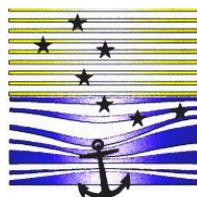




UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y TÉCNICAS DE LA
NAVEGACIÓN Y DE LA CONSTRUCCIÓN NAVAL.**

ÁREA: CONSTRUCCIONES NAVALES.

TESIS DOCTORAL.

**MODELO DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PROCEDENTES
DE EMBARCACIONES EN LOS PUERTOS PESQUEROS Y
DEPORTIVOS DE CANTABRIA: PROPUESTAS DE
CONTROL AMBIENTAL.**

Autor:

D. Ernesto Madariaga Domínguez.

Directores:

Dr. Emilio Eguía López.

Dr. Juan Carlos Canteras Jordana.

Dr. Carlos Ángel Pérez Labajos.

Santander, abril de 2010.

CAPÍTULO VI. BASES PARA UN MODELO DE GESTIÓN.

ÍNDICE DEL CAPÍTULO VI.

CAPÍTULO VI. BASES PARA UN MODELO DE GESTIÓN	333
6.1. Aproximación Conceptual	339
6.1.1. La gestión portuaria en entornos ambientalmente valiosos.....	347
6.1.2. Aspectos críticos.....	353
6.2. Principales actividades impactantes que afectan al entorno en los puertos pesqueros y deportivos	358
6.2.1. Contaminación operacional.....	358
6.2.2. Vertido de residuos líquidos o en vehículo líquido procedentes de embarcaciones	359
6.2.5. Desguace de embarcaciones y reciclaje de materiales.....	370
6.2.6. Dragados	371
6.2.7. Aguas residuales y de escorrentía urbana	377
6.2.8. Vertidos industriales.....	381
6.2.9. Vertidos agroganaderos.....	388
6.2.10. Aportes de contaminantes por vía atmosférica.....	391
6.3. Consecuencias de los contaminantes más comunes en los puertos pesqueros y deportivos	393
6.3.1. Hidrocarburos (combustibles, aceites, taladriñas y otros)	394
6.3.2. Pinturas y recubrimientos, antifouling.....	399
6.3.3. Metales pesados.....	401
6.3.4. Otros contaminantes inorgánicos.....	404
6.3.5. Biocidas y fitosanitarios de uso agrícola o ganadero.....	405
6.3.6. Sólidos flotantes y en suspensión	409
6.3.7. Carga sólida, sedimentos.....	410
6.3.8. Cambios morfológicos y modificaciones de las corrientes.....	411
6.3.9. Emisiones a la atmósfera: óxidos de carbono, azufre y nitrógeno, COV'S, HC, polvo y aerosoles.....	413
6.3.10. Contaminación térmica	417
6.3.11. Dureza y acidificación: cambios en el pH.....	421
6.3.12. Ruido y vibraciones.....	423
6.3.13. Materia orgánica y nutrientes biológicos	424
6.3.14. Contaminación microbiológica	430
6.3.15. Introducción de especies	430

6.4. El sistema de indicadores ambientales	433
6.4.1. Sistema de indicadores INDAPORT	434
6.4.2. Propuesta para los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria.....	439
6.5. Control ambiental: discusión y diagnóstico	449

TABLAS DEL CAPÍTULO VI.

Tabla 1: Actividades Portuarias.....	435
Tabla 2: Diagrama de etapas. Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general no containerizada.....	437
Tabla 3: Ficha de caracterización de indicadores.....	438
Tabla 4: Sistema de indicadores INDAPORT	439
Tabla 5: Estructura del sistema de indicadores propuesto para los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria	442

FOTOGRAFÍAS DEL CAPÍTULO VI.

Fotografía 1: Limpieza de cubierta en una embarcación	360
Fotografía 2: Estación de combustible del puerto autonómico de Comillas	361
Fotografía 3: Mancha de hidrocarburo en la dársena del puerto autonómico de Castro Urdiales	362
Fotografía 4: Dársena de los nuevos muelles del puerto autonómico de Colindres con hidrocarburo emulsionado y palillería en las aristas del muelle	363
Fotografía 5: Residuos amontonados en el nuevo varadero del puerto autonómico de Colindres.....	364
Fotografía 6: Diferente material fuera de uso depositado en la explanada del puerto autonómico de San Vicente de la Barquera	365
Fotografía 7: Residuos tras una operación de limpieza de carena en el puerto de Marina de Santander	367
Fotografía 8: Diferentes productos empleados para la preparación de la carena de una embarcación de recreo en Marina de Santander.....	368
Fotografía 9: Rampa Oeste de Puertochico	369
Fotografía 10: Puerto de San Vicente de la Barquera	370
Fotografía 11: Lecho de la dársena del puerto de Castro Urdiales.....	373

Fotografía 12: Labores de limpieza y dragado, de la dársena del puerto autonómico de Laredo.....	374
Fotografía 13: Playa de la Magdalena.....	375
Fotografía 14: A la derecha, alcantarilla en la carretera de entrada; nótese la salida del colector, directo al mar, en la zona de los atraques de las embarcaciones en Marina de Santander.....	380
Fotografía 15: Desde la playa de La Ribera	382
Fotografía 16: Río Saja a su paso por Barreda.. ..	388
Fotografía 17: Explotación agraria en Rumoroso	389
Fotografía 18: Industria del Besaya.....	393

6.1. APROXIMACIÓN CONCEPTUAL.

Resulta habitual, al revisar la literatura científica y técnica de carácter ambiental, percibir que muchos conceptos se precisan de forma desigual, que muchos términos se aplican a realidades distintas y que diversas actuaciones, consecuencias, fenómenos, etc., en el ámbito de lo ambiental, se concretan de manera diferente. Valga como ejemplo significativo, la distinta entidad que puede tomar la misma palabra “**contaminación**”, (Ramos, 1987; Azqueta, 1994; Nebel y Wright, 1999; Kiely, 1999; Tietemberg y Folmer, 2006; TRAMA, 2006; Smith y Smith, 2007; Lovett y Ockwell, 2009) como otras muchas de uso común en este campo. Por este motivo, se hace necesario especificar el sentido en que se utilizan en esta **Memoria de Tesis** diversas expresiones, al tiempo que se concretan los conceptos correspondientes. Para mayor detalle pueden consultarse obras específicas (como Ramos, 1987 y Jaquenod, 2007).

Por **cambio ambiental** se entiende cualquier cambio producido en el medio ambiente, se deba a causas enteramente naturales, a las actuaciones humanas o, a la combinación de unas y de otras. Las modificaciones causadas por un terremoto, por la construcción de un espigón, o por el vertido de cualquier sustancia tóxica, son todas ellas cambios ambientales, con independencia de su origen, de su magnitud, de su duración o de su reversibilidad.

Por el contrario, **efecto ambiental** se aplica de forma exclusiva a los cambios debidos a actuaciones humanas, se hayan buscado o no, se hayan producido directamente o hayan derivado de ellas. Las modificaciones derivadas del relleno de una dársena, cuando sea intencionado o se derive de una actuación humana desafortunada, se consideran como efectos ambientales. La rarificación de una especie en un lugar, consecuencia de la contaminación del mismo por un vertido deliberado, por un escape incontrolado o por un derrame imprevisto, también sería un efecto ambiental. Ni el relleno ni la rarificación lo serían, sin embargo, si se debieran a causas enteramente naturales.

Es importante señalar que, los efectos ambientales se producen o no y que en general pueden ser medidos, de una manera o de otra: litros de combustible derramado, porcentaje de territorio degradado, metros lineales de litoral afectado, número de peces muertos, hectáreas de dunas fijadas, metros cuadrados de marisma rellenados, euros de pérdidas (Díaz y Ramos, 1987). Por ello, la identificación, el análisis y la cuantificación de los efectos ambientales puede hacerse de una manera objetiva y los resultados alcanzados deben ser muy similares con independencia de quién o quiénes los obtengan.

El impacto ambiental, por muy complejo que se pueda presentar, corresponde en síntesis a un efecto ambiental o a un conjunto de efectos ambientales derivados de una acción, de un proyecto, de una norma, etc., sobre el que se ha emitido un juicio de valor. Es decir, se trata de efectos ambientales valorados, a los que se da una calificación, con frecuencia del tipo “muy poco significativo, poco significativo, significativo, muy significativo”. Se derivan siempre de actuaciones humanas, por lo que carecen de sentido expresiones como “el impacto ambiental de un tsunami”. Por supuesto, aunque se les asigne una valoración global, tienen múltiples facetas y a pesar de las connotaciones negativas que sugiere la palabra “impacto”, pueden dar lugar a la vez a costes y a beneficios, puede haberlos tanto beneficiosos como perjudiciales, aunque sean éstos últimos los que en la práctica preocupan mayormente (Alonso, Aguiló y Ramos, 1983; Díaz y Ramos, 1987; Garmendia et al., 2005; Kirkpatrick y Parker, 2007; George y Kirkpatrick, 2007; Nogueira, 2009; Lovett y Ockwell, 2009).

Distinguir, como se hace aquí, entre efectos e impactos ambientales resulta importante para delimitar en lo posible la subjetividad implícita del segundo de estos conceptos. Conceptuados como se indica, los efectos ambientales son, dentro de unos límites, ciertos y mensurables. En cambio, es muy frecuente que la magnitud de los impactos, su reversibilidad, la singularidad de los componentes del medio que resulten afectados, etc., sean discutibles por lo que la valoración del significado de los impactos (su

“importancia”) tiene con frecuencia un alto grado de subjetividad. Así, por ejemplo, la construcción de un espigón puede suponer la eliminación de tantos metros cuadrados de rasa marina y la introducción en el paisaje de una barrera de tales dimensiones. Ambos efectos, como otros, pueden ser sujetos de errores de medida, pero son básicamente indiscutibles. En cambio, el impacto ambiental de ese espigón no lo es, puede merecer distintas valoraciones para el público en general y para un experto, por supuesto también para distintos expertos, como igualmente cambia la percepción para grupos sociales diferentes, para sociedades de distinto tipo o para los habitantes de un lugar a lo largo del tiempo.

Por otra parte, las consecuencias de las actuaciones humanas no sólo pueden contemplarse o valorarse desde ópticas distintas, sino que también pueden producir efectos muy distintos, de estimación y valoración difícil y generalmente discutible, sobre el entorno (Ramos, 1987; Díaz y Ramos, 1987; Azqueta, 1994; Azqueta y Ferrero, 1994; Riera y Macián, 1998; Garmendia et al., 2005; Lavandeira, León y Vázquez, 2006; Borderías y Martín, 2006; Kirkpatrick y Parker, 2007; George y Kirkpatrick, 2007; Lovett y Ockwell, 2009). Desde nuestro punto de vista, conviene entender el concepto de forma amplia, pues no sólo interesan los efectos que incidan sobre el medio “natural”, sino también cualquiera otro que repercutido a través del medio afecte a los seres humanos. Es decir, es necesario considerar:

A) Impactos ecológico - ambientales, que son los que se derivan de modificaciones en los sistemas “naturales”. Presuponen una evaluación al nivel de los efectos que se hayan producido y cuya incidencia sea importante en el funcionamiento de los ecosistemas.

