

Del total de géneros identificados, los que aparecieron representados por un mayor número de especies han sido *Scenedesmus* (12 especies) y *Monoraphidium* (7 especies), pertenecientes al grupo de las clorofitas, y *Navicula* (15 especies) y *Nitzschia* (16 especies), entre las diatomeas.

Desde un punto de vista cuantitativo, se ha registrado un descenso importante en las densidades fitoplanctónicas en relación con la campaña de invierno precedente, acompañado, en algunos casos, por un aumento de la riqueza taxonómica en las muestras analizadas.

Entre los principales grupos taxonómicos que han formado las comunidades zooplanctónicas en los humedales estudiados en la primavera de 2005, han sido los copépodos (Clase Copepoda) los que han estado presentes en todas las muestras analizadas. Los branquiópodos (Clase Branquiopoda) han sido el siguiente grupo más ampliamente representado, mientras que los rotíferos (Clase Rotifera) han aparecido en un 70% de las muestras analizadas. Los ostrácodos (Clase Ostracoda) han tenido relevancia cuantitativa en un 36% de las muestras.

En el grupo de los rotíferos se han identificado 24 especies pertenecientes a 12 géneros distintos; entre los branquiópodos se han identificado 21 especies pertenecientes a 13 géneros; y entre los copépodos, se han identificado 12 especies pertenecientes a 10 géneros.

Entre las especies que han aparecido en un mayor número de humedales hay que citar el branquiópodo *Daphnia magna*, el rotífero *Brachionus plicatilis* y el copépodo *Arctodiaptomus salinus*.

En términos generales, se puede decir que en la campaña de primavera de 2005 se ha detectado un incremento notable en las densidades zooplanctónicas en relación con la campaña de invierno precedente. Este aumento en la abundancia del zooplancton ha estado asociado, en muchos casos, a descensos importantes en la densidad del fitoplancton y/o en la concentración de clorofila con respecto a la anterior campaña de invierno.

Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos han estado formadas, en general, por un número de taxones de rango familiar muy bajo y dominadas, en la mayoría de las lagunas estudiadas por dípteros de la familia Chironomidae y oligoquetos, mayoritariamente pertenecientes a la familia Tubificidae. Se puede hablar, por tanto, de comunidades dominadas por organismos recolectores.

Desde un punto de vista cuantitativo, los órdenes de insectos que han mostrado una mayor densidad total de individuos en los humedales estudiados en la primavera de 2005 han sido, de mayor a menor: dípteros, hemípteros, coleópteros, odonatos, efemerópteros y tricópteros. En esta campaña se ha detectado un aumento numérico importante en todos los grupos mencionados en relación con la campaña de invierno precedente, excepto en el caso de los efemerópteros que disminuyeron su densidad total (considerando el conjunto de las muestras). Los odonatos han sido uno de los grupos que han aumentado en menor proporción sus efectivos.

No obstante, y a pesar de esta baja diversidad, se ha detectado una mayor riqueza taxonómica en aquellas muestras recolectadas en lagunas con presencia de hidrófitos o recolectadas en zonas de aguas someras próximas a la vegetación emergente litoral, ya que estas formaciones contribuyen a la heterogeneidad del hábitat bentónico y son una fuente importante de materia orgánica.



### Carga contaminante vertida al litoral andaluz

El indicador de carga contaminante de efluentes urbanos e industriales pretende comprobar la contaminación vertida al mar desde fuentes situadas en tierra, y procedente de descargas directas, tanto urbanas como industriales. Sin embargo, la diferencia asociada al origen y a las características propias de ambos tipos de vertidos (urbanos e industriales) hace necesario separar su análisis.

Para los vertidos urbanos, el análisis de la carga contaminante total se realiza según criterios de unidades de contaminación, para todo el litoral y para determinados parámetros considerados significativos. La finalidad de este enfoque es tener una idea

global del grado de contaminación (cuánto contamina) de cada vertido considerando la unidad de contaminación como la representación en su conjunto de los sólidos en suspensión, la materia orgánica y los nutrientes aportados al litoral (nitratos y fosfatos). Ya que, en términos absolutos, cada parámetro afecta de una forma determinada a la calidad de las aguas receptoras, a la hora de agruparlos es necesario relativizar los respectivos aportes (toneladas/año) frente a unos valores de referencia para cada contaminante. En este sentido, se han utilizado las concentraciones de referencia establecidas en la Ley 18/2003, de 29 de diciembre, por la que se aprueban medidas fiscales y administrativas, utilizadas también en el cálculo de las unidades de contaminación de los vertidos autorizados para el cálculo del impuesto de fiscalidad ambiental.

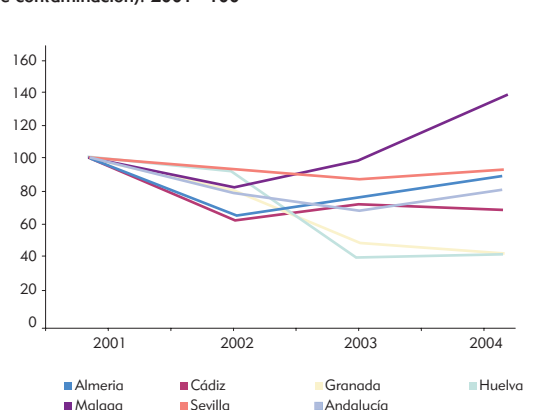
Para el cálculo de la carga contaminante de los vertidos procedentes de las actividades industriales se emplea idéntica metodología que para los vertidos urbanos. Así, considerando los parámetros característicos contemplados en las autorizaciones de vertido, se calcula el aporte de contaminación mediante Unidades de Contaminación, lo que permite comparar entre sí vertidos de efluentes industriales con cargas contaminantes de muy distinta naturaleza, en función de las características de sus procesos. Para ello se tiene en cuenta, por un lado, la carga contaminante (en toneladas/año) y, por otro, los valores de referencia asignados a estos parámetros en la Ley 18/2003, ya citada anteriormente.

En ambos casos, los cálculos se basan en los informes anuales que elabora la Consejería de Medio Ambiente tomando como referencia los criterios del Programa RID (Riverine Inputs and Direct Discharges), incluido dentro del Convenio para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste (OSPAR), en el que se indican una serie de pautas para el cálculo de la carga contaminante de vertidos directos al litoral.

### Carga contaminante de vertidos urbanos al litoral andaluz

En el año 2004 la carga contaminante de efluentes urbanos vertida al litoral andaluz ha sido de 542.922 UC, lo cual significa un descenso del 15% respecto de la producida en el año 2001, considerado el litoral andaluz en su conjunto. Esta disminución es más significativa para el caso de las provincias en las que se localizan los núcleos urbanos que han mejorado ostensiblemente la depuración de sus aguas residuales (entrada en funcionamiento de la EDAR de Huelva y las instalaciones de saneamiento y depuración de la mayor parte de los núcleos del litoral granadino que arrojaban valores negativos de vertido en años anteriores).

Carga contaminante de efluentes urbanos al litoral andaluz (unidades de contaminación). 2001=100

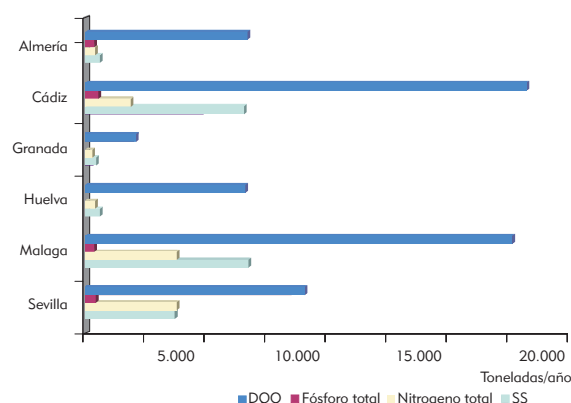


Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

De forma general, continúan siendo las provincias de mayor caudal de vertido las que más carga contaminante aportan a las aguas litorales. A su vez, y considerados los aportes de toneladas de cada uno de los parámetros analizados vertidos en 2004, destacan ampliamente los valores de materia orgánica (DQO) en todas las provincias y, en especial, en las que poseen una mayor densi-

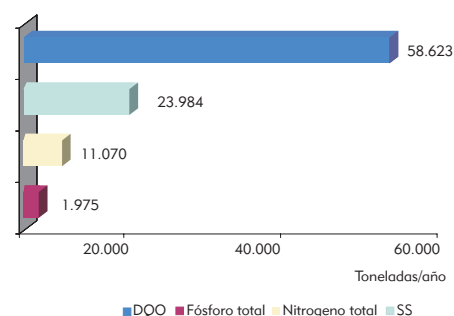
dad de núcleos urbanos (Cádiz, Málaga y Sevilla), y en las que aún no está debidamente resuelta la depuración de aguas residuales (Almería, Cádiz y Huelva).

