapas se observan filamentos de la rodofícea *B. atropurpurea*.





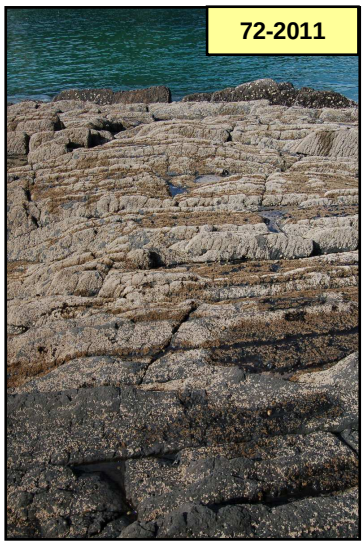
Zonas mediolitoral media y superior, y franja supralitoral (M-LA211)

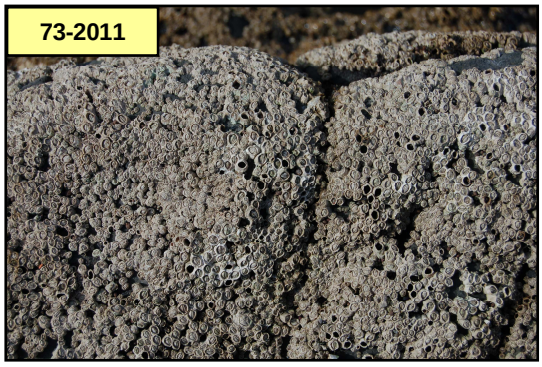
Esta zona, de 10,73 m de longitud, consiste en una sucesión ordenada de estratos con gran inclinación, que forman una plataforma de suave pendiente. Su altura comienza a 2,34 m y finaliza a los 4,50 m.

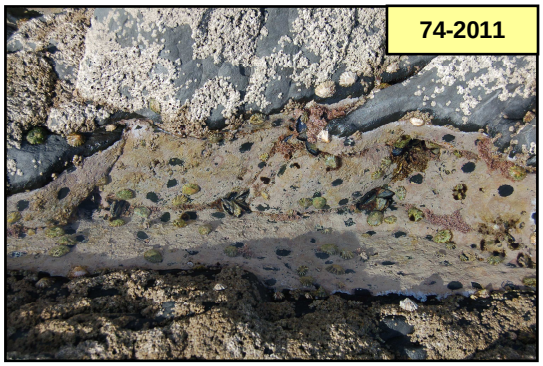
La zonación es similar a la descrita en 2002, 2005 y 2008. El cinturón de *Chthamalus* sp. caracteriza esta amplia franja mareal (Foto 72-2011). Salvo en las zonas con cubetas, sus poblaciones alcanzan coberturas cercanas al 90% (Foto 73-2011). También abundan los moluscos *M. neritoides* (10-50 ind·m^{-2}), *P. intermedia* (30-40 ind·m^{-2}), *P. ulyssiponensis* (1-10 ind·m^{-2}), *P. vulgata* (especialmente en los niveles superiores), *C. gigas*, *O. edulis*, y *M. galloprovincialis*. De manera dispersa, se distinguen pequeñas manchas del liquen *L. pygmaea*.

La presencia de algas se limita a las cubetas o fisuras menos expuestas a la insolación. Como ya se ha comentado, las cubetas y charcas aparecen de manera regular en la zona, ocupando un 15% de la superficie. En estas áreas las poblaciones son similares a las de 2002, 2005 y 2008. Los fondos están tapizados por *L. incrustans* (coberturas mayores en las zonas más bajas). También se observan matas de *C. elongata*, *U. rigida* y *U.*

compressa (Foto74-2011). Entre las fisuras, aparecen algunos frondes de *C. ustulatus* y, sobre algunas lapas, se identifican también matas de *B. atropurpurea*.



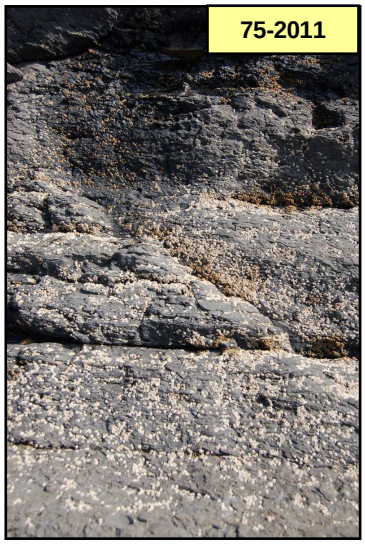




La fauna de las cubetas está compuesta por lapas (*P. intermedia*), erizos (*P. lividus*), cirrípedos (*B. perforatus*), mejillones (*M. galloprovincialis*), caracoles (*M. lineata y G. umbilicalis*), ostras (*O. edulis*) y anémonas (*A. sulcata*, *A, equina* y *C. pedunculatus*).

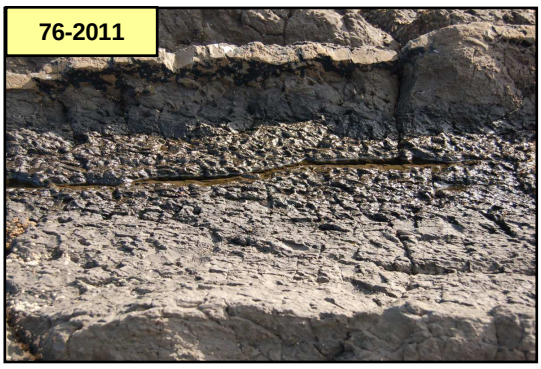
Zona supralitoral (M-LA212 y 213)

Su altura oscila entre los 4,50 m y 5,16 m. La especie dominante continúa siendo el cirrípedo *Chthamalus* sp., si bien se aprecia una reducción importante del número de ejemplares (Foto 75-2011).



En las crestas de algunos de los estratos aparecen matas de *L. pygmaea* y manchas espaciadas de *V. maura.* En cuanto a la fauna, se distinguen poblaciones del cirrípedo *Chthamalus* sp. (5.000-7.500 ind·m^{-2}), y de los moluscos *M. neritoides* (30.000-50.000 ind·m^{-2}) y *P. vulgata* (1-2 ind·m^{-2}). En las pequeñas pozas y cubetas, como en 2008, se observan reducidas coberturas del alga *L. incrustans* y también algunos ejemplares de los moluscos *P. intermedia* y *G. umbilicalis*.

A continuación, hasta una altura de 5,84 m, se distingue una última zona caracterizada por el liquen *V. maura*, especie que muestra mayor abundancia al ganar altura. Como en la zona anterior, no se observan diferencias importantes respecto campañas anteriores. *Chthamalus* sp. (30-50 ind·m^{-2}) y *M. neritoides* (500-1.000 ind·m^{-2}) son los únicos representantes faunísticos en este horizonte de *Verrucaria* (Foto 76-2011).



CALIDAD BIOLÓGICA

En la Tabla 337 se muestran los datos obtenidos para la masa de agua costera Matxitxako-Getaria en las campañas de 2011 (transectos M-LOK5, M-LOK6, M-LL1, M-LL2, M-LL3, M-LA1 y M-LA2), de 2010 (transectos M-LU1a, M-LU1b, M-LU1c y M-LU2) y de 2009 (transectos M-LD1 y M-LD2), con objeto de calificar su estado. La metodología utilizada se explica en Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2008 (Borja *et al.*, 2009f).

La calificación es de: Estado Aceptable para el transecto M-LL2; Buen Estado para los transectos M-LOK6, M-LA1, M-LA2, M-LD1 y M-LD2; y Muy Buen Estado para los transectos M-LOK5, M-LL1, M-LL3, M-LU1a, M-LU1b, M-LU1c y M-LU2.

Respecto a los transectos analizados la presente campaña, cabe destacar la evolución positiva del transecto M-LL1 (pasa de Buen Estado en 2005 y 2008, a Muy Buen Estado en la presente campaña de 2011, igual que en 2002). Por el contrario, el transecto M-LOK6 pasa de Muy Buen Estado en 2008 (primer año en que se muestreó) a Buen Estado en 2011.

En promedio, la masa de agua costera Matxitxako-Getaria presenta '**Muy Buen Estado**' (EQR=0,82) en la campaña de 2011. El constante incremento en los valores de EQR señalado en el informe correspondiente a la pasada campaña de 2010 (de 0,73 en el trienio 2002-2004, a 0,79 en 2005-2007, y a 0,89 en el trienio 2008-2010) se invierte en 2011. Sin embargo, se sigue cumpliendo el objetivo que se indicaba en la campaña de 2009 de alcanzar Muy Buen Estado, por lo que convendría vigilar que la reducción en el valor de EQR no signifique una inversión en la tendencia positiva que se venía detectando para la masa de agua costera Matxitxako-Getaria.

INDICADORES	M-LOK5	M-LOK6	M-LL1	M-LL2	M-LL3	M-LA1	M-LA2
Cobertura	98	17	40	0	47	49	21
Riqueza de poblaciones	5	5	7	0	5	2	3
Especies oportunistas	3	8	6	1	2	2	3
PUNTUACIÓN							
Cobertura	0,45	0,1	0,35	0	0,35	0,35	0,2
Riqueza de poblaciones	0,2	0,15	0,2	0	0,2	0,1	0,15
Especies oportunistas	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
PUNTUACIÓN TOTAL	1	0,6	0,9	0,35	0,9	0,8	0,7
CLASIFICACIÓN	Muy Bueno	Bueno	Muy Bueno	Aceptable	Muy Bueno	Bueno	Bueno

INDICADORES	M-LD1	M-LD2	M-LU1a	M-LU1b	M-LU1c	M-LU2
Cobertura	23	41	78	55	72	60
Riqueza de poblaciones	7	9	5	5	4	5
Especies oportunistas	5	11	5	6	3	1
PUNTUACIÓN						
Cobertura	0,2	0,35	0.45	0.35	0.45	0.45
Riqueza de poblaciones	0,2	0,2	0.2	0.15	0.15	0.2
Especies oportunistas	0,35	0,25	0.35	0.35	0.35	0.35
PUNTUACIÓN TOTAL	0,75	0,8	1	0.85	0.95	1
CLASIFICACIÓN	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno

Tabla 337 Calificación de cada indicador de macroalgas y las equivalencias para la calificación de cada transecto, en las campañas de 2011 (M-LOK5, M-LOK6, M-LL1, M-LL2, M-LL3, M-LA1 y M-LA2), de 2010 (M-LU1a, M-LU1b, M-LU1c y M-LU2) y de 2009 (M-LD1 y M-LD2).

17.5 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

17.5.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

La zona costera desde Matxitxako hasta Getaria está representada por las estaciones L-OK10 (en frente del estuario Oka), L-L20, L-L10 (en frente del estuario Lea), L-A10 (en frente del estuario Artibai), L-D10 (en frente del estuario Deba) y L-RF20 y L-U10 (en frente del estuario Urola). En la Tabla 338 se recogen los datos medios anuales para las diferentes variables básicas analizadas en la zona costera Matxitxako-Getaria durante el año 2011. Se incluyen los valores medios de las variables generales en dos niveles de la columna de agua (superficie y fondo) y los de las variables relacionadas con el estado trófico en superficie.

En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de la estratificación termohalina. También se aprecia, a través de la salinidad y del porcentaje de agua continental que esta variable indica, la influencia de la descarga del río a través del estuario en las concentraciones de las variables indicadoras de los aportes terrestres,

especialmente de los nutrientes. No obstante, en las campañas efectuadas en el año 2011 se observa un aporte escaso de agua dulce presentando un valor medio anual de superficie considerando todas las estaciones de 1.35% de agua fluvial. Para el nivel de fondo se puede decir que el agua presente es completamente marina.

Los valores medios del porcentaje de saturación de oxígeno, cercanos a 100%, indican una situación general de balance entre procesos autótrofos y heterótrofos, tanto en la superficie como en el fondo de la columna de agua. No se registran valores puntuales que representen un déficit de oxígeno. Además de la influencia de temperatura y salinidad en la concentración absoluta y el porcentaje de saturación de oxígeno, los cambios estacionales también aparecen ligeramente modulados por la concentración de clorofila y su distribución en la columna de agua. De todos modos, en la serie de muestreos realizados durante el año 2011 no se han registrado floraciones superficiales de importancia.

Las concentraciones de nutrientes presentan una distribución coherente con los ciclos estacionales y los pulsos de fertilización adicional que indica el porcentaje de agua no marina. Los valores de 2011 se encuentran en el rango habitual de las aguas litorales, incluida la estación de referencia.

Variables	Unidades	L-OK10-S	L-OK10-F	L-L10-S	L-L10-F	L-L20-S	L-L20-F	L-A10-S	L-A10-F
Temperatura	℃	17,06	15,31	17,09	15,57	17,34	15,87	17,61	15,62
Salinidad	USP	35,30	35,68	35,48	35,68	35,19	35,68	35,13	35,66
Agua fluvial	%	0,84	0	0,35	0	1,16	0	1,31	0
Saturación O_2	%	102,04	101,75	101,30	99,29	103,28	100,07	102,04	99,21
pH		8,24	8,20	8,23	8,19	8,23	8,19	8,22	8,18
Clorofila	$\mu g.dm^{-3}$	0,44	1,08	0,40	0,67	0,74	0,85	0,62	0,73
Silicato	$\mu mol.dm^{-3}$	1,90		1,98		2,14		3,34	
Amonio	$\mu mol.dm^{-3}$	2,09		1,86		2,39		3,18	
Nitrito	$\mu mol.dm^{-3}$	0,23		0,19		0,22		0,24	
Nitrato	$\mu mol.dm^{-3}$	2,59		2,21		2,49		3,66	
Nitrógeno Total	$\mu mol.dm^{-3}$	11,68		11,76		11,49		13,83	
Fosfato	$\mu mol.dm^{-3}$	0,30		0,27		0,24		0,25	
Fósforo Total	$\mu mol.dm^{-3}$	0,61		0,52		0,55		0,59	
Carbono O. Total	$\mu mol.dm^{-3}$	105,41		113,16		109,40		100,18	

Variables	Unidades	L-D10-S	L-D10-F	L-RF20-S	L-RF20-F	L-U10-S	L-U10-F
Temperatura	℃	17,95	15,82	17,75	13,23	17,43	15,59
Salinidad	USP	34,65	35,63	35,40	35,72	34,66	35,66
Agua fluvial	%	2,66	0	0,56	0	2,63	0
Saturación O_2	%	105,60	97,88	101,60	92,44	104,26	96,12
pH		8,23	8,18	8,24	8,14	8,25	8,17
Clorofila	$\mu g.dm^{-3}$	0,91	0,62	0,37	0,24	1,01	0,47
Silicato	$\mu mol.dm^{-3}$	6,23		1,36		6,70	
Amonio	$\mu mol.dm^{-3}$	3,40		3,11		2,50	
Nitrito	$\mu mol.dm^{-3}$	0,31		0,27		0,25	
Nitrato	$\mu mol.dm^{-3}$	7,13		2,13		10,24	
Nitrógeno Total	$\mu mol.dm^{-3}$	17,59		12,16		20,36	
Fosfato	$\mu mol.dm^{-3}$	0,29		0,25		0,33	
Fósforo Total	$\mu mol.dm^{-3}$	0,66		0,51		0,64	
Carbono O. Total	$\mu mol.dm^{-3}$	106,52		101,60		108,27	

Tabla 338 Masa de agua costera desde Matxitxako hasta Getaria. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico y presencia de agua de origen fluvial.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. En general predominan las situaciones alternantes, con una distribución de tipo “dientes de sierra” en la que se observa la fuerte incidencia de la estacionalidad y de la variabilidad de las condiciones hidrológicas y climáticas que condicionan fundamentalmente la fracción de agua dulce presente en las aguas superficiales.

En cuanto a la evolución de los nutrientes, no se observa ninguna tendencia clara en ninguna estación de la masa de agua Matxitxako-Getaria. Las estaciones que muestran valores más altos, sobre todo en 2011, son las estaciones L-D10 y L-U10 situadas frente al estuario del Deba y del Urola, respectivamente (Figura 437).

Los valores de oxigeno disuelto de todas las estaciones alcanzan el 100% de saturación. Esta tendencia se mantiene estable en los últimos años (Figura 438)

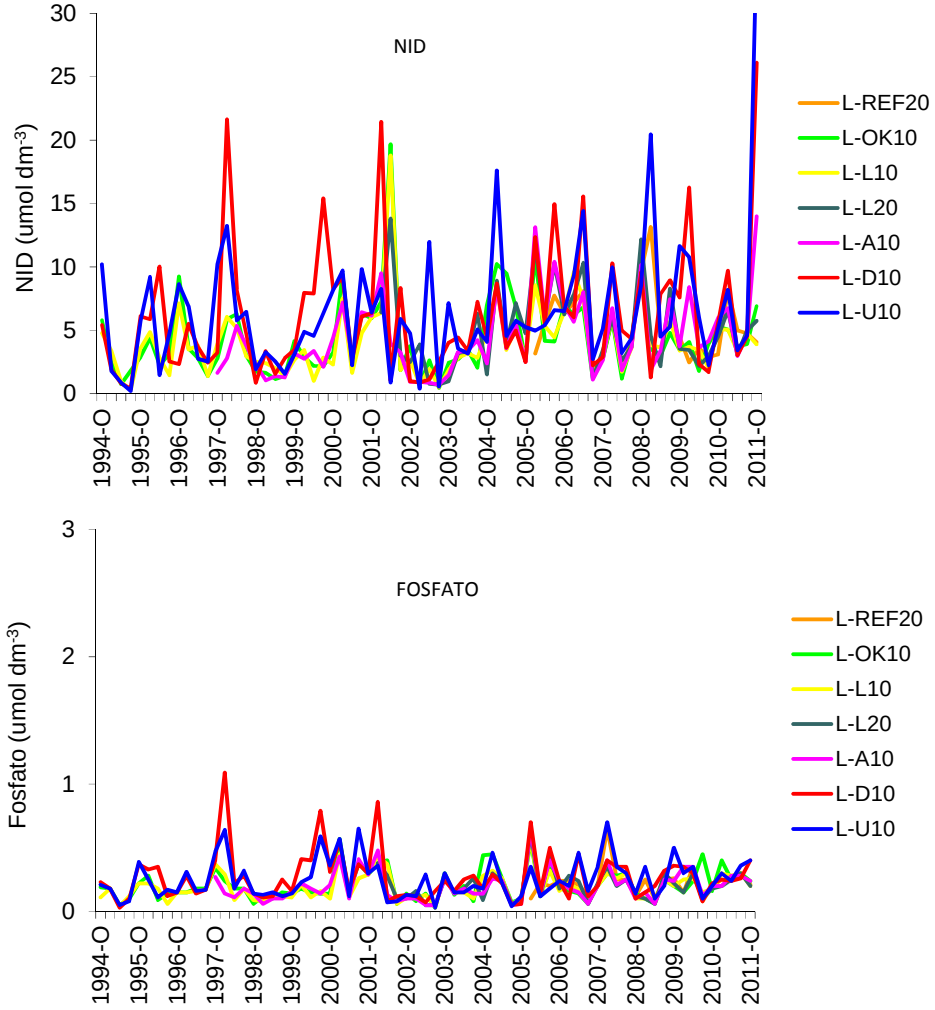


Figura 437 Evolución trimestral, entre otoño 1994 y otoño 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en µmol L^{-1}, en aguas de superficie en las estaciones L-OK10, L-L10, L-L20, L-A10, L-D10, L-RF20 y L-U10.

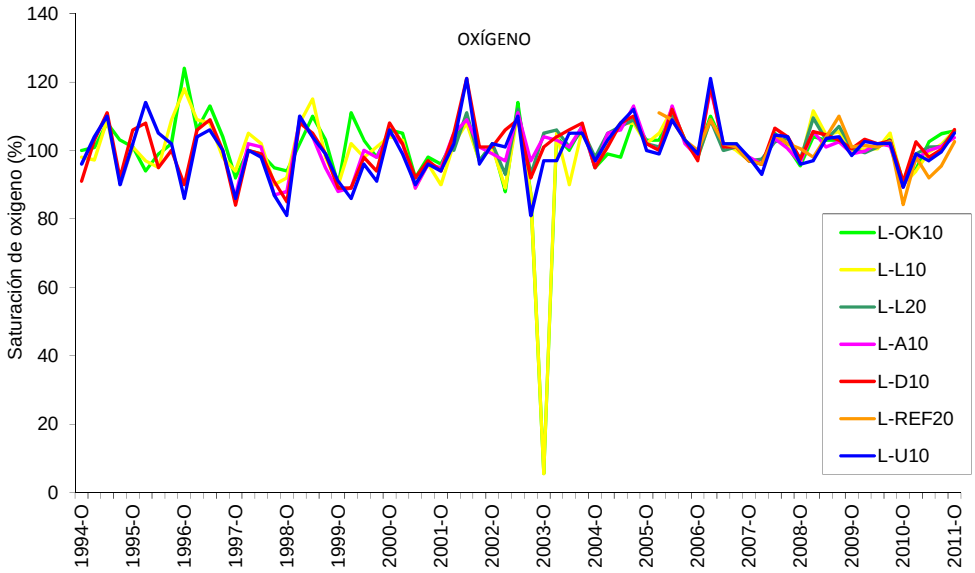


Figura 438 Porcentaje de saturación de oxígeno en la columna de agua en la masa de agua Cantabria-Matxitxako (estaciones L-OK10, L-L10, L-L20, L-A10, L-D10, L-RF20, L-U10). Se muestra el promedio para cada época del año (invierno, primavera, verano y otoño) desde 1994 hasta 2011. La media se ha realizado con los datos tomados en superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) en las aguas de superficie en las estaciones de la costera entre Matxitxako y Getaria, se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (2 y 3 $\mu g \cdot l^{-1}$).

En las Figura 439 y Figura 440, la evolución de la concentración media del resto metales para el periodo comprendido entre otoño de 1996 y verano de 2011 para la estación de muestreo de las estaciones correspondientes entre Matxitxako y Getaria (L-Ok10, L-L20, L-L10, L-A10, L-REF20, L-D10 y L-U10).

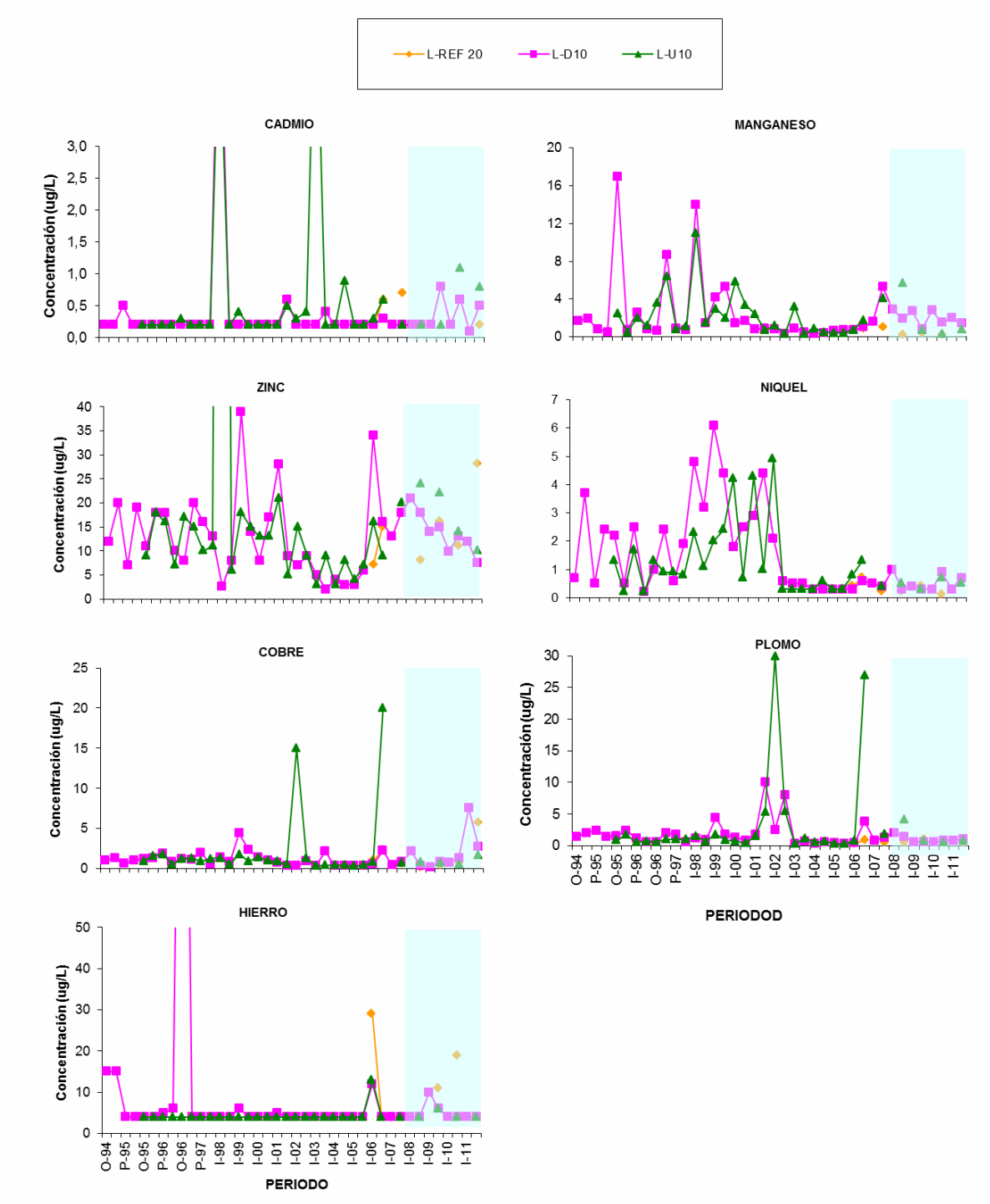


Figura 439 Evolución temporal de la concentración para cada metal en la estación de la zona costera desde Matxitxako hasta Getaria en el periodo que abarca desde otoño de 1996 al verano de 2011, para las estaciones L-REF20, L-D10 y L-U10.

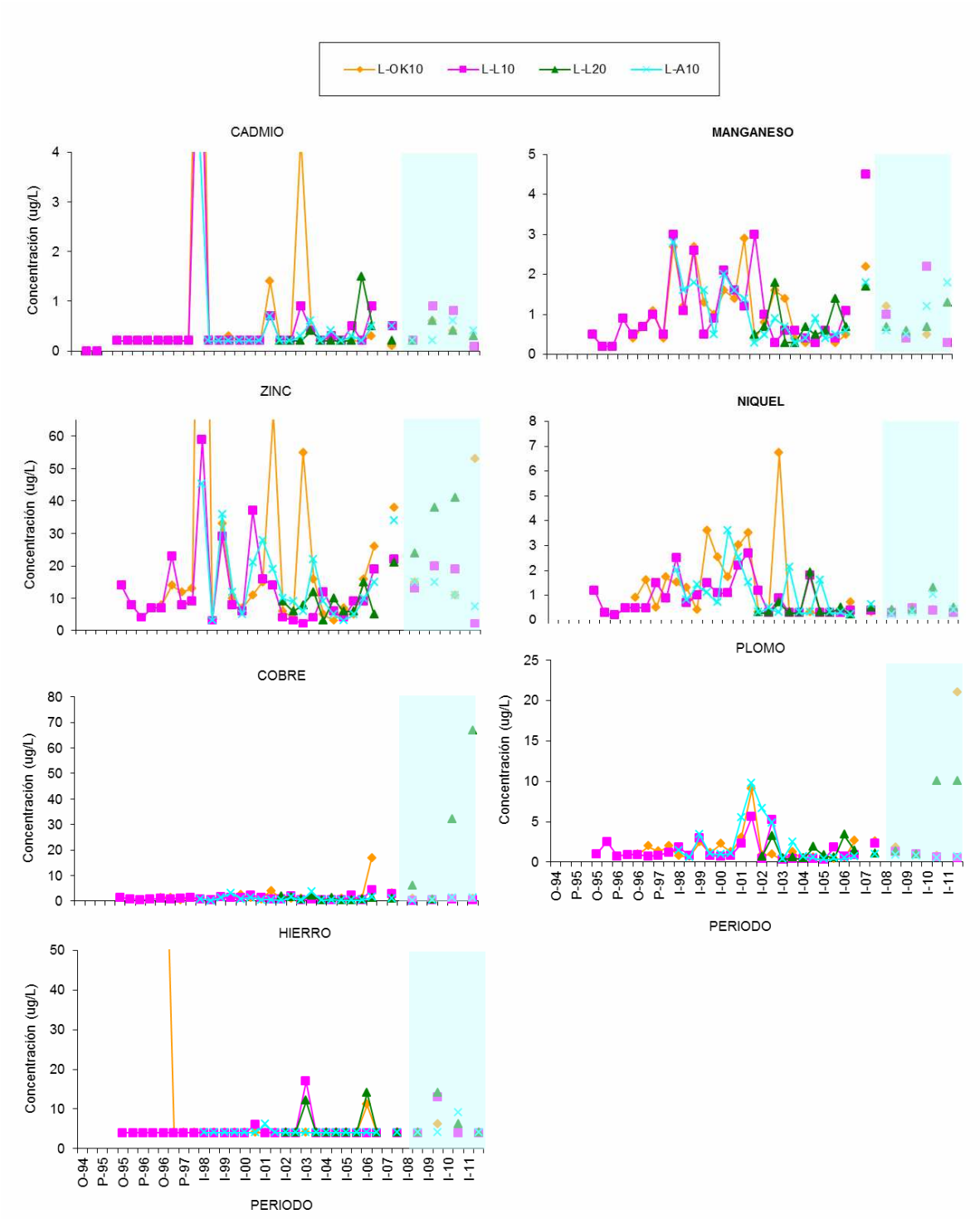


Figura 440 Evolución temporal de la concentración para cada metal en la estación de la zona costera desde Matxitxako hasta Getaria en el periodo que abarca desde otoño de 1996 al verano de 2011, para las estaciones L-Ok10, L-L10, L-L20 y L-A10.

Este año el mercurio en las aguas de superficie en las estaciones de la costera entre Matxitxako y Getaria se mantiene como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus limite de detección (0,3 $\mu g \cdot l^{-1}$).

Como se puede apreciar en las Figura 439 y Figura 440, en general, la mayoría de los metales presentan una tendencia oscilante con máximos esporádicos, que sobrepasan los objetivos de calidad fijados para cada metal en casos puntuales. Este año la concentración de cadmio descendie ligeramente o se mantiene respecto a la concentración del año pasado en todas las estaciones de estudio, pero siguen superando el objetivo de calidad (0.2 $\mu g \cdot l^{-1}$) en todas las estaciones excepto en L-OK10 y L-L10. El níquel mantiene las concentraciones de los años anteriores en algunos casos cae la concentración ligeramente sin variaciones significativas excepto en la estación de referencia que aumenta ligeramente. En el caso del plomo solo se ha observado una subida significativa en L-OK10, el resto de las estaciones

mantiene concentraciones similares a los años anteriores. Superan el objetivo de calidad (7.2 µg·l^{-1}) con un valor de 21 y 10 µg·l^{-1} las estaciones L-OK10 y L-L20, respectivamente. En el caso del zinc en la estaciones L-OK10, L-L20 y L-REF20 se ha observado un aumento de la concentración, superando el objetivo de calidad establecido (60 µg·l^{-1}) en la estación L-L20 con un valor de 88 µg·l^{-1}, en el resto de las estaciones se ha observado un escenso de la concentración para este metal. Respecto al cobre, se ha observado un subida considerable de concentración en las estaciones L-L20, L-REF20 L-D10 y L-U10 donde se supera el objetivo de calidad establecido (25 µg·l^{-1}) en la estación L-L20 con un valor de 67 µg·l^{-1}, en el resto de las estaciones no se aprecian variaciones significativas respecto al año anterior. Se puede concluir que en esta masa de agua la estación L-L20 ha empeorado considerablemente respecto al resto, superando los objetivos de calidad establecidos en el cadmio, cobre, plomo y zinc.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

En los resultados obtenidos en 2011 se encuentran concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) para los congeneres de PAHs, el acenafteno en todas las estaciones de estudio y el fenantreno, acenftileno, antraceno y naftaleno en la estación L-D10 sin superar en ningun caso los objetivos de calidad establecidos para estos compuestos.

17.5.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995, en las estaciones L-OK10, L-L10, L-D10 y L-U10, desde 1998 en la L-A10, desde 2004 en la estación L-L20 y desde 2006 en la L-RF20 se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado.

A partir de esta información, en la Figura 441 y en la Figura 442 se representa la evolución temporal para cada estación. Además en la Tabla 339 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En relación a la variabilidad espacial, los sedimentos de estas estaciones costeras se caracterizan por presentar un sedimento predominantemente arenoso, con elevados valores de potencial redox y ratio C/N, y valores bajos de contenido en materia orgánica y nitrógeno orgánico particulado. Como excepción, la estación L-RF20 que mantiene valores promedio de finos, carbono, nitrógeno y materia orgánica mayores, y el ratio C/N menor que el resto de las estaciones. Como ya se ha comentado en informes anteriores, estas diferencias granulométricas son consecuencia de su localización a mayor profundidad, y menor hidrodinámica en fondo.

En cuanto a la evolución temporal, en las campañas más recientes, no se aprecian patrones temporales definidos para ninguno de los parámetros sedimentológicos analizados en ninguna de las estaciones de estudio.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg-1)	N.O.P. (mol kg-1)	C/N (mol/mol)
L-OK10	0,01	99,86	0,13	1,10	394	1,74	0,02	77,9
L-L10	19,33	80,60	0,07	1,13	417	1,86	0,02	113,1
L-L20	0,06	98,05	1,89	1,17	387	2,49	0,03	93,0
L-A10	0,03	98,72	1,24	0,94	392	2,98	0,04	73,1
L-D10	3,34	96,46	0,20	1,68	410	7,59	0,04	197,6
L-RF20	0,02	45,52	54,46	2,74	143	3,12	0,06	51,0
L-U10	0,06	97,44	2,49	1,21	434	1,96	0,03	68,8

Tabla 339 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno); nd: no disponible.