B) Impactos sociales, que afectan de forma directa a los seres humanos, bien individualmente, bien de forma colectiva. Estos impactos se alejan de las formulaciones ecológicas al uso, al menos de las más restringidas, pero

resultan ser, sin ningún género de duda, cruciales para este trabajo.

Proporcionar una visión, aún resumida, de los posibles impactos a considerar requeriría un espacio considerable. A este respecto, más adelante se tratan las principales actividades impactantes que afectan al entorno en los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria (**Epígrafe 6.2.**) y las consecuencias de los contaminantes más comunes en los mismos (**Epígrafe 6.3.**). Aquí se deja rápida constancia de nuestra aproximación conceptual al tema de los impactos.

El concepto de **daño medioambiental**, introducido por la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (BOE 255, de 24 de octubre de 2007), implica la identificación de perjuicios causados por las actividades humanas sobre el medio, de tal forma que se sienten las bases para establecer las sanciones o indemnizaciones pertinentes, sea con motivo de accidentes fortuitos, malas prácticas, descuidos, negligencias o actuaciones malintencionadas (López Ramón, 2009). Cabe destacar, en primer lugar, que su aplicación requiere una base metodológica suficiente, que considerando las múltiples funciones del medio¹ pueda llevar a valorar los daños y sirva de base para fijar las indemnizaciones y sanciones que corresponda. En segundo lugar, que no se establecen distinciones en función de que la propiedad sea pública o privada.

Se entiende que lo que los usuarios y sociedad en general esperan en el medio ambiente de los puertos pesqueros y deportivos, no tiene porqué ser distinto de lo que demandan en lugares en los que se ubican instalaciones de carácter recreativo, en espacios con valor para el ocio y en otros lugares de reunión. Esto incluye, desde luego, las playas, los parques y las zonas de paseo o excursión, pero en búsqueda de que se perciba esa calidad de la que depende el turismo (Bau, R.; Lanza, A. y Usai, S. 2008) también se puede entender que las instalaciones debieran ofrecer en la

¹ En el caso de este estudio, de un estuario o parte del él, de un tramo del litoral, etc.

medida de lo posible unas condiciones parecidas a las de un centro comercial o que el entorno de los puertos debiera tener una calidad semejante a la de zonas legalmente protegidas por sus valores naturales (Chaparría, V. E. 2000). Para esto, no basta con mantener la contaminación y las demás formas de degradación ambiental bajo control, es necesario que lo puedan reconocer (Brau, Lanza y Usai, 2008).

Para explicar qué se entiende por **contaminación** en esta **Memoria de Tesis**, se parte de dos definiciones ya clásicas, a saber:

“La introducción en el medio marino, incluidos los estuarios, de sustancias o formas de energía que puedan constituir un peligro para la salud humana, perjudicar los recursos biológicos y la vida marina, reducir las posibilidades de esparcimiento u obstaculizar otros usos legítimos de los mares” (Orden de Presidencia del Gobierno sobre prevención de la contaminación marina provocada por vertidos desde buques y aeronaves, BOE de 4 de junio de 1976).

“La introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o de energía en el medio marino, incluidos los estuarios, que produzcan o puedan producir efectos nocivos tales como daños en los recursos vivos y a la vida marina, peligro para la salud humana, obstaculización de las actividades marítimas, incluida la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad de las aguas para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento” (III Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, 30 de abril de 1982, artículo 1, 4º).

Como es obvio, para este trabajo interesa la orientación antropocéntrica y centrada en las actividades humanas, pero el concepto no debe quedar limitado a la contaminación *marina*, puesto que es necesario

incluir la totalidad del entorno propio de los puertos pesqueros y deportivos que pueda verse afectado por las actividades portuarias. Ello incluye, en primer lugar, no sólo los estuarios, sino también acantilados, arenales costeros y demás ambientes de transición entre la tierra firme y el mar. Además, cualquier ambiente terrestre que pueda verse afectado por las actividades portuarias, en especial si tiene alta calidad ambiental, soporta una densa habitación humana o en general es capaz de satisfacer necesidades, sean estas sanitarias, alimenticias, estéticas, etc., debe ser también objeto de consideración.

En síntesis, una buena definición de lo que entenderemos por contaminación en este trabajo podría ser “la introducción, se realice directa o indirectamente, en los medios marinos y de transición, en el entorno de los puestos pesqueros y deportivos o en el medio ambiente en general de sustancias o de energía que produzcan o puedan producir efectos nocivos tales como daños en los recursos vivos y a la vida marina (Villa, A. 1979), peligro para la salud humana, obstaculización de las actividades humanas, en especial las marítimas, incluida la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad de las aguas para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento a causa de las actividades humanas en general y de las portuarias y de navegación en particular.

De forma más escueta, entendemos por contaminación la liberación artificial en el medio ambiente de sustancias o energía que causan efectos negativos de cualquier índole sobre los seres vivos² o sobre el medio en general (Ramos, 1987; Díaz y Ramos, 1987; Nebel y Wright, 1999; Borderías y Martín, 2006; Hamilton y Atkinson, 2006; Atkinson, Dietz y Neumayer, 2007; Gerlagh, Bosseti y Schleicher, 2009; Lovett, y Ockwell, 2009). Básicamente, puede tratarse de sustancias que no se encuentran normalmente en el lugar en el que se liberan³, aunque quizá existan en

² Incluido, por supuesto, el Hombre.

³ Caso de un derrame de aceite mineral.

otros⁴, o bien en cantidades que exceden en mucho las que aparecen en condiciones naturales⁵, por lo que pueden dar lugar a efectos negativos.

Aunque es frecuente que se entienda especialmente por contaminación la producida por muy diversas sustancias químicas, debe quedar claro que en realidad sus facetas son múltiples, de tal forma que puede manifestarse también mediante efectos físicos⁶ o biológicos “contaminación microbiana, introducción de vectores” (Ramos, 1987; Díaz y Ramos, 1987; Nebel y Wright, 1999; Borderías y Martín, 2006; Barnsley, 2007; Smith y Smith, 2007).

Según la vía de propagación del contaminante suele hablarse de contaminación atmosférica, de las aguas marinas o continentales, superficiales y subterráneas, de los suelos, etc., si bien en realidad la contaminación pasa de un medio a otro con facilidad, tanto que, como suele decirse y conviene recordar, no conoce fronteras políticas (Ramos, 1987; García Cambero y Soler Rodríguez, 2005; George y Kirkpatrick, 2007; Aguirre de Cárcer y Carral, 2008; Carrascal y Puigcerver, 2008).

Por **degradación ambiental** entendemos cualquier caída en la calidad del medio ambiente (véase el **Epígrafe 4.3.** de esta **Memoria de Tesis**), de una porción del territorio o de un recurso cualquiera de la Naturaleza. Es frecuente que las causas de esa caída se deban o estén ligadas a diversas formas de contaminación, hasta el punto de que no resulta infrecuente que ambos conceptos, lamentablemente, se confundan. No obstante, para ser estrictos, cualquier menor utilidad del entorno para el Hombre es también degradación ambiental (Ramos, 1987; Riera, Descalci y Ruiz, 1994; Azqueta, 1994; Azqueta y Ferrero, 1994; Saz Salazar y Suárez, 1997; Nebel y Wright, 1999; Garrod y Willis, 1999; Riera et al., 2006; Borderías y Martín, 2006; Smith y Smith, 2007; George y Kirkpatrick, 2007;

⁴ Aguas a temperaturas impropias del lugar.

⁵ Vertido de estiércoles.

⁶ Como ruido y vibraciones, contaminación térmica o radiactiva.

Bretón, 2009) por lo que hay formas de la misma que poco tienen que ver con la contaminación, sobre todo si ésta se restringe, como se ha hecho en ocasiones, a la causada por la incorporación al medio ambiente de sustancias con actividad química. Por ejemplo, acciones como levantar una barrera visual o vedar el paso del público a un tramo de costa también producen degradación ambiental, ya que las personas se ven privadas de realizar simples actividades de ocio como contemplar un paraje, pasear o pescar.

No debiera ser necesario añadir que en este trabajo se ha procurado distinguir claramente entre “**degradación ambiental**” y “**contaminación**”, siendo ésta causa de aquella, aunque por supuesto no la única.

Entre **emisiones** e **inmisiones** se ha establecido también otra distinción bien definida. Las primeras se refieren a la cantidad de diversas sustancias o energía que se suman al medio ambiente, en especial las que van a parar a la atmósfera; las segundas, a la cantidad de las mismas que es absorbida o asimilada por los seres vivos (Ramos, 1987; Díaz y Ramos, 1987; Borderías y Martín, 2006; Hamilton y Atkinson, 2006; Craig, Vaughman y Skinner, 2007 Lovett y Ockwell, 2009). La importancia de esta discriminación es ostensible: no nos importa tanto cuánto se vierte como cuánto es lo que causa efecto. Los olores de una granja porcina, de escasa importancia en un medio rural, se considerarían muy significativos si esa granja estuviera situada en el centro de Santander. Por otra parte, ya que es habitual utilizar la palabra “emisiones” preferentemente para las sustancias que van a la atmósfera o para los ruidos, que se propagan a través de la misma, no está de más aclarar que lo dicho es igualmente cierto en el caso de los vertidos, palabra que se utiliza preferentemente para líquidos o sólidos, de derrames, con la que se suele designar a vertidos no intencionados, etc. Es decir, en el caso de cualquier descarga de residuos u otras sustancias al medio, con independencia del tipo de residuos y de que se trate de un hecho intencionado o no.

El **factor tiempo** merece especial atención. Muchos efectos sólo se desarrollan y manifiestan tras periodos de decenas de años, o incluso muy superiores (Águeda et al., 1977; Díaz y Ramos, 1987; Margalef, 1992; González de Vallejo et al., 2002; Smith y Smith, 2007; Jaquenod, 2009). Ahora bien, la preponderancia que la política (Bretón, A.; Brosio, G.; Dalmazzone, S y Garrone, G. 2009) y la economía (Romero, C. 1997) tienen en nuestra sociedad ha dado lugar a que plazos del orden de cuatro y de diez años se consideren “**medios**” y “**largos**”. Si en esos campos son aceptables tales denominaciones, en lo ambiental resultan claramente insuficientes. Esta puntualización es importante, ya que trabajar con plazos cortos lleva ineludiblemente a descuidar los efectos que tardan en manifestarse, tanto más cuanto más se prefiera maximizar los beneficios a corto plazo, en vez de prolongar su obtención a largo plazo, cuanto más se anteponga la eficacia a la eficiencia.