Carga contaminante de efluentes urbanos al litoral andaluz según parámetros analizados en 2004



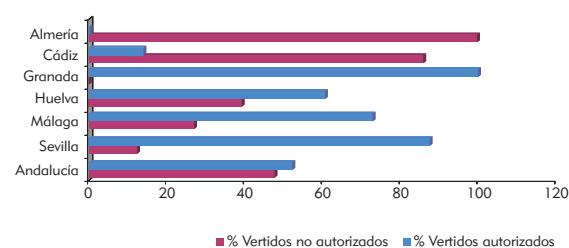
Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

Carga contaminante de efluentes urbanos al litoral andaluz en toneladas año para 2004



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

Carga contaminante de efluentes urbanos al litoral andaluz según autorización de vertidos 2004



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

### Carga contaminante de efluentes urbanos vertida al litoral andaluz, año 2004

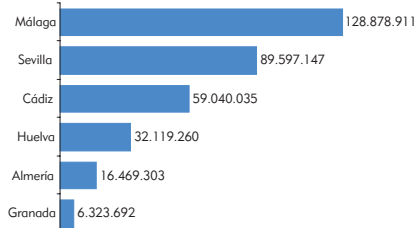
Carga contaminante total, año 2004



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

## 5. Agua

Caudal año 2004 (m<sup>3</sup>/año)



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

Evolución de materia orgánica vertida entre 2004 y 2003



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

### Carga contaminante de vertidos industriales al litoral andaluz

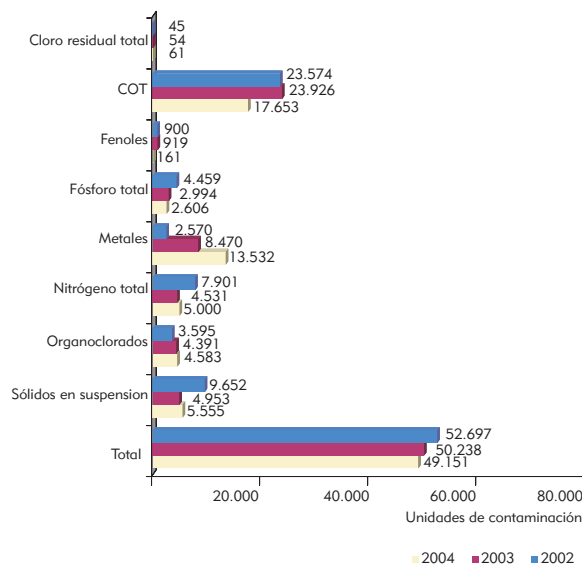
La carga contaminante de efluentes industriales al litoral andaluz es de 112.778 UC, lo que equivale a una disminución del 9% respecto a los valores del año 2002, considerado el litoral en su conjunto. Los resultados del indicador muestran, para el litoral atlántico, un predominio claro en la configuración de los vertidos finales, del sector de la industria del papel y cartón, seguida en menor cuantía por los sectores de metalurgia (sector que ha visto incrementado considerablemente el volumen de vertidos en 2004), inorgánica y orgánica básica y refino de petróleo. Estos sectores marcan diferencias significativas respecto del resto de los analizados.

En su mayoría, la carga contaminante procede de los efluentes de proceso. En la zona del Mediterráneo no se producen diferencias tan significativas entre sectores industriales, si bien debe destacarse, por su importancia, cuatro de los mismos (metalurgia, industria farmacéutica, alimentaria y refino de petróleo).

### Carga contaminante de efluentes industriales vertida al litoral andaluz, 2002 - 2004

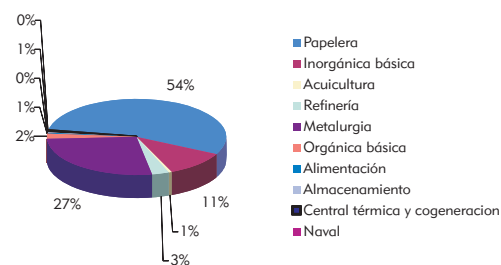


Carga contaminante de efluentes industriales vertida al litoral andaluz, 2002 - 2004. Litoral atlántico



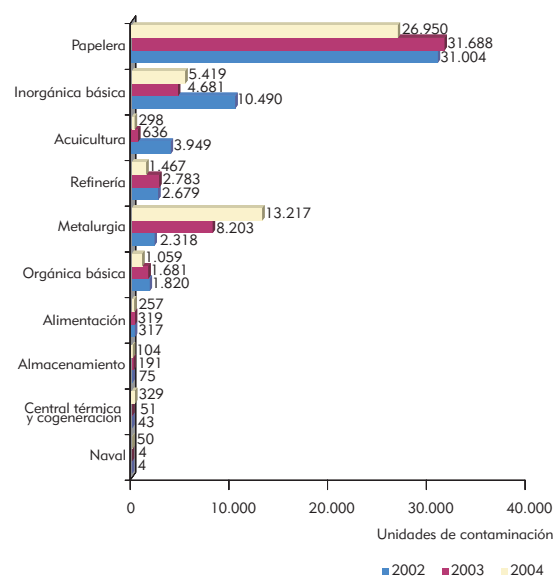
Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

Aporte de los principales vertidos industriales al litoral atlántico, 2004. Porcentaje según sectores de actividad



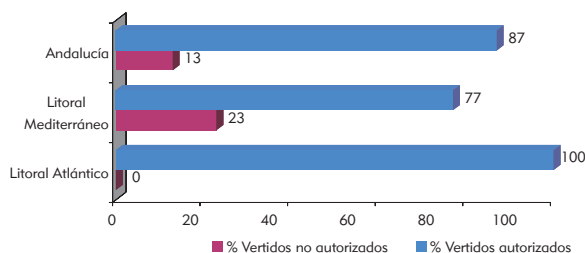
Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

Unidades de concentración de principales vertidos industriales 2002 - 2004. Litoral atlántico



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

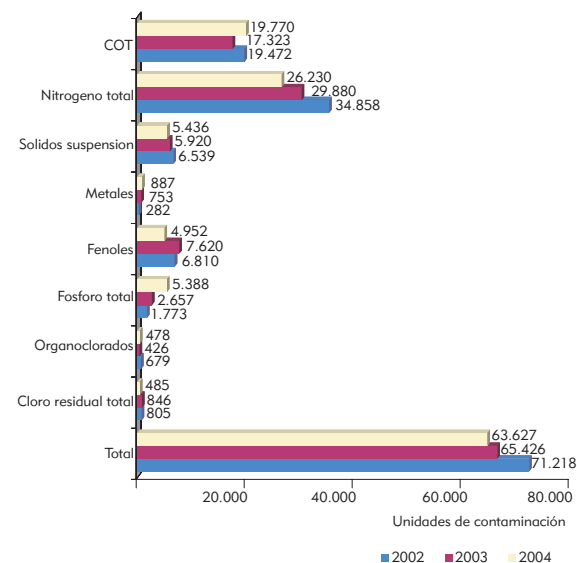
Carga contaminante de efluentes industriales según autorizaciones de vertido, 2004



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

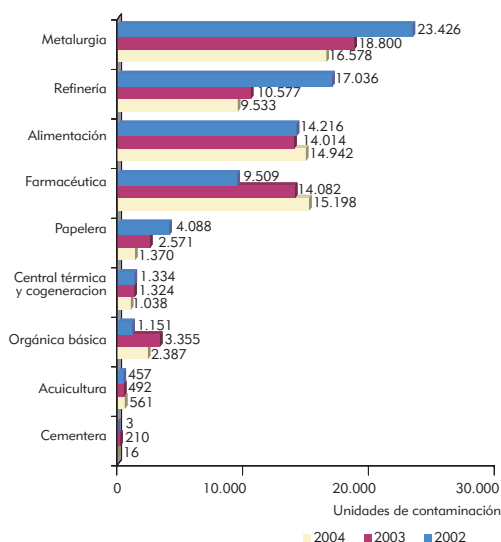
Atendiendo al ranking de parámetros, el más importante es la COT (materia orgánica). Este parámetro es prácticamente igual de significativo para ambas zonas (atlántica y mediterránea). Los aportes de metales destacan en el litoral atlántico debido a la carga recibida del Polo Químico de Huelva. El Nitrógeno total presenta valores importantes en el litoral mediterráneo debido a la importancia de los aportes procedentes de las actividades industriales localizadas en la Bahía de Algeciras. Finalmente, otro parámetro significativo son los sólidos en suspensión, con valores muy parecidos en ambas zonas.