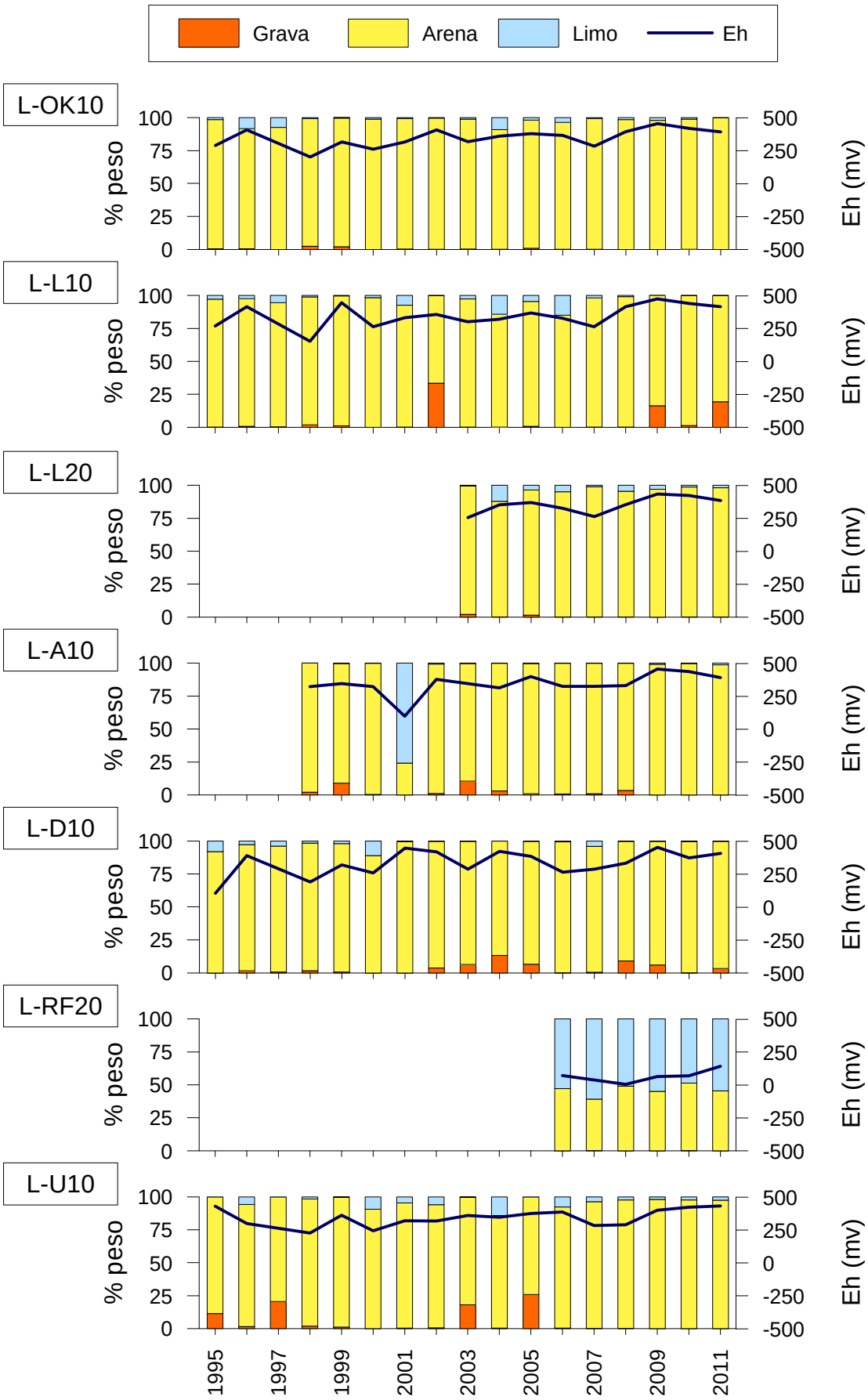


Figura 441 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno.

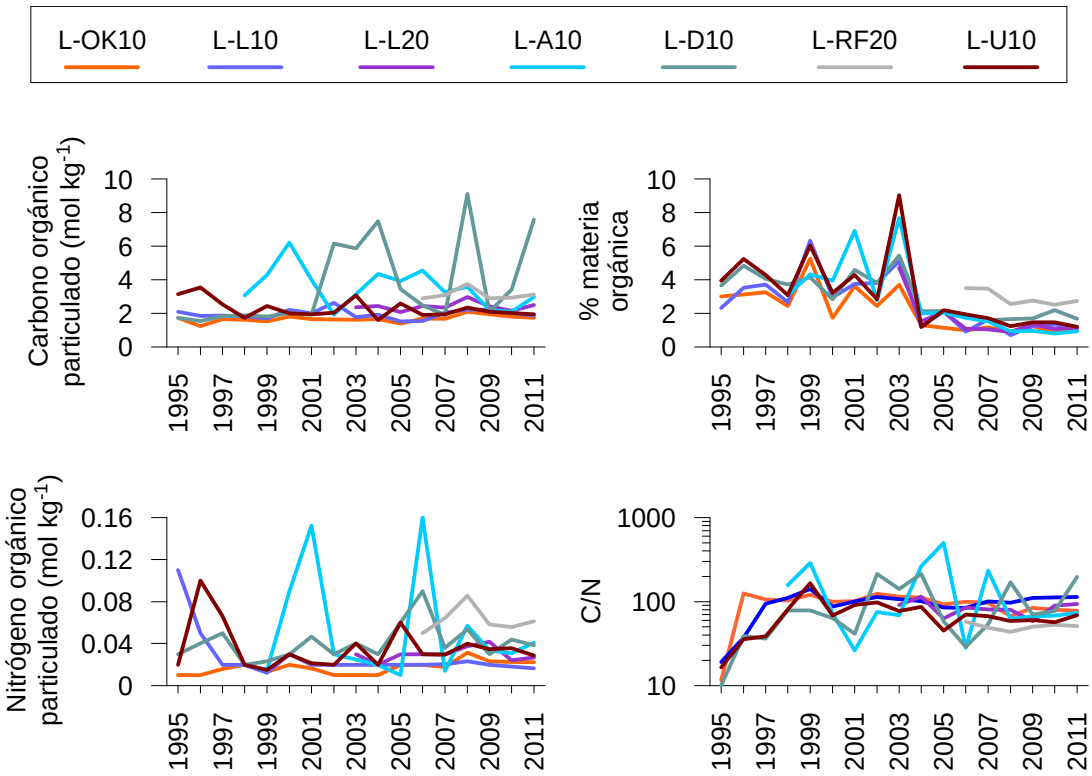


Figura 442 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 340 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. No se dispone de datos de metales en las estaciones L-L10 y L-D10 debido a la no disponibilidad de fracción fina suficiente para realizar dicha analítica. La Figura 443 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales.

Cd, Cu, Cr, Ni y Zn mantienen concentraciones promedio, en los muestreos más recientes, en el rango del nivel de fondo.

El Hg presenta valores en el rango del nivel de fondo, excepto en las estaciones L-OK10, L-RF20 y L-L20.

Fe y Mn generalmente están dentro de los niveles de fondo, con la excepción de la estaciones L-OK10, que en los últimos años muestra una elevada variabilidad temporal.

Los valores de Pb generalmente se sitúan dentro de los niveles de fondo, con la excepción de la estación L-RF20.

En la Figura 444 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. En este sentido, durante la última campaña, todos los metales, a excepción de la estación L-RF20, se encuentran por debajo del valor TEL, y por lo tanto, no existe riesgo de afección sobre la biota.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
L-OK10	0,17	20	28	69458	0,37	655	26,5	46	142
L-L10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L-L20	0,14	22	13	34204	0,17	277	25,3	32	93
L-A10	0,05	16	12	23823	0,16	283	21,8	17	83
L-D10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L-RF20	0,16	21	21	27898	0,56	332	27,5	57	162
L-U10	0,05	35	16	35370	0,08	399	36,9	17	118
Media	0,11	22,6	18,0	38151	0,27	389	27,6	33,9	119,6
Desv. est.	0,06	7,1	6,8	18123	0,20	156	5,6	17,5	32,8

Tabla 340 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011; nd: no hay dato

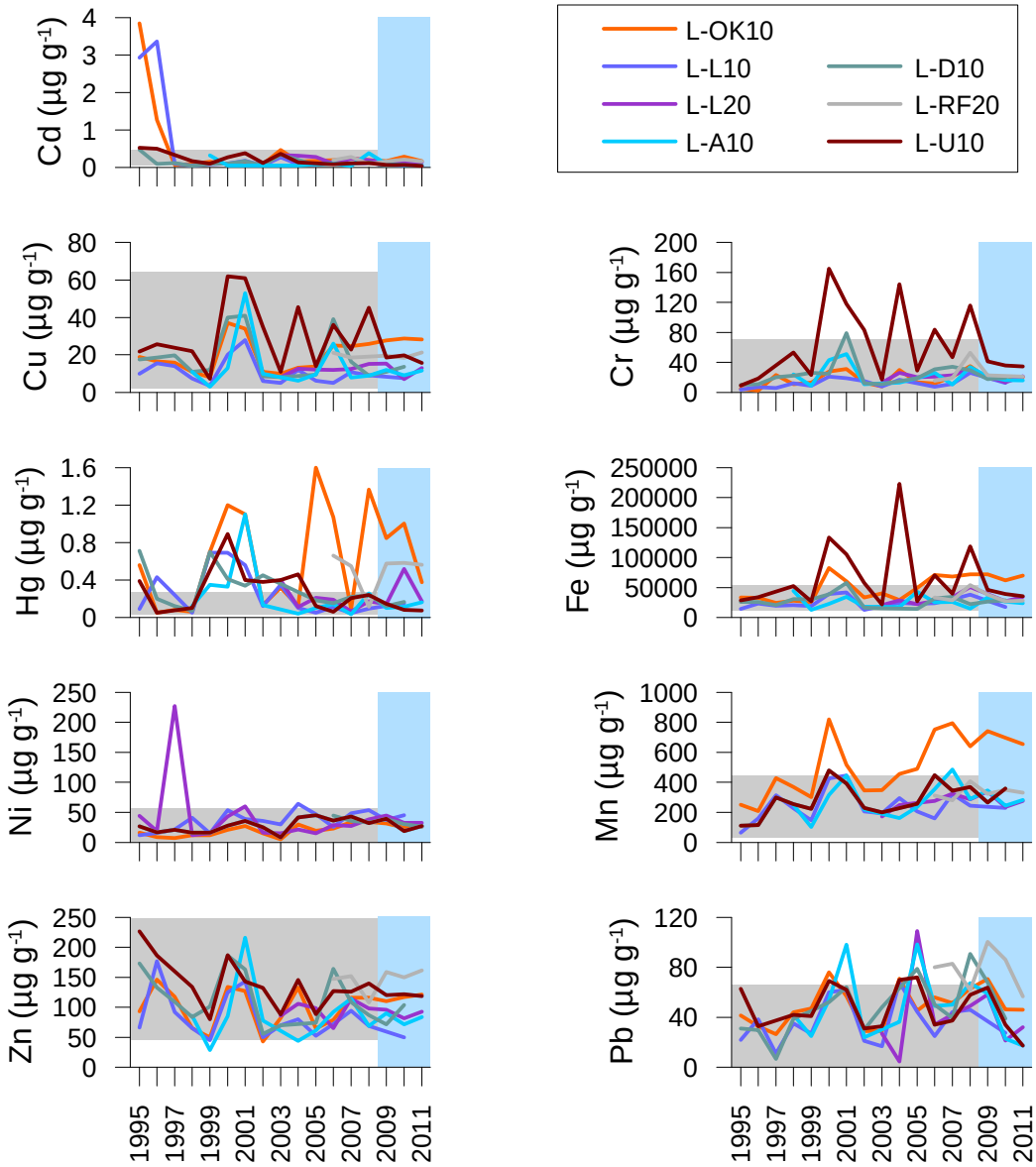


Figura 443 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

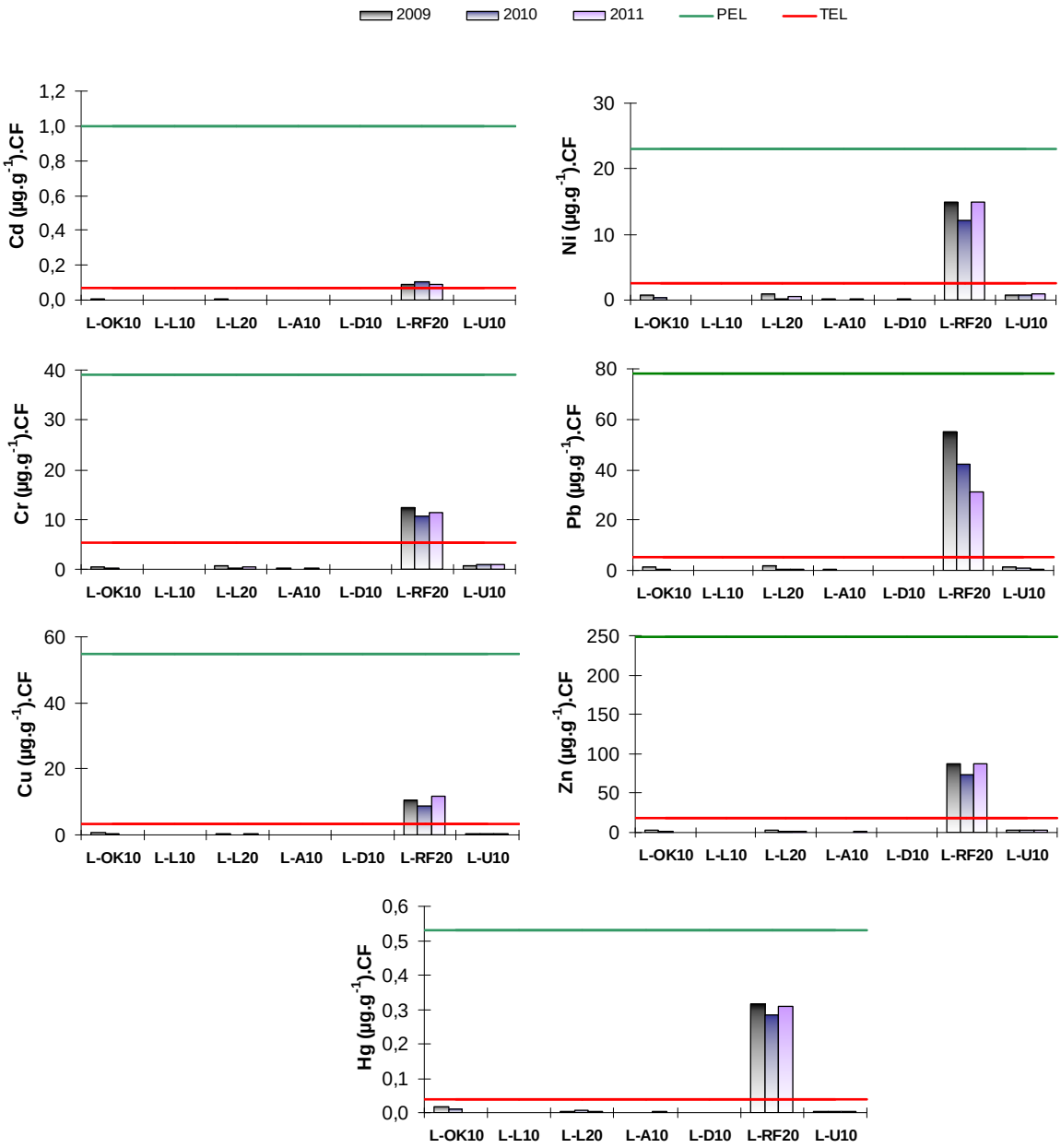


Figura 444 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 341 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011.

En la Figura 445 se ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados.

La mayoría de las concentraciones están próximas al nivel de determinación analítico, o inferiores a él, con la excepción de los PAHs en la mayoría de las estaciones, aunque en ningún caso se supera el objetivo de calidad (44792 $ng.g^{-1}$).

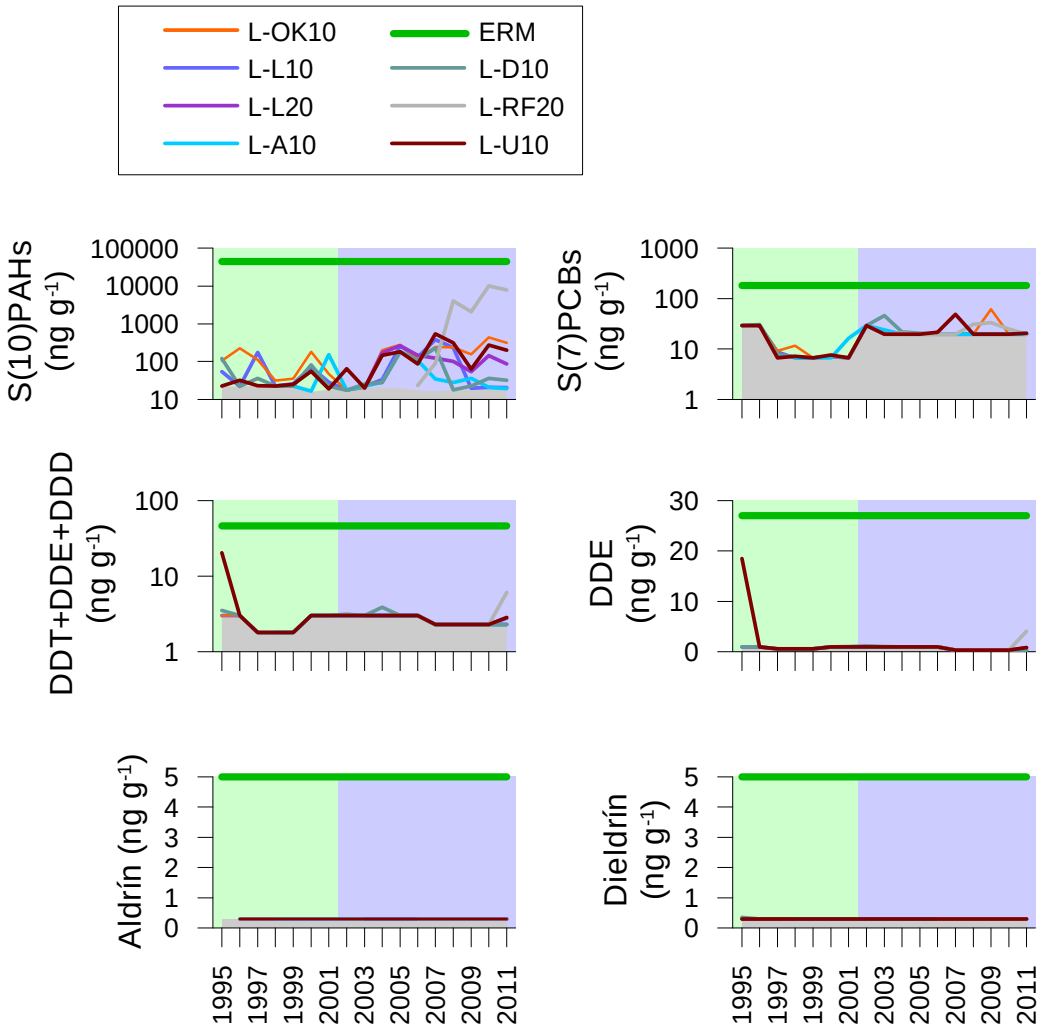


Figura 445 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efectos adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, *Long et al.*, 1995).

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
L-OK10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	0,26	<20	310
L-L10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	20
L-L20	<0,30	<0,30	<0,30	0,78	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	86
L-A10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	19
L-D10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	32
L-RF20	<0,30	<0,30	<0,30	4,07	<1,00	<1,00	8,13	2,13	24,87	7905
L-U10	<0,30	<0,30	<0,30	0,85	<1,00	<1,00	<2,00	0,24	20,41	200

Tabla 341 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se

calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 342 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos de la masa de agua costera Matxitxako-Getaria, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Según estos valores de ICC globales, ninguna estación, excepto L-OK10 y L-RF20, presenta contaminación por metales.

En la Figura 446 se presenta la evolución del ICC global de metales, donde se observa que en los muestreos más recientes, todos los valores de ICC se encuentran en el rango de no contaminado, a excepción de las estaciones L-OK10 y L-RF20, que muestran valores de contaminación ligera (*i.e.*, ICC > 1).

En cuanto a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, se deduce que la única estación que presenta contaminación ligera es la L-RF20.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
L-OK10	NC	NC	NC	CL	CL	CL	NC	CL	NC	CL
L-L10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L-L20	NC	NC	NC	CL	CL	CL	NC	CL	NC	NC
L-A10	NC	NC	NC	NC	CL	CL	NC	NC	NC	NC
L-D10	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L-RF20	NC	NC	NC	NC	C	CL	NC	CL	CL	CL
L-U10	NC	CL	NC	CL	NC	CL	CL	NC	NC	NC
Total	NC	NC	NC	CL	CL	CL	NC	CL	NC	NC

Tabla 342 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

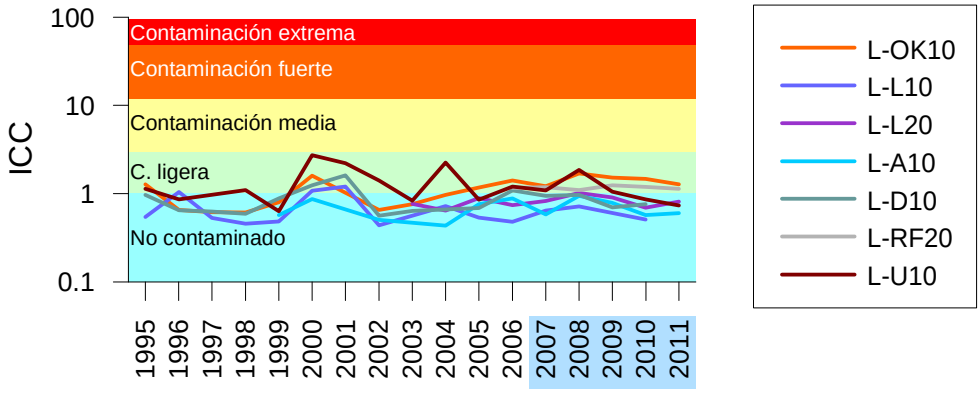


Figura 446 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

17.5.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FISICO-QUÍMICO

Condiciones generales

De acuerdo con la metodología expuesta en el Tomo 1, el estado de la zona costera de Matxitxako-Getaria en función de los indicadores físico-químicos de 2011 puede considerarse **'Muy Buena'** en todas las estaciones de muestreo controladas (L-OK10, L-L20, L-L10, L-A10, L-D10, L-U10 y L-RF20). La estación L-A10 presenta una tendencia estadísticamente significativa al empeoramiento entre 1997 y 2011. En cualquier caso, se manteiene en niveles de muy buen estado a lo largo de toda la serie histórica disponible. En la Figura 447 y Figura 448 se puede observar la evolución del estado físico-químico de estas estaciones entre 1994 y 2011.

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, las medias de las variables estudiadas cumplen en todas las estaciones a excepción de la estación L-U10 que no cumple para el nitrato.

Contaminantes especificos

Según la DMA, para la evaluación del estado ecológico, hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los seis puntos

de control de esta masa, el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es muy bueno en todas excepto en el L-OK10 y L-L20 que es aceptable. En el caso del punto control del L-REF20 el estado físico-químico para las prioritarias es bueno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico (Tabla 343). Así, se alcanza el buen estado químico desde el 2004 (Tabla 344). En la Tabla 345 se muestra que el estado químico de la estación L-REF20 es buena, además, el buen estado químico se mantiene en todos los años de estudio.

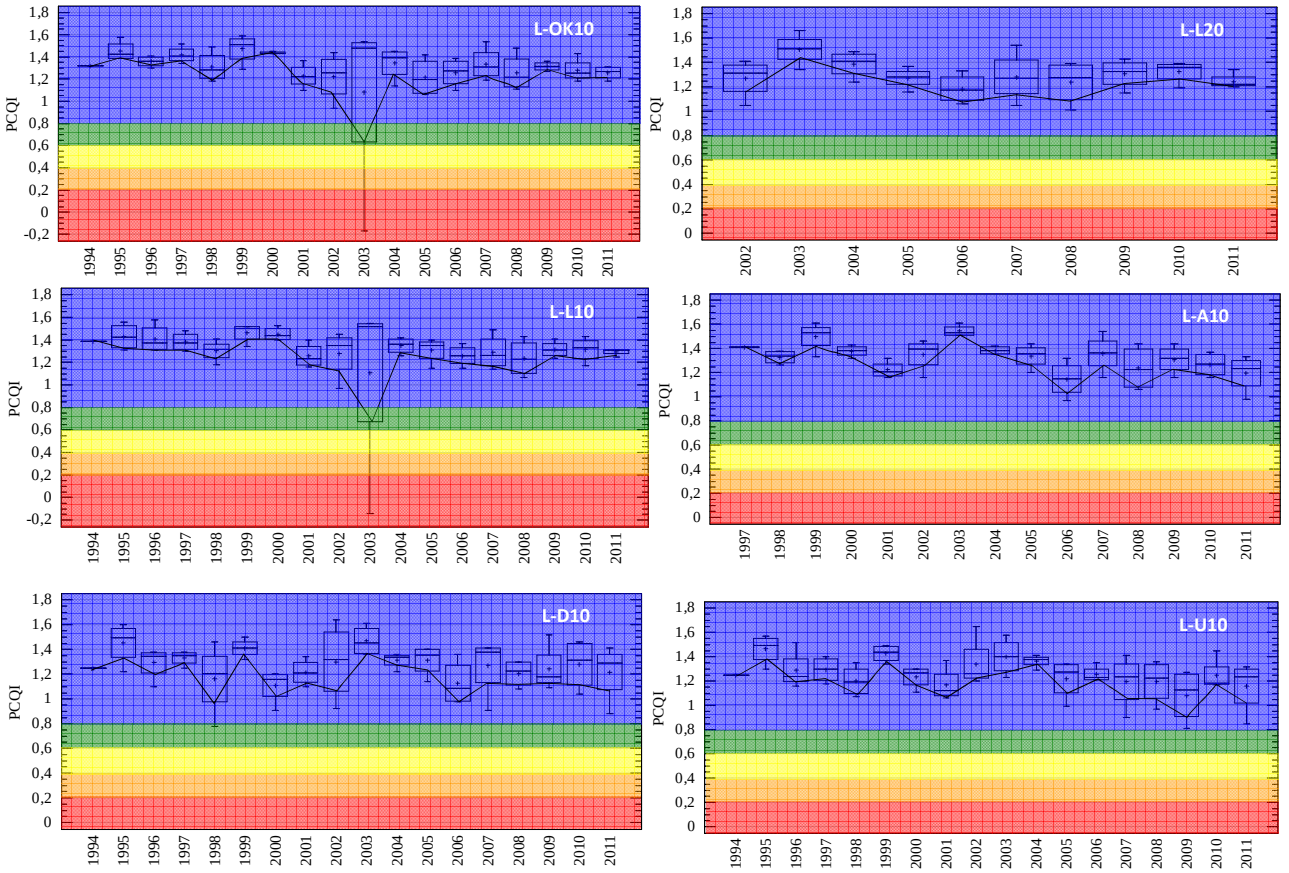


Figura 447 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo L-OK10, L-L20, L-L10, L-A10, L-D10 y L-U10 de la masa de agua de costera Matxitxako-Getaria. La línea de color negro señala la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

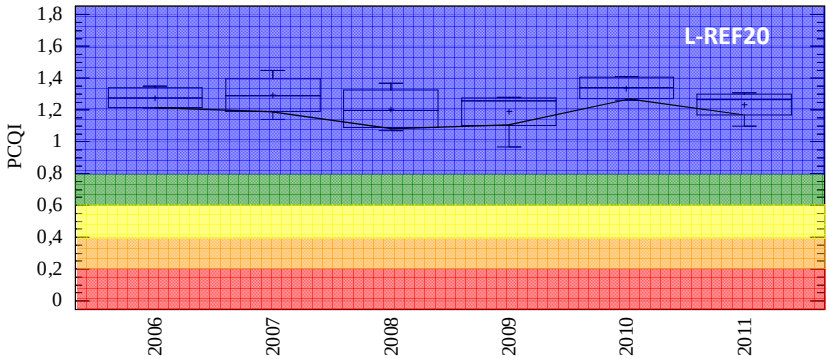


Figura 448 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de la estación de muestreo L-REF20 de la masa de agua de costera Matxitxako-Getaria. La línea de color negro representa la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	L-OK10	L-L10	L-L20	L-A10	L-D10	L-U10	Global	L-REF20
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}								
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}								
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}								
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}								
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}								
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}								
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}								
Benzo(b)fluoranteno +Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(g,h,i)perileno +Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,3	0,4	0,2	0,8	No se considera	0,2
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	<LC	<LC	0,3	0,4	0,5	0,8	No se considera	0,2
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	0,09
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	21,0	0,5	10,0	0,6	0,8	0,8	Cumple	0,5
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	0,31
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,3	<LC	0,5	0,4	0,325	0,5	Cumple	0,7
Estado Quimico				No Alcanza	Bueno	No Alcanza	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	53,0	1	88,0	7,5	9,6	10	Cumple	28
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	1	0,4	67,0	1,2	2,9	1,7	Cumple	
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Aceptable	Muy Bueno	Aceptable	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno		Bueno

Tabla 343 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua de Matxitxako-Getaria en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 344 Estado químico de la masa de agua de transición Matxitxako-Getaria en los años 2004-2011.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 345 Estado químico de la estación L-REF20 en los años 2004-2011.

17.6 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Esta zona costera no ha presentado entre 2005 y 2008 ninguna obra, actuación o acción que altere de manera significativa su morfología ni las corrientes o mareas, por lo que su situación puede calificarse de Muy Buena (cumple), para este elemento.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 18 MASA DE AGUA COSTERA GETARIA-HIGER

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 18 MASA DE AGUA COSTERA GETARIA-HIGER 609

18.1 Resumen estado ecológico. Getaria-Higer 611

18.2 Estaciones de muestreo 614

18.3 Macroinvertebrados bentónicos 614
18.3.1 Parámetros estructurales 614
18.3.2 Calidad biológica 617

18.4 Vida vegetal asociada al medio acuático 618
18.4.1 Fitoplancton 618
18.4.2 Macroalgas 622

18.5 Indicadores fisicoquímicos 623
18.5.1 Caracterización físico-química en aguas 623
18.5.2 Caracterización físico-química en sedimentos 628
18.5.3 Evaluación del estado 633

18.6 Indicadores hidromorfológicos 636

18.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. GETARIA-HIGER

En 2004 se realizó el estudio de presiones e impactos en esta masa de agua.

Asociados a esta masa se contabiliza el puerto pesquero de Donosita-San Sebastián. Los vertidos más importantes son los que ocasionalmente se realizan desde el puerto de Pasaia, vertiendo sedimentos de dragado; los emisarios submarinos de Zarautz y Atalerreka; ocasionalmente Tximistarri; y los aportes de los ríos Orio, Urumea y Bidasoa.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico (Tabla 346).

La tendencia de buen estado químico que se venia obserbando desde 2004, se mantiene este año (Tabla 347). En la Tabla 348 se muestra que el estado químico de la estación L-REF10 es bueno, además, el buen estado químico se mantiene en todos los años de estudio, excepto en 2008, que no alcanzó el buen estado, por presencia de mercurio en sedimento.

Según la DMA, para la evaluación del estado ecologico, hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes especificos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja et al. (2004). Así, en los puntos de control de esta masa el estado físico-químico es muy bueno en L-O10, L-O20, L-OI20 y L-OI10 y bueno en L-BI10. El estado fisico-químico de la estación de referencia L-REF10 es bueno (Tabla 346). Por su parte, el estado físico-químico, de soporte de los elementos biológicos, presenta muy buen estado (Tabla 349). En el caso del punto control del L-REF10 el estado físico-químico para las prioritarias es bueno, siendo muy bueno los elementos de soporte.

En la Tabla 349 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua de Getaria-Higer, junto con la estación de referencia (L-REF10), frente a Pasaia, en la plataforma continental.

En general, los elementos biológicos de esta masa de agua de Getaria-Higer, se encuentran en un estado de buena o muy buena calidad biológica. Únicamente las algas de la zona de Orio están en un aceptable estado (justo en la desembocadura del Oria, pero hay que resaltar que el muestreo se hizo en superficies artificiales de los cubos del dique, lo que hace que la calidad baje). En general, los vertidos realizados a la masa de agua se dispersan adecuadamente, lo que hace que no haya grandes impactos. Además, en los últimos años, la entrada en funcionamiento de la depuración biológica en Atalerreka, junto al elevado hidrodinamismo de la zona, hacen que los impactos se minimicen, resultando en un estado ecológico entre bueno y muy bueno, dependiendo de las estaciones (Figura 449).

En cuanto a la estación de referencia (L-REF10), frente a Pasaia, en la plataforma continental, la calidad de todos los elementos es buena o muy buena.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	L-O10	L-O20	L-OI10	L-OI20	L-BI10	Global	L-REF10
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}							
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}							
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}							
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}							
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}							
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}							
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}							
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	0,006	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,2	0,3	0,6	0,3	0,4	No se considera	0,2
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,2	0,3	0,6	0,3	0,8	No se considera	0,2
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	0,1
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,6	1	0,5	0,3	0,5	Cumple	0,4
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,008	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	0,36
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,7	0,4	0,5	0,4	0,313	Cumple	0,3
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	5	13	75	38	16	Cumple	25
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,8	1,1	9	1,7	1,525	Cumple	1,4
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno		Bueno

Tabla 346 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua de Getaria-Higer en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 347 Estado químico de la masa de agua costera Getaria-Higer en los años 2004-2011.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	No alcanza buen estado	Hg(sedimento)
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 348 Estado químico de la estación L-REF10 en los años 2004-2011.