6.1.1. LA GESTIÓN PORTUARIA EN ENTORNOS AMBIENTALMENTE VALIOSOS.

Si los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria tienen un entorno de calidad y su atractivo depende en gran medida de la conservación de esa calidad, una gestión responsable debiera de ser consciente de ello y actuar en consecuencia dentro de sus posibilidades.

Por esto, como guía para los gestores y en general de una acción institucional que atraiga, sirva y dé calidad a los administrados (Garrod y Willis, 1999; Fullerton, 2006; Moreno, 2007; López Belbeze, 2008; Alonso y Garcimartín, 2008; Rangathany Munasinghe, 2008; Salvador Ferrer, 2008; Bretón et al., 2009) tiene que partir de un conocimiento mínimo del medio que rodea a cada puerto, que en términos generales puede resumirse señalando que se trata de entornos:

A) **Únicos:** cada entorno es distinto de los demás. Su

substrato geológico, sus rasgos geomorfológicos, la vegetación y la fauna que viven en el lugar, la ocupación humana y los usos del territorio circundante, etc., son distintos en cada caso.

B) **Complejos:** son sistemas compuestos de numerosos elementos, minerales, vegetales, animales, humanos, etc., intensamente relacionados entre sí y sujetos a innumerables procesos.

C) **Dinámicos:** están sujetos continuamente a cambios, no sólo los debidos a causas naturales, sino también a la presión humana, generalmente intensa.

D) **Abiertos:** incluso por allí por donde parece que los límites están mejor definidos (la línea de costa, la boca de un estuario) hay un continuo trasiego de materia y de energía.

E) **Extradimensionales:** en mayor o menor medida, sus magnitudes, en términos de espacio, tiempo y energía, son claramente distintas de las propiamente humanas.

Si cada entorno es **único**, la experiencia en uno puede servir de guía para actuaciones en otro, pero no extrapolarse sin más. Incluso aunque las formas y la intensidad de la degradación ambiental fueran iguales en todos los casos, las respuestas serían consecuentemente diferentes. Esto resulta especialmente llamativo cuando una misma acción puede ser asimilada sin costes ambientales en unos casos y producir efectos devastadores en otros, como sucede cuando se superan ciertos umbrales: “un malecón no se hundirá mientras no se supere su capacidad portante”, “una especie intensamente predada no verá disminuir su población mientras no se supere el nivel de resiliencia”, etc. Sin llegar a tanto, la intensidad de la respuesta a un contaminante depende no sólo de la naturaleza, de la

cantidad, de la concentración, etc. de éste, sino de las características del medio que lo recibe. Por ejemplo, sencillamente a causa de sus distintas dimensiones y de las diferencias en la circulación mareal, la capacidad de dilución en los distintos estuarios de la Comunidad Autónoma de Cantabria es muy diferente.

Al tratarse de **entornos complejos**, incluso muy complejos, no es fácil tener, no ya un conocimiento completo, sino tan sólo suficiente del medio ambiente en estos lugares. Los efectos que puedan causarse dependen de un gran número de interrelaciones entre muy diversos elementos (Díaz y Ramos, 1987; Margalef, 1992; Smith y Smith, 2007). Podrán conocerse bien algunos de los factores que intervienen, quizá los de mayor importancia, pero de otros sólo conoceremos en qué sentido actúan, sin que sea posible cuantificarlos, o sólo sabremos que existen, o incluso desconoceremos su existencia. Es cierto que, en su mayoría, los últimos suelen ser escasamente relevantes, pero resulta claro por qué actuaciones similares sobre medios que aparecen como idénticos producen consecuencias muy dispares, mientras que efectos muy parecidos pueden derivarse de causas que tienen, aparentemente, poco en común.

Señalar que se trata de **entornos dinámicos** no es banal. Ciertamente, todos los ecosistemas son dinámicos, tanto a escala de tiempos geológicos como humanos (por ejemplo, Agueda et al., 1977; Margalef, 1992; Smith y Smith, 2007; Keller y Blodgett, 2007), como lo son también todas las sociedades humanas. Sin embargo, las zonas costeras en general y los estuarios en particular son particularmente mudables, en parte a causa de fenómenos como las corrientes de marea o el transporte de sedimentos, pero también y de forma muy especial por su carácter de medios de transición entre el océano y las tierras emergidas. Unos cambios son cíclicos, como las mareas o los derivados de las estaciones, otros iterativos, como las tormentas de lluvia o los temporales con mar de fondo, algunos aleatorios, al menos en apariencia, como las riadas o los derrames ocasionales de combustibles. Además, si a factores como éstos añadimos

que se trata de lugares sometidos a una fuerte presión humana, habremos indicado, sin agotarlas, las principales causas por las que se trata de medios particularmente dinámicos.

Se trata de **entornos abiertos**, que reciben y crean influencias, en ocasiones muy fuertes, con respecto a otras partes del territorio, o si se prefiere de otros o sobre otros ecosistemas (Margalef, 1992; Smith y Smith, 2007). No solamente es fácil recordar ejemplos notorios, es que además se trata de procesos que son de importancia considerar con motivo de la gestión ambiental: las mareas mueven ingentes volúmenes de sedimentos; los estuarios reciben gran cantidad de animales, principalmente aves y peces, que vienen a ellos a alimentarse, a procrear, etc.; a través de la línea de costa natural pasan abundantes nutrientes⁷ desde las zonas continentales a las de marisma y de éstas al mar, etc.

Finalmente, las **dimensiones** de estos lugares, en términos de espacio, energía y tiempo son claramente distintas de las propiamente humanas (Díaz y Ramos, 1987; Margalef, 1992; Garrod y Willis, 1999; Smith y Smith, 2007; Lovett y Ockwell, 2009), lo que puede dar lugar a diversas consecuencias indeseables. Una de las disfunciones más comunes deriva del comprensible deseo de abarcar una gran cantidad de aspectos, para lo que se recoge una enorme cantidad de datos, se elige una cantidad de indicadores desmesurada, se intenta cuantificar con detalle un descomunal número de variables, etc., algo que como resulta fácil intuir choca de manera inevitable con la sencillez y la claridad que debe tener una gestión operativa.

Por otra parte, es también de destacar que el que las magnitudes propias de estos entornos sean tan distintas de las nuestras contribuye a que el entendimiento entre los distintos actores que intervienen en su gestión ambiental, cada uno con su propio enfoque⁸, sea con frecuencia difícil, lo que no sólo dificulta sobremanera la relación entre tales actores, sino

⁷ También contaminantes.

⁸ Naturalista, ingenieril, legal, económico, político.

también el proceso de toma de decisiones (Díaz y Ramos, 1987; Nogueira, 2009).

Por otra parte, las acciones humanas en entornos como los de los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria dan lugar no sólo a los efectos que se buscan, sino también a otros distintos. Estos efectos no buscados pueden parecer desmesurados con respecto a las actuaciones llevadas a cabo, pueden manifestarse en lugares distintos de allí donde se ha llevado a cabo la acción, quizá muy alejados, y pueden también aparecer de forma inmediata o tardar mucho tiempo, años, décadas, o más, en llegar a manifestarse. Si a esto sumamos que, una vez puestos en marcha, unos fenómenos se autocontrolan y llegan espontáneamente a un nuevo equilibrio, que otros se retroalimentan y magnifican, que los hay que ponen en marcha una cadena de efectos sucesivos diferentes, que algunos no se manifiestan mientras no se llega a ciertos umbrales, que incluso sin intervención humana aparecen cambios de forma permanente, etc., llegaremos a percibir la complejidad de una gestión ambientalmente responsable de estos lugares.

En consecuencia, para evitar posibles daños resulta fundamental realizar estudios predictivos, de tipo muy diverso, basados en un conocimiento suficiente de los modelos conceptuales de funcionamiento de los sistemas, tanto naturales⁹ como antropogénicos (Claver, 1982; Díaz y Ramos, 1987; Lowett y Ockwell, 2009). No obstante, los efectos que finalmente se causan por las acciones humanas, al depender de un gran número de interrelaciones entre muy diversos elementos, muchas de ellas mal conocidas o incluso completamente desconocidas, pueden ser distintos, incluso muy distintos de los previstos y sobre todo pueden producir otros no previstos, añadidos, quizá de escasa importancia en muchas ocasiones, tal vez enteramente indeseables en otras. Podría resumirse lo anterior diciendo que no solamente no es fácil predecir con exactitud los efectos de las acciones humanas, sin que siempre existirá un cierto grado de incertidumbre

⁹ Los estuarios, las playas, los distintos tipos de acantilado.

en las predicciones que se realicen.

Ahora bien, por una parte resultaría deseable abordar en profundidad y de forma individual todos y cada uno de los factores que influyen en la calidad de los entornos de los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Sin embargo, por otra, lograr un conjunto de modelos que reflejaran fielmente el funcionamiento del entorno de los puertos y los efectos de las acciones humanas no sólo precisaría un largo tiempo de estudios, sino que podría llevar a procedimientos por poco ágiles muy escasamente operativos.

Como consecuencias, se debe destaca lo siguiente:

1. Aún contando con numerosos rasgos comunes, la experiencia acumulada en un puerto puede servir de guía para la gestión en otros, pero no es extrapolable sin más.
2. Resulta imprescindible adquirir un conocimiento, al menos básico, de cada puerto, de sus rasgos, condicionantes, carencias, perspectivas, etc., así como de las características de su entorno ecológico y social.
3. Uno de los pilares de la gestión ambiental debe consistir en un seguimiento capaz de detectar cambios indeseables en el medio.
4. En términos prácticos hay que reducir los controles, la toma de datos, los análisis, etc., a los aspectos que se entiendan como más relevantes.

Todo esto da lugar a limitaciones a la hora de la gestión, demasiadas para entrar en detalle, aunque pueden señalarse algunas que se juzgan más importantes.