Carga contaminante de efluentes industriales vertida al litoral andaluz 2002 - 2004. Litoral mediterráneo



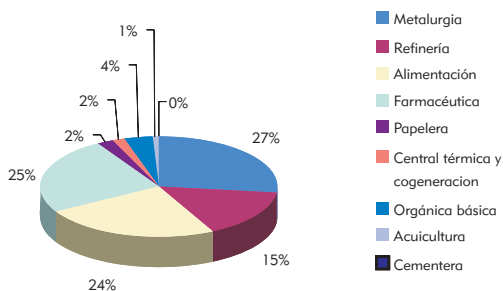
Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

Unidades de contaminación de principales vertidos industriales 2002 - 2004. Litoral mediterráneo



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

Aporte de los principales vertidos industriales al litoral mediterráneo, 2004. Porcentaje según sectores de actividad



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

La información disponible sobre efluentes procedentes de la actividad industrial no permite disponer de un análisis pormenorizado de tendencia, aunque sí corroborar que la situación de los mismos respecto a las autorizaciones de vertido es bastante buena, comparativamente mejor que para el caso de los urbanos (el 87% de los efluentes industriales vertidos al litoral andaluz está autorizado).

Como conclusión final cabe significar que el primer foco de contaminación de los vertidos al litoral son los núcleos urbanos, con una acusada temporalidad, y la materia orgánica el principal contaminante. Los avances en materia de saneamiento y depuración están consiguiendo una disminución global de la carga contaminante (en 2004 ha descendido un 15% respecto a la producida en 2001), aunque siguen existiendo áreas litorales que deben mejorar su situación (el 48% de los vertidos urbanos no cuentan con autorización en 2004). La información disponible sobre efluentes procedentes de la actividad industrial no permite disponer de un análisis pormenorizado de tendencia, aunque sí conocer que los mismos se concentran básicamente en el Polo Químico de Huelva y las Bahías de Cádiz y Algeciras, comprobar qué sectores productivos predominan en la configuración de los vertidos finales, y corroborar que la situación de los mismos respecto a las autorizaciones de vertido es bastante buena, comparativamente mejor que para el caso de los urbanos (el 87% de los efluentes industriales vertidos al litoral andaluz en 2004 está autorizado).





### Niveles de calidad de las aguas y sedimentos acuáticos del litoral andaluz en el año 2005

La Consejería de Medio Ambiente viene realizando, desde el año 1988, el control de la calidad de las aguas y sedimentos acuáticos del litoral y de los estuarios de los principales ríos de Andalucía.

El indicador de niveles de calidad de las aguas y sedimentos acuáticos del litoral andaluz se calcula a partir de los resultados obtenidos tras la realización de la campaña de análisis químicos (23 parámetros diferentes en las aguas y 18 en los sedimentos) del año 2005.

A efectos de comparabilidad con los resultados obtenidos en campañas anteriores del Plan de Policía de Aguas, es importante tener en cuenta que durante la campaña del año 2005 no se han realizado controles para nitratos y fosfatos en las aguas litorales. Así, en este capítulo el análisis de niveles de calidad de las aguas litorales no se refiere a ambos parámetros sino a los metales considerados para el caso de los sedimentos.

#### Áreas de litoral

El litoral andaluz se ha dividido, para su estudio, en cinco zonas: litoral de Huelva, litoral atlántico de Cádiz, bahía de Cádiz, litoral Mediterráneo y bahía de Algeciras.

Antes de pasar al estudio de los datos analíticos obtenidos en cada una de estas zonas, se pueden realizar los siguientes comentarios generales:

- Si bien a lo largo del litoral andaluz existen diversas fuentes de contaminación de sus aguas y sedimentos (vertidos industriales y urbanos, desembocaduras de los ríos, etc.) que pueden dar lugar a problemas ambientales, en el mar se produce un importante efecto de dilución de los contaminantes, ya que se vierte en un gran volumen de agua y la acción de las corrientes, vientos y mareas ayudan a su dispersión. Esto provoca que en la mayoría de los casos, los efectos de los vertidos contaminantes sólo sean apreciados localmente.



- De acuerdo con lo anterior, al comparar los valores medios de los parámetros analizados en las distintas zonas en las que se ha dividido el litoral andaluz, no se han encontrado diferencias acusadas entre sí. No obstante, cabe destacar que en el litoral de Huelva se han obtenido, para un buen número de metales, los mayores valores medios, sin duda debido a los importantes aportes de metales que se producen desde el Canal del Padre Santo, en el que desembocan los ríos Tinto y Odiel que atraviesan una zona que ha tenido una importante actividad minera y en cuyo entorno se encuentran ubicados tres polígonos industriales (Nuevo Puerto, Punta del Sebo y Tartessos) con un elevado número de industrias químicas.

#### Litoral de Huelva

Sus principales fuentes de contaminación son las aguas residuales de las poblaciones costeras, los vertidos industriales y los aportes de los ríos. En relación con esta última fuente, destaca la carga contaminante proveniente del Canal del Padre Santo.

Respecto a la calidad de las aguas de este litoral, se puede destacar que los contenidos de metales aumentan en la zona más próxima a la desembocadura del Canal del Padre Santo. Este hecho es más acusado para los metales de origen pirítico como: cobre, cadmio, arsénico y cinc. Globalmente la contaminación de las aguas del litoral de Huelva puede calificarse de baja, ya que el 81% de los resultados analíticos tienen un nivel de calidad bueno y para el 19% restante su calidad es suficiente (no presentando en ningún caso calidades insuficiente o mala).

Al igual que en las aguas, en los sedimentos de este litoral se alcanzan los mayores contenidos de metales en las muestras tomadas más próximas a la desembocadura del Canal. También, la contaminación de estos sedimentos se puede calificar de baja, salvo para el caso del arsénico (que presenta un 14% de los valores con calidad insuficiente y un 13% con calidad mala).

#### Litoral atlántico de Cádiz

Este tramo de litoral está afectado por los vertidos de aguas residuales de grandes poblaciones costeras (Sanlúcar de Barrameda, Chipiona, El Puerto de Santa María, Cádiz, etc.), y por los aportes procedentes de los ríos Guadalquivir, Guadalete y Barbate.

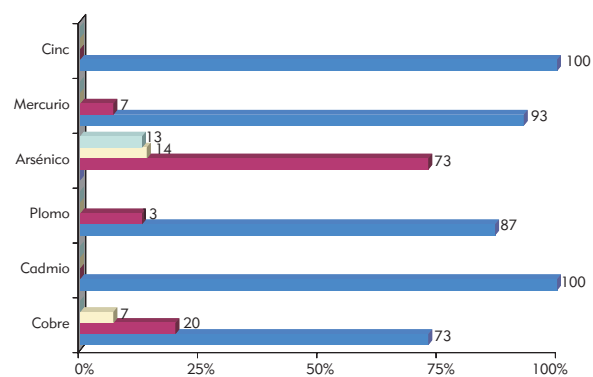
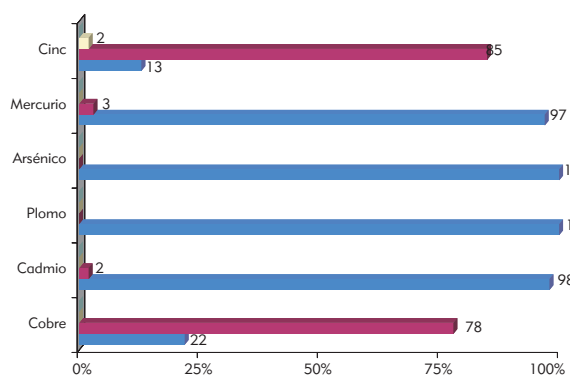
El grado de contaminación de las aguas de este litoral es bajo (el 88% de los valores tienen una calidad buena y el 12% restante suficiente). De entre los metales considerados cabe destacar que en este tramo de litoral se alcanzan los menores niveles de concentración de: cinc, y arsénico de todas las zonas en las que se ha dividido el litoral andaluz. Los sedimentos de este litoral también presentan una baja contaminación, ya que el 100% de los resultados tienen una calidad buena y, además, en este tramo de litoral se han encontrado las menores concentraciones medias de: cobre, plomo, y cinc.