	ELEMENTOS BIOLOGICOS			ESTADO BIOLÓGICO	ELEMENTOS Físico-Químicos	QUÍMICA		ELEMENTOS Morfológicos	ESTADO ECOLÓGICO	Equivalencia	Tanto por Uno	Valor global	CALIFICACIÓN EST. ECOLÓGICO MASA DE AGUA
	Fitoplancton	Macroalgas	Bentos			>LD	>NC						
L-O10	MB	A	MB	B	MB	Sí	No	MB	B	8	0.2	1.6	8.9
L-O20	MB	MB	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0.25	2.5	
L-OI10	B	B	MB	B	MB	Sí	No	MB	B	8	0.15	1.2	
L-OI20	MB	B	MB	B	MB	Sí	No	MB	B	8	0.2	1.6	
L-BI10	MB	MB	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0.2	2	
L-REF10	MB	-	B	B	MB	Sí	No	MB	B				

Tabla 349 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua de Getaria-Higer y estación de referencia L-REF10, en 2011.



Figura 449 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la masa de agua litoral de Getaria-Higer: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

18.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua costera de Getaria-Higer se analiza anualmente un total de 5 estaciones litorales, y una estación de referencia (L-REF10). Por otro lado, cada año se analizan varias estaciones para macroalgas litorales, de forma que en el período 2005-2010 se tienen datos de todas ellas para hacer las valoraciones, ya que en 2011 no correspondía hacer muestreos en esta masa (Tabla 350).

Cod_Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
L-O10	Litoral de Orio (Oria)	570210,73	4795302,62	Litorales
L-O20	Litoral de Getaria (Oria)	566590,40	4796395,27	Litorales
L-OI10	Litoral de Pasaia (Oiartzun)	586643,13	4799065,85	Litorales
L-OI20	Litoral de Pasaia (Asabaratza)(Oiartzun)	589906,51	4801607,71	Litorales
L-BI10	Litoral de Hondarribia (Bidasoa)	597114,02	4805780,45	Litorales
L-RF10	Litoral Pasaia - D2 (Oiartzun)	587651,42	4811945,52	Litorales
M-LO1	Orio Zona 01. Litoral Macroalgas	570510,98	4793947,56	Litorales (Macroalgas)
M-LO2	Orio Zona 02. Litoral Macroalgas	571075,84	4793794,85	Litorales (Macroalgas)
M-LOI1	Oiartzun Zona 01. Litoral Macroalgas	585333,00	4798457,00	Litorales (Macroalgas)
M-LOI2	Oiartzun Zona 02. Litoral Macroalgas	587047,00	4798870,00	Litorales (Macroalgas)
M-LBI1	Bidasoa Zona 01. Litoral Macroalgas	597630,00	4805393,00	Litorales (Macroalgas)
M-LBI2	Bidasoa Zona 02. Litoral Macroalgas	598045,00	4805173,00	Litorales (Macroalgas)

Tabla 350 Estaciones de muestreo en la masa de agua costera de Getaria-Higer.

18.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

18.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua costera Getaria-Higer, en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 351.

La estación litoral más próxima a la desembocadura del río Oria (L-010) mantiene la recuperación observada en 2009-2010, presentando en la presente campaña un valor de densidad de 1.160 ind·m^{-2} y una riqueza específica de 43 *taxa*, valores similares a los del periodo 2004-2007 (Tabla 351 y Figura 450).

Los detritívoros superficiales constituyen la categoría dominante (91%); el siguiente grupo trófico en importancia es el de los carnívoros, con un 4%, seguidos por los detritívoros subsuperficiales (3%) y por los suspensívoros (2%).

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN					
		L-O10	L-O20	L-OI10	L-OI20	L-REF10	L-BI10
Densidad	nº·m^{-2}	1.160	497	8.027	53	790	800
Biomasa	g·m^{-2}	2,06	25,10	4,79	2,11	11,87	0,91
Riqueza	nº	43	38	55	11	53	45
Diversidad número	bit·ind^{-1}	3,29	4,53	3,33	3,15	4,15	4,38
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	3,16	0,38	3,60	0,31	1,97	3,04
Equitabilidad número		0,61	0,86	0,58	0,91	0,72	0,80
Equitabilidad biomasa		0,58	0,07	0,62	0,09	0,34	0,55
Diversidad máxima	bits	5,43	5,25	5,78	3,46	5,73	5,49
AMBI		2,03	1,34	2,05	1,22	1,03	2,44
Clasificación AMBI		Alteración Ligera	Alteración Ligera	Alteración Ligera	Alteración Ligera	Alteración Nula	Alteración Ligera

Tabla 351 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua costera Getaria-Higer.

Por grupos ecológicos, dominan las especies tolerantes a la alteración (Figura 451), lo cual conlleva un ligero aumento del valor de AMBI (2,0) con respecto a las campañas anteriores. Este valor corresponden a una situación de alteración ligera, y no se detecta tendencia temporal clara, aunque desde 2007 el valor de AMBI ha ido aumentando progresivamente al disminuir la importancia de las especies sensibles y aumentar la de las especies tolerantes.

La estación L-O20, situada en la zona de Zarautz, ha registrado un leve descenso de la densidad (537 ind·m^{-2}) y un aumento de la riqueza específica (38 *taxa*) (Tabla 351 y Figura 450).

Tal y como sucedía en campañas anteriores, la dominancia de *Spiophanes bombyx*, *Magelona johnstoni*,

Paradoneis armata, *Ampelisca brevicornis* y *Urothoe pulchella* permite caracterizar esta comunidad faunística dentro de la biocenosis de arenas finas bien calibradas.

Todos los grupos tróficos se hallan presentes en esta estación: detritívoros superficiales (73%), carnívoros (19%), detritívoros subsuperficiales y suspensívoros (3%) y omnívoros (2%).

Por grupos ecológicos, dominan las especies sensibles (44%), como venían haciendo desde 2004 hasta que la pasada campaña de 2010 fueron superadas por las especies tolerantes (Figura 451). Esta modificación en la dominancia, y la menor abundancia relativa de especies tolerantes y oportunistas de segundo orden, permite que el valor de AMBI sea menor (1,3 en 2011, frente a 2,04 en 2010), aunque se mantiene la calificación de alteración ligera (Tabla 351).

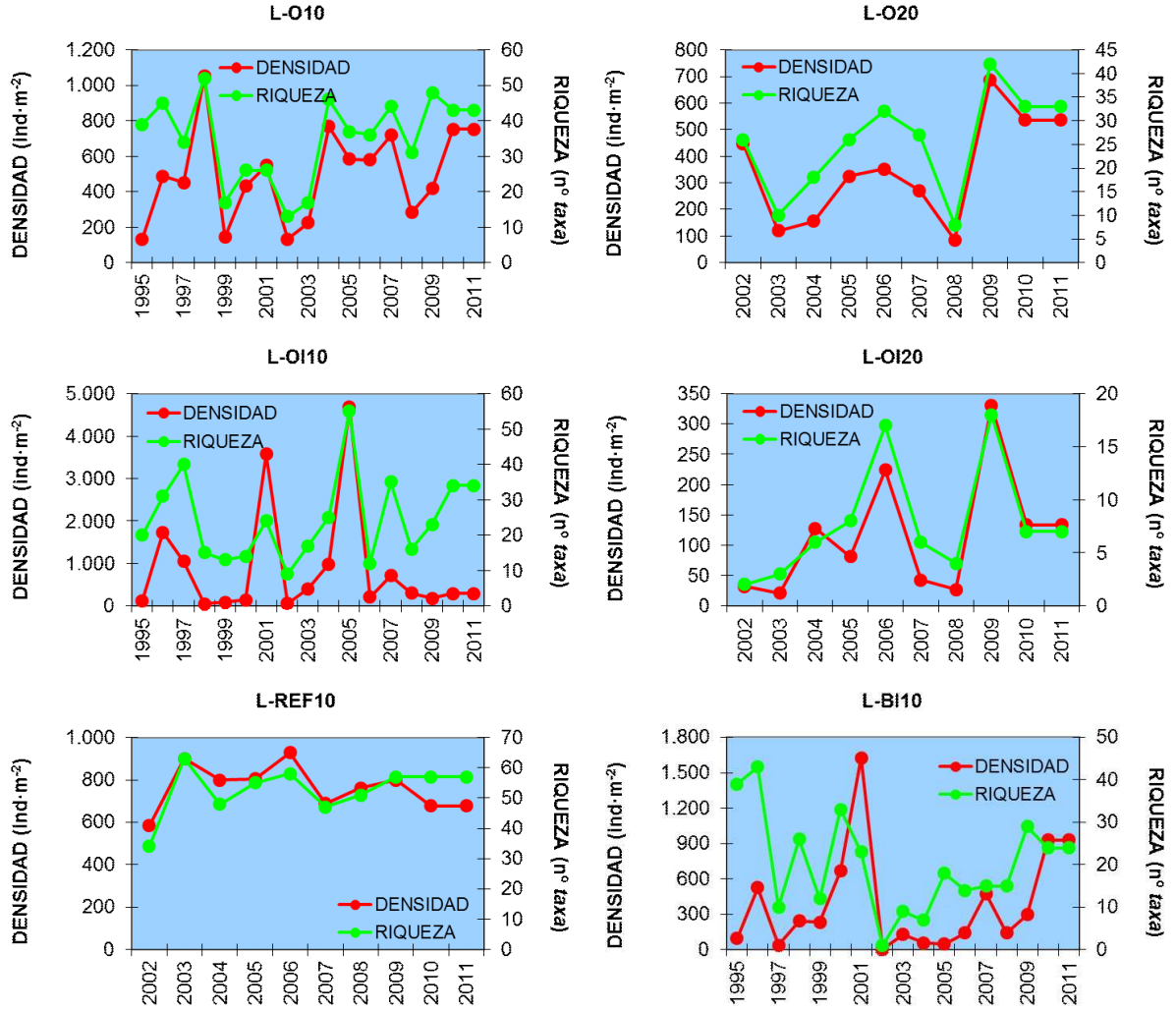


Figura 450 Evolución de la densidad y riqueza en las estaciónes L-O10, L-O20, L-OI10, L-OI20, L-REF10 y L-BI10 (Getaria-Higer).

Tras el aumento de riqueza y densidad observados en 2007, la estación litoral L-OI10 sufrió en 2008 un fuerte retroceso en sus parámetros estructurales, pasando de 715 ind·m^{-2} en 2007 a 299 ind·m^{-2} en 2008, de 35 a 16 *taxa* y de una diversidad de 4,15 bit·ind^{-1} a 2,97 bit·ind^{-1} (Figura 450). En 2009, disminuyó el número de individuos (177 ind·m^{-2}), pero aumentaron considerablemente la riqueza específica (23 *taxa*) y, en menor medida, la diversidad específica (3,87 bit·ind^{-1}). En 2010, aumentaron tanto la densidad (290 ind·m^{-2}), como la riqueza específica (34 *taxa*) y la diversidad específica (4,46 bit·ind^{-1}, valor máximo para esta estación desde el inicio del estudio).

En la presente campaña, el valor de la densidad (8.027 ind·m^{-2}) es el más alto de las estaciones litorales y el mayor registrado en esta estación desde el inicio del seguimiento. La riqueza específica (55 *taxa*) es también la mayor de las estaciones circalitorales en 2011.

El patrón irregular que muestra esta zona a lo largo del tiempo indica cierta perturbación, probablemente debida a la proximidad del punto de vertido de los dragados del puerto de Pasaia.

La estructura trófica está dominada por el grupo de los carnívoros (55%). Las otras categorías tróficas representadas son la de los detritívoros subsuperficiales

(19%), la de los omnívoros (16%) y las de los detritívoros superficiales (10%).

Siguiendo con la tendencia a negativa de la densidad relativa de las especies tolerantes, éstos han sido superados por las especies indiferentes a la alteración del medio (Figura 451). Sin embargo, las especies sensibles han disminuido en mayor medida, lo que ha provocado un ligero aumento del valor de AMBI (de 1,6 en 2010 a 2,1 en 2011), aunque se mantiene la calificación de Alteración Ligera (Tabla 351). No se detecta ninguna tendencia temporal clara desde el inicio del seguimiento en 1995 y en las últimas seis campañas los valores de AMBI se muestran muy estables, con valores cercanos a 2, aunque se detecta una progresiva disminución del conjunto de especies oportunistas.

La estación litoral L-OI20, situada frente a la cala de Asabaratza en Jaizkibel, es la más pobre de la presente campaña. La densidad (53 ind·m^{-2}) continúa disminuyendo desde 2009 y el valor de riqueza específica sigue siendo bajo (11 *taxa*) (Tabla 351;Figura 450).

La composición faunística de esta estación y la heterogeneidad observada entre réplicas, que parece indicar un fuerte hidrodinamismo en la zona, caracterizan la comunidad como Comunidad empobrecida de arenas limpias infralitorales, descrita a menor profundidad por Martínez *et al.* (2007).

La estación presenta alteración ligera, con AMBI=1,2. Todas las especies encontradas en 2011 se han asignado a los grupos ecológicos I, II y III, no habiéndose identificado ninguna especie oportunista (Figura 451). Como en 2009 y 2010, dominan las especies indiferentes a la alteración del medio, seguidas por las especies sensibles.

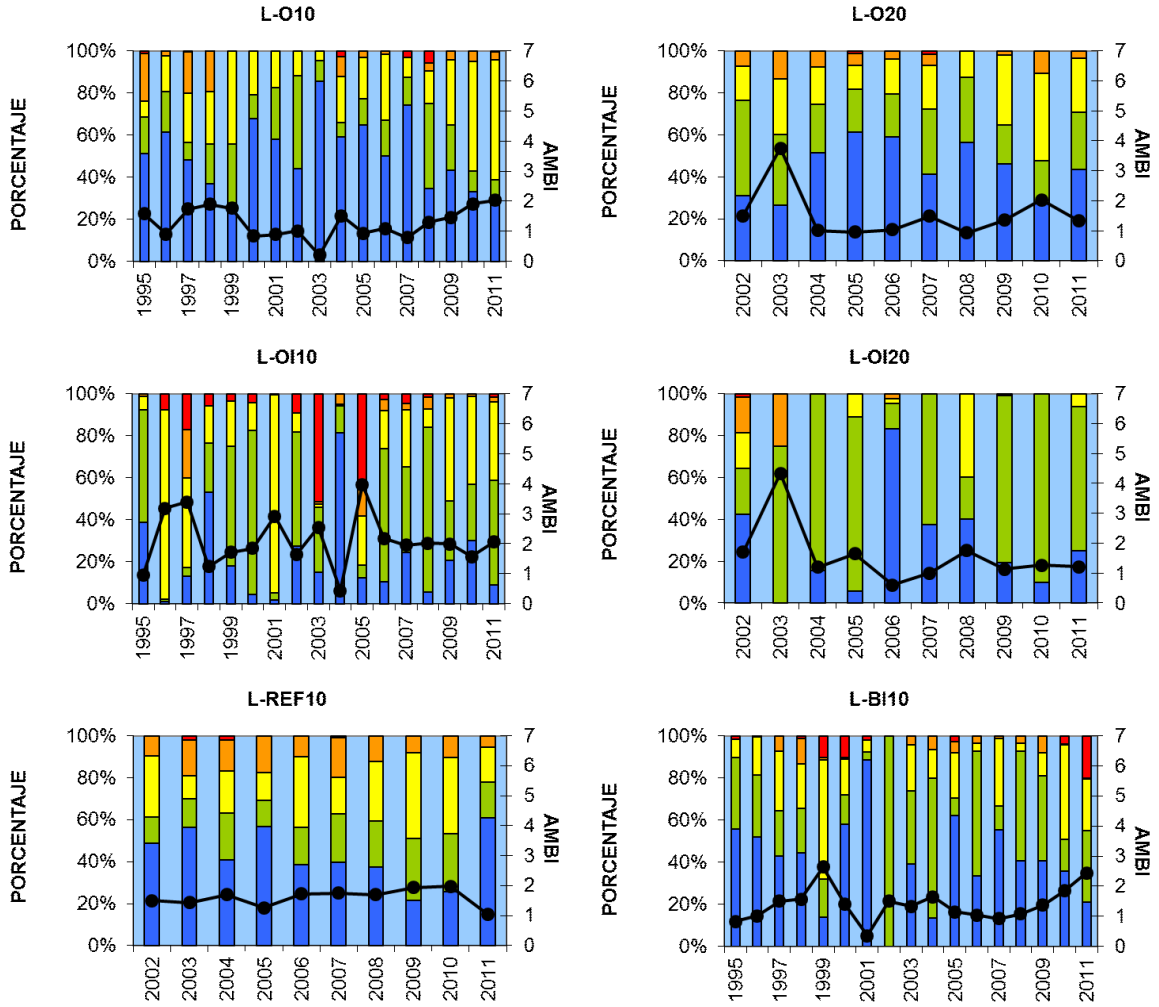


Figura 451 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en las estaciones L-O10, L-O20, L-OI10, L-OI20, L-REF10 y L-BI10 de la masa de agua costera Matxitxako-Higer.

La estación L-REF10 se encuentra situada a 7 millas frente a la desembocadura del Oiartzun, sobre fondos de 120 m, con elevado porcentaje de fango (76%, valor máximo de las estaciones litorales) y contenido en materia orgánico máximo de entre las estaciones litorales (3,2%).

Los parámetros ecológicos medidos en esta estación siguen el patrón de los obtenidos en campañas

anteriores: diversidad, 4,15 bit·ind^{-1}; riqueza específica, 53 *taxa*; equitabilidad, 0,72; y densidad, 790 ind·m^{-2} (Tabla 351).

La biocenosis presente, caracterizada por su alta diversidad específica, podría clasificarse como una facies de fangos con *Galathowenia oculata-Prionospio* sp., que tiene lugar en áreas de transición entre la comunidad típica de *Amphiura* y la biocenosis de fangos detríticos con *Paradiopatra calliopae* (Martínez *et al.*, 2007).

En relación con los grupos tróficos, el dominante es el de los carnívoros (47%), seguido por el de los detritívoros superficiales, con un 44%. Peor representados están los suspensívoros (6%), detritívoros subsuperficiales (2%) y omnívoros (1%).

El valor estimado de AMBI (1,0) corresponde a Alteración Nula (Tabla 351). Domina el grupo ecológico I, anque también presentan abundancias relativas de más del 10% las especies indiferentes a la alteración del medio y las tolerantes al enriquecimiento orgánico. Con algunas variaciones, esta composición se mantenido a lo largo de todo el seguimiento, lo que ha dado lugar a valores de AMBI muy homogéneos (1,0-2,0), sin tendencia temporal clara (Figura 451).

La estación litoral correspondiente a la cuenca del río Bidasoa (L-BI10) presenta 45 *taxa* (máxima riqueza para la estación desde el inicio del seguimiento) y una densidad de 800 ind·m^{-2} (Figura 450). El valor de biomasa, en cambio, es el menor de entre las estaciones litorales para la presente campaña (0,91 g·m^{-2}).

La variabilidad observada a lo largo del tiempo en la composición faunística parece indicar que se trata de una zona inestable, con elevado hidrodinamismo, no observándose un patrón regular en la distribución de especies.

Todas las categorías tróficas contempladas están presentes en esta estación, dominando los omnívoros (40%), seguidos por carnívoros (35%), detritívoros superficiales (22%) y, en menor proporción, detritívoros subsuperficiales.

En cuanto al índice AMBI, la estación presenta alteración ligera (AMBI=2,4) (Tabla 351), con presencia mayoritaria de especies indiferentes a la alteración del medio, aunque con densidades relativas mayores del 20% de especies sensibles, tolerantes y oportunistas de primer orden. Destaca que, a partir de la campaña de 2007, viene observándose una tendencia con valores cada vez mayores de AMBI, que ha hecho que la presente campaña de 2011 se obtenga un valor próximo al máximo del seguimiento (2,6 en 1999). Conviene, por tanto, mantener la vigilancia sobre la estación para determinar si tal tendencia es consecuencia de la propia variabilidad natural de las comunidades bentónicas presentes en la zona o si se mantiene en el futuro, lo cual indicaría una posible causa externa.

18.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

A continuación se presenta la evaluación del estado ecológico del compartimiento de los macroinvertebrados bentónicos en las seis estaciones de estudio a partir de los valores de M-AMBI.

La estación **L-O10** presenta **Muy Buen Estado**. (Figura 452). Esta estación mantiene dicha calificación desde el comienzo de su seguimiento en 1995.

La estación **L-O20** presenta también **Muy Buen Estado**, con una tendencia temporal, en general, positiva desde el comienzo de su seguimiento en 2002.

La estación **L-OI10** presenta **Muy Buen Estado**, mostrando una evolución temporal bastante irregular desde el inicio de su seguimiento en 1995, donde episodios de mejora se alternan con episodios de empeoramiento. Sin embargo, desde 2001 se aprecia una tendencia general positiva hasta alcanzar el máximo valor de la serie en la pasada campaña de 2010.

La estación **L-OI20** presenta **Muy Buen Estado**, con una variabilidad temporal alta desde el comienzo de su seguimiento 2002. A partir de 2003 se aprecia una tendencia positiva desde valores de M-AMBI de 0,35 (Estado Deficiente, en el límite con Aceptable) a valores de 0,84 en 2006 (Muy Buen Estado). Posteriormente, se aprecia un ligero descenso de la calidad, que se vuelve a recuperar el Muy Buen Estado en la presente campaña de 2011.

La estación **L-REF10**, considerada de referencia para la masa de agua costera Getaria-Higer, presenta **Buen Estado,** en el límite con el Muy Buen Estado, manteniendo esta calificación desde el inicio de su seguimiento en 2002 (salvo en 2003 y 3005, en que se alcanzó Muy Buen Estado).

Por último, la estación **L-BI10** presenta **Muy Buen Estado**, mostrando una clara tendencia negativa entre 1995 y 2002 en que obtuvo la calificación de Estado Aceptable. Posteriormente, se aprecia una tendencia

positiva, alcanzando el Muy Buen Estado en 2009 y en 2011. Como ya se ha comentado en informes anteriores, esta situación de empeoramiento y posterior mejora de la calidad parece estar en relación con los vertidos de la depuradora y el posterior funcionamiento de la depuración biológica.

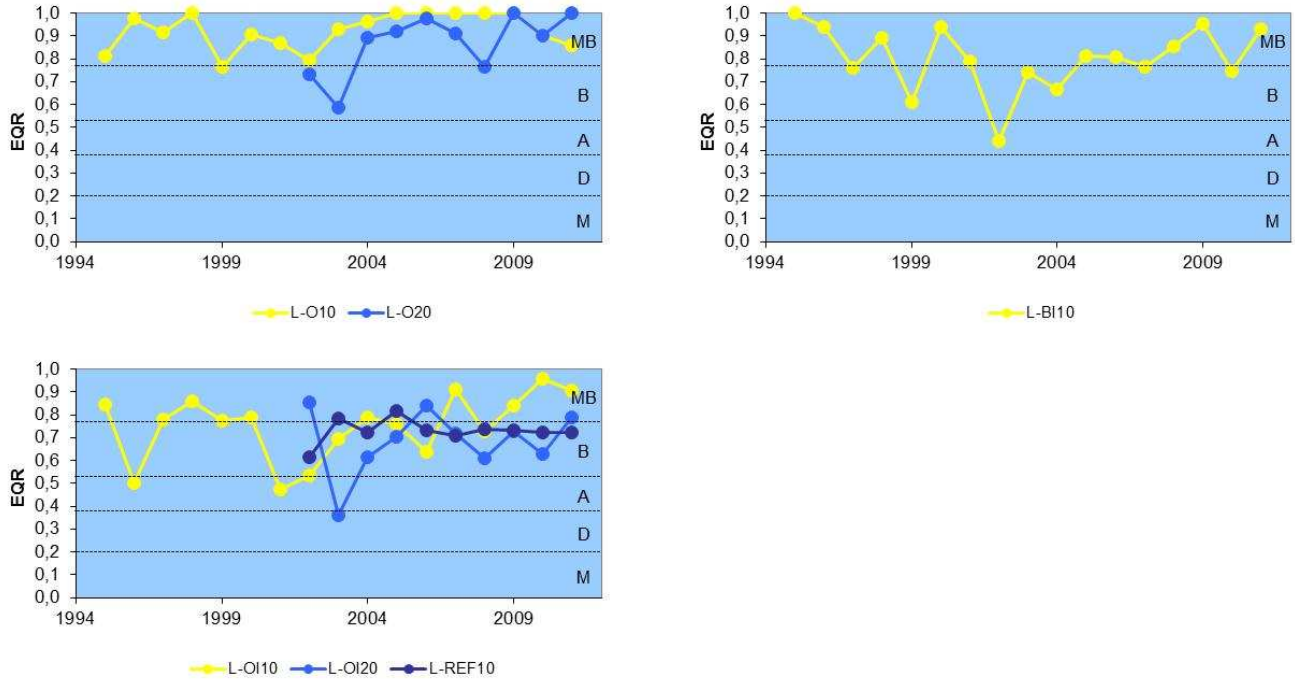


Figura 452 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua costera Getaria-Higer.

18.4 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

18.4.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

La concentración de clorofila se midió en cinco estaciones (L-O10, L-O20, L-OI10, L-OI20 y L-BI10) y a dos profundidades. Los muestreos se realizaron en invierno, primavera, verano y otoño. También se estudió una estación considerada de referencia para esta masa de agua (L-REF10), que se sitúa a mayor distancia de la línea de costa que las anteriores.

Con objeto de averiguar si la biomasa fitoplanctónica se distribuía homogéneamente en la columna de agua, se utilizó un test "t-student" para comparar la concentración de clorofila entre superficie y fondo. En el conjunto de las estaciones de la masa de agua costera, la clorofila supuso 0,8 ± 0,5 µg l^{-1} en superficie y 0,7 ± 0,6 µg l^{-1} en fondo (media ± desv. típica, n=20). La diferencia fue muy pequeña y estadísticamente no significativa (p=0,57). Realizando el mismo análisis con la estación marina de referencia (L-REF10) la concentración media en superficie (0,7 ± 0,4 µg l^{-1}) fue superior a la de fondo (0,2 ± 0,1 µg l^{-1}), aunque no pudieron detectarse diferencias estadísticamente significativas (p=0,09; n=4).

Los valores de clorofila de superficie y fondo se han promediado en cada una de las estaciones de muestreo, con objeto de representar las condiciones generales y para comparar los resultados con los de años anteriores (Figura 453). Considerando también la estación de referencia, la clorofila osciló en un rango estrecho (0,2-1,5 µg l^{-1}; n=24), bastante similar al encontrado en los años 2009 y 2010. En la costa, las concentraciones fueron relativamente más altas durante el muestreo de primavera. Sin embargo, en la estación de referencia el máximo se registró en invierno.

Estudiando por separado los valores de superficie y fondo, los máximos fueron del orden de 1,7-1,9 µg l^{-1} y se encontraron repartidos por distintos puntos de la costa en las épocas de invierno, primavera y verano.

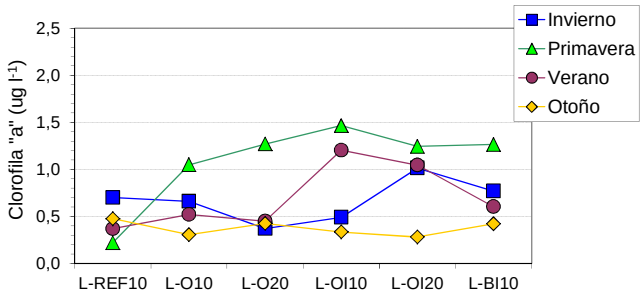


Figura 453 Variación de la concentración de clorofila en la estación marina de referencia y en las estaciones de la masa de agua Getaria-Higer, en el año 2011. Se muestra el promedio de la clorofila medida a dos profundidades (superficie y fondo) para cada época del año.

Para estudiar la evolución de la clorofila a lo largo de los años se han calculado los valores del percentil 90 en cada una de las estaciones de muestreo de esta masa de agua costera y en la estación marina de referencia. El percentil 90 se calculó con periodos móviles de seis años y empleando únicamente los datos de superficie, tal y como se utiliza para la evaluación de la calidad biológica (ver apartados siguientes).

En la masa de agua costera los valores del percentil 90 de la clorofila son muy semejantes entre las distintas estaciones, oscilando entre 1,1 y 1,9 µg l^{-1}. En la estación L-REF10 varían entre 0,9 y 1,3 µg l^{-1} (Figura 454).

La estación cercana a la desembocadura del Oiartzun (L-OI10) muestra una leve tendencia de descenso en la clorofila a partir del periodo 1997-2002, durante aproximadamente una década (Figura 454). Esto podría estar relacionado con la depuración de las aguas residuales urbanas en la cuenca del Oiartzun, ya que en 1997 comienza a eliminarse el vertido del estuario, dirigiéndolo a Cala Murguita. En el año 2001 el emisario submarino de Mompás comienza a recoger parte del vertido de Cala Murguita y, finalmente, en el año 2006 el emisario recoge ya prácticamente todas las aguas residuales de Cala Murguita salvo en situaciones de rebose (Muxika *et al*., 2009). Sin embargo, ocasionalmente se detectan todavía altas concentraciones de nutrientes de origen antropogénico en algunas zonas del estuario. Por lo tanto, no debe descartarse que estos aportes afecten en algún aspecto a las comunidades de fitoplancton de la zona litoral del Oiartzun (quizá no a la biomasa, pero sí a la composición, como se discute en el siguiente apartado). Además, en el último periodo (2006-2011) se aprecia un ligero repunte de la concentración de clorofila (Figura 454).

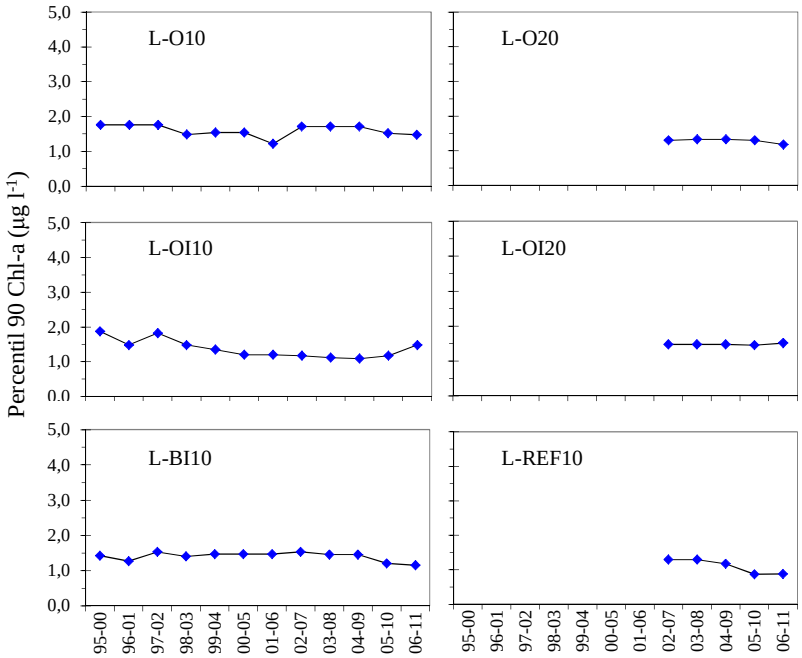


Figura 454 Evolución de la concentración de clorofila en las estaciones de la masa de agua costera Getaria-Higer y en la estación marina de referencia, L-REF10. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie, de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años.

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 352 se indica la abundancia, riqueza y diversidad del fitoplancton en la estación marina de referencia L-REF10 y en las estaciones situadas en la masa de agua costera Getaria-Higer. Estas variables se midieron únicamente en superficie.

La estación de referencia presentó una abundancia más alta en invierno y primavera (con valores en torno a 600.000 células l^{-1}), que en verano y otoño, cuando los valores fueron aproximadamente la mitad.

La masa de agua costera también presentó una abundancia relativamente alta en invierno y primavera, así como los mínimos en otoño. Sin embargo, al contrario que en la estación de referencia, en verano se midieron máximos de abundancia en muchas estaciones costeras. Como en otros años, el máximo absoluto se registró en verano en la estación L-OI10 (frente al Oiartzun). Éste fue muy elevado ($11,6 \cdot 10^6$ células l^{-1}) y sólo fue superado por el que se encontró en invierno en una estación cercana (L-UR20, Mompás-Pasaia).

Este patrón de variación coincide, en gran medida, con el observado en las campañas de 2009 y 2010. Al igual que en informes anteriores, se señala como hipótesis la influencia antropogénica en la estación L-OI10. Hay que recordar la existencia en las proximidades del emisario de Mompás, así como las altas concentraciones de nutrientes que se miden ocasionalmente en el estuario del Oiartzun. Este enriquecimiento habría dado lugar a una densidad fitoplanctónica muy elevada en esta zona de la costa durante el verano.