6.1.2. ASPECTOS CRÍTICOS.

El panorama ambiental de los puertos pesqueros y deportivos es extremadamente complejo. En gran medida, esto se debe, por una parte, a las múltiples facetas de la degradación ambiental y a la complejidad de las consecuencias de la contaminación sobre los seres vivos y sobre las actividades humanas (Ramos, 1987; Azqueta, 1994; Nebel y Wright, 1999; Borderías y Martín, 2006; Lavandeira, León y Vázquez, 2006; Smith y Smith, 2007; Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2009; Jaquenod, 2009) por otra, a la diversidad de los puertos y de los entornos en que están situados. No es sólo que se sitúen en su mayor parte en ambientes con calidad ambiental elevada o muy elevada, es que muchos de ellos forman de hecho parte de un complejo urbano o portuario. Por este motivo, tiene sentido, por ejemplo, considerar la influencia de un posible vertido de aguas residuales urbanas (Álvarez Díaz, C. 1996), pues en ocasiones se producen cerca de un puerto o incluso a aguas de éste; o de aguas de lastre, aunque su utilización sea algo extraño a las embarcaciones pesqueras o deportivas que tienen base en la Comunidad Autónoma de Cantabria o que nos visitan, puesto que hay puertos pesqueros y deportivos que forman parte de instalaciones portuarias más amplias o están situadas muy cerca de las mismas.

Con respecto a las formas de contaminación y degradación ambiental que pueden derivarse de la actividad en puertos pesqueros y deportivos, lo primero que hay que destacar es que son muy variadas, como lo son también las tasas de degradación que pueden darse (Quiroga Alonso y Pérez García, 1998; Moreno Gutiérrez, 1998; Nebel y Wright, 1999; Torres, Díaz y Subirats, 2002; Huerga Mendoza, 2005; Borderías y Martín, 2006; Fullerton, 2006; Silos, 2008). Por ejemplo, los efectos pueden producirse sobre los nutrientes, sobre la demanda biológica de oxígeno, sobre la carga de sólidos en suspensión, etc., como también directamente sobre animales, vegetales, hongos o bacterias. La toxicidad se traduce de formas distintas, por ejemplo, ciertas sustancias impiden la reproducción, las hay que inhiben el crecimiento o disminuyen las posibilidades de llegar a adultos,

diezman las poblaciones totales o incluso las eliminan por completo. El mismo contaminante puede resultar letal para una especie, inocuo para otra y al mismo tiempo dar lugar a ventajas para una tercera. Es más, hay substancias, como es el caso bien conocido del cobre, que en unas cantidades es imprescindible para el desarrollo de determinados seres vivos, pero si se superan ciertos niveles resulta tóxico o letal (Capo Martí, M. 2007). Algunos contaminantes inhiben o retrasan el desarrollo de ciertos seres vivos, quizá sólo de una familia, de un género o de una especie determinados. Cuando son varias las substancias contaminantes, pueden producir efectos independientes, en otras ocasiones se suman sus efectos, no faltan casos en los que se producen sinergias y pequeños cambios llegan a dar resultados que pueden llegar a calificarse como catastróficos.

Sucede también que formas de contaminación que si se juzga superficialmente parece que deberían tener una influencia limitada son, sin embargo, de gran importancia. Por ejemplo, es lógico suponer que de cara a la calidad de las aguas de una dársena deben preocupar sobre todo los aportes líquidos a la misma. Sin embargo, es posible que la contaminación atmosférica produzca una degradación tan importante o más cuando las precipitaciones acaben por llevar los contaminantes del aire a la dársena con motivo de unas lluvias (Aguirre de Cárcer y Carral, 2008; Carrascal y Puigcerver, 2008). Otro tanto puede suceder con residuos presentes en suelos contaminados, o incluso con substancias que sin tener efecto contaminante puedan ser llevadas a un cuerpo de agua y alcanzar en él concentraciones por alguna causa dañinas (Spiro y Stigliani, 2003; García Cambero y Soler Rodríguez 2005). De hecho, una de las formas de contaminación más comunes en los estuarios es la debida al lavado por el agua de las precipitaciones de nutrientes de campos de cultivo, con frecuencia nitratos u otros fertilizantes (Moriarty, 1990; Spiro y Stigliani, 2003; Smith y Smith, 2007). No cabe duda de que se corre el riesgo de investigar y controlar con ahínco ciertas formas de degradación que a la postre no sean las que puedan dar lugar a los problemas más graves.

Por otra parte, incluso en condiciones naturales¹⁰, el estado de estuarios y tramos de costa varía espontáneamente con el paso del tiempo, en especial de una estación a otra y de un año al siguiente. Esto se debe, por ejemplo, a que la distribución, las variaciones estacionales y la abundancia de cualquier especie dependen de factores como la salinidad, la temperatura, la transparencia o el grado de agitación de las aguas (Cairns, J.; Heath, G. y Parker, B. C. 1975). Por ello, en primer lugar, resulta extremadamente difícil colegir de forma exacta y sin dudas las consecuencias de la mayor parte de los contaminantes sobre los seres acuáticos; haría falta realizar largos experimentos en condiciones controladas, estudios que tendrían que incluir la investigación de posibles sinergias, etc., para conseguir una información suficiente. En segundo lugar, aunque pueda parecer indebido, hace también que los indicadores biológicos, aunque sean precisos, resulten poco convincentes para muchos gestores.

En cuanto a la diversidad de los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria, no hay dos que sean iguales. Por una parte (**Epígrafe 5.2.**), su entorno es muy variado, en ocasiones completamente original. Unos están situados en grandes aglomeraciones urbanas, como Puertochico en Santander, otros cerca de poblaciones pequeñas, como Comillas. Las dársenas de unos casi se abren a mar abierto, otros a amplias bahías, muchos se sitúan en el interior de estuarios (**Epígrafe 5.3.**). De estos, unos son grandes y muy humanizados¹¹, pero otros aún conservan un notable grado de naturalidad¹² o tienen una reconocida importancia para la fauna¹³. En algún caso están situados en el tramo final de un estuario cuya superficie de agua durante las bajamares

¹⁰ Ausencia de contaminación, inexistencia de perturbaciones en el régimen de corrientes, etc.

¹¹ Bahía de Santander.

¹² San Vicente de la Barquera.

¹³ Treto-Santoña.

queda reducida a un simple canal¹⁴, en otros se trata de ambientes muy amplios y complejos, como los antes citados. Es más, la ubicación de los puertos en los estuarios es también muy variada: compárese la del puerto de El Astillero con la de Puertochico, la del de Colindres con la del puerto deportivo de Laredo, etc.

Igualmente son diversas (**Epígrafe 5.3.**) las dimensiones, las configuraciones y la dotación de cada puerto, las labores que se realizan en ellos, las características de los núcleos urbanos (Borderías Uribeondo, M. P. y Martín Roda, E. 2006) en que están enclavados o que se sitúan en las proximidades, las actividades industriales relacionadas o sencillamente situadas en las proximidades. No solamente unos puertos son pesqueros y otros deportivos¹⁵ o mixtos, sino que su historia, sus perspectivas, sus planes de desarrollo, etc., son también distintos. Por ejemplo, algunas dársenas son espacios casi cerrados y en ellas las formas de contaminación pueden estar limitadas, tanto en el sentido de que sean pocos los contaminantes como en el que sus movimientos sean más restringidos o más fáciles de controlar.

En cambio, es fácil que los niveles de contaminación con un elemento o una sustancia concretas alcance un nivel comparativamente alto, con profundas consecuencias, como es frecuente ocurra con el cobre, contaminante muy frecuente, que de alcanzar ciertos niveles causa efectos de gran magnitud.

No hay, por lo tanto, dos puertos con los mismos problemas ambientales, ni éstos, de existir, tienen la misma importancia en cada caso. Ante esto, sería deseable, por supuesto, desarrollar una gestión individualizada, estrechamente adaptada tanto a la realidad y a las necesidades de cada puerto como a las limitaciones y ventajas de su entorno particular.

¹⁴ Suances.

¹⁵ Diferencia que en algunos casos no tiene límites claros.

No obstante, en la situación actual, se impone como más realista una gestión que, sin olvidar esa gestión individualizada, se centre en el establecimiento de unos requisitos mínimos comunes, claros y fáciles de entender, como procedimiento esencial para evitar afecciones graves de carácter ambiental. Es precisamente de esta forma como se pretende desarrollar el mandato del objetivo específico **d) “Contribuir al diseño de un modelo metodológico para el control ambiental de los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria, sencillo y práctico pero fiable y efectivo”**, de acuerdo con lo expuesto en los **Epígrafes 4.3. y 4.4.** de esta **Memoria de Tesis**.

En todo caso, pueden señalarse unas actividades potencialmente contaminantes que no solamente son comunes a los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria, sino que también con frecuencia son propias o características de los mismos, en el sentido de que no se dan, son raras o difícilmente alcanzan una magnitud comparable en otros lugares. Por ello, aunque forzosamente de forma muy resumida, se abordan en los apartados siguientes por una parte, las principales actividades impactantes ligadas a la operación de los puertos pesqueros y deportivos (**Epígrafe 6.2.**); y por otra las consecuencias de los contaminantes más habituales en los mismos (**Epígrafe 6.3.**). No se abordan los efectos impactantes derivados de la instalación, ampliación o modificación de los puertos, que por poder ser muy variables exceden los límites que necesariamente debe tener un trabajo como el que se presenta.

En todo caso, para ampliar la información que se presenta, puede acudir, además de a las obras que en su lugar se citan, a otras de carácter más amplio o general (Como Helliwell y Bossanyi, 1975; Mc. Lusky, 1981; Breen y Rigby, 1996; Zambonino, 1998; Campbell, Campbell y Walsh, 1998; Smith, 1999; Seoanez, 2000; IMO, 2002; González de Vallejo et al., 2002; Sáenz, Forja y Gómez Parra, 2003; García Cambero y Soler Rodríguez, 2005; Huerga Mendoza, 2005; Guerra Sierra, 2006a; González Pillado y Michinel González, 2006; Fullerton, 2006; CEPRECO, 2006a; Hamilton y

Atkinson, 2006; Atkinson, Dietz y Neumayer, 2007; Capo Martí, 2007; Silos Rodríguez, 2008 y Lovett y Ockwell, 2009). Además, entre las obras consultadas, existen varias que conviene reseñar por estar directamente relacionadas con los ambientes en los que están enclavados (concretamente Villasante, 1996; Cortés, 1998; Lozano Paz, 2006; Lucas Salas, 2006 y González Piñuela, 2007) los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria (además de las citadas en los **Epígrafes 5.2 y 5.3.** de esta **Memoria de Tesis**).

6.2. PRINCIPALES ACTIVIDADES IMPACTANTES QUE AFECTAN AL ENTORNO EN LOS PUERTOS PESQUEROS Y DEPORTIVOS.

De acuerdo con lo expuesto en el primer párrafo del punto anterior, se incluyen aquí no sólo las principales actividades potencialmente impactantes derivados de la operación en los puertos pesqueros y deportivos, sino también otras que se llevan a cabo en su entorno próximo y que producen efectos ambientales sobre la calidad ambiental en los mismos. Es el caso del vertido de aguas residuales o de escorrentía urbana, o de diversas actividades más bien propias de puertos comerciales.