## Áreas de litoral

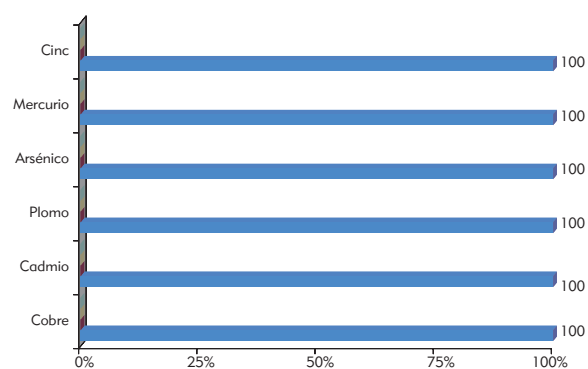
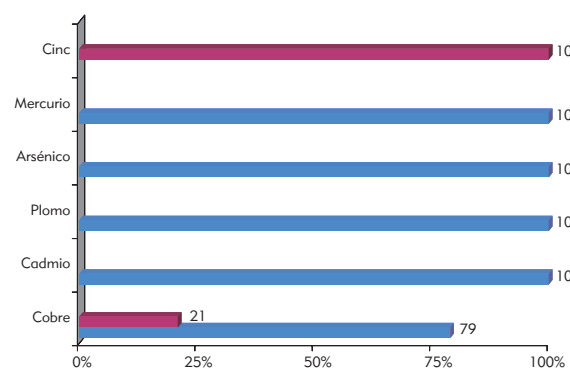
Niveles de calidad en aguas

Niveles de calidad en sedimentos

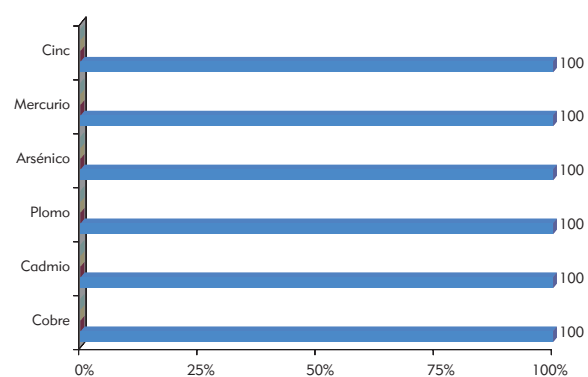
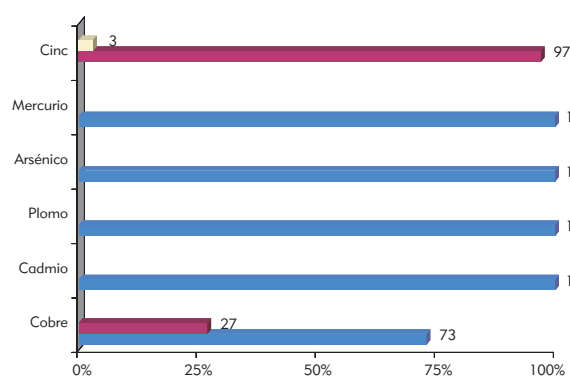
## Litoral de Huelva



## Litoral de Cádiz



## Bahía de Cádiz



■ Buena ■ Suficiente ■ Insuficiente ■ Mala

■ Buena ■ Suficiente ■ Insuficiente ■ Mala

Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

### Bahía de Cádiz

En la Bahía de Cádiz se encuentran grandes núcleos urbanos como: Rota, El Puerto de Santa María, Puerto Real, San Fernando y Cádiz. También se desarrolla una importante actividad industrial, con empresas de los sectores de la transformación de metales y de la alimentación y derivados.

Existe, además, un alto tráfico marítimo que puede contaminar las aguas, bien sea por vertidos accidentales o producidos en la carga y descarga de mercancías.

Por último, hay que considerar la contaminación adicional producida por el río Guadalete, que desemboca en esta bahía y recoge las aguas residuales de grandes poblaciones como Jerez y Arcos, vertidos de las industrias bodegueras y azucareras, efluentes procedentes de las actividades agrícolas, etc.

La contaminación de las aguas de esta bahía puede considerarse baja, por presentar el 83% de los resultados analítico una calidad buena y el 17% restante suficiente.

Es de destacar que en esta bahía se alcanzan los mayores niveles de contaminación en las muestras de aguas tomadas en las proximidades de la desembocadura del río Guadalete y en la zona más interior de la bahía.

Globalmente la contaminación de los sedimentos de la bahía de Cádiz se puede calificar como baja. Para todos los parámetros considerados, los niveles de calidad buena se obtienen en el 100% de los casos excepto para el cobre que presenta un 10% de valores con calidad suficiente.

### Litoral Mediterráneo

El litoral Mediterráneo andaluz recibe los vertidos de grandes núcleos urbanos costeros (Málaga, Marbella, Fuengirola, Almería, etc.), cuyas poblaciones aumentan considerablemente en los meses estivales. También recoge las aguas de los ríos y ramblas que desembocan en él, así como los efluentes agrícolas.

En relación con estos últimos se debe señalar la importancia que tiene la agricultura en las provincias de Málaga (vegas de Málaga y Vélez-Málaga), Granada (Salobreña, Almuñécar, Motril y Castell de Ferro) y Almería (Adra, El Ejido, Roquetas de Mar y Níjar).

Desde el punto de vista industrial destaca la Bahía de Algeciras, donde se concentran importantes industrias petroquímicas, de refino, metalúrgicas, etc.

En el resto del litoral el grado de industrialización es escaso, no obstante se puede citar la existencia, en la provincia de Granada, de alcoholeras y de una refinería de aceite y, en Almería, de la central térmica de Carboneras y de la factoría química de Deretil.

Del análisis de los niveles de calidad se desprende que el grado de contaminación de las aguas es bajo, ya que salvo para el caso del cobre y del cinc, el 100% de los valores posee calidad buena, el cobre presenta un 90% de sus valores con idéntico nivel de calidad, y sólo el cinc se significa con un 88% de resultados con nivel de calidad suficiente.

La contaminación de los sedimentos se puede calificar de ligera por presentar valores con calidad insuficiente (5% para los parámetros cinc, arsénico, plomo y cobre).

### Bahía de Algeciras

En la Bahía de Algeciras hay importantes vertidos contaminantes, entre los que resaltan los procedentes de grandes poblaciones (Algeciras, La Línea de la Concepción y Gibraltar) y de su área industrial, una de las más destacadas de Andalucía, en la que existe una notable presencia de industrias petroquímicas y de refino, así como de producción de acero, papel y energía eléctrica.

La bahía recibe, igualmente, los aportes de los ríos Palmones y Guadarranque, al igual que la contaminación derivada del elevado tráfico marítimo existente en la zona. Los niveles de concentración de la mayor parte de los parámetros analizados son bajos y similares a los obtenidos en otras zonas del litoral.

Todos los parámetros considerados sobrepasan el 90% de situaciones con nivel de calidad buena, salvo el cinc (81% con calidad suficiente). Estos bajos niveles se pueden explicar si se tiene en cuenta que en esta bahía hay una alta tasa de renovación de sus aguas, debido a su proximidad al Estrecho de Gibraltar y a las fuertes corrientes de aguas, lo que da lugar a que los efectos de los vertidos contaminantes se vean notablemente reducidos, al dispersarse en una gran masa de agua.