Estación	L-REF10	L-O10	L-O20	L-OI10	L-OI20	L-BI10
Fecha	04/03/2011	09/03/2011	09/03/2011	04/03/2011	09/03/2011	09/03/2011
Abund. ($x10^3$ céls. l^{-1})	685	323	353	186	2.644	546
Divers. (bit/cel)	3,0	2,9	2,6	2,3	1,5	1,7
Riqueza (Nº sp.)	12	17	13	11	15	13
Estación	L-REF10	L-O10	L-O20	L-OI10	L-OI20	L-BI10
Fecha	13/05/2011	25/05/2011	25/05/2011	13/05/2011	13/05/2011	13/05/2011
Abund. ($x10^3$ céls. l^{-1})	514	1.158	1.638	2.897	945	1.383
Divers. (bit/cel)	3,1	3,1	2,5	1,9	2,3	3,3
Riqueza (Nº sp.)	24	25	30	19	24	28
Estación	L-REF10	L-O10	L-O20	L-OI10	L-OI20	L-BI10
Fecha	31/08/2011	06/09/2011	06/09/2011	31/08/2011	31/08/2011	31/08/2011
Abund. ($x10^3$ céls. l^{-1})	263	393	467	11.644	3.218	1.128
Divers. (bit/cel)	3,6	3,4	3,0	2,3	2,9	3,1
Riqueza (Nº sp.)	28	20	22	26	32	36
Estación	L-REF10	L-O10	L-O20	L-OI10	L-OI20	L-BI10
Fecha	16/11/2011	10/11/2011	10/11/2011	16/11/2011	16/11/2011	16/11/2011
Abund. ($x10^3$ céls. l^{-1})	333	31	113	70	78	370
Divers. (bit/cel)	3,4	2,5	3,1	2,9	3,2	3,4
Riqueza (Nº sp.)	21	9	18	15	17	21

Tabla 352 Índices relacionados con fitoplancton en cuatro épocas a lo largo de 2011. Se indican para la estación marina de referencia y para las estaciones de la masa de agua costera Getaria-Higer.

En cuanto a la composición taxonómica, en la estación de referencia el máximo de invierno estuvo compuesto mayoritariamente por haptofitas (*Phaeocystis globosa*), criptofitas (*Plagioselmis* spp.) y pequeñas diatomeas (centrales y cadenas de *Thalassiosira* spp.). En primavera la riqueza de especies aumentó considerablemente. Los organismos más abundantes fueron los pequeños flagelados. El mínimo estival estuvo caracterizado por una contribución mayor de dinoflagelados y haptofitas. La comunidad de otoño fue de carácter mixto y los taxones más abundantes fueron pequeños flagelados, criptofitas y haptofitas.

En resumen, en la estación de referencia L-REF10 los taxones más abundantes fueron pequeños organismos no silíceos, con una baja contribución de diatomeas, salvo en el máximo de invierno (23%). Se detectó la diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp. en primavera (36.000 células l^{-1}) y en otoño (8.500 células l^{-1}).

En la masa de agua costera, en invierno las diatomeas contribuyeron entre el 17 y 91%. Las más abundantes fueron pequeñas formas centrales y *Thalassiosira* spp (cadenas de pequeño tamaño celular). Esta última, que es potencialmente nociva para los ecosistemas, mostró una floración en la estación L-OI20 ($\sim 2 \cdot 10^6$ células l^{-1}). También fueron importantes las criptofitas (*Plagioselmis* spp.) y las haptofitas (observándose *Phaeocystis globosa*, potencialmente nociva).

En primavera, en el litoral del Oria y en el del Oiartzun se observó una alta proporción de diatomeas (55-70%), pudiéndose detectar blooms de *Chaetoceros* spp. en las estaciones L-O20 y L-OI10. También se detectó la diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp. en todas las estaciones, con un máximo cercano a 200.000 células l^{-1} en la estación L-BI10. La estación L-OI20 mostró una composición y abundancia muy similar a la de la estación de referencia, con un bajo porcentaje de diatomeas (7%) y una alta contribución de los pequeños flagelados.

En verano, las estaciones con mayores abundancias estuvieron dominadas por diatomeas (49-67%). Entre éstas destacaron: pequeñas pennales (L-OI10) y *Chaetoceros* spp. (L-OI20 y L-BI10). Además, en la estación L-OI10 fueron muy abundantes los pequeños flagelados y formas cocoides, así como las criptofitas

(*Plagioselmis* spp.) y haptofitas (*Chrysochromulina* spp.). En el litoral del Oria, la estructura de la comunidad en las muestras de verano fue más similar a la de la estación de referencia.

En otoño, la contribución de las diatomeas fue menor (2-18%) y la abundancia fitoplanctónica mostró sus valores mínimos, especialmente en el litoral del Oria y del Oiartzun. En esta época se observó de nuevo la diatomea potencialmente tóxica *Pseudo-nitzschia* spp., con una abundancia máxima de 21.000 células l^{-1} en el litoral del Bidasoa.

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en años anteriores, el fitoplancton en las aguas costeras se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

Se han realizado cambios en el método de evaluación. Para la métrica de clorofila el umbral que separa el estado "Muy bueno" del estado "Bueno" es ahora 2,5 µg l^{-1}. El estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado que implica el cálculo de los EQRs resultantes de cada indicador (véase tomo de metodología).

En la Figura 455 se muestra el indicador de biomasa durante el último periodo de evaluación. En la estación marina de referencia, el percentil 90 de la clorofila es 0,87 µg l^{-1} (n=16). En las estaciones de la masa de agua costera varía entre 1,15 y 1,51 µg l^{-1} (n=24). Los valores más bajos se observan en estaciones cercanas a las desembocaduras del Bidasoa (L-BI10, litoral de Hondarribia) y el Oria (L-O20, litoral de Getaria). Los valores más altos superan a los máximos observados en las masas de agua Cantabria-Matxitxako y Matxitxako-Getaria. Éstos se observan en el litoral de Orio (L-O10) y en el litoral de Pasaia (L-OI10 y L-OI20). Todas las estaciones estudiadas se clasifican en un estado "Muy bueno" en base a la métrica de la clorofila.

En la Figura 456 se muestra el indicador de floraciones. En la estación de referencia la frecuencia es 8,3%. En las estaciones de la masa de agua costera oscila en un rango bastante amplio, entre 8,3 y 41,7% (n=12). En la estación L-OI10 (situada frente a la desembocadura del Oiartzun) el estado se clasifica como "Aceptable" y en el resto de las estaciones como "Muy bueno".

En la Tabla 353 se presenta el estado del fitoplancton integrando los resultados de ambos indicadores, en cada una de las estaciones. En el periodo 2006-2011, el estado se clasifica como "Muy bueno" en la estación de referencia, con el máximo EQR posible. En la mayor parte de la masa de agua costera el EQR también alcanza 1, indicando un estado "Muy Bueno". En la estación costera más cercana a la desembocadura del Oiarzun (L-OI10) el valor del EQR es inferior e indica un estado "Bueno" (Tabla 353).

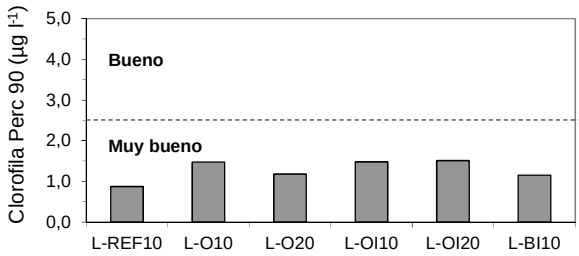


Figura 455 Percentil 90 de la concentración de clorofila en la estación marina de referencia y en las estaciones costeras de Getaria-Higer. Los datos utilizados han sido los de superficie, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

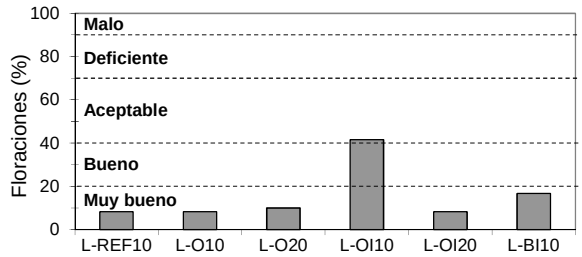


Figura 456 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en la estación marina de referencia y en las estaciones costeras de Getaria-Higer. Los datos utilizados corresponden a superficie, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
L-REF10	1,000	1,000	Muy Bueno (1,000)
L-O10	1,000	1,000	Muy Bueno (1,000)
L-O20	1,000	1,000	Muy Bueno (1,000)
L-OI10	1,000	0,400	Bueno (0,700)
L-OI20	1,000	1,000	Muy Bueno (1,000)
L-BI10	1,000	1,000	Muy Bueno (1,000)

Tabla 353 Calificación del estado del fitoplancton en la estación de referencia y en cada estación de muestreo de la masa de agua costera, para el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

En la Tabla 354 se muestra la evolución temporal del estado del fitoplancton. El estado integrado en la masa de agua **Getaria-Higer** se clasifica siempre como "**Muy bueno**".Todas las estaciones de muestreo presentan una calificación similar, excepto la estación L-OI10 en el último periodo de evaluación.Al igual que en el resto de las masas de agua costeras, el EQR integrado en la masa de agua ha variado muy poco, siendo cercano a 1.

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Getaria-Higer	MB (0,911)	MB (0,959)	MB (0,990)	MB (0,965)	MB (0,946)
L-O10	MB	MB	MB	MB	MB
L-O20	MB	MB	MB	MB	MB
L-OI10	MB	MB	MB	MB	B
L-OI20	MB	MB	MB	MB	MB
L-BI10	MB	MB	MB	MB	MB

Tabla 354 Evolución temporal del estado del fitoplancton en la masa de agua costera Getaria-Higer y en cada una de sus estaciones de muestreo, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton en la masa de agua.

18.4.2 MACROALGAS

Para el estudio de las macroalgas de la masa de agua costera Getaria-Higer, en la campaña de 2011 no se ha analizado ningún transecto. Por tanto, la evaluación se realiza a partir de los datos obtenidos las pasadas campañas de 2009 y 2010.

CALIDAD BIOLÓGICA

En la Tabla 355 se muestran los datos obtenidos para la masa de agua costera Getaria-Higer en las campañas de 2010 (transectos M-LUR1, M-LOI1, M-LOI2, M-LBI1 y M-LBI2) y de 2009 (transectos M-LO1 y M-LO2), con objeto de calificar su estado. La metodología utilizada se explica en Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2008 (Borja *et al.*, 2009f).

La calificación es de: Estado Aceptable para el transecto M-LO4; Buen Estado para el transecto M-LOI1, M-LOI2 y M-LBI2; y Muy Buen Estado para el resto de transectos.

En promedio, la masa de agua costera Getaria-Higer presenta **'Buen Estado'** (EQR=0,79). Los principales cambios registrados en el Estado de Calidad correspondiente al compartimento de las macroalgas desde que se iniciara el seguimiento de la masa de agua, se han producido en las zonas litorales próximas a las desembocaduras del Oria y del Oiartzun. Así, en el caso concreto de la zona próxima al estuario del Oria se pasa de estado Aceptable (M-LO1) y Deficiente (M-LO2) en 2003 a Muy Bueno (M-LO3) y Aceptable (M-LO4). Sin embargo, como ya se indicó en el informe correspondiente a la pasada camapaña de 2009, es importante señalar que los transectos muestreados cambiaron de posición debido a que las zonas muestreadas en 2003 y en 2006 no eran aptas para el establecimiento de comunidades naturales de macroalgas (M-LO1 se situaba en la escollera del espigón de la margen izquierda; M-LO2 se situaba en una zona rocosa junto a la playa sometida a una fuerte abrasión por la arena). Por otro lado, como se indicó en el informe correspondiente a la pasada campaña de 2009, cabe destacar que, a pesar del cambio de posición, el transecto M-LO4 se encuentra en un acanatilado muy lábil, lo cual impide el desarrollo de comunidades bentónicas de sustrato duro maduras. En el caso de los transectos muestreados en la zona próxima a la desembocadura del Oiartzun, en cambio, se ha detectado una regresión en la calidad, ya que los dos transectos esudiados han pasado de Muy Buen Estado en 2004 y 2007 a Buen Estado en 2010. Esta regresión viene motivada por un importante descenso en la riqueza de macroalgas características, que pasa de 40-50 en 2004 y 2007 a 16-20 en 2010, por lo que convendría vigilar dichos transectos y comprobar que se trata de valores negativos puntuales y que no marcan tendencias temporales asociadas a presiones no identificadas.

INDICADORES	M-LO3	M-LO4	M-LUR1	M-LOI1	M-LOI2	M-LBI1	M-LBI2
Cobertura	102	15	58	16	20	39	129
Riqueza de poblaciones	8	1	6	8	3	4	7
Especies oportunistas	6	18	2	8	1	4	23
			PUNTUACIÓN				
Cobertura	0,45	0,20	0,45	0,10	0,20	0,35	0,45
Riqueza de poblaciones	0,20	0,05	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20
Especies oportunistas	0,35	0,25	0,35	0,35	0,35	0,35	0,15
PUNTUACIÓN TOTAL	1,00	0,50	1,00	0,65	0,70	0,90	0,80
CLASIFICACIÓN	Muy Bueno	Aceptable	Muy Bueno	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Bueno

Tabla 355 Calificación de cada indicador de macroalgas y las equivalencias para la calificación de cada transecto, en las campañas de 2010 (M-LUR1, M-LOI1, M-LOI2, M-LBI1 y M-LBI2) y 2009 (M-LO1 y M-LO2).

18.5 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

18.5.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

La zona costera desde Getaria hasta el cabo Higer está representada por las estaciones L-O10, L-O20 (en frente del estuario Oria), L-OI10, L-OI20, L-RF10 (en frente del estuario Oiartzun) y el L-BI10 (en frente del estuario Bidasoa). En la Tabla 356 se muestran los datos medios anuales para las diferentes variables básicas analizadas en la zona costera Getaria-Higer durante el año 2011. Se incluyen los valores medios de variables generales en dos niveles de la columna de agua (superficie y fondo) y los de las variables relacionadas con el estado trófico en superficie.

Variables	Unidades	L-O10-S	L-O10-F	L-O20-S	L-O20-F	L-OI10-S	L-OI10-F
Temperatura	ºC	16.51	14.42	16.45	14.71	16.56	15.02
Salinidad	USP	34.96	35.47	34.96	35.44	34.62	35.48
Agua fluvial	%	1.81	0.35	1.81	0.44	2.75	0.34
Saturación O_2	%	99.55	99.13	100.01	99.41	97.07	98.96
pH		8.23	8.20	8.23	8.20	8.22	8.23
Clorofila	$\mu g.dm^{-3}$	0.68	1.05	0.42	1.04	0.69	0.57
Silicato	$\mu mol.dm^{-3}$	3.51		1.90		4.73	
Amonio	$\mu mol.dm^{-3}$	1.53		2.03		1.68	
Nitrito	$\mu mol.dm^{-3}$	0.29		0.14		0.30	
Nitrato	$\mu mol.dm^{-3}$	4.59		2.89		4.23	
Nitrógeno Total	$\mu mol.dm^{-3}$	15.25		12.25		15.00	
Fosfato	$\mu mol.dm^{-3}$	0.24		0.21		0.30	
Fósforo Total	$\mu mol.dm^{-3}$	0.65		0.60		0.71	
Carbono O. Total	$\mu mol.dm^{-3}$	82.06		82.14		245.32	

Variables	Unidades	L-RF10-S	L-RF10-F	L-OI20-S	L-OI20-F	L-BI10-S	L-BI10-F
Temperatura	ºC	16.74	12.63	16.52	15.20	17.31	15.50
Salinidad	USP	35.41	35.59	35.01	35.45	34.67	35.44
Agua fluvial	%	0.54	0.02	1.66	0.43	2.62	0.46
Saturación O_2	%	98.37	94.33	99.33	99.27	99.51	98.51
pH		8.23	8.16	8.22	8.21	8.22	8.20
Clorofila	$\mu g.dm^{-3}$	0.19	0.33	0.33	0.58	0.68	0.59
Silicato	$\mu mol.dm^{-3}$	1.18		2.24		2.78	
Amonio	$\mu mol.dm^{-3}$	1.43		0.89		1.21	
Nitrito	$\mu mol.dm^{-3}$	0.13		0.20		0.32	
Nitrato	$\mu mol.dm^{-3}$	2.38		2.74		3.36	
Nitrógeno Total	$\mu mol.dm^{-3}$	10.00		10.25		12.50	
Fosfato	$\mu mol.dm^{-3}$	0.18		0.21		0.20	
Fósforo Total	$\mu mol.dm^{-3}$	0.55		0.58		0.60	
Carbono O. Total	$\mu mol.dm^{-3}$	81.80		74.98		87.32	

Tabla 356 Costera desde Getaria hasta el Cabo Higer. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico y presencia de agua de origen fluvial. F: fondo, S: superficie.

En los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de la estratificación termohalina, siendo la variación media de temperatura entre 12.6 y 17.3º C. También se aprecia, a través de la salinidad y del porcentaje de agua continental la influencia de la descarga del río a través de las concentraciones de las variables indicadoras de los aportes terrestres, especialmente de los nutrientes. En 2011, el porcentaje medio de agua fluvial en superficie es de 1.86 %, presentado como media de superficie de las estaciones de la costera entre Getaria y el cabo Higer. Asimismo, se puede decir que para el nivel de fondo el agua presente es también completamente marina (0.34%).

Los valores medios del porcentaje de saturación de oxígeno alcanzan casi los valores de en superficie y fondo. No se registran valores puntuales que representen un déficit de oxígeno. Además de la influencia de temperatura y salinidad en la concentración absoluta y el porcentaje de saturación de oxígeno, los cambios estacionales también aparecen ligeramente modulados por la concentración de clorofila y su distribución en la columna de agua. En la serie de muestreos realizados durante el año 2011 no se registran floraciones importantes. Las concentraciones de nutrientes presentan una distribución coherente con los ciclos estacionales y los pulsos de fertilización adicional que indica el porcentaje de agua no marina. Los valores de nurtrientes

de 2011 de todas las estaciones se encuentran en el rango habitual de las aguas litorales excepto los valores de COT, en la estación L-OI10, que son más altos que en años anteriores y superiores al resto de las estaciones.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. En general predominan las situaciones alternantes, con una distribución de tipo “dientes de sierra” en la que se observa la fuerte incidencia de la estacionalidad y de la variabilidad de las condiciones hidrológicas y climáticas que condicionan fundamentalmente la fracción de agua dulce presente en las aguas superficiales.

En cuanto a la evolución de los nutrientes, en general, el rango de los valores de NID en la masa de agua Getaria-Higer oscila entre 0.29 y 29.45 µmol L^{-1} a lo largo del estudio (Figura 457). No se observa ninguna tendencia en los valores de NID aunque cabe destacar que en el último año la estación L-O10 presenta el valor más alto de su serie histórica.

En cuanto a la evolución de la concentración de fosfato, en general, los valores de todas las estaciones oscilan entre 0.02 y 1.14 µmol L^{-1}. El valor más alto registrado en el estudio se registró en invierno de 2006 llegando a alcanzar 13 µmol L^{-1} en la estación L-OI10 pero desde entonces, no se han alcanzado valores tan elevados (Figura 457).

Los valores de oxigeno disuelto de todas las estaciones alcanzan el 100% de saturación y no se muestran situaciones con déficit de oxígeno (Figura 458)

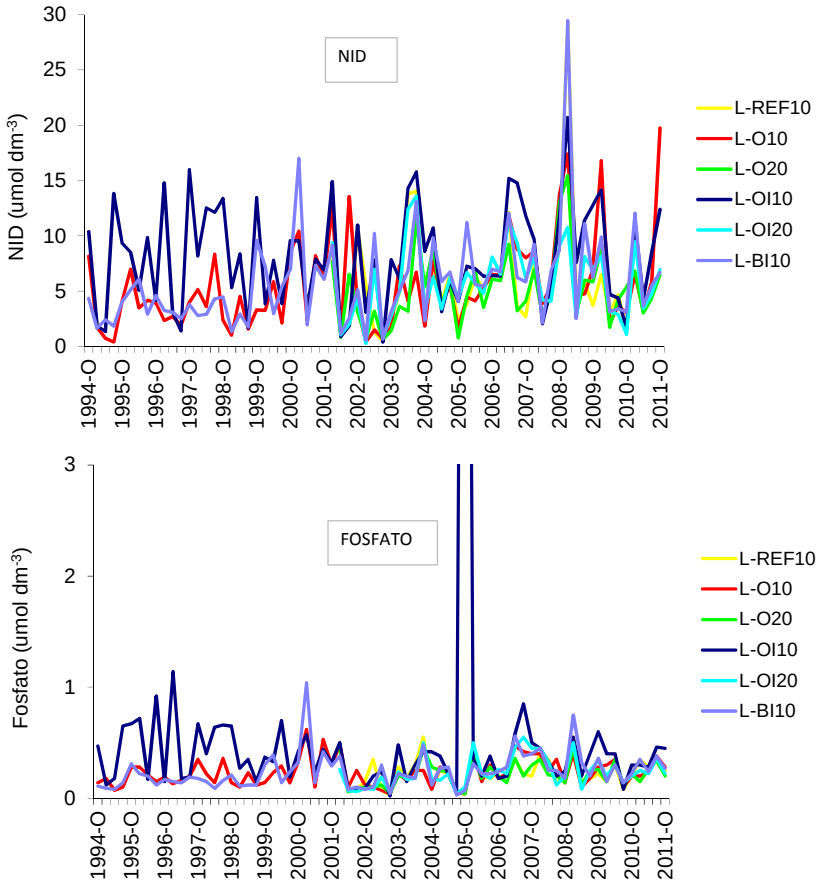


Figura 457 Evolución trimestral, entre otoño 1994 y otoño 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en µmol L^{-1}, en aguas de superficie en las estaciones L-O10, L-O20, L-OI10, LRF10, L-OI20 y L-BI10.

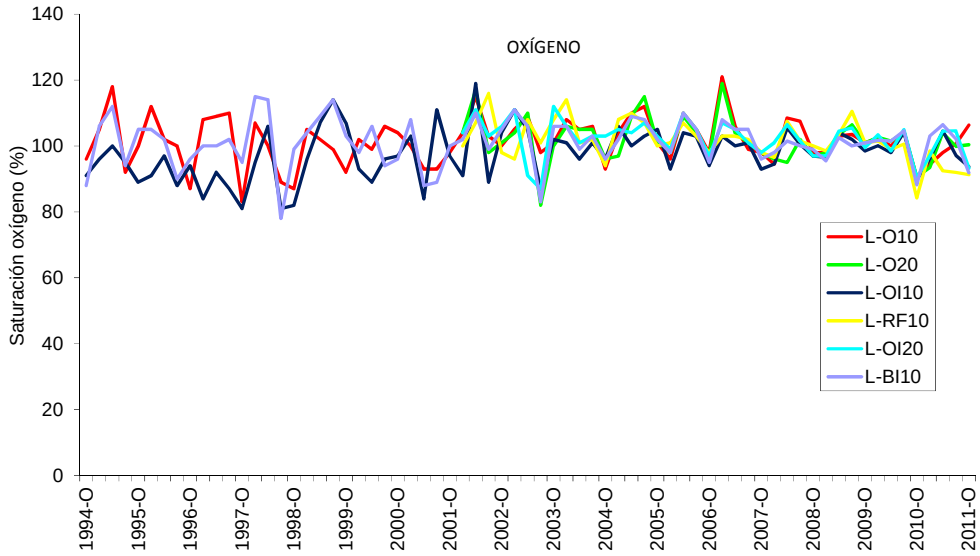


Figura 458 Porcentaje de saturación de oxígeno en la columna de agua en la masa de agua Getaria-Higer (estaciones L-O10, L-O20, L-OI10, L-RF10, L-OI20 y L-BI10). Se muestra el promedio para cada época del año (invierno, primavera, verano y otoño) desde 1994 hasta 2011. La media se ha realizado con los datos tomados en superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y de mercurio en las aguas de superficie de las estaciones de la costera entre Getaria y cabo Higer, como en la mayoría de los casos precedentes, estan por debajo de sus respectivos límites de detección (3 y 0.3 $\mu g \cdot l^{-1}$).

Por otra parte, en las Figura 459 y Figura 460 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011.

Para el caso del cadmio en 2011, se observa un descenso respecto a los valores del año anterior superando el limite de detección (0.08 $\mu g \cdot l^{-1}$) y por consiguiente el objetivo de calidad establecido para la misma (0,2 $\mu g \cdot l^{-1}$) en todas las estaciones de estudio.

La concentración de cobre se ha mantenido respecto al año anterior en la estaciones L-O10, L-O20 y L-REF10 mientras que en el resto de las estaciones ha aumentado en todas las estaciones su concentración a aumentado significativamente. La concentración del niquel se mantiene respecto a los valores del año anterior en todas las estaciones de estudio. En el caso del zinc se ha observado una disminución de la concentración en las estaciones L-O10 y L-O20 y una subida considerable de concentración en el resto de las estaciones donde se supera el objetivo de calidad establecidon (60 $\mu g \cdot l^{-1}$) en la estación L-OI10 con un valor de 75 $\mu g \cdot l^{-1}$. En el caso del manganeso las concentraciones aumento respecto al año anterior excepto en la estación L-REF10 que disminuye ligeramente. En terminios generales en el plomo tambien se aprecia un ligero descenso de la concentración respecto al año anterior.

Se ha apreciado una diminución de la concentración del hierro en todas las estaciones al valor del limite de detección (4 $\mu g \cdot l^{-1}$).

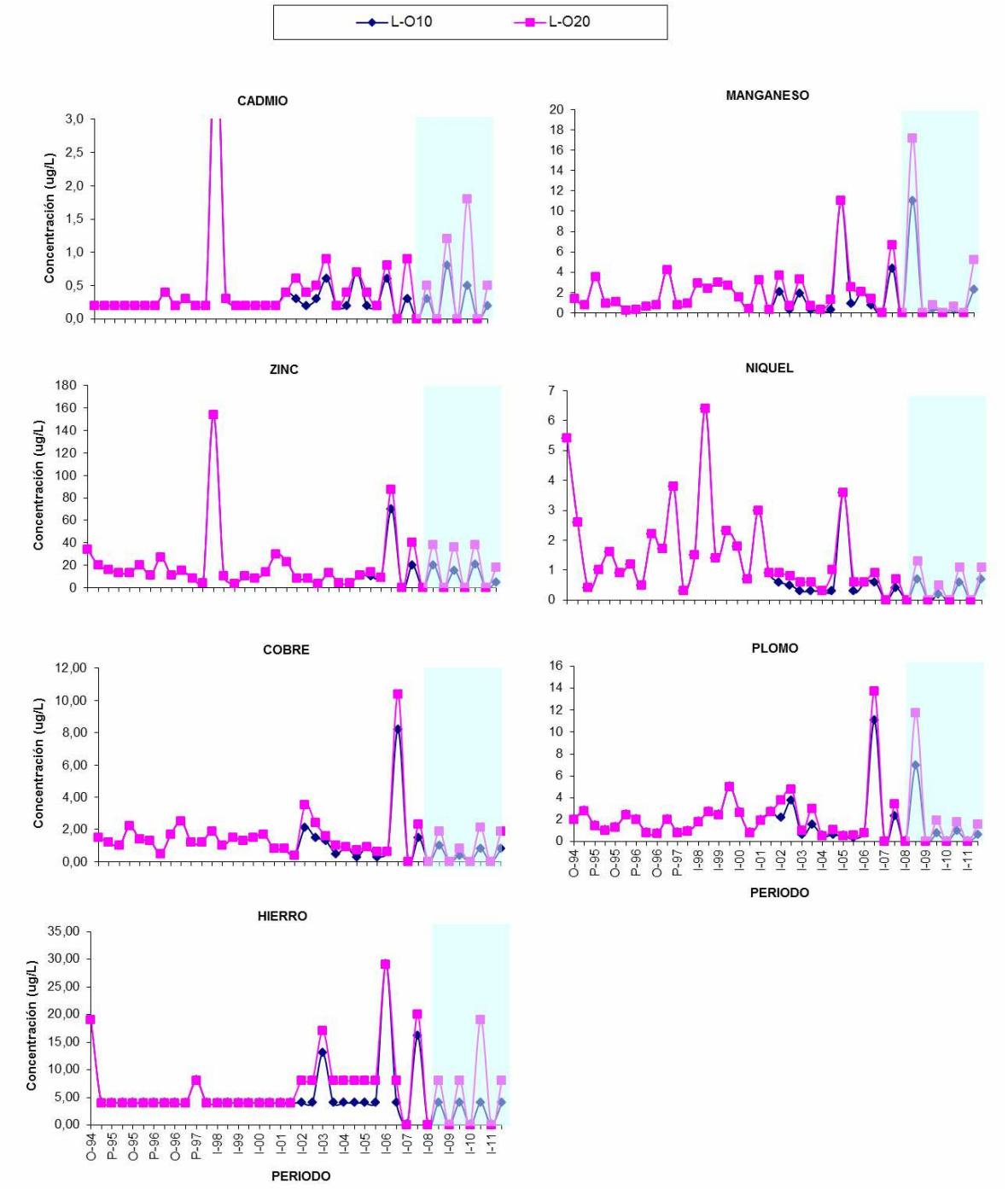


Figura 459 Evolución temporal de la concentración para cada metal en las estaciones de la entre Getaria y el cabo Higer en el periodo que abarca desde otoño de 1994 al verano de 2011, para las estaciones L-O10 y L-O20.

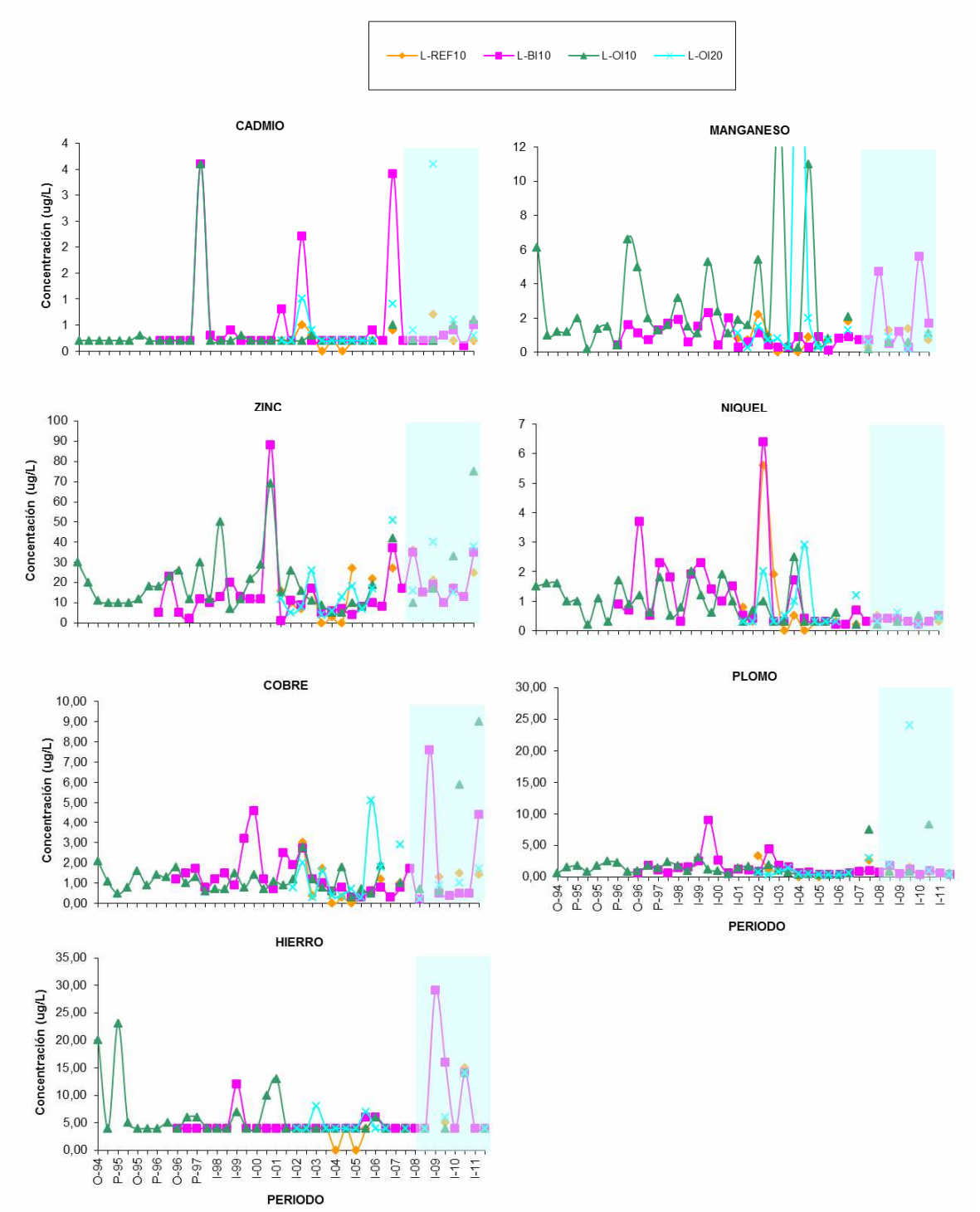


Figura 460 Evolución temporal de la concentración para cada metal en las estaciones de la entre Getaria y el cabo Higer en el periodo que abarca desde otoño de 1994 al verano de 2011, para las estaciones L-OI10, L-OI20, L-REF10 y L-BI10.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

En los resultados obtenidos en 2011 se mantiene la ausencia de concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) de la mayoría de los PAHs excepto de los congéneres fenantreno, naftaleno, y fluoreno en la estación L-BI10 y el acenfteno en la estación L-O10.

18.5.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

Desde el año 1995 en las estaciones L-O10, L-OI10 y L-BI10 y desde 2002 en la estación L-O20, L-OI20 y L-RF10 se dispone de la información relativa a la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado.

A partir de esta información, en la Figura 461 y en la Tabla 357 se representa la evolución temporal para cada estación. Además en la Figura 462 se recogen los resultados de los análisis realizados en la campaña de invierno de 2011.

En relación a la variabilidad espacial, los sedimentos de estas estaciones costeras se caracterizan por presentar un sedimento predominantemente arenoso, con elevados valores de potencial redox y ratio C/N, y valores bajos de contenido en materia orgánica y nitrógeno orgánico particulado. Como excepción, la estación L-RF10 que mantiene valores promedio de finos, carbono, nitrógeno y materia orgánica mayores y el ratio C/N menores que el resto de las estaciones. Como ya se ha comentado en informes anteriores, estas diferencias granulométricas son consecuencia de su localización a mayor profundidad, y menor hidrodinámica en fondo.

Otra excepción, en la presente campaña, es la estación L-OI10, la cual muestra un sedimento gravo arenoso.