6.2.1. CONTAMINACIÓN OPERACIONAL.

La entrada y salida de embarcaciones en los puertos, el movimiento de vehículos en los muelles, la operación de maquinaria, las labores de aprovisionamiento o carga, etc., generan, por una parte, óxidos de carbono, de azufre y de nitrógeno, así como partículas sólidas¹⁶ y aerosoles, entre éstos de hidrocarburos inquemados (HC) y por otra, contaminación acústica, se trate de ruidos o de agitación en las aguas.

Además, el funcionamiento de motores y otros equipos de las embarcaciones implica la necesidad de evacuar calor y el fluido refrigerante más utilizado es el agua, que se toma del medio y que se vierte con unas

¹⁶ Inquemados, metales.

temperaturas relativamente elevadas. El proceso da lugar a la destrucción de huevos, larvas y microorganismos, que no pueden superar los cambios de presión y temperatura a los que son sometidos temporalmente (Cairns, J.; Heath, G. y Parker, B. C. 1975).

6.2.2. VERTIDO DE RESIDUOS LÍQUIDOS O EN VEHÍCULO LÍQUIDO PROCEDENTES DE EMBARCACIONES.

Se trata tanto de aguas residuales propiamente dichas como de líquidos más o menos acuosos procedentes del aseo de las embarcaciones, limpieza de motores, lavado de tanques o depósitos, aguas de lastre y aguas de refrigeración (Zambonino Pulito, 1998), etc.

Todas estas actividades, como también el repostaje, suponen la generación de residuos que de no ser recogidos de forma adecuada se descargan en el medio ambiente y dan lugar a distintos tipos de contaminantes, como se resume a continuación.

Las **aguas “negras o sanitarias”**, procedentes de inodoros, urinarios, lavabos, etc., así como en su caso de servicios médico-sanitarios o de transporte de animales, contienen abundante materia orgánica, nutrientes¹⁷, así como también sedimentos, sólidos en suspensión y flotantes. Además, son de alto tenor microbiológico.

Las **aguas de limpieza de las embarcaciones**, aún del simple baldeo de cubiertas y de otros labores semejantes, contienen restos de jabones, detergentes y similares, así como, por lo general, también sedimentos, sólidos en suspensión y flotantes.

Las **aguas de limpieza de los motores, las aguas de sentina, los residuos procedentes de la filtración del combustible**, etc., incluyen filtraciones de aceites minerales, pérdidas de combustible, residuos de la

¹⁷ Sobre todo compuestos de nitrógeno, pero también de fósforo, sales minerales, etc.

limpieza de los motores, grasas diversas y otros posibles contaminantes, incluso sólidos, llevados en suspensión o de alguna otra forma. Entre estos, destacan los residuos metálicos procedentes del desgaste y de la corrosión de motores o piezas metálicas, probable fuente de metales pesados (Campbell, S. A.; Campbell, N. y Walsh, F. C. 1998).



Fotografía 1: Limpieza de cubierta en una embarcación en Villagarcía de Arousa. Fuente: Autor.

La **limpieza de los tanques** de combustible o de los destinados a otras sustancias se traduce en el vertido de hidrocarburos, detergentes, sedimentos y diversas impurezas.

Los vertidos de **aguas de lastre** pueden implicar la liberación de algas, huevos, larvas, bacterias, virus, etc., pues diversos de estos organismos son capaces de sobrevivir en las condiciones en que se transportan dichas aguas.

Los **aprovisionamientos de combustible** dan lugar con frecuencia

a pequeñas pérdidas, que al repetirse ocasionan una fuente de contaminación persistente de cierta magnitud.

Las **aguas de refrigeración** suponen una elevación puntual de la temperatura en los puntos de vertido.



Fotografía 2: Estación de combustible del puerto autonómico de Comillas. Fuente: Autor.

Además, es de recordar que en el pasado ha sido una tónica general que los núcleos urbanos o industriales cercanos a los puertos vertieran a ellos sus aguas residuales, situación que por familiar se ha visto como normal. Más adelante se dedican unos párrafos a este problema.

Está estipulado que los puertos deben disponer de instalaciones para la recepción de los residuos procedentes de las embarcaciones, también en el caso de los pesqueros y deportivos (**Directiva Comunitaria 2000/59/CE**, de 27 de noviembre, sobre instalaciones de recepción de residuos en los puertos). No obstante, parte de tales residuos acaba en las aguas de las dársenas o en sus alrededores, especialmente cuando no se

dispone de instalaciones de recogida y tratamiento adecuadas o no están bien gestionadas. Las embarcaciones que aún no dispongan de ellos, también las deportivas, deberán adaptarse y disponer de tanques con capacidad suficiente para almacenar las aguas residuales que generen durante su estancia en los puertos, de tal forma que se eviten las descargas libres.



Fotografía 3: Mancha de hidrocarburo en la dársena del puerto autonómico de Castro Urdiales. Fuente: Autor.

Por otra parte, sería deseable que en los puertos deportivos se dispusiera de una red de recogida de aguas residuales que llegara hasta los puntos de atraque y permitiera una descarga continua.

En cuanto al repostaje de combustible, en los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria, la mayor parte se realiza a partir de surtidores en tierra. No obstante, es frecuente que no se haga directamente, sino mediante el trasvase con envases, lo que acrecienta la frecuencia de pequeños vertidos. De hecho, si no es la fuente de

contaminación más frecuente y una de las más relevantes en los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria, se encuentra entre las primeras.

Finalmente, los puertos pesqueros y deportivos cercanos a puertos comerciales o que formen parte de un complejo portuario pueden ser afectados por problemas adicionales, como los derivados de las aguas de lastre o de limpieza de grandes tanques o depósitos.



Fotografía 4: Dársena de los nuevos muelles del puerto autonómico de Colindres con hidrocarburo emulsionado y palillería en las aristas del muelle. Fuente: Autor.

En cuanto a las primeras, pueden minorarse significativamente mediante el intercambio de aguas de lastre durante la navegación, como recomienda la Organización Marítima Internacional. Los buques mayores disponen ya con frecuencia de la posibilidad de esterilizar este agua y existen diversas iniciativas internacionales de control.

6.2.3. OTROS RESIDUOS DE EMBARCACIONES.

Se trata sobre todo de residuos sólidos constituidos por envases y

embalajes de tipo muy diverso, papel, metales, textiles, plásticos, vidrio, madera, residuos de productos de limpieza, cuerdas, gomas, etc., así como restos de comida y de la actividad pesquera.



Fotografía 5: Residuos amontonados en el nuevo varadero del puerto autonómico de Colindres. Fuente: Autor.

No solamente se trata de residuos muy variados, sino que son muy distintos según las embarcaciones en que se han generado.

Es también de destacar que ocupan un volumen importante y dado que en las embarcaciones el espacio resulta siempre reducido, esto alimenta la tentación de desecharlos por la borda.

Con respecto al medio ambiente, conviene señalar que algunos residuos, como los restos de comida, los papeles y los cartones, son poco problemáticos, ya que como se descomponen con rapidez sin producir sustancias tóxicas sólo una elevada concentración de los mismos en espacios cerrados se traducen en degradación. En el extremo opuesto se

situarían los objetos, aparejos, bolsas, etc. constituidos por plásticos, nylon, siliconas, etc., de alta estabilidad y capaces de provocar daños ambientales de importancia en el medio marino.



Fotografía 6: Diferente material fuera de uso depositado en la explanada del puerto autonómico de San Vicente de la Barquera. Fuente: Autor.

En el Anexo V del Convenio MARPOL se establecen reglas sobre la descarga de residuos sólidos procedentes de embarcaciones. En particular, se establece que maderas y otros residuos flotantes, en especial los no biodegradables, deben ser descargados en los puertos y se prohíbe taxativamente el vertido de plásticos y otros materiales sintéticos al mar. Aunque existe, de momento (está previsto que se acuerde su prohibición) la posibilidad de verter al mar los residuos orgánicos, previamente triturados hasta diámetros inferiores a los dos centímetros, ello debe hacerse a más de doce millas de la costa y adecuado a una velocidad de navegación. Los demás residuos deben ser llevados a puerto y depositados por los usuarios en los contenedores dispuestos a tal fin.

No obstante, factores como son las carencias en las instalaciones de

recepción de los residuos, unido a la escasez de medios o a la inadecuada gestión de los mismos y la falta de una vigilancia suficiente, unidas a lagunas de información y a la falta de civismo, se traducen con frecuencia en vertidos indebidos (Zazo, C. 2006), especialmente deplorables en el caso de plásticos y otras sustancias de baja densidad que son llevadas a flote o entre dos aguas y que se degradan con extremada gran lentitud en el medio marino, amén de producir grandes daños a la fauna y organismos marinos.

6.2.4. CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN DE EMBARCACIONES.

Aunque la clase y el grado pueden variar mucho de unos puertos a otros, en todos ellos, sean pesqueros o deportivos se realizan labores de este tipo:

- Limpieza, con agua o vapor, uso de detergentes, desengrasantes, disolventes, etc.

- Decapado, repintado y barnizado de superficies en la obra muerta.

- Chorreo y repintado de los cascos, motores fueraborda, partes de la superestructura, tanques, etc.

- Instalación, reparación o sustitución de aparejos, de sistemas de conducción, de propulsión o de navegación, etc.

Esto implica, inevitablemente y en grado, que estas causas pueden ser muy diversas. La contaminación acústica y la generación de emanaciones gaseosas y de partículas sólidas constituidas por metales, plásticos, resinas, restos de pinturas, de antifoulings, suciedad, etc., que se añaden a los sedimentos, o en suspensión, o como flotantes, se suman al medio. Pero quizá, sobre todo, implica la utilización de numerosas sustancias líquidas o en vehículo líquido ajenas al medio y que acaban en

el mismo, como es el caso no sólo de anticorrosivos, antifouling y recubrimientos en general, sino también otros muchos residuos de aquellas actividades como taladrinas, grasas y sales.



Fotografía 7: Residuos tras una operación de limpieza de carena en el puerto de Marina de Santander (Camargo). Fuente: Autor.

Los antifouling, anticorrosivos y demás recubrimientos, de tipos muy diversos, se tienen en conjunto como la principal fuente de contaminación derivada de la conservación y reparación de embarcaciones (Organización Marítima Internacional, 1999). Tradicionalmente, los productos antifouling utilizados para combatir el desarrollo de algas en la obra viva de las embarcaciones llevan como ingrediente activo algún óxido de cobre, aparte de otros compuestos para mantener su toxicidad, con independencia del lugar del casco en que se utilicen u otros condicionantes. Si bien, se han ensayado diversas sustancias, incluyendo otros compuestos del mismo metal, en términos generales y con la excepción de ciertos compuestos de estaño, por lo general no han dado los resultados positivos.