Los sedimentos de esta bahía muestran una baja contaminación, dado que todos los parámetros analizados tienen calidades buena o suficiente.

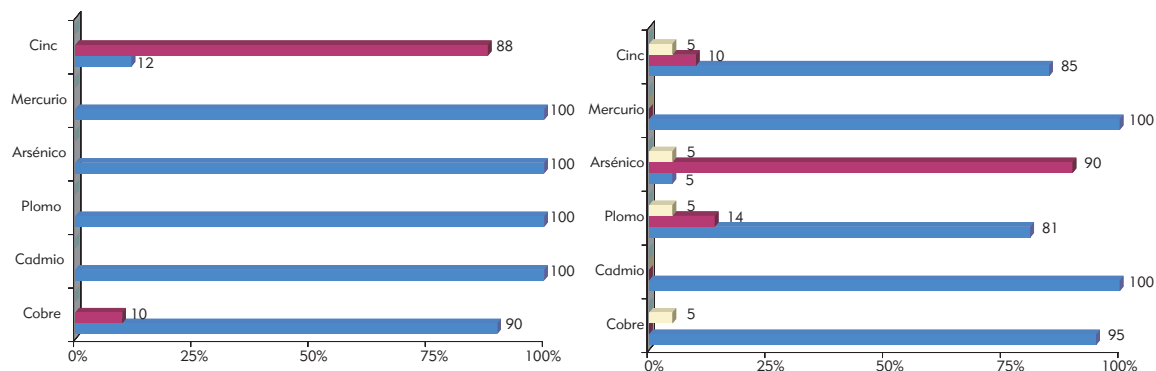


Bahía de Algeciras

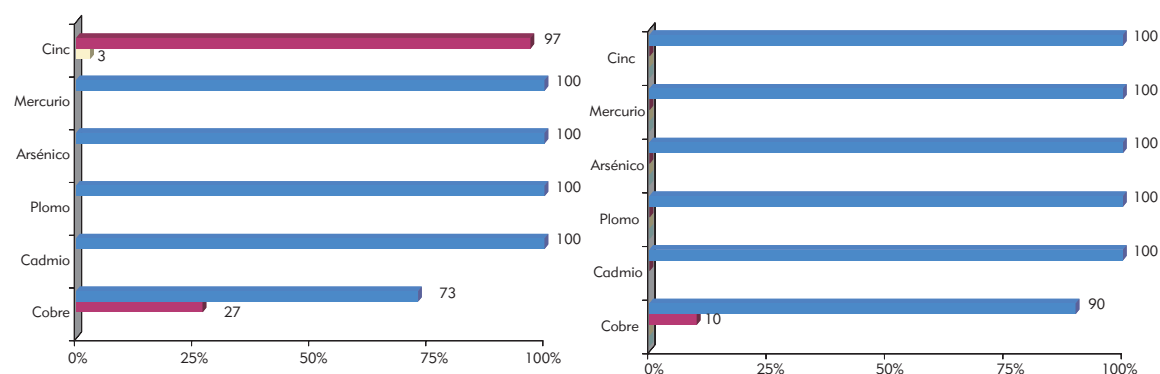
## Niveles de calidad en aguas

## Niveles de calidad en sedimentos

## Litoral de Mediterráneo

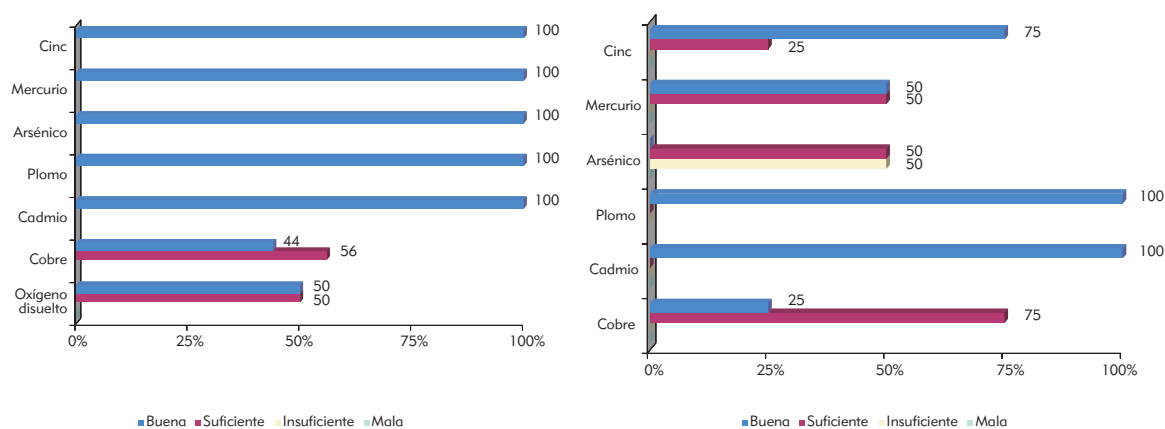


## Bahía de Algeciras



## Estuarios

## Río Guadiana



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.



### Estuarios

Los ríos son el medio receptor de gran parte de los contaminantes que se generan como consecuencias de las actividades industriales y agrícolas, así como de los vertidos de las aguas residuales urbanas. En sus tramos finales (estuarios) se produce una mezcla entre las aguas del río y del mar, con diferentes propiedades fisicoquímicas, (la marina tiene una mayor salinidad, pero suele presentar menores concentraciones en la mayoría de los parámetros estudiados), lo que incide en los resultados analíticos.

A medida que se desciende por el cauce de los ríos, en dirección al mar, se incrementa el efecto de dilución por el agua marina que provoca una bajada en las concentraciones de la mayor parte de los parámetros analizados, tanto en las aguas como en los sedimentos acuáticos.

Sin embargo, el agua de mar generalmente tiene niveles superiores de oxígeno disuelto y de pH que la de los ríos y, por tanto, se suele producir un incremento de estos parámetros en dirección al mar. En el caso del pH, este incremento puede favorecer la precipitación de diversos constituyentes de las aguas, entre los que destacan los metales. Un ejemplo característico de este fenómeno lo encontramos en los ríos Tinto y Odiel, cuyas aguas pasan de ser fuertemente ácidas, con pH inferiores a tres, a alcanzar el pH típico del mar, en torno a ocho, dando lugar a una importante precipitación de metales hacia los sedimentos.

### Guadiana

En el entorno del estuario de este río las actividades agrarias e industriales están poco desarrolladas, por lo que, los efluentes urbanos de los núcleos de población situados a lo largo de su curso (Sanlúcar de Guadiana, Ayamonte, Castro Marín y Vila Real de San Antonio), junto con los ocasionales vertidos provocados por las actividades portuarias, constituyen sus principales fuentes contaminantes.

Las aguas de este estuario presentan una contaminación baja, puesto que para todos los parámetros considerados se alcanzan niveles de calidad buena o suficiente. Los peores valores se obtienen para el cobre (con un 56% de calidad insuficiente) y oxígeno disuelto (50% de



valores suficiente). La totalidad de los resultados encontrados en el análisis de los sedimentos se incluyen, también, en las calidades buena y suficiente, salvo en el caso del arsénico que presenta una calidad insuficiente en el 50% de los valores, de lo que se deduce que los sedimentos del Guadiana tienen una contaminación baja.

### Odiel, Tinto y Canal del Padre Santo

Los ríos Odiel y Tinto presentan la particularidad de que en sus tramos finales juntan sus aguas para formar el denominado Canal del Padre Santo, que desemboca en el océano Atlántico. Las cuencas de estos ríos atraviesan una zona con importante actividad minera desde tiempo inmemorial, en la que se encuentran localizados un gran número de yacimientos mineros, aunque la mayoría de ellos no están actualmente en explotación. Las actividades mineras generan, además de vertidos hídricos cargados de metales, un elevado volumen de materiales de deshechos que pueden contaminar los ecosistemas acuáticos (por efectos de la erosión y de las escorrentías) mucho tiempo después de haber dejado de estar activas las minas. En el entorno de los estuarios de los ríos Tinto y Odiel y del Canal existen importantes instalaciones industriales que se localizan en los tres polígonos industriales antes mencionados.