En cuanto a la evolución temporal, en las campañas más recientes, no se aprecia ningún patrón temporal definido para ninguno de los parámetros sedimentológicos en ninguna de las estaciones de estudio.

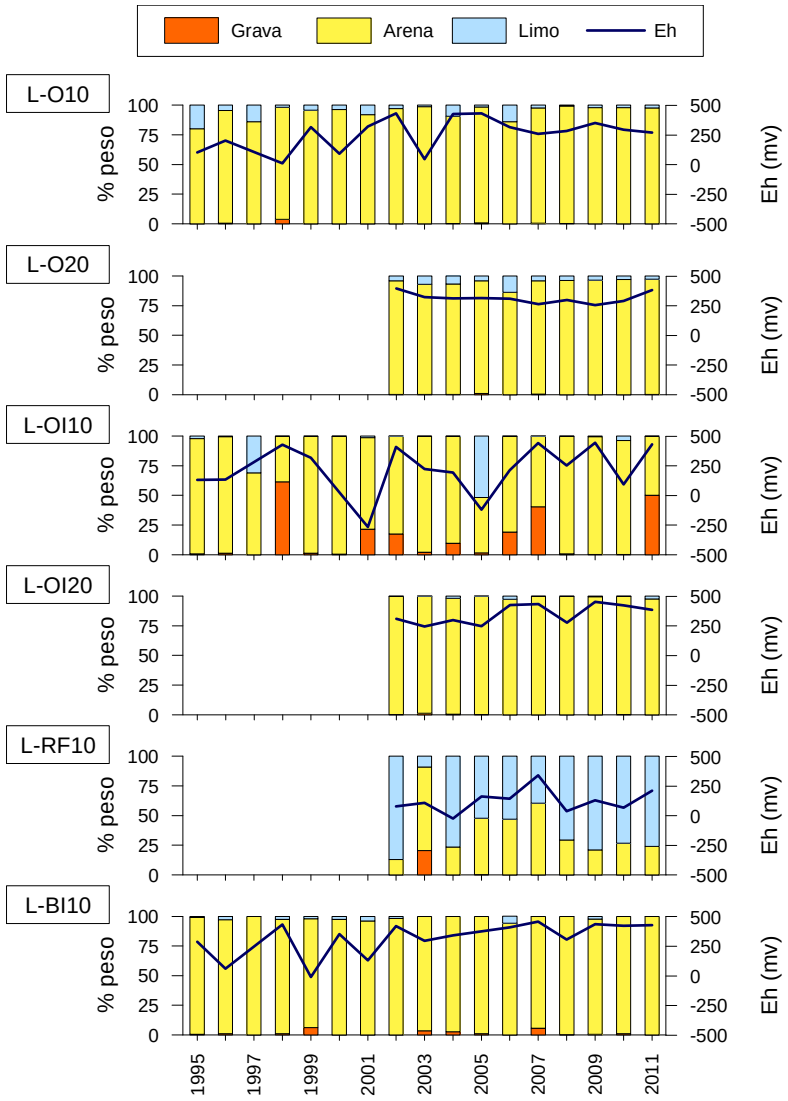


Figura 461 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
L-O10	0,03	97,56	2,41	1,14	272	2,03	0,05	43,77
L-O20	0,06	97,19	2,74	1,35	384	2,19	0,03	77,62
L-OI10	50,21	49,48	0,31	0,90	432	0,94	0,01	64,99
L-OI20	0,04	97,71	2,25	0,73	386	0,85	0,01	92,38
L-RF10	0,02	24,01	75,97	3,21	213	2,97	0,09	33,76
L-BI10	0,13	99,77	0,10	0,93	427	1,49	0,02	77,05

Tabla 357 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno; nd: no disponible.

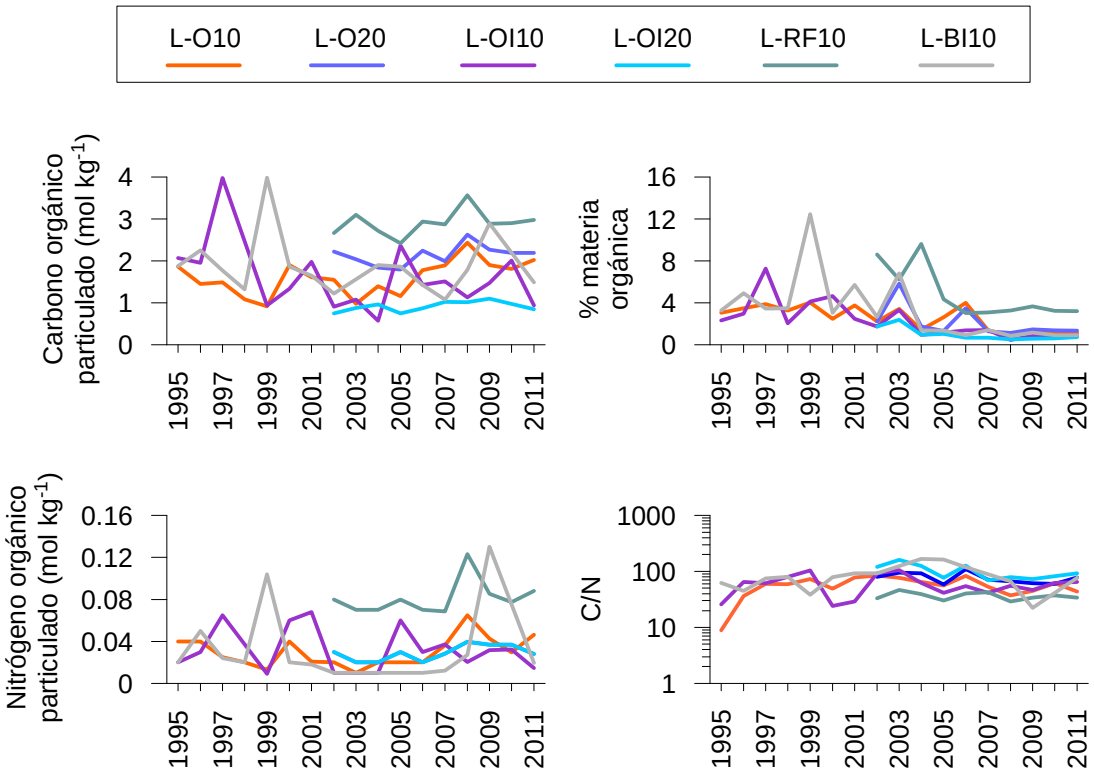


Figura 462 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 358 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. No se dispone de datos de metales en la estación L-OI20 debido a la no disponibilidad de fracción fina suficiente para realizar dicha analítica.

La Figura 463 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
L-O10	0,11	30	42	72305	0,35	874	54,0	28	212
L-O20	0,07	44	18	41895	0,11	393	37,4	29	106
L-OI10	0,48	24	284	27759	0,63	310	25,5	74	418
L-OI20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L-RF10	0,12	28	17	26597	0,47	226	25,3	52	117
L-BI10	0,02	9	7	10469	0,17	156	14,1	8	59
Media	0,16	27,16	73,81	35806	0,35	392	31,2	38,3	182,2
Desv. est.	0,18	12,83	118,34	23242	0,21	284	15,2	25,5	142,8

Tabla 358 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011; nd: no hay dato.

Las concentraciones de Cd (excepto en L-OI10), Cu (excepto en L-OI10), Cr, Ni, Fe (excepto en L-O10 y L-OI20), Zn (L-OI10) mantienen en los muestreos más recientes valores en el rango del nivel de fondo.

El Hg mantiene una elevada variabilidad espacio temporal. En los muestreos más recientes, excepto en las estaciones L-BI10, L-O20 y L-OI20, las concentraciones de Hg superan el nivel de fondo en todas las estaciones de estudio.

El Mn también mantiene una elevada variabilidad espacio temporal. En las campañas más recientes, las estaciones L-O10, L-OI10 y L-OI20 presentan los valores por encima del nivel de fondo.

El Pb presenta elevada variabilidad temporal y excepto en la estación L-O20, en los muestreos más recientes, las concentraciones superan el nivel de fondo en todas las estaciones de estudio.

En la Figura 464 se representa la concentración de metales (corregidos por el contenido en finos de los sedimentos), durante los últimos tres años (2009, 2010 y 2011) con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales. En este sentido, durante la última campaña, todas las estaciones estudiadas, excepto la estación L-RF10, muestran todos los metales por debajo del valor TEL, y por lo tanto, no existe riesgo de afección sobre la biota.

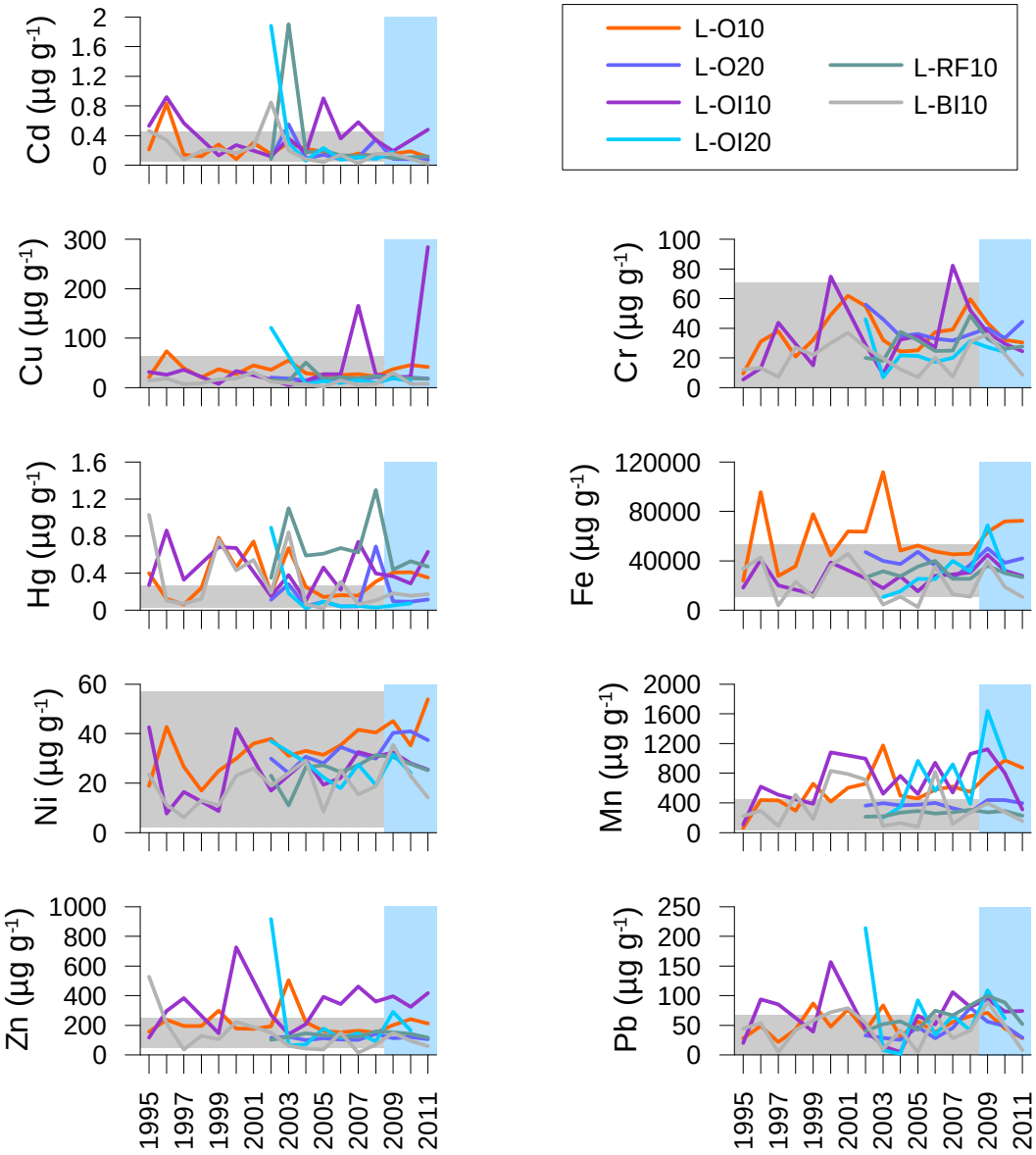


Figura 463 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento superficial. La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

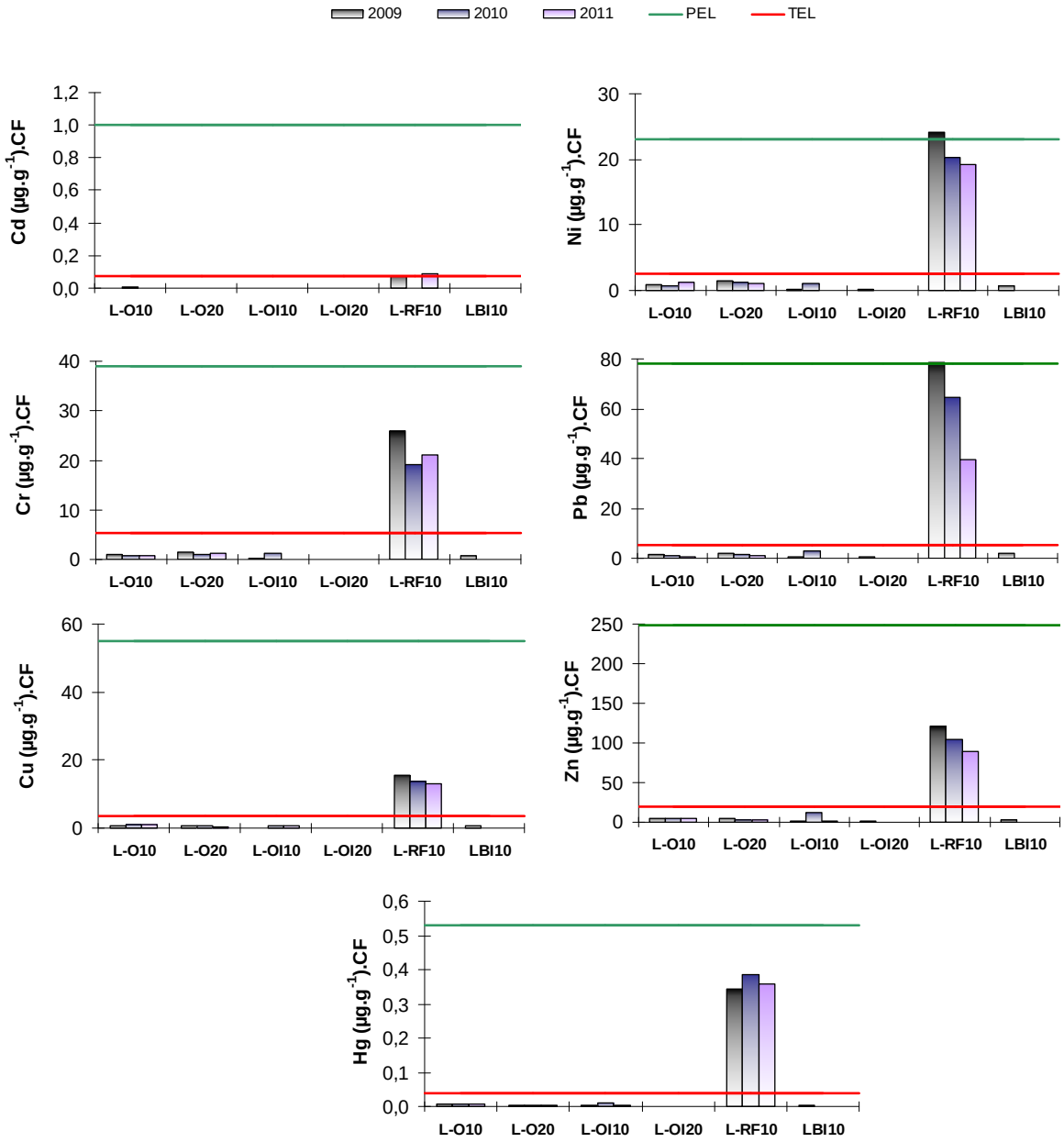


Figura 464 Evolución temporal de la concentración de metales del sedimento de las estaciones de la masa de agua costera Getaria-Higer, durante los últimos tres años (muestreos de invierno). PEL (Probable Effect Level): concentración con efecto negativo probable en la biota; TEL (Threshold Effect Level): concentración por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la biota. Nótese que las concentraciones están corregidas por la fracción fina (CF).

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 359 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011. En la Figura 465 se ilustra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados.

La mayoría de las concentraciones están próximas al nivel de determinación analítico, o inferiores a él, con la excepción de los PAHs, donde se aprecia una tendencia ascendente de las concentraciones, aunque sin superarse en ningún caso el objetivo de calidad (44792 ng. g^{-1}).

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
L-O10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	105
L-O20	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	175
L-OI10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	102
L-OI20	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	18
L-RF10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	1,29	<20	1143
L-BI10	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	18

Tabla 359 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138,CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

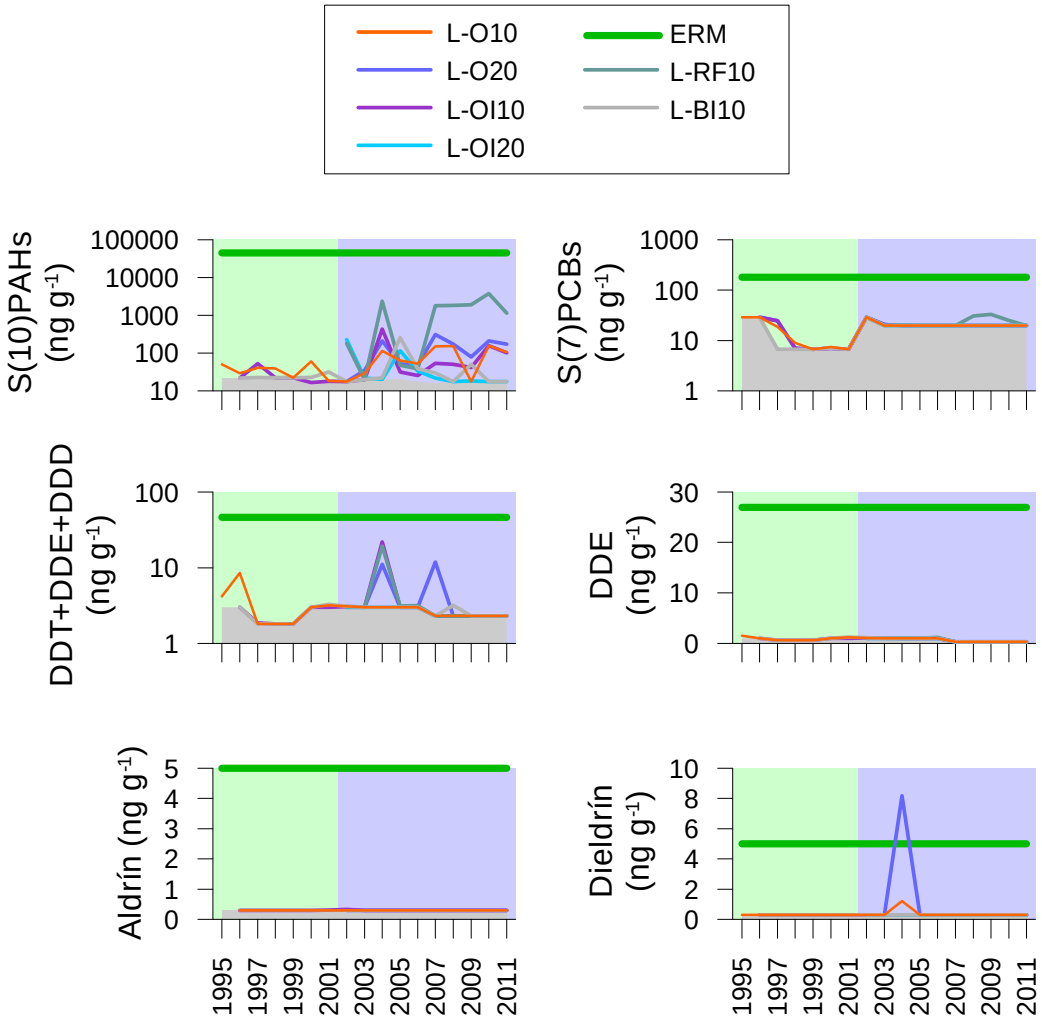


Figura 465 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efectos adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long *et al*., 1995).

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se calcula el índice de carga contaminante (ICC) como

medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 360 se recoge el índice de carga contaminante (ICC) por cada metal en los sedimentos de la masa de agua costera Getaria-Higer, así como los valores globales de ICC para la campaña de invierno de 2011. Según estos valores de ICC globales, tan sólo las estaciones L-O10 y L-OI10 presentan contaminación ligera por metales. Además, la Figura 466 presenta la evolución temporal del ICC global, donde se observa que, en los muestreos más recientes, los valores se encuentran en el rango de contaminación ligera (ICC >1) o no contaminado (ICC< 1).

En cuanto a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, se deduce que la única estación que mantiene valores de contaminación ligera es la L-RF10.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
L-O10	NC	CL	CL	CL	CL	C	CL	NC	CL	CL
L-O20	NC	CL	NC	CL	NC	CL	CL	NC	NC	NC
L-OI10	CL	NC	C	NC	C	CL	NC	CL	CL	CL
L-OI20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
L-RF10	NC	CL	NC	NC	C	NC	NC	CL	NC	NC
L-BI10	NC	NC	NC	NC	CL	NC	NC	NC	NC	NC
Total	NC	NC	NC	NC	CL	CL	NC	NC	NC	NC

Tabla 360 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal; nd: no hay dato

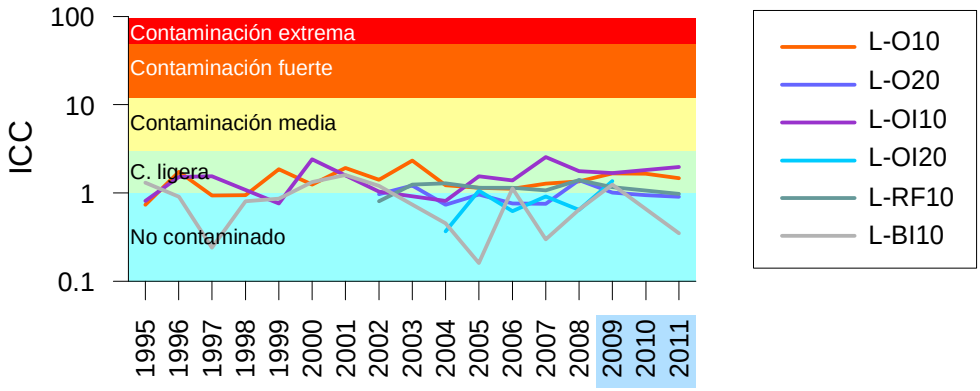


Figura 466 Evolución del índice de carga contaminante global de metales pesados, en la masa de agua costera Getaria-Higer.

18.5.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FISICO-QUÍMICO

Condiciones generales

A partir de los datos de 2011, de acuerdo con la metodología expuesta en el Tomo 1, el estado de la zona costera de Getaria-Higer en función de los indicadores físico-químicos puede considerarse **'Muy Buena'** en todas las estaciones de muestreo controladas (**L-O10, L-O20, L-OI10, L-OI20, L-REF10 y L-BI10)**. En la Figura 19 se puede observar la evolución del estado físico-químico de estas estaciones entre 1994 y 2011.

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, las medias de las variables estudiadas cumplen en todas las estaciones de muestreo.

Contaminantes especificos

Según la DMA, para la evaluación del estado ecológico, hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en los cinco puntos de control de esta masa el estado físico-químico es muy bueno en L-O10, L-O20, L-OI20 y L-OI10 y bueno en L-BI10. (Tabla 361). En el caso del punto control del L-REF10 el estado físico-químico para las prioritarias es bueno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico (Tabla 361). La tendencia de buen estado químico que se venia obserbando desde 2004, se mantiene este año (Tabla 362). En la Tabla 363 se muestra que el estado químico de la estación L-REF10 es buena, además, el buen estado químico se mantiene en todos los años de estudio, excepto en 2008, que no alcanzó el buen estado, por presencia de mercurio en sedimento.

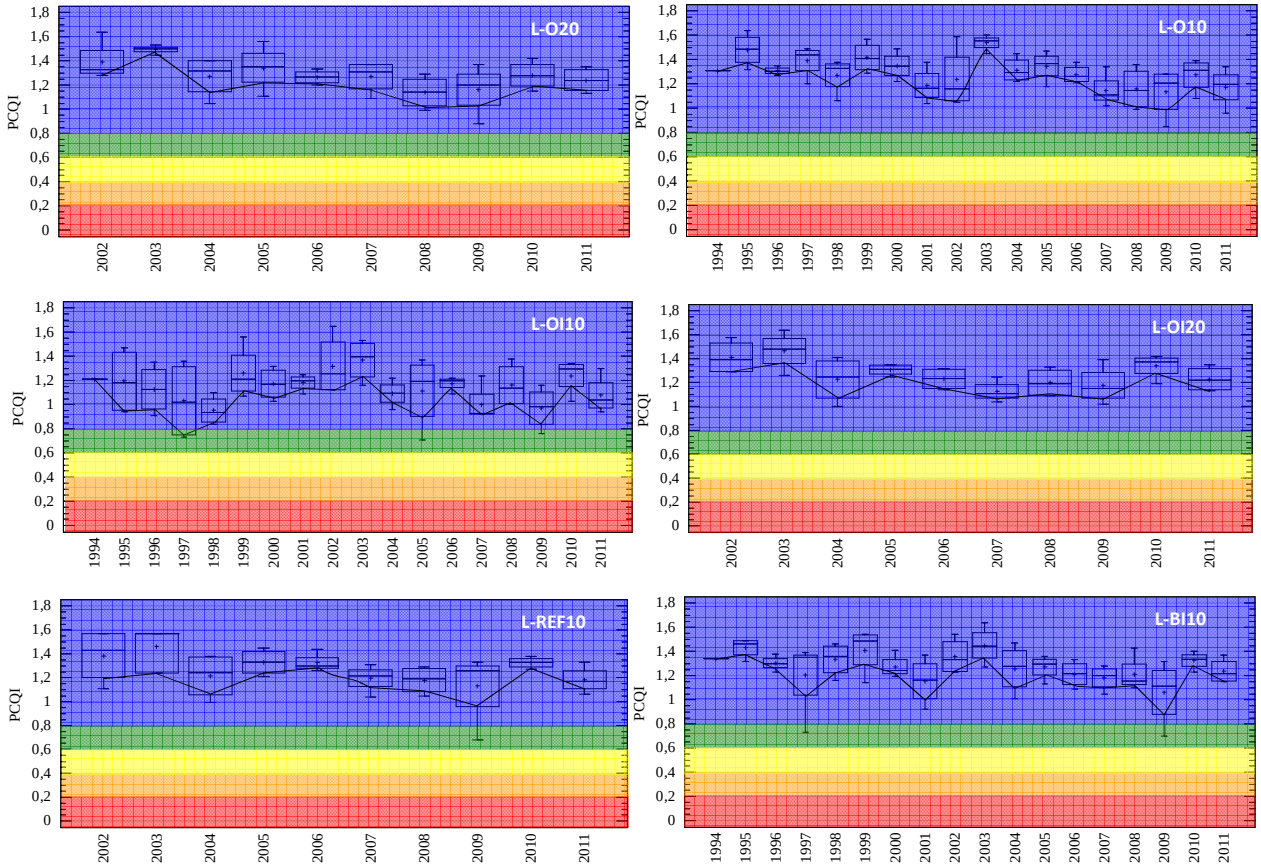


Figura 467 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de las estaciones de muestreo L-O10, L-O20, L-OI10, L-OI20, L-REF10 y L-BI10 de la masa de agua de costera Getaria-Higer. La línea negra señala la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	L-O10	L-O20	L-OI10	L-OI20	L-BI10	Global	L-REF10
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}							
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}							
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}							
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}							
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}							
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}							
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}							
Benzo(b)fluoranteno+ Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(g,h,i)perileno+ Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	0,006	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	<LC
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,2	0,3	0,6	0,3	0,4	No se considera	0,2
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,2	0,3	0,6	0,3	0,8	No se considera	0,2
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	0,1
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,6	1	0,5	0,3	0,5	Cumple	0,4
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	No se considera	<LC
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,008	<LC	<LC	<LC	<LC	Cumple	0,36
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,7	0,4	0,5	0,4	0,313	Cumple	0,3
Estado Quimico				Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	5	13	75	38	16	Cumple	25
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,8	1,1	9	1,7	1,525	Cumple	1,4
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno		Bueno

Tabla 361 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua de Getaria-Higer en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 362 Estado químico de la masa de agua costera Getaria-Higer en los años 2004-2011.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	No alcanza buen estado	Hg(sedimento)
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 363 Estado químico de la estación L-REF10 en los años 2004-2011.

18.6 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Esta zona costera no ha presentado entre 2005 y 2007 ninguna obra, actuación o acción que altere de manera significativa su morfología ni las corrientes o mareas, por lo que su situación puede calificarse de **'Muy Buena'** (cumple), para este elemento.

RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LAS AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

TOMO 19 MASA DE AGUA COSTERA MOMPAS-PASAIA

Pasaia, junio de 2012

ÍNDICE

TOMO 19 MASA DE AGUA COSTERA MOMPAS-PASAIA 637

19.1 Resumen estado ecológico. Mompas-Pasaia 639

19.2 Estaciones de muestreo 642

19.3 Macroinvertebrados bentónicos 642
19.3.1 Parámetros estructurales 642
19.3.2 Calidad biológica 643

19.4 Vida vegetal asociada al medio acuático 643
19.4.1 Fitoplancton 643
19.4.2 Macroalgas 647

19.5 Indicadores fisicoquímicos 647
19.5.1 Caracterización físico-química en aguas 647
19.5.2 Caracterización físico-química en sedimentos 652
19.5.3 Evaluación del estado 655

19.6 Indicadores hidromorfológicos 657

19.1 RESUMEN ESTADO ECOLÓGICO. MOMPAS-PASAIA

Esta parte del litoral debería estar incluida en la masa de agua costera de Getaria-Higer. Sin embargo, tras el estudio de presiones e impactos realizado en 2004 en esta masa de agua, se decidió separarla en una masa diferenciada, debido a la histórica presión sufrida en la zona por el colector de Mompás, que se agudizó en 1996 con el desvío de los vertidos de Pasaia a la cala Murgita. La posterior puesta en funcionamiento del emisario submarino de San Sebastián, junto con la depuración de las aguas, han hecho que la zona haya mejorado mucho, aunque en la zona inmediata al emisario (500 m) ha empeorado respecto a la situación anterior.

En esta masa de agua, además de la estación L-UR20 de la Red de Calidad, AZTI-Tecnalia lleva el monitoreo de la zona para la Diputación Foral de Gipuzkoa y Aguas del Añarbe (*Estudio ambiental de la zona costera de Mompás y del estuario del río Oiartzun*). En este seguimiento hay 9 estaciones de muestreo adicionales. En 2008 se decidió juntar todas las muestras, de ambos seguimientos, con objeto de disponer de una evaluación más completa. Por tanto, aunque en este informe se hace una referencia exhaustiva a la estación L-UR20, la evaluación final que se recoge en este resumen se ha hecho con todas las estaciones monitoreadas en ambos seguimientos.

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico (Tabla 364). De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más recientes, así desde 2004 de forma global se ha alcanzado el buen estado químico (Tabla 365).

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	L-UR20	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}		
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}		
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}		
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}		
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}		
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}		
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}		
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	0,0043	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,3	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,8	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,01	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LD	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	15,25	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,8	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	

Tabla 364 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua de Mompás-Pasaia en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 365 Estado químico de la masa de agua de transición Mompás-Pasaia en los años 2004-2011.

Según la DMA, para la evaluación del estado ecologico, hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes especificos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en el punto de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es bueno (Tabla 364). Por su parte, el estado físico-químico, de soporte de los elementos biológicos, presenta muy buen estado (Tabla 366).

En la Tabla 366 y Figura 468 se presenta el Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico en la masa de agua de Mompás-Pasaia, incluyendo todas las estaciones de muestreo, tanto las de la Red de Calidad, como las de la Diputación Foral de Gipuzkoa.

En este punto, hay que destacar que, debido a diferencias metodológicas, el estado del fitoplancton (harían falta cuatro muestreos anuales durante, al menos, seis años) sólo se puede evaluar a partir de los datos de la *Red*, por lo que dicho elemento no se ha tenido en cuenta para el establecimiento de la calidad biológica de las estaciones muestreadas en el marco del estudio de Diputación. En relación a las macroalgas, la metodología empleada en las campañas de Diputación dificulta la aplicación de la herramienta empleada para su evaluación, por lo que únicamente se han tenido en cuenta los datos obtenidos de la *Red*.

El estado ecológico de la Masa de Agua Costera Mompás-Pasaia, es por primera vez **Muy Bueno,** tanto en la estación de la Red como en el resto de estaciones. La calidad físico-química es muy buena en todas las estaciones incluidas en el análisis y los elementos morfológicos también presentan muy buen estado. Del mismo modo, los contaminantes cumplen con las normas de calidad. Hay que destacar que la calidad biológica era deficiente en la zona de la estación E-S1 (al sur del emisario, donde comienzan los difusores) en años precedentes. Sin embargo, ahora parece haber mejorado. Por tanto, a pesar de que la calificación global para la masa de agua es muy buena, hay que tener presente que en la zona del tramo final del emisario y al sur del mismo, se puede detectar afección sobre las comunidades bentónicas y, eventualmente, sobre la química y físico-química, por lo que se deberá continuar con la vigilancia integral de lo zona.