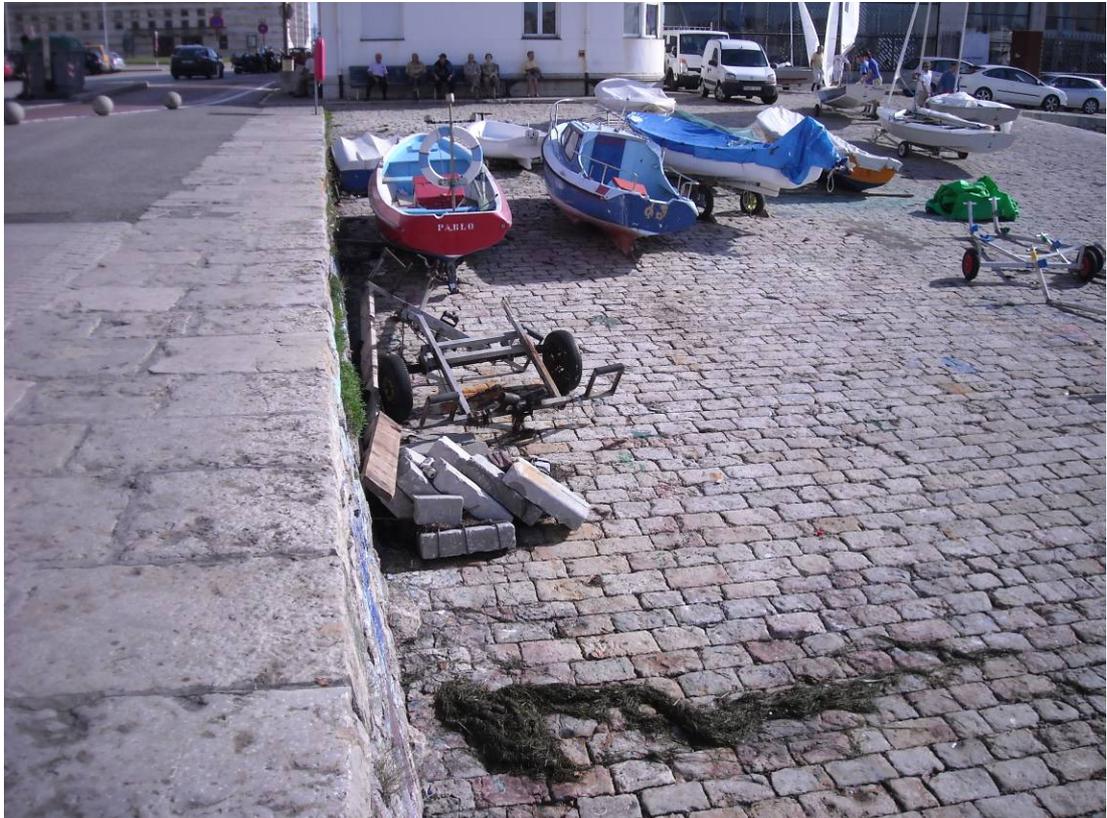
Fotografía 8: Diferentes productos empleados para la preparación de la carena de una embarcación de recreo en Marina de Santander (Camargo). En ambas fotografías puede apreciarse que las pruebas de pintura se realizan sobre la solera de la explanada de varada. Fuente: Autor.

En algunos casos, ello se ha debido a su menor efectividad, caso de muchos de los compuestos de cobre distintos de los óxidos o de los óxidos de cinc. En otros, la causa ha sido el mayor precio de esas sustancias y, sobre todo, los costes ambientales derivados de su uso. Algo semejante ocurre con diversos compuestos de plomo¹⁸: son efectivos, pero ambientalmente indeseables. También sucede que se dan ambos supuestos, caso de los compuestos de arsénico, que por una parte son poco efectivos si son inorgánicos y por otra tienen carácter tóxico y son bioacumulativos (Capo Martí, M. 2007).

Mención especial merecen los compuestos con estaño, ya que tienen propiedades que los hacen óptimos para la protección de los cascos: son eficaces y tienen una acción prolongada. La sustancia más utilizada es el tributilo de estaño pues, si se exceptúa su escasa efectividad ante ciertas

¹⁸ Trifeniles, tributilos, etc.

algas pardas, se ha mostrado superior a la de los compuestos de cobre. Por ello, es frecuente que se utilice en unión con óxidos de cobre.



Fotografía 9: Rampa Oeste de Puertochico, junto a la oficina de Prácticos del Puerto de Santander, lugar habitual de reparación de pequeñas embarcaciones. Fuente: Autor.

No obstante, tras haber sido ampliamente utilizado en la segunda mitad del siglo XX, el tributilo de estaño ha pasado a ser considerado como ambientalmente inaceptable¹⁹. Fue primeramente prohibido en algunos países para embarcaciones de menos de veinticinco metros de eslora, prohibición que fue adoptada después para toda la Unión Europea (Directiva 89/677/CEE). Está prevista su desaparición total para cualquier tipo de buque a corto plazo.

Por otra parte, los residuos de **decapado** contienen con frecuencia, cadmio, cromo, plomo, manganeso, níquel, cobalto, zinc, molibdeno u otros metales, así como fluoruros, fosfatos, cianuros, fenoles y sulfitos.

¹⁹ No sólo la aplicación de antifoulings con tributilo de estaño, sino la mera presencia en el casco.

6.2.5. DESGUACE DE EMBARCACIONES Y RECICLAJE DE MATERIALES.

Esta actividad, que ha sido muy importante en la Bahía de Santander en el pasado, al ocupar mucha mano de obra, se lleva a cabo en la actualidad sobre todo en países con costes salariales bajos o muy bajos. Por otra parte, es frecuente que muchas embarcaciones pesqueras o deportivas, al final de su vida útil sean hundidas en mar abierto.



Fotografía 10: Puerto de San Vicente de la Barquera, en el que se aprecia “material náutico” de desguace, ocupando espacio en la explanada. Fuente: Autor.

No obstante, aún se llevan a cabo importantes labores de este tipo, particularmente en Raos y las embarcaciones contienen numerosos materiales contaminantes en el material que les compone²⁰, en las pinturas y recubrimientos, en los motores y tanques de combustible²¹, en sus bodegas, etc.

No es extraño que de no tomarse precauciones apropiadas el desmantelamiento pueda traducirse en costes ambientales de importancia, ni que se trabaje sobre un convenio internacional que regule los desguaces

²⁰ Incluso asbestos, para aislamientos ignífugos.

para garantizar tanto la seguridad y salud de los trabajadores de los desguaces como la minoración y el control de los impactos ambientales que se puedan causar (Martínez Palacios, F. y Martínez Tamargo, V. 2009). Tampoco que gane terreno el concepto de “**buque verde**”, que a semejanza de lo que se pretende también para los vehículos privados sería el que estaría construido para que durante su construcción, utilización y desmantelamiento diera lugar a un coste ambiental mínimo.

6.2.6. DRAGADOS.

Se utiliza este término en sentido amplio, de tal forma que se incluyen aquí diversas operaciones destinadas al mantenimiento en buen estado de los fondos de las dársenas (Moreno Gutiérrez, J. 1998), a la conservación de la profundidad y de la amplitud del canal de acceso y otras obras que afectan a los fondos o que están ligadas a ellas, como la disposición de los materiales dragados. Incluso sin la pretensión de ganar cota de calado, se trata de labores imprescindibles (Lazarev, N. F. 1976), ya que de forma natural, con mayor o menor rapidez, los puertos tienden a acumular sedimentos, acarreados por las corrientes litorales o de marea, traídos por los aportes fluviales, arrastrados por el viento, aportados con las aguas residuales urbanas (Qasim, S. R. 1994) o pluviales, procedentes del tráfico de graneles, etc.

En el caso de los puertos de la Comunidad Autónoma de Cantabria es más una mera labor de limpieza y conservación de la cota de calado para favorecer la navegabilidad en la zona de atraque.

En el caso de los puertos comerciales, se trata de una de las actividades que genera los problemas ambientales de mayor importancia (Hargrave, 1991; Shaw, 1994; Clemens *et al.*, 2001; Sturm, 2001; Saldarriaga y Machado, 2002; Mellado, 2004). En términos generales, los efectos inmediatos más importantes de los dragados son:

²¹ Aceites, lodos, etc.

- Los cambios en la profundidad, las formas y la naturaleza de los fondos, que influyen sobre el régimen de las corrientes, la circulación y retención de contaminantes, la capacidad para sostener unas u otras formas de vida, etc.

- La mayor turbiedad de las aguas, que no queda restringida a las zonas y momentos de operación, sino que en ausencia de medidas eficaces puede extenderse amplia y persistentemente sobre los fondos cercanos;

- La liberación de contaminantes (metales pesados, biocidas diversos, residuos de la descomposición anaerobia de materia orgánica, etc.) que de estar inicialmente retenidos o generados en los sedimentos pasan a las aguas y a lugares cercanos.

- Los cambios debidos al depósito de los sedimentos removilizados por las operaciones, que pueden aterrar ecosistemas bentónicos más o menos valiosos, en ocasiones a distancias considerables.

Una vez realizado un dragado, la mayor profundidad, los cambios de gradiente, la modificación de las relaciones entre anchura y profundidad, etc., se traducen en cambios en los flujos de marea, en la capacidad de erosión y de transporte de sedimentos, etc., no solo en las áreas en las que se ha operado, sino también en otras, quizá muy alejadas. Hasta que el sistema alcance espontáneamente un cierto equilibrio, lo que puede precisar meses o incluso años, son de esperar cambios diversos en la topografía de los fondos.

Con mucha frecuencia, sobre todo en el interior de los puertos pero también en otros lugares, como es el caso de la Bahía de Santander, los materiales dragados pueden estar contaminados. Entonces, aparece otro

problema de importancia, la liberación de contaminantes a la columna de agua, con riesgo de introducción en las cadenas tróficas de metales pesados, biocidas u otras sustancias indeseables, bien en los lugares de dragado, en los de vertido o en otros a causa del transporte por las corrientes o la mera difusión (Müller, J., Kraus. J. y Berger, M. 1946).