Las aguas de los estuarios del Tinto y del Odiel presentan una contaminación notable, ya que se alcanza la calidad mala en el 16% de los resultados correspondientes al Tinto y en el 7% de los del Odiel. En general, de los metales considerados muestran los peores niveles de calidad, sobre todo, cobre, cinc, cadmio y plomo.

En el caso del Canal del Padre Santo el grado de contaminación de sus aguas es notablemente inferior (debido al efecto de dilución de los contaminantes provocado por el agua de mar). Sólo se obtiene calidad mala en el 17% de los valores para cinc e insuficiente en cobre (73%) y cadmio (15%).

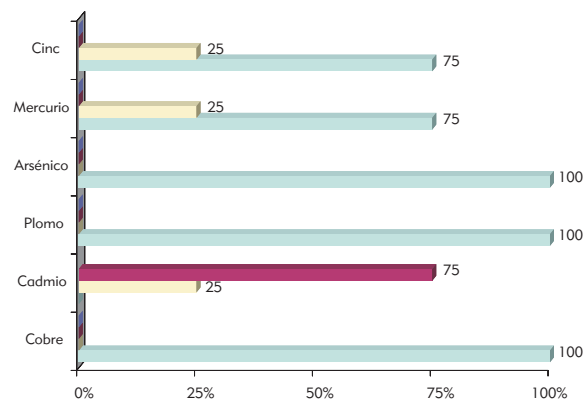
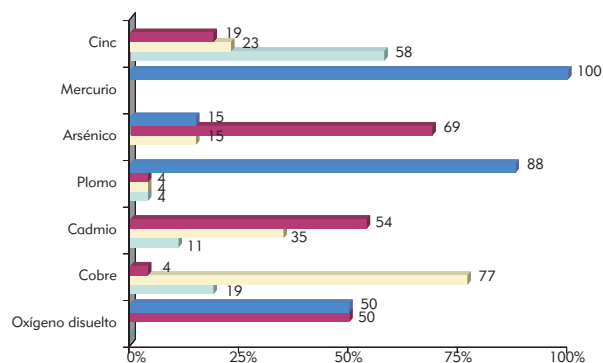
Los sedimentos de los estuarios del Tinto y del Odiel y del Canal del Padre Santo tienen una contaminación alta, ya que se alcanza la calidad mala en el 41% de los resultados obtenidos en el Tinto, en el 50% de los del Odiel y en el 46% de los del Canal. Entre los metales analizados sobresalen, por tener una calidad mala en el 100% de los casos, el cobre, el plomo y el arsénico. En menor medida, también destacan por sus elevados porcentajes de calidad mala el mercurio y el cinc.

## Estuarios (continuación)

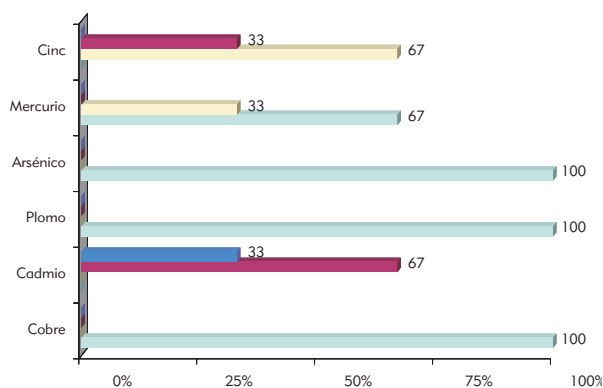
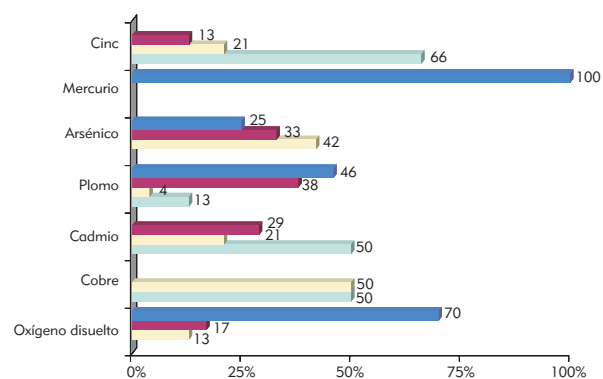
Niveles de calidad en aguas

Niveles de calidad en sedimentos

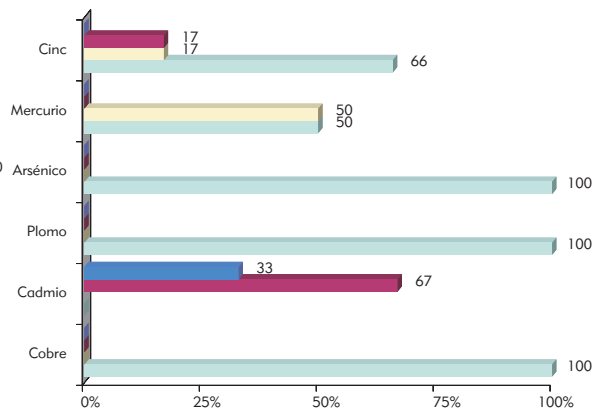
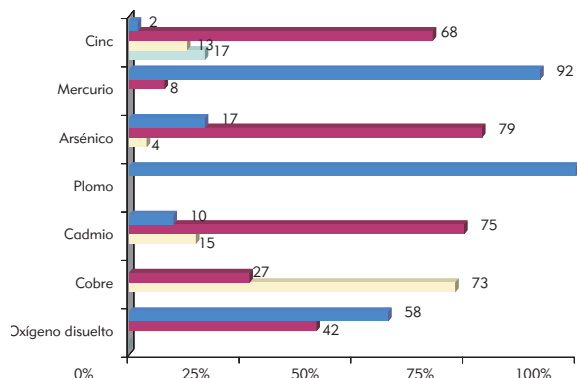
## Río Odiel



## Río Tinto



## Canal del Padre Santo



■ Buena ■ Suficiente ■ Insuficiente ■ Mala

■ Buena ■ Suficiente ■ Insuficiente ■ Mala

Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

### Guadalquivir

A lo largo de todo el estuario del Guadalquivir existe un valle de gran fertilidad, objeto de una intensa explotación agraria (arroz, algodón, remolacha, etc.), por lo que los efluentes agrícolas constituyen un importante factor de contaminación de este estuario. También recibe los vertidos de aguas residuales de grandes poblaciones (entre las que destacan la ciudad de Sevilla y las situadas en la zona del Aljarafe) y los aportes de sus dos afluentes: el Guadaira, afectado por vertidos urbanos e industriales y el Guadiamar, que recibe efluentes urbanos, agrícolas y mineros.



El grado de contaminación de las aguas de este estuario es moderado, ya que presenta valores de buena y suficiente calidad salvo para el caso del oxígeno disuelto. El parámetro que presenta las peores calidades es el oxígeno disuelto (con un 16% con calidad mala).

Los sedimentos de este estuario presentan una baja contaminación, al no alcanzar ninguno de los parámetros estudiados los niveles de calidad insuficiente o mala. Es de señalar que el 93% de los resultados analíticos de los sedimentos muestran una calidad buena.

### Guadalete

La contaminación del río Guadalete proviene fundamentalmente de las aguas residuales de los núcleos urbanos, de los vertidos industriales (azucareras, alcohólicas y bodegas) y de los efluentes agrícolas.

Los resultados obtenidos en el análisis de las aguas de este estuario muestran en general, buena calidad, sólo alterada por los valores de oxígeno disuelto (19% de los mismos con calidad insuficiente y el 5% mala), lo que motiva que la contaminación de sus aguas sea ligera.

Los sedimentos tienen un grado de contaminación baja según los valores obtenidos para los parámetros considerados. A excepción del mercurio, el resto de los



resultados analíticos presentan una calidad buena en el 100% de los casos.

### Barbate

Las principales fuentes de contaminación del río Barbate son los efluentes urbanos de las poblaciones situadas próximas a su cauce y los aportes procedentes de las tareas agrícolas.

El grado de contaminación de las aguas es bajo, salvo para el oxígeno disuelto, que presenta un 11% de los valores con una calidad mala. En el caso de los sedimentos, todos los parámetros analizados tienen calidades buena y, por tanto, su nivel de contaminación es bajo.