Estaciones de muestreo	EB			CB	CFQ	EQ		EM	EE	Equ.	Tp1	VG	Estado ecológico
	FP	MA	MIB			>LD	>NC						
L-UR20	MB	MB	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0,1	1	Muy Bueno
E-COL	-	-	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0,1	1	
EMIS	-	-	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0,1	1	
E-N	-	-	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0,1	1	
E-NE	-	-	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0,1	1	
E-NW	-	-	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0,1	1	
E-S1	-	-	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0,1	1	
E-S2	-	-	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0,1	1	
E-SE	-	-	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0,1	1	
E-SW	-	-	MB	MB	MB	Sí	No	MB	MB	10	0,1	1	

Tabla 366 Cuadro Resumen y el diagnóstico de Estado Ecológico (estado ecológico) en la masa de agua de Mompás-Pasaia, en 2011. EB: elementos biológicos; FP: fitoplancton; MA: macroalgas; MIB: macroinvertebrados bentónicos; CB: calidad biológica; CFQ: calidad físico-química; EQ: estado químico; LD: límite de detección; NC: normas de calidad; EM: elementos morfológicos; EE: estado ecológico; Equ.: equivalencias; Tp1: tanto por uno; VG: valor global; M: malo; D: deficiente; A: aceptable; B: bueno, MB: muy bueno. Parte de los datos son de Muxika et al. (2012).



Figura 468 Calificación del Estado Ecológico y ubicación de estaciones en la masa de agua litoral de Mompás-Pasaia: Azul: Muy Bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

19.2 ESTACIONES DE MUESTREO

En la masa de agua costera de Mompás-Pasaia se analiza anualmente una estación litoral y dos de macroalgas. Estas últimas se muestrearon en 2004, 2007 y 2010. Sus posiciones se observan en la Tabla 367. Hay que hacer notar que AZTI-Tecnalia realiza el seguimiento del emisario submarino de San Sebastián, para la Diputación Foral de Gipuzkoa y Aguas del Añarbe, en estaciones de muestreo complementarias a éstas, por lo se han utilizado para realizar una evaluación más ajustada.

Cod_Estación	Estación	UTMX	UTMY	Tipo de Estación
L-UR20	Litoral de Mompás (Urumea)	584830,85	4799190,99	Litorales
M-LUR1	Urumea Zona 01. Litoral Macroalgas	579938,00	4797128,00	Litorales (Macroalgas)
M-LUR2	Urumea Zona 02. Litoral Macroalgas	583451,00	4798135,00	Litorales (Macroalgas)

Tabla 367 Estaciones de muestreo en la zona costera de Mompás-Pasaia.

19.3 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

19.3.1 PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Los parámetros estructurales medidos en la única estación representativa de la masa de agua costera Mompás-Pasaia (L-UR20), en invierno de 2011 pueden verse en la Tabla 368.

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTACIÓN L-UR20
Densidad	nº·m^{-2}	513
Biomasa	g·m^{-2}	20,02
Riqueza	nº	35
Diversidad número	bit·ind^{-1}	4,31
Diversidad biomasa	bit·g^{-1}	0,26
Equitabilidad número		0,84
Equitabilidad biomasa		0,05
Diversidad máxima	bits	5,13
AMBI		1,40
Clasificación AMBI		Alteración Ligera

Tabla 368 Parámetros estructurales medidos en las estaciones de la masa de agua costera Mompás-Pasaia.

La estación litoral L-UR20, situada en las proximidades del antiguo colector de vertidos urbanos e industriales de la comarca de Donostialdea, presentaba hasta el año 2001 una biocenosis típica de áreas con elevada contaminación por materia orgánica, caracterizada por los anélidos poliquetos *Capitella capitata* y *Malacoceros fuliginosus* (el primero de ellos, considerado como indicador universal de contaminación orgánica, alcanzó máximos de 8.632 ind·m^{-2} en 1997 y 3.504 ind·m^{-2} en 2001) (Figura 469).

En 2009 se observaba un aumento importante tanto en densidad (de 80 ind·m^{-2} en 2008 a 783 ind·m^{-2} en 2009), como en riqueza específica (de 12 *taxa* en 2008 a 35 *taxa* en 2009), rompiendo la tendencia observada en 2007 y 2008 (Figura 469). Aunque en la presente campaña de 2011 se observa un ligero descenso tanto en densidad (513 ind·m^{-2}) como en riqueza específica (35 *taxa*), los valores alcanzados son ligeramente mayores que los de la pasada campaña de 2010, y las especies características de la comunidad continúan siendo las mismas que en 2009 (*Paradoneis armata*, *Chaetozone gibber*, *Mediomastus fragilis*, *Diogenes pugilator* y *Echinocardium cordatum*).

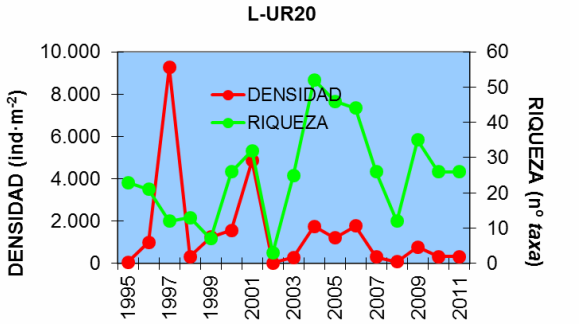


Figura 469 Evolución de la densidad y riqueza en la estación L-UR20 (Mompás-Pasaia).

Los bajos valores de materia orgánica del sedimento (1,1%), y la composición faunística, en la que destaca la progresiva desaparición de *C. capitata*, confirman la mejora de la calidad del medio observada desde 2005. Estas características, unidas al alto valor de diversidad específica encontrado (4,31 bit·ind^{-1}), parecen indicar una recuperación de la zona, consecuencia de la eliminación de los vertidos del colector.

El grupo trófico dominante es el de los detritívoros superficiales con un 75%, seguido por los omnívoros (14%), detritívoros subsuperficiales (5%), carnívoros (3%) y suspensívoros (3%).

El índice AMBI (1,4) indica que la estación presenta alteración ligera (Tabla 368), con dominancia del grupo ecológico I y presencia importante de los grupos ecológicos II y III (Figura 470). La evolución temporal es clara (Figura 470): se ha pasado de una comunidad

dominada por oportunistas de primer orden y AMBI=3,0-5,9 en 1995-2001, a una comunidad dominada por especies no oportunistas (grupos ecológicos I, II y III) y AMBI=1,0-2,7 en 2002-2011. Además, es significativo que el cambio se produce justo en la campaña posterior al desvío de los vertidos del colector al emisario submarino de Ulía (en primavera de 2001), lo que indica una respuesta más o menos rápida del medio a las acciones tomadas.

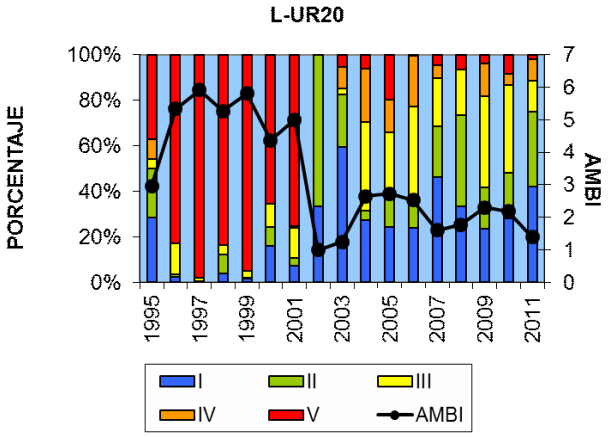


Figura 470 Evolución del porcentaje de cada grupo ecológico y de AMBI en la estación L-UR20 de la masa de agua costera Mompás-Pasaia.

19.3.2 CALIDAD BIOLÓGICA

La calificación de la estación **L-UR20** a partir de M-AMBI es de **Muy Buen Estado** (Tabla 367). En esta estación se aprecia una tendencia temporal positiva a partir de la campaña de 1997 al pasar de una calificación de Mal Estado (M-AMBI= 0,18 y mínimo de la serie) a Muy Buen Estado en 2003 (M-AMBI= 0,91), que se mantiene hasta la presente campaña.

Tal y como se ha explicado en anteriores informes, la evidente mejora de la calidad en esta estación está en relación con el desvío de los vertidos desde el colector al emisario de San Sebastián. Este buen estado actual ha sido constatado en otro estudio que lleva a cabo un muestreo más exhaustivo de la zona cercana al recorrido del emisario (Muxika *et al*., 2011).

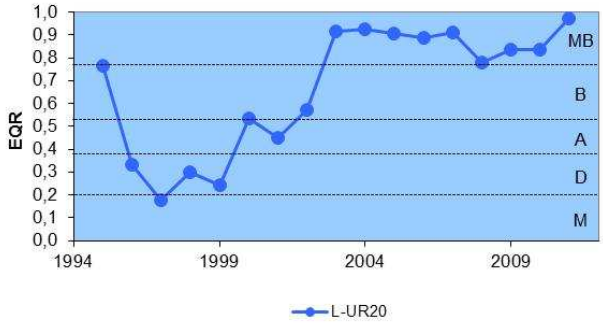


Figura 471 Evolución de M-AMBI para las estaciones de la masa de agua costera Mompás-Pasaia.

19.4 VIDA VEGETAL ASOCIADA AL MEDIO ACUÁTICO

19.4.1 FITOPLANCTON

CLOROFILA

En la masa de agua costera Mompás-Pasaia, la concentración de clorofila "a" se midió en una única estación de muestreo (L-UR20) y a dos profundidades (superficie y fondo). Se realizó un muestreo por cada época del año (invierno, primavera, verano y otoño). En este apartado también se presentan los resultados correspondientes a la estación L-REF10, considerada de referencia para esta masa de agua costera, así como para la de Getaria-Higer.

Con objeto de averiguar si la biomasa fitoplanctónica se distribuía homogéneamente en la columna de agua, se compararon los valores medios de superficie y fondo mediante un test "t-student". En la estación L-UR20 la concentración de clorofila supuso 1,2 ± 1,0 µg l^{-1} en superficie y 0,8 ± 0,5 µg l^{-1} en fondo (media ± desv. típica, n=4). Las diferencias no fueron estadísticamente significativas (p=0,39). Aplicando el mismo análisis a la estación de referencia, situada a unos 13 km de la costa, tampoco se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre la concentración media anual de superficie (0,7 ± 0,4 µg l^{-1}) y la de fondo (0,2 ± 0,1 µg l^{-1}).

Los valores de clorofila de superficie y fondo se han promediado, con objeto de representar las condiciones generales (Figura 472). En la estación L-UR20, la clorofila fue inferior o cercana a 1 µg l^{-1} en la mayoría de los muestreos, salvo en el de invierno (~2 µg l^{-1}). En la estación de referencia la concentración fue generalmente menor.

Durante 2011 también se registraron picos de clorofila en invierno en Matxitxako-Getaria (L-D10 y L-

U10) y en Getaria-Higer (L-OI20), aunque algo menores que los de la estación L-UR20.

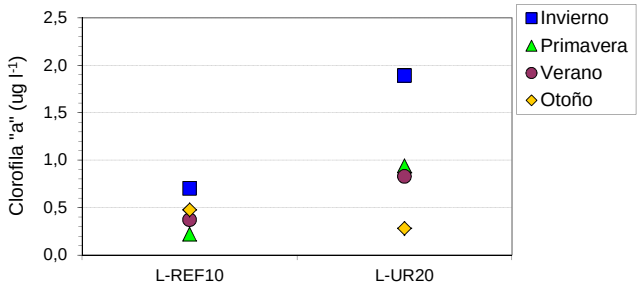


Figura 472 Variación de la concentración de clorofila en la estación marina de referencia y en la estación de la masa de agua Mompás-Pasaia, en el año 2011. Se muestra el promedio de la clorofila medida a dos profundidades (superficie y fondo) para cada época del año.

Para estudiar la evolución a largo plazo de la concentración de clorofila en la estación L-UR20 y compararla con las estaciones de referencia, se ha calculado el valor del percentil 90 para periodos móviles de seis años (Figura 473). Se han empleado únicamente los datos de superficie, de forma que fuera similar al indicador de calidad biológica (ver apartados siguientes). El percentil 90, en comparación con la media aritmética tiene la ventaja de estar menos influido por los valores extremos y, por lo tanto, resulta más adecuado para aplicarlo al fitoplancton.

En la estación L-UR20, el percentil 90 de la clorofila de superficie presenta oscilaciones a lo largo de los años, variando entre 0,8 y 1,7 µg l^{-1} (Figura 473). La tendencia en esta estación tiene pautas comunes a la que se observa en la estación L-OI10, localizada en las inmediaciones y también bajo la influencia de la presión antrópica de las cuencas del Urumea y el Oiartzun. En aquélla la clorofila tiende a descender desde mediados de la década de los 90 hasta mediados de la década del 2000. Como ya se ha comentado, ello coincide con las fases de desvío de vertidos hacia zonas con mayor hidrodinamismo en la costa, y posterior depuración de las aguas vertidas. Sin embargo, posteriormente se observa un ligero aumento de la clorofila en dicha estación. En la de Mompás-Pasaia también se aprecia un descenso durante aproximadamente el mismo periodo y un repunte de la clorofila en épocas recientes.

En la estación de referencia más cercana a la masa de agua Mompás-Pasaia (estación L-REF10) el rango de variación del percentil de la clorofila, para periodos recientes, ha sido de 0,9 a 1,3 µg l^{-1}. En las restantes estaciones de referencia, L-REF30 y L-REF20, para el periodo más reciente (2006-2011) el percentil se sitúa en valores de 0,7 y 1,1 µg l^{-1}, respectivamente.

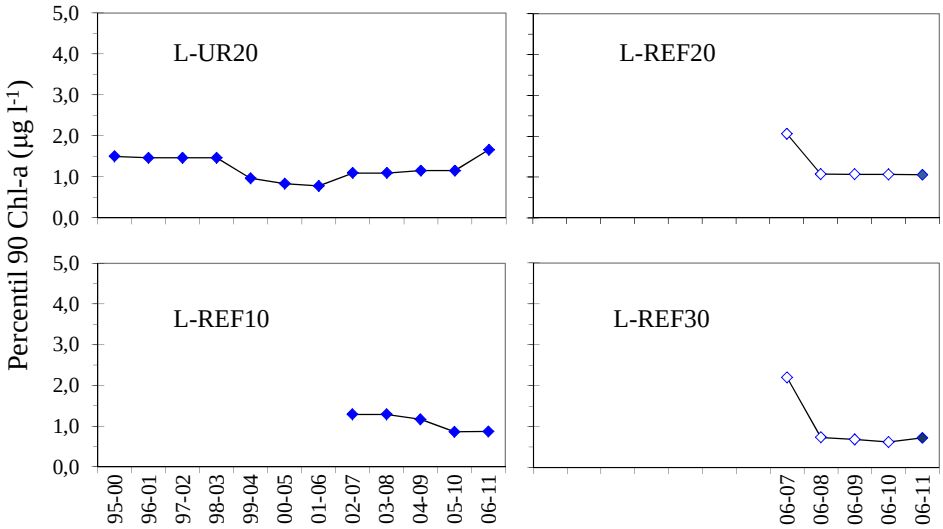


Figura 473 Evolución de la concentración de clorofila en la masa costera Mompás-Pasaia y en las estaciones de referencia. Se muestra el percentil 90 calculado con valores de superficie, de las cuatro épocas del año, para periodos móviles de seis años. En las estaciones L-REF20 y L-REF30 también se han calculado con menor número de años (símbolos vacíos).

COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON

En la Tabla 369 se indica la abundancia, riqueza y diversidad del fitoplancton, en las muestras tomadas en superficie, en la masa de agua costera Mompás-Pasaia y en la estación marina de referencia más cercana.

En la estación L-UR20, la abundancia presentó una gran variabilidad anual (oscilando entre valores del orden de 10^4 y 10^7 células l^{-1}). En comparación, la abundancia en la estación de referencia (L-REF10) fue mucho más estable, con valores siempre del orden de 10^5 células l^{-1}.

En la estación L-UR20 se observó un pico de abundancia en invierno (marzo), muy elevado, que superó a los encontrados en los muestreos de 2011 en el resto de las estaciones costeras. Se trató de una floración de *Thalassiosira* spp. (cadenas de células de pequeño tamaño, <10 µm), con $51 \cdot 10^6$ células l^{-1}. Este taxón es potencialmente nocivo para los ecosistemas, por la materia orgánica que puede producir y el consiguiente consumo de oxígeno.

Además, en la misma muestra de marzo se encontró la haptofita *Phaeocystis globosa* en densidades muy elevadas ($1{,}7 \cdot 10^6$ células l^{-1}). El crecimiento masivo de esta haptofita es muy habitual en otros lugares del mundo (es típico en el Mar del Norte) y provoca daños de diversa índole. Los blooms suelen darse tras el bloom primaveral de diatomeas, cuando se agota el silicio. Existen referencias de mortandades de peces causadas por los blooms o de que se altere el sabor del pescado. Otro efecto muy típico es la formación de espumas cuando el viento bate el agua. Estas espumas entorpecen la actividad pesquer. Además, estas espumas, que tienen mal olor, llegan a las playas causando molestias a la gente. Esta especie fitoplanctónica es común también en la costa vasca, si bien no suele formar blooms ni, por lo tanto, causar problemas. No obstante, a finales de marzo de 2011 algunos arrantzales de Getaria informaron de una sustancia gelatinosa con fuerte olor a mar que les impregnaba las redes de pesca. La observación al microscopio de una muestra que éstos proporcionaron no descartó que se tratase de colonias de *Phaeocystis globosa* (aunque estaba muy degradada y no podía afirmarse categóricamente).

En primavera, en la estación L-UR20 la abundancia fitoplanctónica estuvo en el rango de los valores bajos de la costa vasca. La comunidad fue muy similar a la de la estación de referencia, compuesta principalmente por pequeños flagelados, haptofitas y diatomeas de pequeño tamaño. Entre éstas últimas destacó por su abundancia el taxón potencialmente tóxico *Pseudo-nitzschia* spp., con 106.000 células l^{-1}.

En verano, la abundancia repuntó y superó en bastante magnitud a la de la estación de referencia. Además, estuvo en el rango de los máximos estivales de la costa, junto con los del litoral del Nerbioi, el Butroe, el Oiartzun y el Bidasoa. En la estación L-UR20, el máximo estival estuvo caracterizado por una gran contribución de diatomeas (52%), entre las que destacaron *Chaetoceros* spp., *Leptocylindrus danicus* y *Skeletonema* spp. También contribuyeron las haptofitas, criptofitas, dinoflagelados y otros flagelados de pequeño tamaño.

En otoño, la estación L-UR20 siguió la tendencia general de la costa vasca, con un mínimo de abundancia fitoplanctónica. La comunidad fue de carácter mixto y los dinoflagelados aportaron un porcentaje algo mayor que durante el resto del año (16%).

Estación	L-REF10	L-UR20
Fecha	04/03/2011	09/03/2011
Abund. ($x10^3$ céls. l^{-1})	685	53.206
Diversidad (bit/cel)	3,0	0,3
Riqueza (Nº especies)	12	11
Estación	L-REF10	L-UR20
Fecha	13/05/2011	13/05/2011
Abund. ($x10^3$ céls. l^{-1})	514	718
Diversidad (bit/cel)	3,1	2,9
Riqueza (Nº especies)	24	26
Estación	L-REF10	L-UR20
Fecha	31/08/2011	31/08/2011
Abund. ($x10^3$ céls. l^{-1})	263	1.412
Diversidad (bit/cel)	3,6	3,1
Riqueza (Nº especies)	28	24
Estación	L-REF10	L-UR20
Fecha	16/11/2011	16/11/2011
Abund. ($x10^3$ céls. l^{-1})	333	92
Diversidad (bit/cel)	3,4	3,6
Riqueza (Nº especies)	21	22

Tabla 369 Índices relacionados con fitoplancton en cuatro épocas a lo largo de 2011. Se indican para la estación marina de referencia y para la estación de la masa de agua costera Mompás-Pasaia.

Las diferencias en cuanto a la dinámica estacional que presenta la estación costera con la de referencia, pueden explicarse por la influencia que ejercen las plumas fluviales sobre las comunidades fitoplanctónicas, y también por la presión antrópica. Las plumas fluviales ejercen un efecto de fertilización (aportes de nutrientes). Sin embargo, por otra parte, en función de su intensidad, pueden frenar el crecimiento fitoplanctónico, al causar turbiedad y dispersión de las comunidades. La estación de referencia, situada a unos 13 km de la costa, se encuentra más alejada de la influencia fluvial (fuente de nutrientes, pero también de turbiedad y dispersión) que la estación L-UR20, situada a 1 km de la línea de costa. Además, la estación L-UR20 recibe cierta carga de nutrientes de origen antrópico de las cuencas del Oiartzun y el Urumea, aunque se encuentren saneadas.

Por lo tanto, en la estación de referencia, los nutrientes serán el factor que más limita el crecimiento fitoplanctónico en las aguas de superficie, y esto explicaría que los máximos de abundancia generalmente ocurran en invierno o en primavera. Del mismo modo, en verano suelen encontrarse mínimos de abundancia, por efecto de la estratificación térmica y el agotamiento de nutrientes en las aguas de superficie.

En la estación L-UR20, donde generalmente hay suficiente concentración de nutrientes, pueden ocurrir floraciones en cualquier época del año, en función de la disponibilidad de luz y el tiempo de residencia del agua.

Por ello, la estación costera no acusa descensos en verano como la estación marina de referencia, donde los nutrientes pueden agotarse.

CALIDAD BIOLÓGICA

Al igual que en años anteriores, el fitoplancton se evalúa con los datos de los últimos seis años, en base a dos métricas: el percentil 90 de la clorofila y el porcentaje de blooms.

En la presente campaña, se han realizado algunos cambios en el método de evaluación. Para la métrica de clorofila el umbral que separa el estado "Muy bueno" del estado "Bueno" es ahora 2,5 µg l^{-1}. Además, el estado global del fitoplancton se calcula mediante un sistema de promediado que implica el cálculo de los EQRs resultantes de cada indicador.

En la Figura 474 se muestra el indicador de biomasa fitoplanctónica durante el periodo 2006-2011. En la estación marina de referencia, el percentil 90 de la clorofila es 0,87 µg l^{-1} (n=16). En la masa de agua costera (una única estación de muestreo) se sitúa en 1,66 µg l^{-1} (n=24). Por lo tanto, esta masa de agua costera se clasifica en un estado "Muy bueno" en base a la métrica de la clorofila. No obstante, presenta el valor máximo en el conjunto de las estaciones costeras del País Vasco. Hay que recordar que, en el último periodo de evaluación, los valores más altos fueron 1,25 µg l^{-1} en Cantabria-Matxitxako (L-B10), 1,26 µg l^{-1} en Matxitxako-Getaria (L-U10) y 1,51 µg l^{-1} en Getaria-Higer (L-OI20).

En la Figura 475 se muestra el indicador de floraciones. En la estación de referencia la frecuencia es 8,3% (n=12). La estación costera presenta el mismo valor. Por lo tanto, el estado es "Muy bueno".

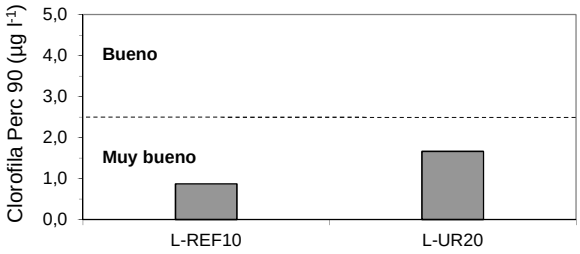


Figura 474 Percentil 90 de la concentración de clorofila en la estación marina de referencia y en la estación costera de Mompás-Pasaia. Los datos utilizados han sido los de superficie, de las cuatro épocas del año, desde 2006 hasta 2011.

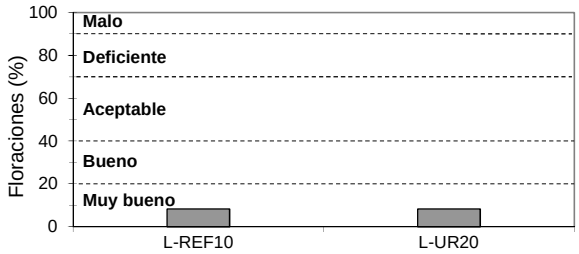


Figura 475 Frecuencia de floraciones fitoplanctónicas (%) en la estación marina de referencia y en las estaciones costeras de Mompás-Pasaia. Los datos utilizados corresponden a superficie, en primavera y verano, desde 2006 hasta 2011.

En la Tabla 353 se presenta el estado del fitoplancton integrando ambos indicadores (clorofila y frecuencia de floraciones), en cada estación. Se indican también los valores de EQR que resultan de cada indicador. El EQR global se calcula con la media aritmética de los EQRs de ambos indicadores.

En el periodo 2006-2011, el estado global del fitoplancton se clasifica como "Muy bueno" en la estación marina de referencia y en la estación costera L-UR20. El valor del EQR global es similar en la estación costera de Mompás-Pasaia y en la de referencia.

ESTACIÓN	EQR_1 Biomasa	EQR_2 Floraciones	Estado y EQR Global
L-REF10	1,000	1,000	Muy Bueno (1,000)
L-UR20	1,000	1,000	Muy Bueno (1,000)

Tabla 370 Calificación del estado del fitoplancton en la estación de referencia y en la estación de muestreo de la masa de agua costera, para el periodo 2006-2011. Se muestran los EQRs parciales de cada indicador y el EQR global.

Finalmente, en la Tabla 371 se muestra la evolución temporal del estado del fitoplancton a lo largo de periodos de seis años móviles, comenzando en 2002. El **estado del fitoplancton** ha sido siempre **"Muy bueno"** (con un EQR de 1,000), tanto en la masa de agua costera Mompás-Pasaia, como en la estación marina de referencia más cercana (L-REF10).

	02-07	03-08	04-09	05-10	06-11
Mompás-Pasaia L-UR20	MB (1,000)	MB (1,000)	MB (1,000)	MB (1,000)	MB (1,000)
Referencia L-REF10	MB (1,000)	MB (1,000)	MB (1,000)	MB (1,000)	MB (1,000)

Tabla 371 Evolución temporal del estado del fitoplancton en la masa de agua costera Mompás-Pasaia y en la estación de referencia, a lo largo de periodos móviles de seis años, entre 2002 y 2011. Se indica entre paréntesis la evolución del EQR del fitoplancton.

19.4.2 MACROALGAS

Para el estudio de las macroalgas (y de los macroinvertebrados que definen comunidades bentónicas de sustrato duro) de la masa de agua costera Mompás-Pasaia, en la presente campaña de 2011 no se ha analizado ningún transecto. Por tanto, la evaluación se realiza a partir de los datos obtenidos la pasada campaña de 2010.

CALIDAD BIOLÓGICA

En la Tabla 372 se muestran los datos obtenidos para la masa de agua costera Mompás-Pasaia en la campaña de 2010 (transecto M-LUR2), con objeto de calificar su estado. La metodología utilizada se explica en Tomo 1 del informe correspondiente a la campaña de 2008 (Borja *et al.*, 2009f).

La calificación es de **'Muy Buen Estado'** para el transecto M-LUR2 y, por extensión, para el conjunto de la masa de agua costera Mompás-Pasaia (CFR=0,90). Sin embargo, cabe destacar que se ha detectado un ligero decremento en el valor de CFR respecto a las anteriores visitas de 2004 y de 2007, relacionado con una menor cobertura de especies características. Dicho pérdida de cobertura ya se había detectado la pasada campaña de 2007, aunque entonces aún no era tan importante como para afectar al valor de CFR. Por tanto, se considera conveniente mantener la vigilancia del transecto por si en un futuro más o menos próximo, la tendencia se mantuviera, ya que podría afectar a la calificación del estado de la masa de agua.

En este sentido, y tal como se señalaba en el informe correspondiente a la pasada campaña de 2009, es importante destacar que la no detección de cambios asociados a las actuaciones que se vienen dando en la zona (eliminación del antiguo colector del Urumea, instalación del emisario submarino de Mompás y entrada en funcionamiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Loiola) puede deberse a que el primer muestreo se realizó en 2004, tres años después de la eliminación de los vertidos a través del colector, y a que el transecto se encuentra suficientemente alejado del colector como para no haber estado sometido a la influencia directa de los vertidos.

INDICADORES	M-LUR2
Cobertura	49
Riqueza de poblaciones	6
Especies oportunistas	2
PUNTUACIÓN	
Cobertura	0,35
Riqueza de poblaciones	0,20
Especies oportunistas	0,35
PUNTUACIÓN TOTAL	0,90
CLASIFICACIÓN	Muy Bueno

Tabla 372 Calificación de cada indicador de macroalgas y las equivalencias para la calificación del transecto M-LUR2, analizado en la campaña de 2010.

19.5 INDICADORES FISICOQUÍMICOS

19.5.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN AGUAS

CONSIDERACIONES GENERALES

La masa de agua costera de Mompás-Pasaia está representada por la estación L-UR20. En la Tabla 373 se muestran los datos medios anuales para las diferentes variables básicas analizadas en la masa de agua durante el año 2011. Además, se incluyen los valores medios de variables generales en dos niveles de la columna de agua (superficie y fondo) y los de las variables relacionadas con el estado trófico en superficie.

A partir de los datos de salinidad obtenidos en la serie de muestreos del año 2011, puede señalarse la escasa presencia de agua de origen fluvial en el nivel de superficie en la estación L-UR20.

Variables	Unidades	L-UR20-S	L-UR20-F
Temperatura	ºC	17,13	16,26
Salinidad	USP	35,17	35,64
Agua fluvial	%	1,21	0
Saturación O_2	%	104,05	99,48
pH		8,24	8,19
Clorofila	$\mu g.dm^{-3}$	1,21	0,76
Silicato	$\mu mol.dm^{-3}$	1,99	
Amonio	$\mu mol.dm^{-3}$	2,54	
Nitrito	$\mu mol.dm^{-3}$	0,26	
Nitrato	$\mu mol.dm^{-3}$	1,38	
Nitrógeno Total	$\mu mol.dm^{-3}$	10,93	
Fosfato	$\mu mol.dm^{-3}$	0,27	
Fósforo Total	$\mu mol.dm^{-3}$	0,54	
Carbono O. Total	$\mu mol.dm^{-3}$	101,14	

Tabla 373 Masa de agua costera de Mompás-Pasaia. Valores medios de variables relacionadas con el estado trófico y presencia de agua de origen fluvial.

Por otra parte, en los datos generales se observa la influencia de la estacionalidad a través de la temperatura y de la estratificación termohalina. También se aprecia, a

través de la salinidad y del porcentaje de agua continental que esta variable indica, la influencia de la descarga del río a través del estuario en las concentraciones de las variables indicadoras de los aportes terrestres. Con todo, la proporcionalidad no es siempre directa y, tanto los valores absolutos de las concentraciones como las relaciones entre nutrientes o entre las distintas formas de los mismos aparecen igualmente influenciados por los cambios estacionales.

Los valores medios del porcentaje de saturación de oxígeno, cercanos al 100%, indican una situación general de balance entre procesos autótrofos y heterótrofos, tanto en la superficie como en el fondo de la columna de agua. No se registran valores puntuales que representen un déficit de oxígeno. Además de la influencia de temperatura y salinidad en la concentración absoluta y el porcentaje de saturación de oxígeno, los cambios estacionales también aparecen ligeramente modulados por la concentración de clorofila y su distribución en la columna de agua. De todos modos, en la serie de muestreos realizados durante el año 2011 no se han registrado floraciones superficiales de importancia ni tampoco una influencia destacable del máximo subsuperficial de clorofila habitual durante la época de estratificación.

Las concentraciones de nutrientes presentan una distribución coherente con los ciclos estacionales y los pulsos de fertilización adicional que indica el porcentaje de agua no marina. Los valores de 2011 se encuentran en el rango habitual de las aguas litorales.

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS VARIABLES HIDROGRÁFICAS GENERALES

En las series de datos disponibles no se observan tendencias que indiquen un incremento o descenso significativo y mantenido de los valores de las variables de tipo general y de las relacionadas con el estado trófico. En general predominan las situaciones alternantes, con una distribución de tipo “dientes de sierra” en la que se observa la fuerte incidencia de la estacionalidad y de la variabilidad de las condiciones hidrológicas y climáticas que condicionan fundamentalmente la fracción de agua dulce presente en las aguas superficiales.

Los valores de NID registrados en 2011 en la estación L-UR20, son inferiores al valor máximo que se detectó en invierno de 2009 (~20 µmol dm^{-3}) pero son similares a los registrados en años anteriores (5 µmol dm^{-3}). En la masa de agua de Mompás se evidencia un leve descenso en la concentración de fosfato así como una reducción en la aparición de valores máximos (Figura 476).

Los valores de oxigeno disuelto alcanzan el 100% de saturación, especialmente en los últimos años, indicando que no se producen situaciones de déficit de oxígeno (Figura 477)

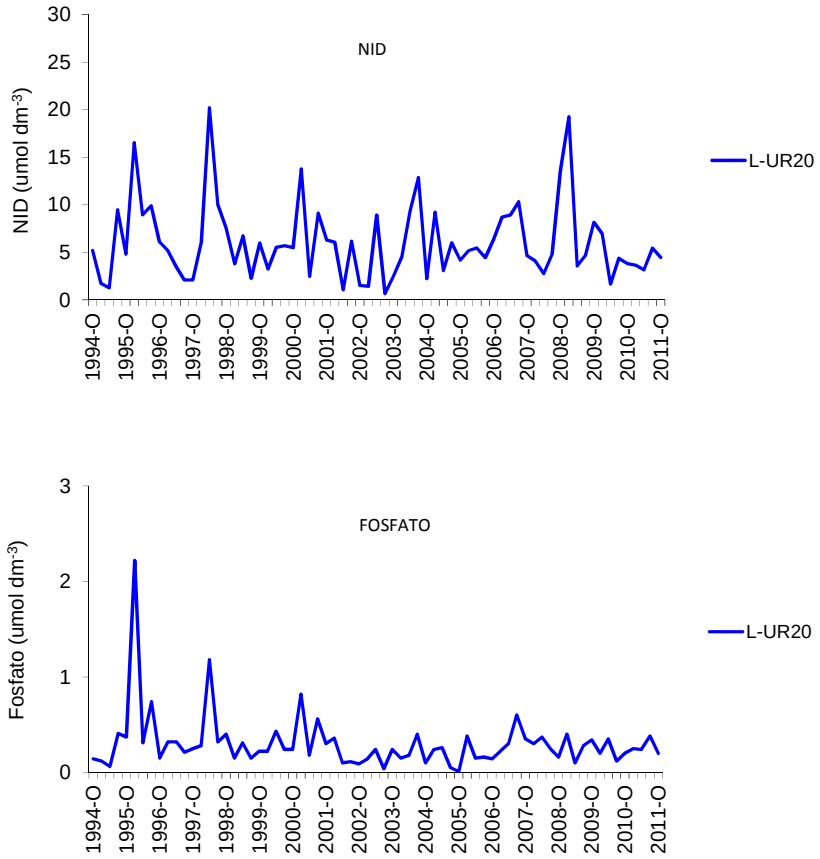


Figura 476 Evolución trimestral, entre otoño 1994 y otoño 2011, de la concentración de Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID) y fosfato, ambos en µmol L^{-1}, en aguas de superficie en las estaciones L-UR20.