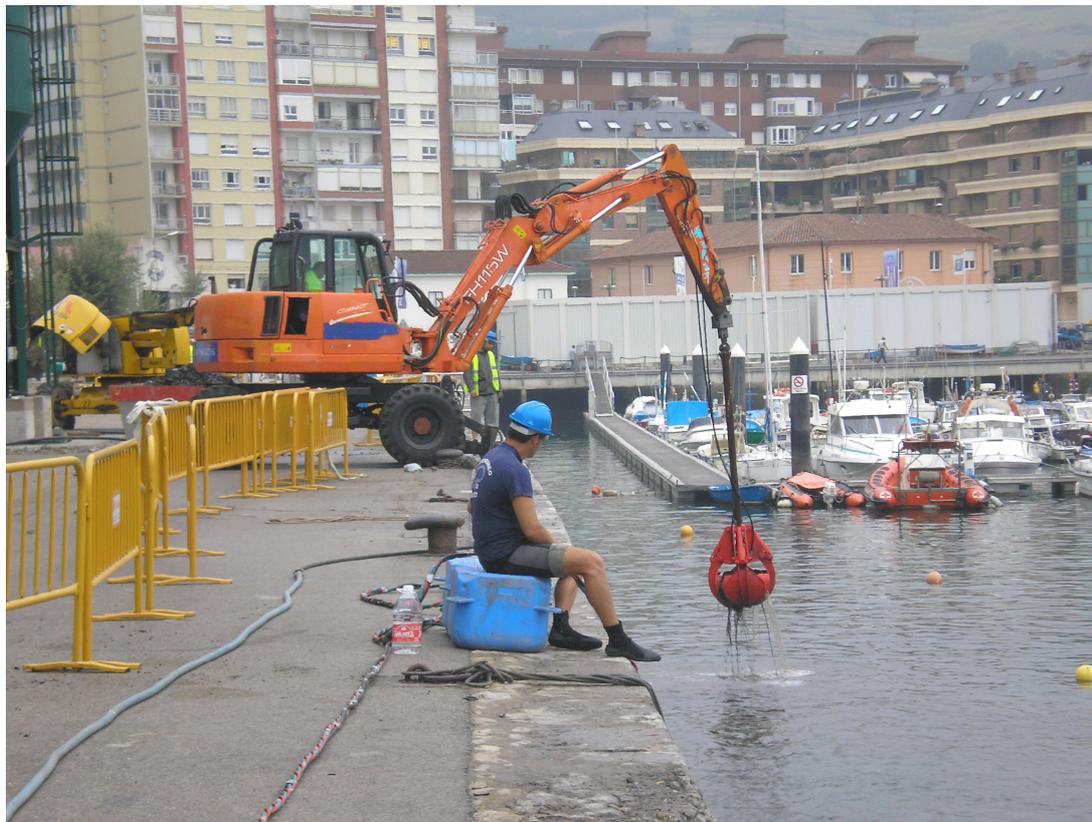
Fotografía 11: Lecho de la dársena del puerto de Castro Urdiales, donde se aprecia gran cantidad de residuos que hay que dragar (limpiar). Fuente: Autor.

Por otra parte, la deposición de los materiales dragados se traduce también en otros cambios, cuyo significado ambiental puede ser muy variable según el volumen de materiales, la extensión afectada y, sobre todo, las características del lugar elegido para ello. En general, para desechar los materiales dragados se recurre a utilizarlos como material de relleno²², en la creación de playas artificiales, para suplir pérdida de arena en las playas²³ o

²² Como se ha hecho en Raos.

²³ Circunstancia que ocurre en la Ría de San Vicente de la Barquera o en la playa Los Peligros-La Magdalena

para verterlos sobre fondos a una cierta distancia de la costa²⁴.



Fotografía 12: Labores de limpieza y dragado, de la dársena del puerto autonómico de Laredo. Fuente: Autor.

Es importante señalar que los convenios internacionales sobre navegación marítima no entran a fondo en las consecuencias de estas labores de dragado. Por otra parte, la legislación de la Unión Europea deja al criterio de los Estados miembros que dichas labores estén sujetas a procedimientos de evaluación de impacto ambiental.

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), ha elaborado unas directrices para la gestión de los materiales dragados en virtud de su grado de contaminación, que obligan a basar la evaluación de impacto ambiental en análisis de los materiales a dragar, a justificar la opción elegida para el desecho o utilización de los mismos y a establecer un programa de vigilancia ambiental durante las labores para

²⁴ En el caso del Puerto de Santander, más allá del islote de Mouro.

evitar que los materiales dragados tengan una peligrosidad mayor que la inicialmente estimada.



Fotografía 13: Playa de la Magdalena (Santander) rellena con arena dragada. Fuente: Autor.

Por su parte Puertos del Estado tiene las publicaciones R.O.M²⁵ para servir de recomendación para la consideración de acciones en la redacción de proyectos de obra civil en zonas marítimas o fluviales, o en otra pertenencia del dominio público marítimo terrestre, siempre que permanezcan en situación estacionaria en fase de servicio, tanto en forma fija como flotante.

El desarrollo del marco normativo de la Unión Europea se hará en línea con estas directrices del CEDEX: gestión de los materiales dragados

²⁵ El 'Programa Normativo Recomendación de Obras Marítimas (R.O.M.) se inicio en 1987 por parte de Puertos del Estado y permanece actualizado cada año con la ayuda de técnicos expertos adscritos a diversas entidades colaboradoras del sector portuario públicas y privadas.

en función de su contenido en contaminantes, estandarización de los procedimientos de vigilancia ambiental durante el dragado y la gestión de los materiales dragados, etc.

Cabe esperar que en el futuro se hagan más intensas las presiones para limitar los dragados y sus consecuencias. Resulta obvio que, ante un panorama de este tipo es deseable que, aparte de poner en marcha medidas que minoren los aportes de sedimentos a los puertos, se generalicen métodos y técnicas para la mitigación de los impactos ocasionados por los dragados, como son las que se indican a continuación:

- La utilización de equipos de dragado preparados para un mejor control de la contaminación: tanques herméticos para los materiales dragados, cortinas de geotextiles para retener a las partículas de menor tamaño de grano y evitar que la turbidez se extienda fuera de la zona de operación, etc.
- La utilización de gánguiles cuyas pérdidas durante el transporte de los materiales dragados hasta los puntos de descarga sean mínimas.
- El dragado selectivo, de tal forma que los materiales seriamente contaminados²⁶ sean extraídos y gestionados separadamente.
- La gestión específica de los materiales de dragado seriamente contaminados, que podrían ser inertizados, encapsulados en vertederos o en recintos estancos bajo futuros muelles, etc.
- El seguimiento continuo de la calidad de las aguas, tanto en los puntos de extracción como en los de vertido.

²⁶ Por lo común, no más del orden del 10 % del total.

- El seguimiento de los posibles impactos en lugares sensibles del litoral: estuarios en general, playas, ecosistemas frágiles o valiosos, sea en la costa o bajo las aguas del mar.

Hay que señalar la convicción de que, si no puede evitarse la sedimentación en los puertos sí puede, en cambio, minorarse esta. Medidas como evitar que pluviales²⁷ lleguen a desembocar en puertos o en sus inmediaciones, controlar la escorrentía en los muelles, adecuar la carga y descarga de graneles, son absolutamente necesarias. También es posible y deseable proceder con respecto a los contaminantes que puedan llegar a los sedimentos, para lo que se antoja necesario evitar o controlar el vertido en los puertos o en sus inmediaciones de cualquier tipo de residuo procedente de las embarcaciones o de su reparación, así como los de carácter industrial en general.

6.2.7. AGUAS RESIDUALES Y DE ESCORRENTÍA URBANA.

Si en un principio, como se ha reseñado con anterioridad, la preocupación por la calidad de las aguas se ha centrado en la contaminación por hidrocarburos, en la actualidad se basa en el contenido en un amplio conjunto de sustancias y en diversos parámetros físico-químicos, así como en la existencia de microorganismos patógenos, el contenido en materia orgánica, la temperatura, el contenido en solutos, la transparencia o la abundancia de oxígeno disuelto.

En este contexto, conviene resaltar que las aguas residuales son una de las fuentes de contaminantes (Qasim, S. R. 1994) más comunes en los pequeños puertos, ya que no sólo con frecuencia proceden de vertidos urbanos sino también de las mismas embarcaciones. En general, la preocupación se ha centrado en la posible llegada de fecales y por consiguiente en la posible contaminación microbiológica, por lo que

²⁷ Con mayor motivo aguas residuales urbanas.

tradicionalmente se asocia el nivel de contaminación con aguas residuales a la concentración de ciertas bacterias (Tchobanoglous, G. y Burton, F. L. 1995). No obstante, otros problemas son posibles también, en especial en recintos con escasos intercambios de agua, por una parte, exceso de materia orgánica, escasez de oxígeno disuelto y demasía de nutrientes. Por otra parte, aporte de sustancias tóxicas procedentes de industrias y talleres, abundancia de flotantes, etc. En algunos casos, también puede darse una contaminación térmica siendo, esta una de las circunstancias que más importancia reviste en las zonas de atraque de los puertos deportivos, por la concentración de motorizaciones marinas.

Es obvio que los efectos están estrechamente ligados con las condiciones del medio, en especial con la capacidad de dilución. Por otra parte, existen diversos procesos naturales capaces de mitigarlos o hacerlos desaparecer, como son el flujo y reflujo producidos por las mareas, la agitación del medio²⁸ que favorece la oxigenación, la acción microbiciada de los rayos solares, la salinidad propia de las aguas o la acción de otros microorganismos. Solo vertidos cuantiosos y repetitivos dan lugar a efectos permanentes de gravedad, con afecciones permanentes a los seres vivos, alteración grave de sistemas naturales, pérdida de hábitats, eliminación o rarificación de especies, obstaculización de migraciones, etc.

Como también es obvio, el tipo de contaminación a que puedan dar lugar estos vertidos y la gravedad de los problemas que causen depende no sólo del volumen de aguas residuales y de su misma naturaleza, sino también, de forma muy destacada, del grado de tratamiento a que hayan sido sometidos los vertidos (Qasim, 1994; Tchobanoglous y Burton, 1995; Hernández Muñoz et al., 1966; Álvarez, 1996; Hernández Muñoz, 2001).

Los efectos más preocupantes de las aguas sin depurar son los debidos a la contaminación con microorganismos, ya que muchos de ellos pueden ser patógenos; y a la materia orgánica, que no sólo permite la

²⁸ Oleaje, corrientes, etc.

pervivencia y desarrollo de tales microorganismos, sino que da lugar a una demanda de oxígeno disuelto que puede hacer que el medio receptor no tenga condiciones adecuadas para el desarrollo de diversos seres vivos. No obstante, en el medio portuario, la desoxigenación y la creación de condiciones anaerobias sólo suele darse en fondos en los que se acumulen lodos ricos en materia orgánica. Por otra parte, la eutrofización artificial, consecuencia de un elevado contenido en nutrientes, sobre todo nitrógeno y fosfatos, es también rara y sólo llega a darse en espacios casi cerrados, con escasa renovación de aguas. Sí son, en cambio, relativamente comunes, otros efectos, como incremento de la carga sólida, turbiedad u olores impropios.