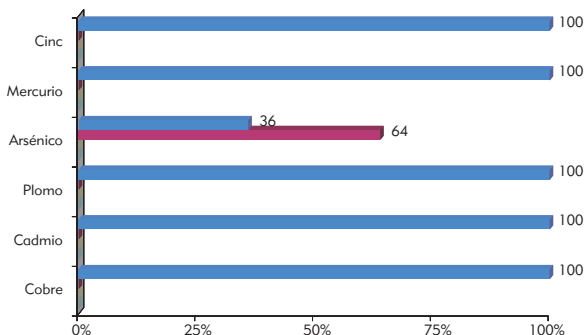
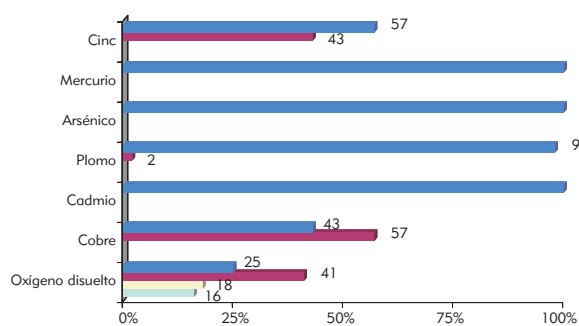


## Estuarios (continuación)

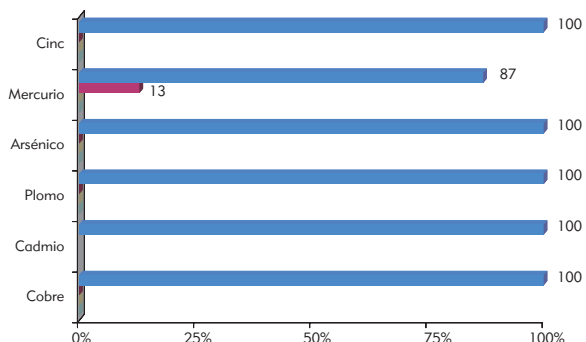
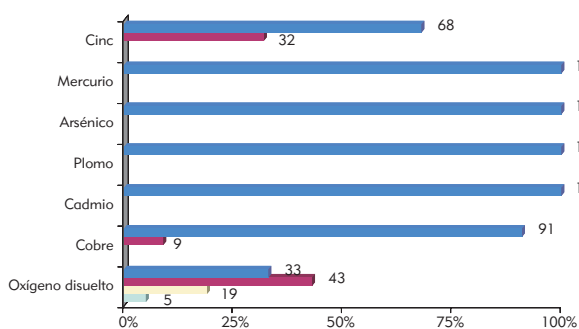
Niveles de calidad en aguas

Niveles de calidad en sedimentos

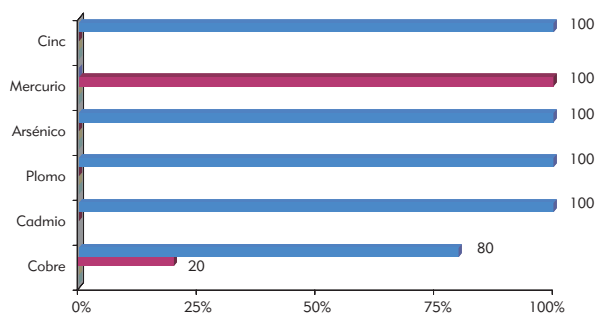
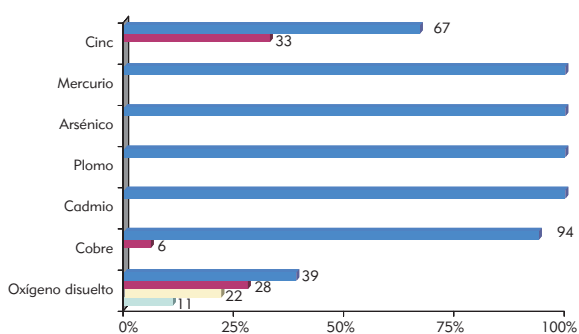
## Río Guadalquivir



## Río Guadalete



## Río Barbate



■ Buena ■ Suficiente ■ Insuficiente ■ Mala

■ Buena ■ Suficiente ■ Insuficiente ■ Mala

Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

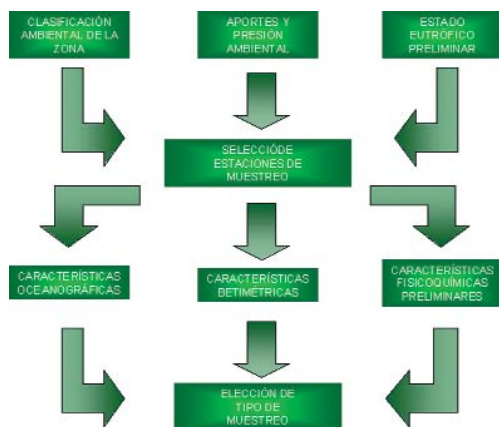


### Eutrofización en el litoral andaluz

La Consejería de Medio Ambiente puso en marcha en el año 2000 un estudio intensivo en todo el litoral andaluz con objeto de conocer las características de sus aguas en relación con la eutrofización. El objeto era dar cumplimiento al convenio relativo a la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nororiental (OSPAR), que entró en vigor en marzo de 1998 para España y el resto de países firmantes del acuerdo y al Convenio de Barcelona para la Protección del Medio Marino y la Zona Costera del Mediterráneo.

Una vez evaluados los resultados obtenidos de este primer estudio se procedió a redefinir las estaciones de muestreo, elaborándose un programa de seguimiento anual que se viene ejecutando desde entonces. Siguiendo las directrices marcadas por OSPAR, el programa incide en las zonas con mayor concentración de nutrientes y, por tanto, con mayor riesgo de eutrofización, reduciendo el número de estaciones a muestrear en las zonas con menor riesgo.

Dada la complejidad del litoral andaluz, se ha procedido a la separación de éste en sectores (estaciones), atendiendo a diversos aspectos, recogidos en el siguiente diagrama de flujos:



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

La selección realizada atiende a los siguientes criterios:

- Puntos que en el estudio preliminar presentaron una concentración de nutrientes elevada.
- Puntos que deben ser controlados por sus características especiales, tales como zonas de baja renovación, estuarios, etc.

Una vez seleccionadas las zonas en las que se llevaría a cabo el trabajo, se clasificaron en tres tipos:

- Litoral (muestras en transectos perpendiculares a la línea de costa, a 100, 500 y 1.500 m, y a tres profundidades).
- Interiores (ríos y estuarios) y aguas semicerradas de pequeña profundidad (muestras integradas de la columna de agua).

- Aguas semicerradas con profundidad superior a 30 m (situación especial de la Bahía de Algeciras, con muestras a tres profundidades en cuatro puntos paralelos al arco de la bahía y uno central).

Las muestras se recogen desde las embarcaciones de Vigilancia y Control de la Calidad de las Aguas Litorales, salvo en aquellos puntos en los que no es posible el acceso de los barcos, en cuyo caso, la toma de muestras se realiza por el personal de los laboratorios de vigilancia y control de la contaminación.

Localización de las estaciones de muestreo en el año 2005



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

### Evolución de la calidad de las aguas litorales respecto a la eutrofización

Para el estudio de la evolución de la calidad de las aguas, se ha diferenciado entre las aguas de transición (desembocaduras de ríos y estuarios) y las aguas costeras.



Así mismo, para la valoración de la calidad de las aguas litorales, se ha dividido el periodo de estudio en dos: la serie correspondiente al análisis intensivo preliminar (años 2000-2001), y la serie de tiempo desde 2002 hasta la actualidad, con el objeto de poder estudiar la evolución en el tiempo de la calidad del agua.

Los parámetros usados en el análisis son los siguientes:

- Nitrógeno Inorgánico Disuelto (DIN).
- Fósforo Inorgánico Disuelto (DIP).
- Clorofila a.
- Oxígeno Disuelto.

En el caso del nitrógeno y fósforo inorgánico disuelto se han usado los promedios de los valores para la representación gráfica. En el caso de la Clorofila a, se ha usado el percentil 90, mientras que para el Oxígeno Disuelto se ha usado el percentil 10 de las muestras.