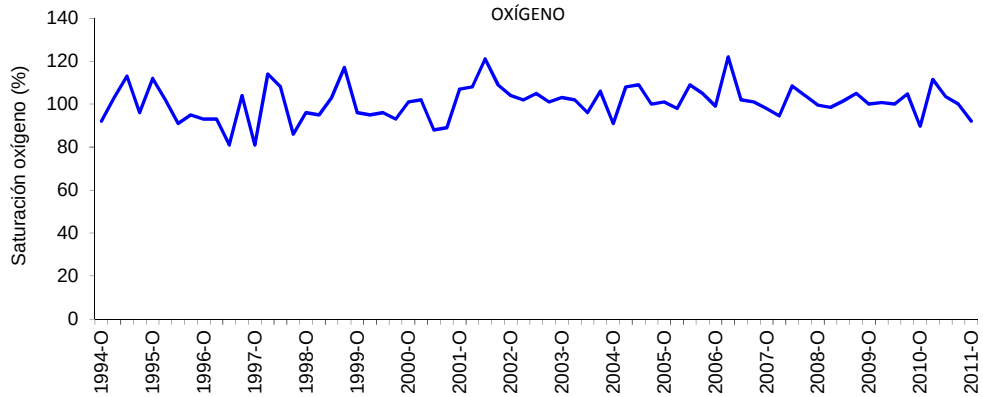


Figura 477 Porcentaje de saturación de oxígeno en la columna de agua en la masa de agua Mompás (estación L-UR20). Se muestra el promedio para cada época del año (invierno, primavera, verano y otoño) desde 1994 hasta 2011. La media se ha realizado con los datos tomados en superficie y fondo.

METALES DISUELTOS

Las concentraciones de cromo (trivalente y hexavalente) y mercurio en las aguas de superficie en las estaciones de la costera entre Mompás y Pasaia, se mantienen, como en la mayoría de los casos precedentes, por debajo de sus respectivos límites de detección (3 y 0.3 µg·l^{-1}).

En la Figura 478 se muestra la evolución de la concentración media del resto de los metales para el periodo comprendido entre otoño de 1994 y verano de 2011.

Como se puede apreciar en la Figura 478, en general todos los metales presentan una tendencia bastante irregular rebasando el objetivo de calidad

solamente el cadmio el invierno del 1998. Después de la recuperación de ese nivel obtenido en 1998 la concentración de cadmio se ha mantenido por debajo del limite de detección (0.2 $\mu g \cdot l^{-1}$) hasta el 2006, cuando empezó ha oscilar la concentración en esta zona del Mompás entre 0.2 y 0.4 $\mu g \cdot l^{-1}$, este año ha mantenido la concentración respecto al año anterior superando el objetivo de calidad establecido (0,2 $\mu g \cdot l^{-1}$).

Se aprecia una tendencia decreciente en los últimos años para el zin, manganeso y niquel, aunque este año se haya aprecido un ligero aumenteo de la concentración para el zinc y manganeso y descendente para el niquel. La tendencia del cobre, hierro y plomo no esta definida siendo bastante irregular. Este año se aprecia un descenso de concentración para los tres metales.

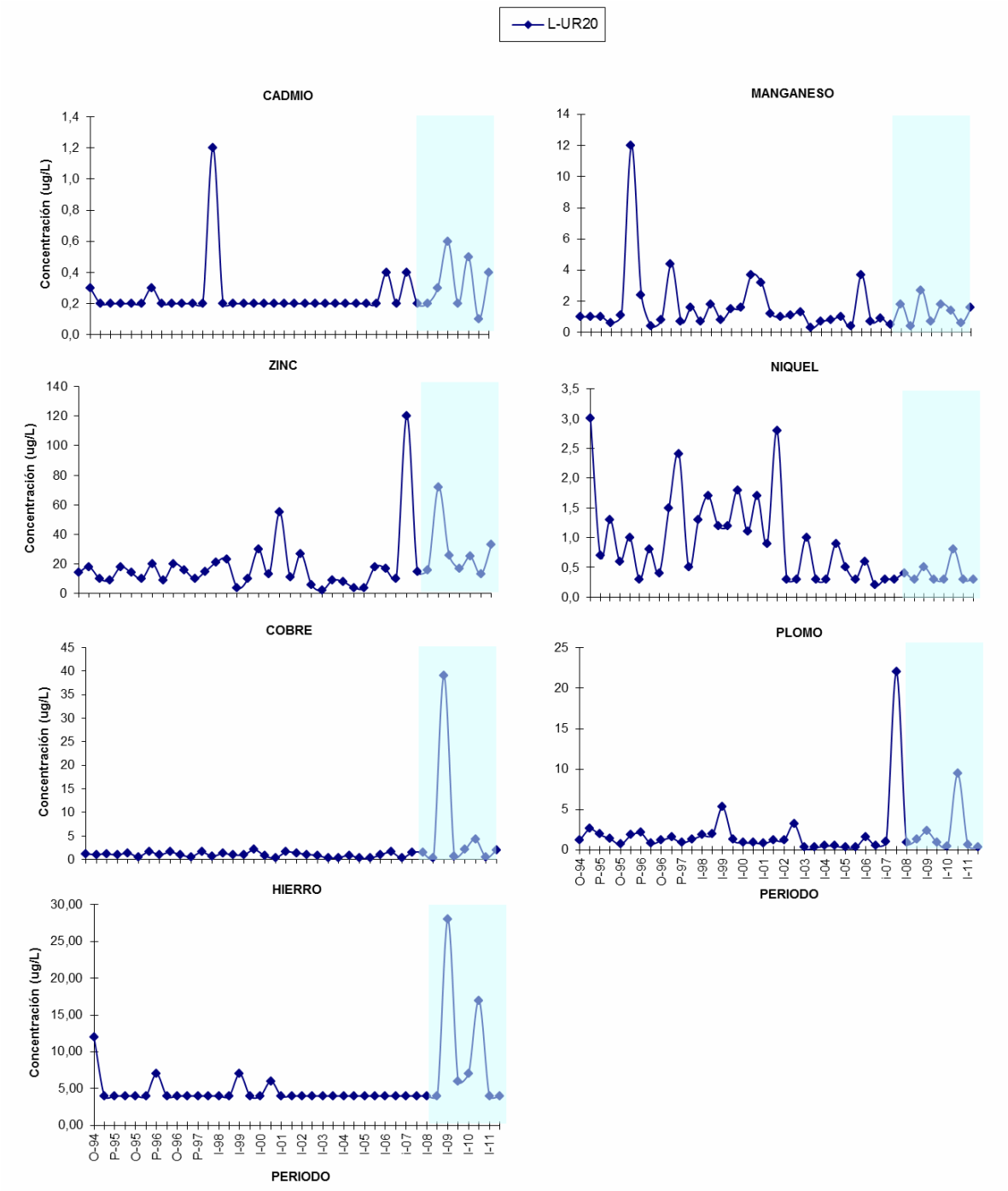


Figura 478 Evolución temporal de la concentración para cada metal en la costera de Mompás-Pasaia en el periodo que abarca desde otoño de 1994 al verano de 2011.

Muestreos mensuales

Se ha estudiado la evolución de la concentración de mercurio, cadmio, níquel y plomo durante todo los meses del año 2011 en la estación L-UR20 que corresponde a la costera del Mompás-Pasaia.

En la Figura 479 se puede observar la evolución mensual del año 2011 en la estación descrita anteriormente. Se han observado concentraciones de mercurio por debajo del límite de detección (0,3 µg·l^{-1}).

En el caso del cadmio el objetivo de calidad (0,2 µg·l^{-1}) y el valor medio anual es el mismo. Solamente se sobrepasa el objetivo de calidad en mayo, junio, julio, septiembre y octubre.

En el caso del plomo no se observa ninguna tendencia definida en el estudio mensual. La media anual, se encuentran por debajo del objetivo de calidad (7,2 µg·l^{-1}).

Respecto al níquel, no se observa una tendencia definida a lo largo del año sin superar en ningun caso el objetivo de calidad (20 µg·l^{-1}).

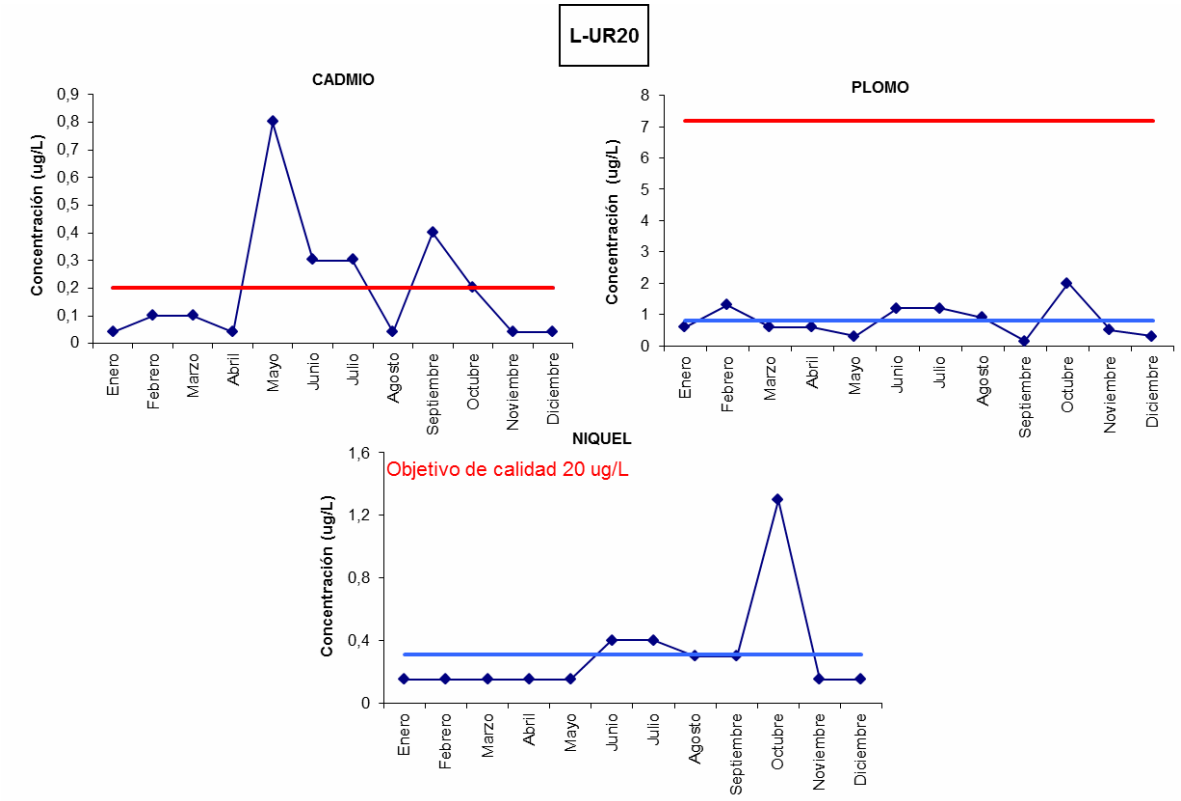


Figura 479 Evolución mensual en 2011 de la estación L-UR20 para el cadmio, plomo y níquel. Donde la línea roja indica el objetivo de calidad para cada metal y la azul la media anual de los datos obtenidos.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS Y OTROS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS

En los resultados obtenidos en 2011 se mantiene la ausencia de concentraciones significativas (por encima de los respectivos límites de detección) de grupos de contaminantes específicos excepto en el caso de los derivados de PAHs de nafataleno, fenantreno, acenafteno y acenftileno detectadas mayoritariamente en la campaña de verano sin superear en ningún caso el objetivo de calidad establecido para cada compuesto.

Muestreos mensuales

De los resultados obtenidos de los PAH analizados, se aprecia la presencia de algunos congéneres como los derivados del naftaleno y el fenantreno por encima de los respectivos límites de detección, pero sin sobrepasar los objetivos de calidad establecidos para estos compuestos.

19.5.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA EN SEDIMENTOS

PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE CARÁCTER GENERAL

En las Figura 480 y Figura 481 se representa la variación temporal en la composición granulométrica, contenido en materia orgánica, potencial redox y contenido en carbono y nitrógeno orgánico particulado en la estación L-UR20. En la Tabla 374, se muestran los resultados de la campaña de 2011.

De los datos obtenidos se observa que se trata de un sedimento predominantemente arenoso, con elevado potencial redox y ratio C/N. En cuanto a la variabilidad temporal, no se aprecia ningún patrón temporal definido, excepto en el caso de la materia orgánica para la que se observa una disminución de los valores durante los últimos 10 años.

Estación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	M.O. (%)	Eh (mV)	C.O.P. (mol kg^{-1})	N.O.P. (mol kg^{-1})	C/N (mol/mol)
L-UR20	0,05	93,63	6,32	1,11	305	3,23	0,08	42,46

Tabla 374 Parámetros sedimentológicos correspondientes a los muestreos de invierno de 2011. Grava > 2 mm > Arena > 63 µm > Limo; M.O.: materia orgánica; Eh: potencial redox; C.O.P. carbono orgánico particulado; N.O.P.: nitrógeno orgánico particulado; C / N: relación carbono / nitrógeno).

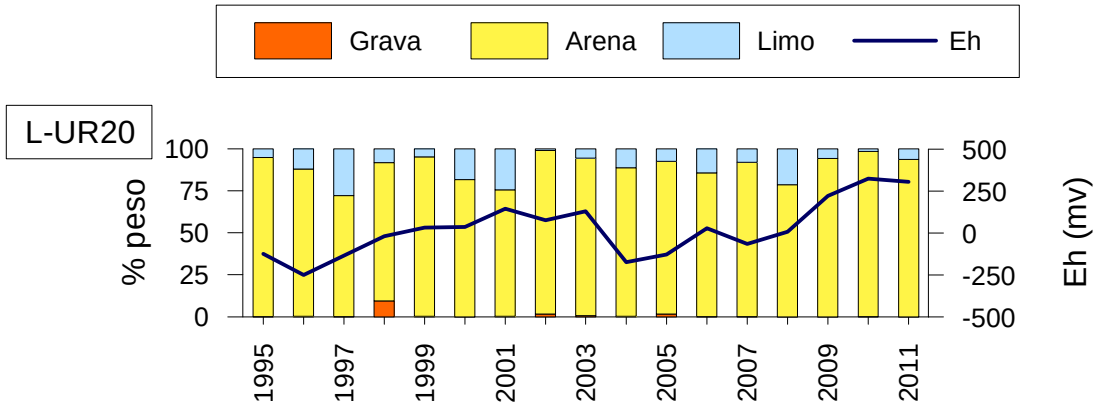


Figura 480 Evolución temporal del potencial redox (Eh) y las fracciones granulométricas (grava, arena y limo) en el sedimento superficial (muestreos de invierno).

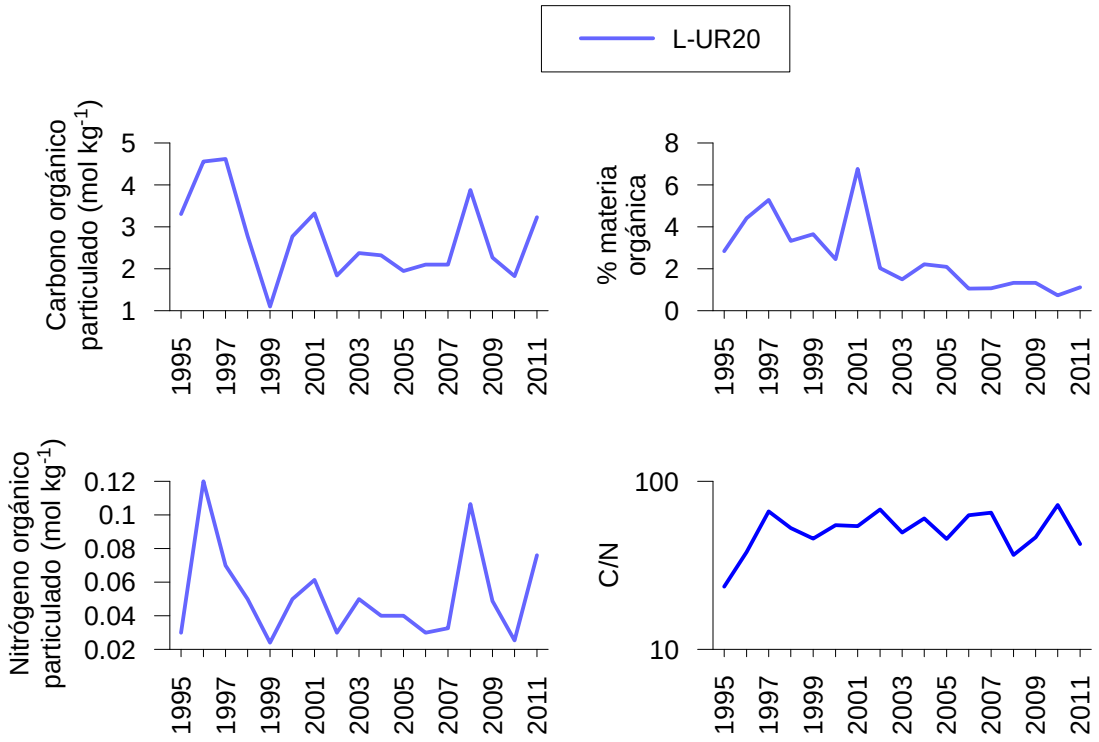


Figura 481 Evolución temporal del contenido en materia orgánica, carbono orgánico particulado y relación carbono/nitrógeno en los sedimentos superficiales (muestreos de invierno).

METALES PESADOS

En la Tabla 375 se recogen las concentraciones de metales pesados analizados en la campaña de invierno de 2011. La Figura 482 muestra la evolución temporal para cada uno de los metales en la estación L-UR20.

En los muestreos más recientes, todos metales, excepto Hg y Mn, mantienen las concentraciones promedio dentro del rango del nivel de fondo.

Con el objetivo de conocer el posible efecto adverso sobre la biota asociado a la presencia de dichos metales, se ha corregido la concentración de metales en la estación L-UR20 correspondientes a los últimos tres años (2009, 2010 y 2011), por el contenido en finos de los sedimentos. Así, durante la última campaña, todos los metales en dicha estación mantienen los valores por debajo del valor TEL, y por lo tanto, no existe riesgo de afección sobre la biota.

Estación	Cd (µg g^{-1})	Cr (µg g^{-1})	Cu (µg g^{-1})	Fe (µg g^{-1})	Hg (µg g^{-1})	Mn (µg g^{-1})	Ni (µg g^{-1})	Pb (µg g^{-1})	Zn (µg g^{-1})
L-UR20	0,10	28	18	28535,16	0,18	418	31,5	21	134

Tabla 375 Concentración de metales pesados en la fracción fina de los sedimentos en la campaña de invierno de 2011.

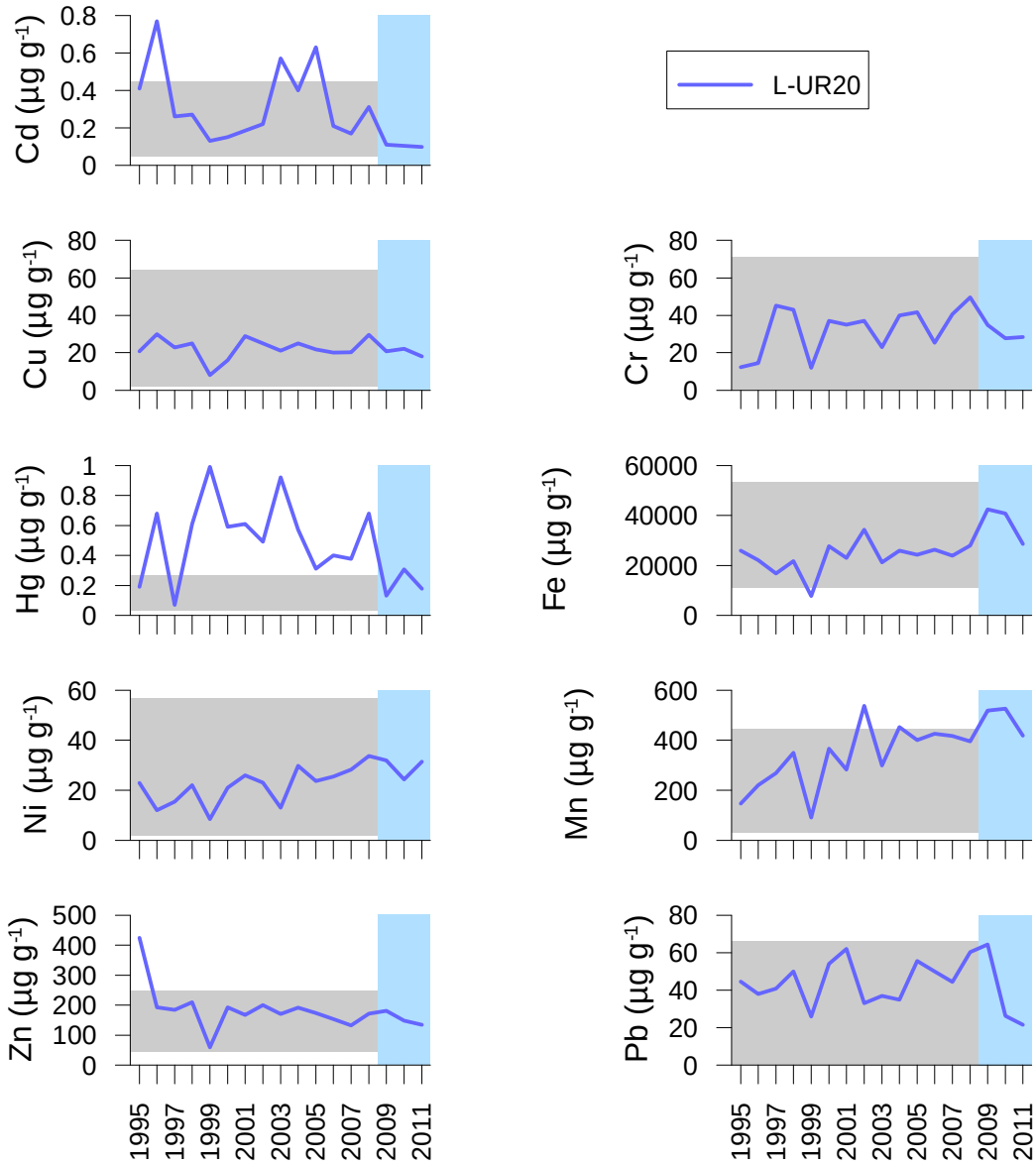


Figura 482 Evolución temporal de la concentración de metales en la fracción fina del sedimento (muestreos de invierno). La franja gris representa el nivel de fondo para cada uno de los metales.

COMPUESTOS ORGÁNICOS

En la Tabla 376 se recogen las concentraciones de compuestos orgánicos analizados en la campaña de invierno de 2011. En la Figura 483 se muestra la evolución en la concentración de contaminantes orgánicos analizados.

En los muestreos más recientes, todas las concentraciones están próximas al nivel de determinación analítico, o inferiores a él, a excepción de los PAHs, aunque estos no superan el objetivo de calidad (44792 $ng.g^{-1}$).

Estación	Aldrín (ng g^{-1})	Dieldrín (ng g^{-1})	Isodrín (ng g^{-1})	DDE (ng g^{-1})	DDD (ng g^{-1})	DDT (ng g^{-1})	S.HCH (ng g^{-1})	HCB (ng g^{-1})	S.PCB (ng g^{-1})	S.PAH (ng g^{-1})
L-UR20	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,00	<1,00	<2,00	<0,2	<20	74,65

Tabla 376 Concentración de compuestos orgánicos en los sedimentos en la campaña de invierno de 2011. S.HCH: suma de las concentraciones de alfa-hexaclorociclohexano y gamma-hexaclorociclohexano; HCB: hexaclorobenceno; S.PCB: suma de las concentraciones de los policlorobifenilos congéneres CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153 y CB180; S.PAH: suma de las concentraciones de 10 hidrocarburos poliaromáticos: fenantreno, indeno[1,2,3-cd]pireno, pireno, criseno, benzo[e]pireno, benzo[g,h,i]perileno, fluoranteno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno y benzo[a]pireno.

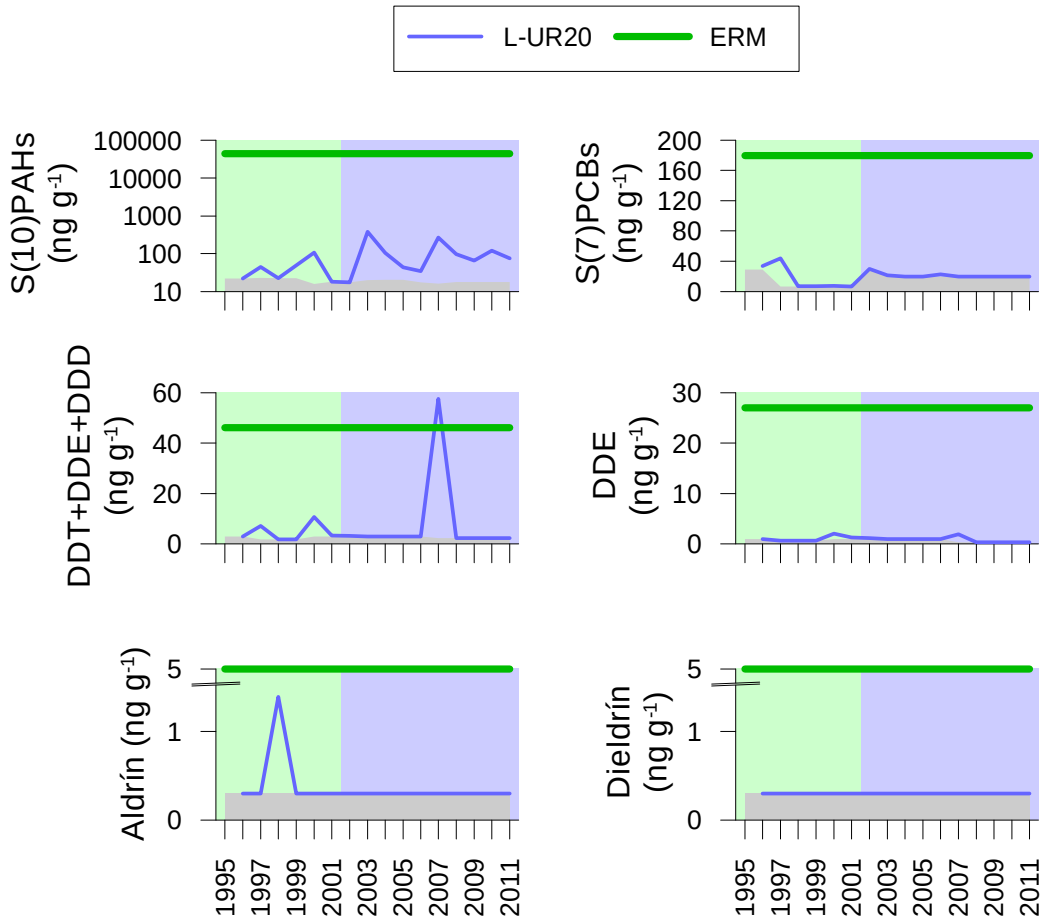


Figura 483 Evolución temporal de la concentración de compuestos orgánicos. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. La variación en el nivel de determinación analítico se muestra sobre fondo gris. Color verde: analítica por cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS); Color violeta: analítica de PCBs por cromatografía de gases con detector de captura electrónica (GC-EC) y PAH por cromatografía líquida con detector de red de diodos (HPLC-DAD). ERM: concentración con efectos adversos probables en la biota (del inglés, Effects Range Median, Long *et al*., 1995).

NORMATIVAS

Como se ha explicado en el capítulo de metodología, a nivel estatal no existe una legislación por la que se regule la gestión de sedimentos contaminados, sino que las actuaciones en este campo se hallan controladas por las correspondientes autorizaciones que, en su caso, concedan las administraciones correspondientes.

CLASIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN

Con el objeto de establecer el grado de contaminación de las estaciones muestreadas, se ha utilizado un enfoque puramente químico. Este método consiste en la comparación de los valores centrales del nivel de fondo de metales, calculados por Rodríguez *et al.* (2006), con los encontrados en las zonas estudiadas (Factor de Contaminación, FC). A partir de los FC se

calcula el índice de carga contaminante (ICC) como medida global de la contaminación en cada una de las estaciones y por año.

En la Tabla 377 se presentan los valores de ICC por cada metal en los sedimentos de la estación L-UR20 para la campaña de invierno de 2011. Según estos valores, dicha estación no presenta contaminación por metales. Además, en la Figura 484 se presenta la evolución del ICC global para la estación L-UR20, donde durante los muestreos más recientes, se observa un descenso de los valores de ICC hasta alcanzar la clasificación de no contaminación (*i.e.*, ICC < 1).

En cuanto a los compuestos orgánicos, según los criterios de ICC global utilizados para la evaluación de la contaminación, se deduce que la estación L-UR20 no presenta contaminación por compuestos orgánicos.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	ICC global
L-UR20	NC	CL	NC	NC	CL	CL	CL	NC	NC	NC

Tabla 377 Clasificación de la contaminación en los sedimentos superficiales en función de los metales pesados en 2011, basada en los Factores de Contaminación e Índices de Carga Contaminante (ICC) (MÜLLER, 1979). CE: contaminación extrema; C: contaminación media; CL: contaminación ligera; NC: no contaminado. Se presentan también los ICC globales por estación y por metal.

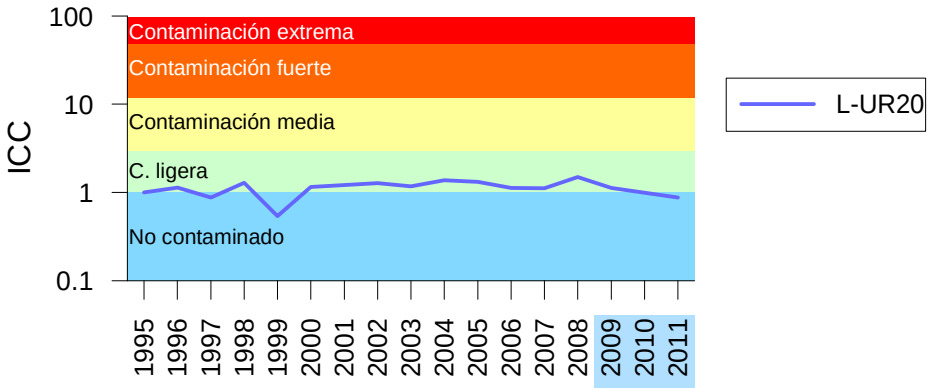


Figura 484 Evolución del Índice de Carga Contaminante (ICC) global de metales en sedimento.

19.5.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO

ESTADO FISICO-QUÍMICO

Condiciones generales

En 2011, la calidad físico-química de la masa de agua se puede calificar como: **'Muy buena'** en L-UR20. En la Figura 485 se puede observar la evolución del estado físico-químico en la estación L-UR20 entre 1994 y 2009.

En cuanto a los objetivos de calidad físico-química, la estación L-UR20 cumple para todas las variables.

Contaminantes especificos

Según la DMA, para la evaluación del estado ecológico, hay que evaluar el estado físico-químico de contaminantes específicos, como se detalla en el Tomo I sección material y métodos, según el proceso de calificación del estado ecológico, basado en al Directiva 2000/60/CE y Borja *et al.* (2004). Así, en el punto de control de esta masa el estado físico-químico, para las sustancias prioritarias y especificas, es bueno (Tabla 378).

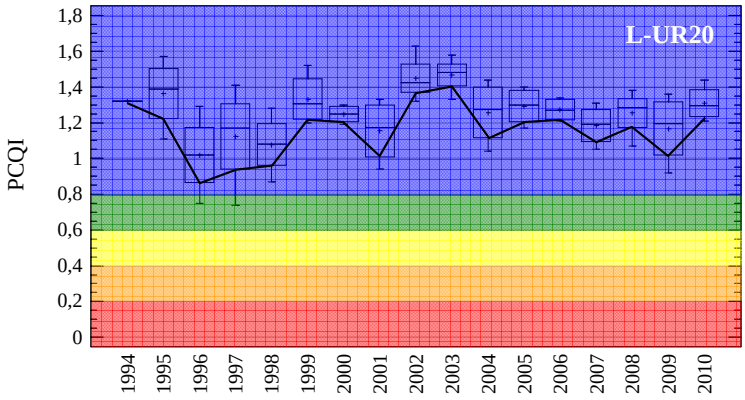


Figura 485 Box and Whisker Plot de la evolución del índice de calidad del estado físico-químico (PCQI) entre 1994 y 2011 de la estación de muestreo L-UR20 de la masa de agua de costera Mompás-Pasaia. La línea de color negro señala la evolución anual del percentil 25 del PCQI. Se indican los rangos de calidad: Azul: Muy bueno; Verde: Bueno; Amarillo: Aceptable; Naranja: Deficiente y Rojo: Malo.