Además, se han definido unos niveles de calidad según categorías de elevada, buena, moderada, pobre y mala, según los siguientes criterios:

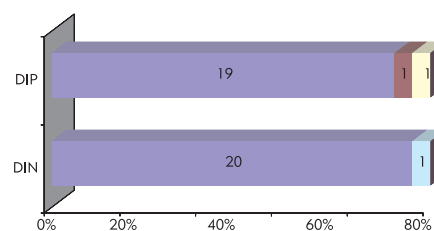
Criterios de determinación de niveles de calidad	
Litoral atlántico	Litoral mediterráneo
DIN. Promedio ( $\mu\text{mol/l}$ )	DIN. Promedio ( $\mu\text{mol/l}$ )
Elevado <15	Elevado <10
Bueno >15 y <22,5	Bueno >10 y <15
Moderado >22,5 y <33,75	Moderado >15 y <22,5
Pobre >33,75 y <50,625	Pobre >22,5 y <33,75
Malo >50,625	Malo <33,75
DIP. Promedio ( $\mu\text{mol/l}$ )	DIP. Promedio ( $\mu\text{mol/l}$ )
Elevado <0,2	Elevado <0,2
Bueno >0,2 y <0,3	Bueno >0,2 y <0,3
Moderado >0,3 y <0,45	Moderado >0,3 y <0,45
Pobre >0,45 y <0,675	Pobre >0,45 y <0,675
Malo >0,675	Malo >0,675
Clorofila <i>a</i> . Sup. Percentil 90 ( $\mu\text{g/l}$ )	Clorofila <i>a</i> . Sup. Percentil 90 ( $\mu\text{g/l}$ )
Elevado <3	Elevado <5
Bueno >3 y <7,5	Bueno >5 y <7,5
Moderado >7,5 y <11,25	Moderado >7,5 y <11,25
Pobre >11,25 y <16,87	Pobre >11,25 y <16,87
Malo >16,87	Malo >16,87
Oxígeno disuelto. Fondo Percentil ( $\mu\text{g/l}$ )	Oxígeno disuelto. Fondo Percentil ( $\mu\text{g/l}$ )
Oxigenado >5	Oxigenado >5
Estrés biológico <5 y >2	Estrés biológico <5 y >2
Hipoxia <2 y >0	Hipoxia <2 y >0
Anoxia 0	Anoxia 0
Clasificación nutrientes: se aplicará el criterio restrictivo (OSPAR), es decir, la peor clasificación de los dos indicadores (DIN, DIP).	
Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.	

## Aguas costeras

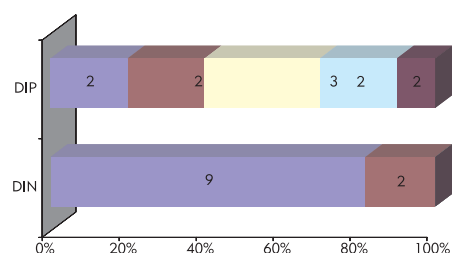
Las siguientes figuras muestran la distribución actual de las concentraciones de nitrógeno y fósforo inorgánico disuelto (DIN y DIP), Clorofila *a* y oxígeno disuelto, en las aguas costeras andaluzas.

### Concentración de fósforo inorgánico disuelto.

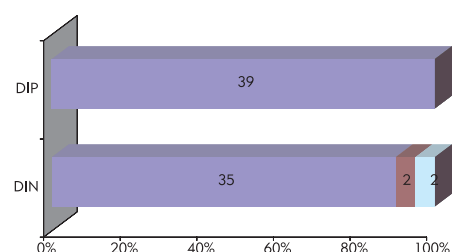
Litoral atlántico, 2000-2001



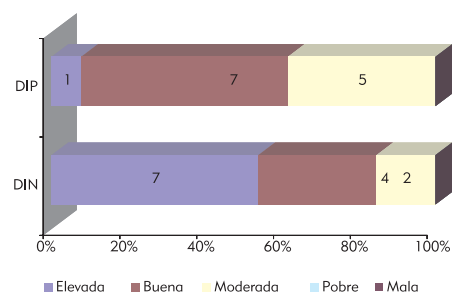
Litoral atlántico, 2002-2005



Litoral mediterráneo, 2000-2001



Litoral mediterráneo, 2002-2005



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

### Concentraciones promedio de DIN ( $\mu\text{mol/l}$ ) en el año 2005



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.



## 5. Agua

Concentraciones promedio de DIP ( $\mu\text{mol/l}$ ) en el año 2005



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

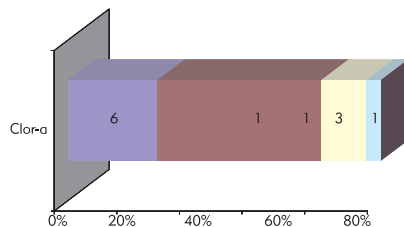
Percentil 90 de las concentraciones de clorofila a ( $\mu\text{g/l}$ ) en el año 2005



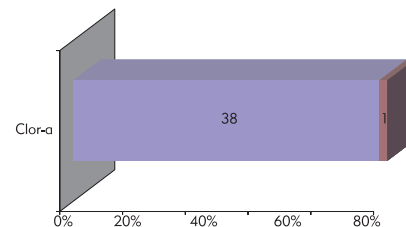
Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

Concentración de clorofila a.

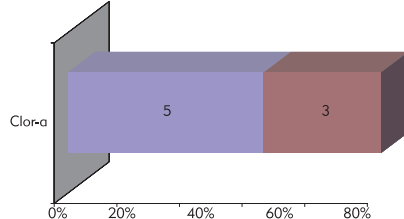
Litoral atlántico, 2000-2001



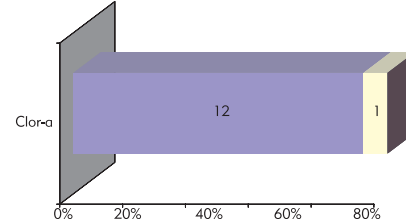
Litoral mediterráneo, 2000-2001



Litoral atlántico, 2002-2005



Litoral mediterráneo, 2002-2005

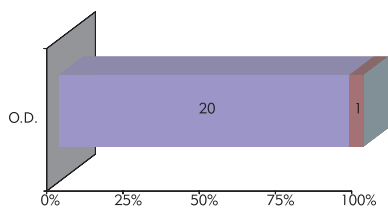


Elevada Buena Moderada Pobre Mala

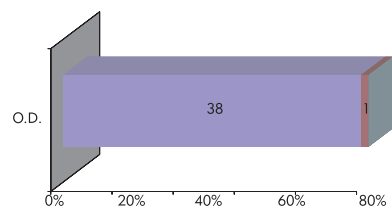
Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

### Concentración de oxígeno disuelto

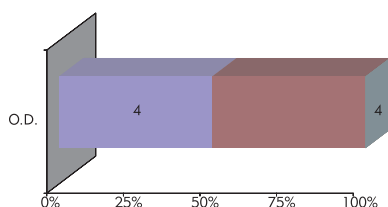
Litoral atlántico, 2000-2001



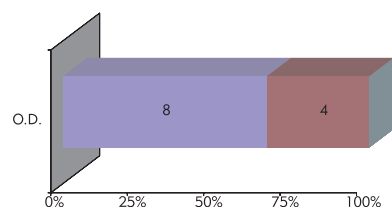
Litoral mediterráneo, 2000-2001



Litoral atlántico, 2002-2005



Litoral mediterráneo, 2002-2005



■ Oxigenada ■ Estrés biológico ■ Hipoxia ■ Anoxia

Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.



Percentil 10 de las concentraciones de oxígeno disuelto (mg/l) en el año 2005



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.



## 5. Agua

### Aguas de transición

Las concentraciones actuales de los parámetros de calidad de aguas estudiados para las zonas costeras, se presentan a continuación de forma gráfica para las aguas de transición (desembocadura de ríos y estuarios).



Concentraciones promedio de DIN ( $\mu\text{mol/l}$ ) en el año 2005



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

Concentraciones promedio de DIP ( $\mu\text{mol/l}$ ) en el año 2005



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

Percentil 90 de las concentraciones de clorofila-a ( $\mu\text{g/l}$ ) en el año 2005



Fuente: Consejería de Medio Ambiente, 2006.