Sustancia	Criterio	Objetivo	Limite de cuantificación	L-UR20	Global
DDT total (2DDT + 2DDD+ 2DDE)	NCA-MA Agua	0,025 µg l^{-1}	0,016 µg l^{-1}		
p,p-DDT	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,006 µg l^{-1}		
Plaguicidas de tipo ciclodieno (Aldrín, Dieldrín, Isodrín)	NCA-MA Agua	0,005 µg l^{-1}	0,009 µg l^{-1}		
Hexaclorociclohexano	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}		
Hexaclorociclohexano	NCA-CMA Agua	0,02 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}		
Hexaclorobenceno	NCA-MA Agua	0,01 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}		
Hexaclorobenceno	NCA-CMA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,001 µg l^{-1}		
Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	NCA-MA Agua	0,03 µg l^{-1}	0,01 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	NCA-MA Agua	0,002 µg l^{-1}	0,008 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Antraceno	NCA-CMA Agua	0,4 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-MA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Fluoranteno	NCA-CMA Agua	1 µg l^{-1}	0,002 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Naftaleno	NCA-MA Agua	1,2 µg l^{-1}	0,004 µg l^{-1}	0,0043	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Benzo(a)pireno	NCA-CMA Agua	0,1 µg l^{-1}	0,007 µg l^{-1}	<LC	Cumple
Cadmio	NCA-MA Agua	0,2 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,3	No se considera
Cadmio	NCA-CMA Agua	0,45 µg l^{-1}	0,08 µg l^{-1}	0,8	No se considera
Cadmio	Sedimento	1 µg g^{-1} / CF	0,02 µg g^{-1}	<LC	Cumple
Plomo y sus compuestos	NCA-MA Agua	7,2 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,4	Cumple
Mercurio y sus compuestos	NCA-MA Agua	0,05 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	NCA-CMA Agua	0,07 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LC	No se considera
Mercurio y sus compuestos	Sedimentos	0,53 µg g^{-1} / CF	0,007 µg g-1	0,01	Cumple
Níquel y sus compuestos	NCA-MA Agua	20 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	<LD	Cumple
Estado Quimico				Bueno	Bueno
Zinc	NCA-MA Agua	60 µg l^{-1}	2 µg l^{-1}	15,25	Cumple
Cobre	NCA-MA Agua	25 µg l^{-1}	0,3 µg l^{-1}	0,8	Cumple
Estado Fisico-Quimico (Contaminantes específicos)				Bueno	Muy Bueno

Tabla 378 Evaluación del Estado Químico en la masa de agua de Mompás-Pasaia en 2011. NCA: norma de calidad ambiental; MA: valor medio anual; CMA: concentración máxima admisible; CF: contenido en fracción limosa, en tanto por uno.

ESTADO QUÍMICO

Referente a las sustancias prioritarias (acorde con la Directiva 2008/105/CE), determinadas en 2011 en esta masa de agua, de forma global, se alcanza en buen estado químico. De esta forma se mantiene la tendencia observada en esta masa en los años más recientes, así desde 2004 de forma global se ha alcanzado el buen estado químico (Tabla 379).

Año	Estado químico	Sustancias que superan NCA
2004	Bueno	-
2005	Bueno	-
2006	Bueno	-
2007	Bueno	-
2008	Bueno	-
2009	Bueno	-
2010	Bueno	-
2011	Bueno	-

Tabla 379 Estado químico de la masa de agua de transición Mompás-Pasaia en los años 2004-2011.

19.6 INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS

Esta zona costera no ha presentado entre 2005 y 2011 ninguna obra, actuación o acción que altere de manera significativa su morfología ni las corrientes o mareas, por lo que su situación puede calificarse de Muy Buena (cumple), para este elemento.

REFERENCIAS

- Anonymous, 1959. Symposium on the classification of brackish waters, Venice 8-14th April 1958. Archivo di Oceanograpfia e Limnologia, 11 (supplemento).
- Asakura, A., S. Watanabe, 2005. *Hemigrapsus takanoi*, new species, a sibling species of the common japanese intertidal crab *H. penicillatus* (Decapoda: Brachyura: Grapsoidea). Journal of Crustacean Biology, 25(2): 279-292.
- Bald, J. 2005. Propuesta para la evaluación del estado físico-químico de las aguas costeras y de transición del País Vasco. Tesis doctoral, Universidad de Navarra.
- Bald J., A. Borja, J. Franco, R. Castro y J. Puig, 1999. El Análisis de Componentes Principales como herramienta de cálculo cuantitativo del impacto ambiental en el medio marino. Libro de Resúmenes de las V Jornadas Españolas de Ingeniería de Puertos y Costas. A Coruña, 1999. Eds. Gregorio Iglesias y Juan R. Acinas. 169-170 pp.
- Bald, J., A. Borja, J. Franco, R. Castro, 2000. Cálculo cuantitativo del impacto ambiental en la calidad de las aguas litorales de la CAPV mediante el empleo de técnicas de análisis multivariante. Océanographie du Golfe de Gascogne. Actes du VIIème Colloque International. Biarritz, 4-6 avril 2000. 55-59 pp.
- Bald, J., A. Borja, I. Muxika, J. Franco, V. Valencia, 2005. Assessing reference conditions and physico-chemical status according to the European Water Framework Directive: A case-study from the Basque Country (Northern Spain). Marine Pollution Bulletin, 50: 1508-1522.
- Bamber, R.N., J.F. Spencer, 1984. The benthos of a coastal power station thermal discharge canal. Journal of marine biology Assessment U.K., 64: 603-623.
- Bellan, G. 1967. Pollution et peuplements benthiques sur substrat meuble dans la région de Marseille. Deuxième partie. L'ensemble portuaire marseillais. Rev. Intern. Océanogr. Méd., 8: 51 95.
- Belzunce, M.J., R. Castro. 2004. Resultados de la caracterización físico-química y biológica y propuesta de gestión de los materiales a dragar en el puerto de Ondarroa. AZTI Informe Técnico. Pasaia.
- Belzunce, M.J., J. Blasco, A. Del Campo, M. Espino, L. Ferrer, J.M. Garmendia, M. González, J. Larreta, M.A. Maidana, N. Montero, 2010. Advances in tools for harbour water quality management: MODELTOX Project. ISOBAY 12, International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay. Brest, France, 3-6 May, 2010. http://www-iuem.univ-brest.fr/ISOBAY.
- Bock, M.T., B.S. Miller, A.W. Bowman, 1999. Assessment of Eutrophication in the Firth of Clyde: Analysis of Coastal Water Data from 1982 to 1996. Marine Pollution Bulletin, 38 (3):222-231.
- BOE, 2008. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. Boletín Oficial del Estado, 22.09.2008, BOE núm. 229, 38472–38582.
- Borja, A., 2005. The European water framework directive: A challenge for nearshore, coastal and continental shelf research. Continental Shelf Research, 25: 1768-1783.
- Borja, A., 2006. The new European Marine Strategy Directive: difficulties, opportunities, and challenges. Marine Pollution Bulletin, 52: 239-242.
- Borja, A., J. Bald, J. Franco, J. Larreta, I. Muxika, M. Revilla, J.G. Rodríguez, O. Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, 2009. Using multiple ecosystem components, in assessing ecological status in Spanish (Basque Country) Atlantic marine waters. Marine Pollution Bulletin, 59: 54-64.
- Borja, Á., I. Muxika, 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's marine biotic index) in the assessment of the benthic ecological quality. Marine Pollution Bulletin, 50: 787–789.
- Borja, A., H. Heinrich, 2005. Implementing the European Water Framework Directive: the debate continues... Marine Pollution Bulletin, 50(4): 486-488.
- Borja, A., M. Elliott, 2007. What does `good ecological potential' mean, within the European Water Framework Directive? Marine Pollution Bulletin, 54: 1559-1564.
- Borja, A., D.M. Dauer, 2008. Assessing the environmental quality status in estuarine and coastal systems: Comparing methodologies and indices. Ecological Indicators, 8: 331-337.
- Borja, A., J. Franco, V. Valencia, A. Uriarte, R. Castro, 1998. Red de Vigilancia y Control de la Calidad de las Aguas Litorales del País Vasco. Otoño 1996 - Verano 1997. Informe para Departamento de Ordenación del Territorio Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco. San Sebastián (Gipuzkoa). 313 pp.
- Borja, A., J. Franco, V. Pérez, 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos

within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin, 40: 1100-1114.

- Borja, A., J. Franco, M.J. Belzunce, V. Valencia. 2001. Red de vigilancia y control de la calidad de las aguas litorales del País Vasco: otoño 1999 – verano 2000. Azti-Labein para Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, Gobierno Vasco. 430 pp.
- Borja, A., I. Muxika, J. Franco, 2003. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. Marine Pollution Bulletin, 46: 835-845.
- Borja, A., B.G.D. Bikuña, J.M. Blanco, A. Agirre, E. Aierbe, J. Bald, M.J. Belzunce, H. Fraile, J. Franco, O. Gandarias, I. Goikoetxea, J.M. Leonardo, L. Lonbide, M. Moso, I. Muxika, V. Pérez, F. Santoro, O. Solaun, E. M. Tello, V. Valencia, 2003. Red de Vigilancia de las masas de aguas superficial de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe inédito para Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco. 22 vols, 3043 pp.
- Borja, A., J. Franco, V. Valencia, J. Bald, I. Muxika, M.J. Belzunce, O. Solaun, 2004a. Implementation of the European water framework directive from the Basque country (northern Spain): a methodological approach. Marine Pollution Bulletin, 48 (3-4):209-218.
- Borja, A., O. Solaun, I. Galparsoro, E.M. Tello, I. Muxika, V. Valencia, J. Bald, J. Franco, A. Manzanos, 2004e. Caracterización de las presiones e impactos en los estuarios y costa del País Vasco. Informe de la Fundación AZTI para la Dirección de Aguas del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco, 322 p.
- Borja, A., V. Valencia, J. Franco, I. Muxika, J. Bald, M.J. Belzunce, O. Solaun, 2004c. The water framework directive: water alone, or in association with sediment and biota, in determining quality standards? Marine Pollution Bulletin, 49(1-2): 8-11.
- Borja, A., B. García de Bikuña, A. Agirre, J.Mª Blanco, J. Bald, M.J. Belzunce, H. Fraile, J. Franco, O. Gandarias, I. Goikoetxea, J.M. Leonardo, L. Lonbide, E. López, M. Moso, I. Muxika, O. Solaun, E.Mª Tello, V. Valencia, M. Aboal, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, L. Gurtubai, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.Mª Ruiz, J.C. Sola, J.Mª Trigueros, A. Manzanos, 2004d. Red de Vigilancia de las masas de agua superficial de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de la UTE AZTI-Anbiotek-Labein-Ondoan para la Dirección de Aguas del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco. 22 Tomos, 1.313 pp.
- Borja, A., J. Franco, I. Muxika, 2004b. The Biotic Indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools. Marine Pollution Bulletin, 48(3-4): 405-408.
- Borja, A., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, I. Muxika, V. Pérez, O. Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.Mª Ruiz, J.C. Sola, J.Mª Trigueros, A. Manzanos, 2005. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de AZTI-Tecnalia para la Dirección de Aguas del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco. 14 Tomos, 718 pp.
- Borja, A., I. Galparsoro, O. Solaun, I. Muxika, E.M. Tello, A. Uriarte, V. Valencia, 2006. The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 66: 84-96.
- Borja, A., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, J.M. Garmendia, I. Muxika, M. Revilla, G. Rodríguez, I. Tueros, A. Uriarte, V. Valencia, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.M. Ruiz, J.C. Sola, J.M. Trigueros, A. Manzanos, 2006. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de resultados Campaña 2005. Informe de AZTI-Tecnalia para la Dirección de Aguas del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco. 15 Tomos, 767 pp.
- Borja, A., I. Muxika, J. Franco, 2006. Long-term recovery of soft-bottom benthos following urban and industrial sewage treatment in the Nervión estuary (southern Bay of Biscay). Marine Ecology Progress Series, 313: 43-55.
- Borja, A., A. B. Josefson, A. Miles, I. Muxika, F. Olsgard, G. Phillips, J.G. Rodríguez, B. Rygg, 2007. An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin, 55: 42-52.
- Borja, A., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, J.M. Garmendia, I. Muxika, M. Revilla, G. Rodríguez, O.Solaun, I. Tueros, A. Uriarte, V. Valencia, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.Mª Ruiz, S. Seoane, J.C. Sola, J.Mª

Trigueros, A. Manzanos, 2007b. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de AZTI-Tecnalia para la Dirección de Aguas del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco. 14 Tomos, 782 pp

- Borja, Á., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, J.M. Garmendia, I. Muxika, M. Revilla, G. Rodríguez, O. Solaun, I. Tueros, A. Uriarte, V. Valencia, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.M. Ruiz, S. Seoane, J.C. Sola, J.M. Trigueros, A. Manzanos, 2008a. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de AZTI-Tecnalia para la Dirección de Aguas del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco. 14 Tomos, 782 pp.

- Borja, A., D. Dauer, R. Diaz, R.J. Llansó, I. Muxika, J.G. Rodriguez, L. Schaffner, 2008b. Assessing estuarine benthic quality conditions in Chesapeake Bay: A comparison of three indices. Ecological Indicators, 8: 395-403.

- Borja, A., I. Tueros, M.J. Belzunce, I. Galparsoro, J.M. Garmendia, M. Revilla, O. Solaun, V. Valencia, 2008c. Investigative monitoring within the European Water Framework Directive: a coastal blast furnace slag disposal, as an example. Journal of Environmental Monitoring, 10: 453-462.

- Borja, A., S.B. Bricker, D. M. Dauer, N. T. Demetriades, J.G. Ferreira, A. T. Forbes, P. Hutchings, X. Jia, R. Kenchington, J.C. Marques, C. Zhu, 2008d. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. Marine Pollution Bulletin, 56: 1519-1537.

- Borja, A., J. Bald, J. Franco, J. Larreta, I. Muxika, M. Revilla, J.G. Rodríguez, O. Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, 2009a. Using multiple ecosystem components, in assessing ecological status in Spanish (Basque Country) Atlantic marine waters. Marine Pollution Bulletin, 59: 54-64.

- Borja, A., A. Ranasinghe, S.B. Weisberg, 2009b. Assessing ecological integrity in marine waters, using multiple indices and ecosystem components: Challenges for the future. Marine Pollution Bulletin, 59: 1-4.

- Borja, A., I. Muxika, J.G. Rodríguez, 2009c. Paradigmatic responses of marine benthic communities to different anthropogenic pressures, using M-AMBI, within the European Water Framework Directive. Marine Ecology, 30: 214-227.

- Borja, Á., J.G. Rodríguez, K. Black, A. Bodoy, C. Emblow, T.F. Fernandes, J. Forte, I. Karakassis, I. Muxika, T.D. Nickell, N. Papageorgiou, F. Pranovi, K. Sevastou, P. Tomassetti, D. Angel, 2009d. Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. Aquaculture, 293: 231-240.

- Borja, A., A. Miles, A. Occhipinti-Ambrogi, T. Berg, 2009e. Current status of macroinvertebrate methods used for assessing the quality of European marine waters: implementing the Water Framework Directive. Hydrobiologia, 633: 181-196.

- Borja, A., M. Elliott, J. Carstensen, A.-S. Heiskanen, W. van de Bund, 2010a. Marine management – towards an integrated implementation of the European Marine Strategy Framework and the Water Framework Directives. Marine Pollution Bulletin, 60(12): 2175-2186.

- Borja, A., D.M. Dauer, M. Elliott, C. Simenstad, 2010b. Medium and long-term recovery of estuarine and coastal ecosystems: patterns, rates and restoration effectiveness. Estuaries and Coasts, 33(6): 1249-1260.

- Borja, A., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, J.M. Garmendia, J. Larreta, I. Muxika, M. Revilla, J.G. Rodríguez, O.Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, I. Zorita, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.Mª Ruiz, S. Seoane, J.C. Sola, A. Manzanos, 2010c. Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Informe de AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua. 21 Tomos, 707 pp.

- Borja, A., J.G. Rodríguez, 2010. Problems associated with the 'one-out, all-out' principle, when using multiple ecosystem components in assessing the ecological status of marine waters. Marine Pollution Bulletin, 60(8): 1143-1146.

- Borja, Á., I. Galparsoro, X. Irigoien, A. Iriondo, I. Menchaca, I. Muxika, M. Pascual, I. Quincoces, M. Revilla, J. Germán Rodríguez, M. Santurtún, O. Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, I. Zorita, 2011a. Implementation of the European Marine Strategy Framework Directive: A methodological approach for the assessment of environmental status, from the Basque Country (Bay of Biscay). Marine Pollution Bulletin, 62(5): 889-904.

- Borja, A., E. Barbone, A. Basset, G. Borgersen, M. Brkljacic, M. Elliott, J.M. Garmendia, J.C. Marques, K. Mazik, I. Muxika, J.M. Neto, K. Norling, J.G. Rodríguez, I. Rosati, B. Rygg, H. Teixeira, A. Trayanova, 2011b.

Response of single benthic metrics and multimetric methods to anthropogenic pressure gradients, in five distinct European coastal and transitional ecosystems. Marine Pollution Bulletin, 62(3): 499-513.

- Borja, A., B.G. Tunberg, 2011. Assessing benthic health in stressed subtropical estuaries, eastern Florida, USA using AMBI and M-AMBI. Ecological Indicators, 11: 295-303.
- Bridges, T.S., J.D. Farrar, B.M. Duke, 1997. The influence of food ration on sediment toxicity in Neanthes arenaceodentata (Annelida: Polychaeta). Environmental Toxicology and Chemistry, 16: 1659-1665.
- Buchman M.F., 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables (SQuiRTs) NOAA OR&R, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Response and Restoration, Seattle, 2008; Report 08-1.
- Carletti, A., A.-S. Heiskanen, 2009. Water Framework Directive intercalibration technical report. Part 3: Coastal and Transitional waters. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, JRC Scientific and Technical Reports.
- Castro, H., F. Ramalheira, V. Quintino, A.M. Rodrigues, 2006. Amphipod acute and chronic sediment toxicity assessment in estuarine environmental monitoring: an example from Ria de Aveiro, NW Portugal. Marine Pollution Bulletin, 53: 91 99.
- Cloern, J.E., C. Grenz, L. Vidergar-Lucas, 1995. An empirical model of the phytoplankton chlorophyll:carbon ratio. The conversion factor between productivity and growth rate. Limnology and Oceanography 40: 1313-1321.
- Dauvin, J.C., A.T. Rius, T. Ruellet, 2009. Recent expansion of two invasive crabs species *Hemigrapsus sanguineus* (de Haan, 1835) and *H. takanoi* Asakura and Watanabe 2005 along the Opal Coast, France. Aquatic Invasions, 4(3): 451-465.
- Denis, P., 1983. La macrofaune benthique des vasières du bassin oriental du Golfe de Morhihan. Cahier de Biologie Marine, 24: 257-268.
- Domingues R.B., A. Barbosa, H. Galvão, 2008 Constraints on the use of phytoplankton as a biological quality element within the Water Framework Directive in Portuguese waters. Marine Pollution Bulletin, 56:1389-1395.
- Ekolur-Ikaur, 2006. Bases para la elaboración de las directrices sobre el uso sostenible del agua en Guipúzcoa. La fauna acuática en Guipúzcoa. Monografías. Donostia: 83.
- Elkaïm, B., 1976. Bionomie et écologie des peuplements des substrats meubles d'un estuaire Atlantique Marocain: l'estuaire du Bou Regreg. I.- Unités indicatrices infralittorales. Vie Milieu, 26: 107-169.
- European Commission, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- European Commission, 2003. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document No. 5. Transitional and Coastal Waters - Typology, Reference Conditions and Classification Systems. Produced by Working Group 2.4 – COAST. 107 pp.
- European Commission, 2008. Commission Decision of 30 October 2008 establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring System classifications as a result of the intercalibration exercise. Official Journal of the European Union 10.12.2008, L332. 44 p.
- Ferretti, J.A., D.F. Calesso, T.R. Hermon. 2000. Evaluation of methods to remove ammonia interference in marine sediment toxicity tests. Environmental Toxicology and Chemistry, 19(8): 1935-1941.
- García-Barcina, J.M., J.A. González-Oreja, A. De la Sota, 2006. Assessing the improvement of the Bilbao estuary water quality in response to pollution abatement measures. Water Research 40: 951-960.
- Geffard O., E. His, H. Budzinski, J.F. Chiffoleau, A. Coynel, H. Etcheber, 2004. Effects of storage method and duration on the toxicity of marine sediments to embryos of *Crassostrea gigas* oysters. Environmental Pollution, 129:457-465.
- Grassle, J.F., J.P., Grassle, 1974. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic polychaetes. Journal of Marine Research, 32: 253-284.
- Grassle, J.P., J.F., Grassle, 1976. Sibling species in the marine pollution indicator *Capitella capitata* (Polychaeta). Science, 192: 567-569.
- Hering, D., A. Borja, J. Carstensen, L. Carvalho, M. Elliott, C.K. Feld, A.S. Heiskanen, R.K. Johnson, J. Moe, D. Pont, A.L. Solheim, W. van de Bund, 2010. The European Water Framework Directive at the age of 10: A critical review of the achievements with

recommendations for the future. Science of the Total Environment, 408(19): 4007-4019.

- Hily, C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest. Thèse doctorat d'Etat, Universite de Bretagne Occidentale, Brest, Vol. 1, 350 pp; Vol. 2, 370 pp.

- Iriarte, A., Madariaga, I., Díez-Garagarza, F., Revilla, M., Orive, E. 1998. Plankton metabolism during bloom and non-bloom conditions in a shallow estuary. Proceedings of the 26th Congress of the International Association of Theoretical and Applied Limnology. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26: 1479-1482.

- Jeffrey S.W., G.F. Humphrey, 1975. New spectrophotometric equations for determining Chlorophyll a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochemie und Physiologie Pflanzen 167: 191-194.

- Juanes, J. A., X. Guinda, A. Puente, J. A. Revilla, 2008. Macroalgae, a suitable indicator of the ecological status of coastal rocky communities in the NE Atlantic. Ecological Indicators, 8: 351-359.

- Junoy, J. (1988). Estudio de la Macrofauna Intermareal de Sustrato Blando de la Ría de Foz (Lugo). Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares, 619 pp.

- Kathman, R.D., S.F. Cross, M. Waldichuk, 1984. Effects of wood waste on the recruitment potential of marine benthic communities. Can. Tech. Rep. Fis. Aquat. Sci., 1284: 1-50.

- Long E.R, D.D. MacDonald, S.L. Smith, F.D. Calder, 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management 19: 81-97.

- Lorenzen, C.J., Jeffrey, S.W. 1980. Determination of chlorophyll in seawater. UNESCO Technical Papers in Marine Science, 35.

- Martínez, J., I. Adarraga, 2001. Distribución batimétrica de comunidades bentónicas de sustrato blando en la plataforma continental de Guipúzcoa (Golfo de Vizcaya). Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 17: 33-48.

- Martínez, J., I. Adarraga, 2005. Programa de vigilancia y control de la introducción de especies invasoras en los ecossistemas litorales de la costa vasca. 1. Costa de Gipuzkoa. Informe de INSUB para la Dirección de Biodiversidad del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco, 267 pp.

- Martínez, J., I. Adarraga, 2006. Programa de vigilancia y control de la introducción de especies invasoras en los ecossistemas litorales de la costa vasca. 2. Costa de Bizkaia. Informe de INSUB para la Dirección de Biodiversidad del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco, 267 pp.

- MacDonald DD., 1994. Approach to the Assessment of Sediment Quality in Florida Coastal Waters. Derivation of Numerical Sediment Quality Assessment Guidelines for Florida Coastal Waters Using the Weight of Evidence Approach, Florida Department of Environmental Protection, Ladysmith 1994; Vol 5.

- Martínez, J., I. Adarraga, 2001. Distribución batimétrica de comunidades macrobentónicas de sustrato blando en la plataforma continental de Guipúzcoa (Golfo de Vizcaya). Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 17: 33-48.

- McGee, B.L., D.J. Fisher, D.A. Wright, L.T. Yonkos, G.P. Ziegler, S.D. Turley, J.D. Farrar, D.W. Moore, T.S. Bridges, 2004. A field test and comparison of acute and chronic sediment toxicity tests with the estuarine amphipod Leptocheirus plumulosus in Chesapeake Bay, USA. Environmental Toxicology and Chemistry, 23(7): 1751-1761.

- Meglen, R.R., 1992. Examining large databases: a chemometric approach using principal component analysis. Marine Chemistry, 39:217-237.

- Menchaca, I., A. Borja, M.J. Belzunce-Segarra, J. Franco, J.M. Garmendia, J. Larreta, J.G. Rodríguez, 2012. An empirical approach to the determination of metal regional Sediment Quality Guidelines, in marine waters, within the European Water Framework Directive. Chemistry and Ecology, *on line*.

- Müller, G., 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins. Veränderungen seit 1971. *Umschau*, 79: 78-783.

- Muxika, I., 2007. AMBI, una herramienta para la evaluación del estado de las comunidades bentónicas: modo de uso y aplicación a la Directiva Marco del Agua. Tesis Doctoral. Euskal Herriko Univertsitatea/Universidad del País Vasco, Leioa: 230 pp.

- Muxika, I.; J. Franco, A. Borja, A. Fontán, M. Revilla, O. Solaun, I. Tueros, V. Valencia, 2007. Estudio ambiental de la zona costera de Mompás y del estuario del río Oiartzun. Informe final elaborado por AZTI-Tecnalia para el Dpto. de Desarrollo Sostenible, Diputación Foral de Gipuzkoa, y para Aguas del Añarbe. 231 pp.+Anexos.

- Muxika, I., A. Borja, J. Bald, 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing

reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin, 55: 16-29.

- Muxika, I.; Franco, J.; Borja, Á.; Larreta, J.; Revilla, M.; Valencia, V. 2009. Estudio ambiental de la zona costera de Mompás y del estuario del río Oiartzun. Informe final elaborado por AZTI-Tecnalia para el Dpto. de Desarrollo Sostenible, Diputación Foral de Gipuzkoa, y para Aguas del Añarbe. 155 pp.+Anexos.
- Muxika, I.; A. Borja, J. Franco, I. Menchaca, M. Revilla, V. Valencia, 2011. Estudio ambiental de la zona costera de Mompás y del estuario del río Oiartzun. Informe final elaborado por AZTI-Tecnalia para el Dpto. de Desarrollo Sostenible, Diputación Foral de Gipuzkoa, y para Aguas del Añarbe. 162 pp.+Anexos.
- Muus, B.J., 1967. The fauna of Danish estuaries and lagoons. Distribution and ecology of dominating species in the shallow reaches of the mesohaline zone. Medd. Danm. Fisk. og Havunders, 5: 1 316.
- Nauen, C.E., 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fish. Circ. Nº 174.
- Nendza, M. 2002. Inventory of marine biotest methods for evaluation of dredged material and sediments. Chemosphere, 48: 865-883.
- Orfanidis, S., P. Panayotidis y N. Stamatis, 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: A marine benthic macrophytes-based model. Mediterranean Marine Science, 2/2: 45-65.
- OSPAR, 1995. Protocols on methods for the testing of chemicals used in the offshore oil industry, OSPARCOM.
- OSPAR, 2005. Agreement on Background Concentrations for Contaminants in Seawater, Biota and Sediment (OSPAR Agreement 2005-6)
- Peres J.M., J. Picard, 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. Recueil des Travaux Station Marine d´Endoume, 14: 1-122.
- Planas, M., 1986. Dinámica de las Poblaciones de la Macrofauna Bentónica Intermareal de la Ensenada de Lourizán (Ría de Pontevedra). Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, 532 pp.
- Planas, M., J. Mora, 1984. Influencia de los vertidos de un complejo industrial de pasta de papel y cloro sosa sobre las poblaciones bentónicas intermareales. I Primeros datos. Cuadernos da Area de Ciencias Mariñas, Seminario de Estudos Galegos, 1: 158-378.
- Revilla, M. 2001. Metabolismo del microplancton en el estuario de Urdaibai: influencia del fitoplancton y de las bacterias heterótrofas. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco.
- Revilla, M., Borja, Á., Bald, J., Franco, J., Valencia, V. 2008a. A method based on chlorophyll-a concentration for the assessment of phytoplankton status in coastal and transitional waters. XI International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay. Revista de Investigación Marina 3: 219–220; http://www.azti.es
- Revilla, M., O. Briz-Miquel, P. Carrillo de Albornoz, M. Escalona, P. García, X. Guinda, P. Pérez, V. Pérez, N. Rodríguez, P. Serret, 2008b. Description of national methods included in the Intercalibration. Spain Member State Report for the Phytoplankton Element: Coastal Waters NEA 1/26 type. January 2, 2008. Technical Report.
- Revilla, M., J. Franco, J. Bald, A. Borja, A. Laza, S. Seoane, V. Valencia, 2009a. The assessment of the phytoplankton ecological status in the Basque coast (northern Spain) according to the European Water Framework Directive. Journal of Sea Research 61: 60–67.
- Revilla, M., A. Borja, P. García, X. Guinda, J.A. Juanes, A. Puente, E. Zapico, 2009b. Description of national methods. Spanish phytoplankton tool for North East Atlantic Transitional Waters (NEA TW). Part 1- Cantabrian estuaries (Bay of Biscay). Version 1. November 23, 2009. Technical Report.
- Revilla, M., M. Garmendia, J. Franco, A. Borja, 2010. A new method for phytoplankton quality assessment in the Basque estuaries (northern Spain), within the European Water Framework Directive. Revista de Investigación Marina 17(7):149-164; http://www.azti.es
- Revilla, M., A. Borja, J. Franco, I. Menchaca, V. Valencia, I. Zorita. 2011. Estudio de la sensibilidad a la eutrofización de los estuarios del País Vasco en 2010. Informe de la Fundación AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua- Uraren Euskal Agentzia. 63 pp + Anexo.
- Rodriguez J.G., I. Tueros, A. Borja, M.J. Belzunce, J. Franco, O. Solaun, V. Valencia, A. Zuazu, 2006. Maximum likelihood mixture estimation to determine metal background values in estuarine and coastal sediments within the European Water Framework Directive. Science of the Total Environment, 370: 278-293.

- Scarlett, A., S.J. Rowland, M. Canty, E.L. Smith, T.S. Galloway, 2007. Method for assessing the chronic toxicity of marine and estuarine sediment-associated contaminants using the amphipod *Corophium volutator*. Marine Environmental Research, 63: 457 470.
- Schipper, C. A., R.M. Burgess, B. Van den Dikkenberg, B.J. Kater, J. Stronkhorst. 1999. Standard operating procedure specie-01 marine amphipod Corophium volutator mortality sediment toxicity test. National Institute for Coastal and Marine Management/RIKZ. 17 pp.
- Solaun, O., J.G. Rodríguez, A. Borja, 2009. Asesoría técnica en relación a la calificación de las zonas de producción de moluscos en el País Vasco (2009). Informe para el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 20 pp
- Solaun, O., J.G. Rodríguez, A. Borja, 2011. Asesoría técnica con relación a la calificación de las zonas de producción de moluscos en el País Vasco (2011). Elaborado por AZTI-Tecnalia para la Viceconsejería de Pesca e Industrias Alimentarias, Dpto. de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, Eusko Jaurlaritza - Gobierno Vasco. 24 pp
- Tomlinson, D.L, J.G. Wilson, C.R. Marris y D.W. Jeffrey, 1980. Problems in the assessment of heavy metal levels in estuaries and the formation of pollution index. Helgolander Meeresuntersuchugen, 33: 566-575.
- Summers, J.K., 2001. Ecological conditions of the estuaries of the Atlantic and Gulf coasts of the United States. Environmental Toxicology and Chemistry, 20(1): 99-106.
- USEPA. 2001. Methods for assessing the chronic toxicity of marine and estuarine sediment-associated contaminants with the amphipod *Leptocheirus plumulosus*. 1st ed., EPA/600/R-01/020. Office of Research and Development, Washington, DC.
- USEPA. 2002. Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Marine and Estuarine Organisms. Third Edition. U.S. Environmental Protection Agency. Washington. 464 pp.
- USEPA/USACE 1998. Evaluation of dredged material proposed for discharge in waters of the U.S. U.S. Environmental Protection Agency /Army Corps of Engineers Testing Manual EPA-823-B-98-004, Washington, DC, USA.
- Utermöhl H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für Theoretsche und Angewandte Limnologic 9:1-38.
- Valencia, V., A. Borja, J. Franco, I. Galparsoro, E. Tello, 2004. Medio físico y dinámica de los estuarios de la costa vasca. Aplicaciones en ecología y gestión. Dirección de Biodiversidad, Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco. 92 pp.
- Valencia V., J. Franco, Á. Borja, A. Fontán, 2004. Hydrography of the southeastern Bay of Biscay. In: Borja Á, Collins M (eds) Oceanography and Marine Environment of the Basque Country. Elsevier Oceanography Series, vol 70. Elsevier, Amsterdam, pp160–194.
- Vincent, C., H. Heinrich, A. Edwards, K. Nygaard, J. Haythornthwaite, 2002. Guidance on typology, reference conditions and classification systems for transitional and coastal waters. CIS Working Group 2.4 (COAST), Common Implementation Strategy of the Water Framework Directive, European Commission. 119 pp.
- Warren, L.M., 1977. The ecology of Capitella capitata in British waters. Journal of marine biology Assessment. U.K., 57: 151 159.
- Winner, R.W., T. Keeling, R. Yeager, M.P. Farrell, 1977. Effect of food type on the acute and chronic toxicity of copper to Daphnia magna. Freshwater Biology, 7: 343-349.
- Wolff, W.J., 1973. The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt. Zool. Verhand., 126: 1 242