En cuanto a las aguas depuradas, no todas están razonablemente limpias de contaminación (Kiely, 1999; Nebel y Wrigth, 1999; Davis y Cornwell, 2008). Incluso las que se vierten con una calidad propia de las que han sido sometidas a tratamientos secundarios contienen cantidades altas de nitratos y fosfatos, cuya influencia en los puertos sería preciso valorar. El enriquecimiento en nutrientes, que puede ser deseable en muchos casos, puede también provocar efectos negativos, incluso sin alcanzar a una eutrofización, como se ha indicado poco probable salvo en espacios con muy escaso intercambio de aguas con el exterior.

Por otra parte, estos vertidos están constituidos por lo general por aguas con un bajo contenido en cloruros, por lo que pueden causar daños al interferir en los procesos osmóticos y deteriorar las funciones vitales de los organismos acuáticos. Mucho antes de llegar a la muerte de los mismos, se producen otros efectos, como menor crecimiento o fallos en la reproducción. Los daños más notables se dan en caso de cambios bruscos en el contenido en cloruros o de variaciones de consideración repetidas. Además, producen efectos sobre la capacidad de intercambio de iones en los sedimentos, sobre la floculación de partículas, etc.

Por todo esto, y porque la carga microbiana puede aún ser alta,

destaca por importancia la capacidad de dilución, la salinidad, la exposición a los rayos ultravioleta de la luz solar, la turbidez, el grado de agitación y otras condiciones del medio receptor (Lucas Salas, 2006; Davis y Cornwell, 2008). En el caso de aguas que hayan recibido tratamientos complementarios para eliminar patógenos, pueden contener sustancias indeseables, aunque por lo general en concentraciones muy bajas. Así, el tratamiento con cloro, muy común, destruye bacterias y virus, pero puede dar lugar a tetracloruro de carbono, trihalometanos y cloroformo.



Fotografía 14: A la derecha, alcantarilla en la carretera de entrada; nótese la salida del colector (fotografía de la izquierda) directo al mar, en la zona de los atraques de las embarcaciones en Marina de Santander (Camargo). Fuente: Autor.

En particular, la proporción de aguas de escorrentía urbana, constituidas por lo general mayoritariamente por pluviales (como las procedentes del entorno de autovías y carreteras), es un importante dato a tener en cuenta, tal como se muestra en la Fotografía 14. Si se vierten sin mezcla de otras de distinta procedencia, suelen tener una calidad aceptable, pero también pueden llevar cantidades importantes de distintos tipos de contaminantes (Meltm, 1989; Valiron y Tabuchi, 1992; Qasim, 1994; Hernández Muñoz, 2001; Frutos, 2001). Aunque justamente puedan preocupar restos de aceites minerales o sustancias procedentes de los escapes de los vehículos, incluso metales pesados, el contaminante más preocupante es en realidad la carga sólida, capaz de incrementar la turbiedad de las aguas y de contribuir a la sedimentación en los puertos. En todo caso, se da la circunstancia de que al verterse en las aguas saladas o salobres de una dársena o de un estuario, por lo general más densas, estos

vertidos afloran a superficie, al menos en parte y durante un cierto tiempo, por lo que pueden ser llevados a otros lugares no solamente según las corrientes de marea, sino también en direcciones distintas a causa de la influencia de los vientos.

Por otra parte, los vertidos de aguas urbanas, aunque se trate solamente de pluviales, llevan consigo una importante carga de sustancias disueltas, de sedimentos y de flotantes, los dos últimos a veces en cantidades muy considerables, sobre todo con ocasiones de precipitaciones extraordinarias.

6.2.8. VERTIDOS INDUSTRIALES.

Se trata de un amplio y heterogéneo conjunto de sustancias, de composición y propiedades físicas muy variable (Sawyer et al., 1994; AENOR, 1998; Dasgupta, 1998; Smith, 1999) y por lo tanto también con toxicidad, movilidad, acción a través de las cadenas tróficas, capacidad de bioacumulación, persistencia en los ecosistemas, nivel de retención por los sedimentos, etc., muy diversas (Nebel y Wrigth, 1999; Spiro y Stigliani, 2003; Davis y Cornwell, 2008).

La **industria alimentaria**²⁹ además de materia orgánica, en cantidades y con características muy variables según el tipo de industria, puede hacer llegar a las aguas detergentes, colorantes y otros aditivos, hormonas de crecimiento, antibióticos y diversos fármacos, nitritos, nitratos y otras sales, así como diferentes sustancias, incluso metales pesados. La localidad de Santoña (Villasante Colina, C. 1996) a causa de las aguas residuales de la industria conservera, es quizá la particularidad más significativa (Lozano Paz, 2006) en la Comunidad Autónoma de Cantabria. Por otra parte, además de los evacuados en los puertos o en sus proximidades, pueden llegar al entorno de muchos de los puertos residuos

²⁹ Conserveras, mataderos, lonjas de pescado, salas de despiece, envasadoras, lactarias, etc.

vertidos a corrientes fluviales o en rías y estuarios.



Fotografía 15: Desde la playa de La Ribera (Suances) al fondo Cuchía, desemboca el Saja-Besaya con gran cantidad de contaminantes. Fuente: Autor.

La **industria metalúrgica**, en la que se incluyen en la Comunidad Autónoma de Cantabria un gran número de pequeños talleres repartidos por cualquier municipio de la zona costera, cuenta también con plantas de mediano tamaño, tanto a lo largo del eje del Besaya³⁰ como en el entorno de la Bahía de Santander.

En las instalaciones de mayor tamaño, es frecuente que la contaminación se deba a escapes o averías y con frecuencia que acompañe inadvertidamente a las aguas de refrigeración (sobre contaminación térmica, véase más adelante). Aunque los episodios contaminantes pueden ser de índole muy variable, es de temer la incorporación al medio de sustancias que provoquen profundos cambios en el pH de las aguas, restos de combustibles y aceites minerales, taladrinas y otros derivados del petróleo, metales pesados, óxidos férricos y ferrosos, sedimentos y partículas en suspensión, aparte de contaminación con óxidos de carbono, de nitrógeno o

³⁰ Torrelavega – Los Corrales de Buelna.

de azufre.

Gran parte de la contaminación causada por la industria metalúrgica está relacionada con el tratamiento de superficies. El decapado da lugar a residuos que con frecuencia contienen mercurio, cadmio, cromo, plomo, manganeso, níquel, cobalto, zinc, molibdeno u otros metales, así como fluoruros, fosfatos, cianuros, fenoles y sulfitos. Los procesos electrolíticos dan lugar a aguas altamente contaminadas con cromo, níquel, plomo, estaño, cobre, zinc, hierro, aluminio u otros metales, cianuros, fósforo, fluoruros o arsénico. Las aguas residuales de anodizados pueden contener cromo, cadmio, zinc, cobre, estaño, aluminio, cianuros, fósforo, fluoruros, boratos, oxalatos, acetatos y otras sustancias. Otros procesos metalúrgicos dan lugar a formas de contaminación más o menos parecidas. Algunos de los contaminantes liberados a la atmósfera pueden alcanzar las aguas fluviales o costeras, como es el caso del mercurio emitido en los procesos electrolíticos.

La **industria química** ha dado lugar en el pasado importantes fuentes de contaminación atmosférica o de las aguas, en particular en el estuario del Saja-Besaya. En la actualidad, es de temer que, los vertidos líquidos de estas industrias puedan llevar amoníaco, sulfuros, cianuros, arsénico o metales pesados como zinc, plomo, níquel, cromo, cobre, etc. Alguna industria cuenta con emisario hasta la costa, fuera del estuario.

Las aguas residuales de la **industria petroquímica** pueden contener hidrocarburos, fenoles, compuestos de azufre, cloruros, mercaptanos y cianuros. Otras sustancias comunes son restos de aceites minerales y alquitranes, hidrocarburos clorados, glicol, hidróxido sódico, acetona, aldehídos y formaldehídos, metanol y otra variada gama de sustancias, que incluye también metales pesados y sustancias que dan carácter ácido. Tras los tratamientos, aún puede haber cloruros cálcico y sódico, compuestos de azufre (que suelen ser los contaminantes inorgánicos más significativos) y compuestos orgánicos. Por otra parte, la descarga de

hidrocarburos y el tránsito de productos elaborados puede también dar lugar a contaminación con hidrocarburos líquidos, con vapores orgánicos volátiles (COV'S) y con aerosoles.

Los vertidos de alguna **industria “papelera”** (de pasta celulósica) han sido importante fuente de contaminación en la ría de Suances o del Saja-Besaya, ya que originaban una elevada demanda de oxígeno en el agua³¹ y unas características organolépticas detestables (olor, color, espumas, etc.). Además de materia orgánica y “lejías”, los residuos debían contener un amplio rango de contaminantes: fenoles, aminos cuaternarios, metilmercaptano, acetona, metanol, ácido sulfhídrico, hidrosulfito de zinc, etc. Con motivo de las descargas, se llegaron a producir bruscas elevaciones de la demanda biológica de oxígeno en las aguas, con la consiguiente mortandad de peces, pero en realidad el efecto de mayor gravedad ha sido y aún es, la profunda degradación durante décadas de la ría. Por otra parte, la contaminación atmosférica no quedaba restringida a la emisión de óxidos de carbono, azufre y nitrógeno, sino que daba lugar a olores desagradables y muy penetrantes. Desde hace años, la introducción de diversas técnicas³² ha permitido progresivas reducciones de la contaminación, de tal forma que los vertidos ya no dan lugar a brutales caídas de la demanda biológica de oxígeno, se han limitado los sólidos totales y se han llegado a controlar los olores.

Los residuos procedentes de las **industrias de electricidad y electrónica**, en el entorno de la Bahía de Santander, a la ría del Saja-Besaya, en la de Treto, pueden contener una gran variedad de sustancias contaminantes. Las más corrientes pueden ser hidrocarburos combustibles, lubricantes, taladrinas, aceites minerales en general, solventes, pinturas,

³¹ La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos que hay en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mg O₂/litro..

³² Recuperación de fibra y lejías, descortezado en seco, de blanqueo y de depuración de aguas.

cianuros, fluoruros, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, mercurio y otros metales pesados, berilio y sus óxidos, etc.

En cuanto a las **industrias del plástico**³³, el efecto más común es la contaminación térmica debida a las aguas de refrigeración (véase a continuación). Por otra parte, sus aguas de vertido pueden contener formaldehído, fenoles y fenolatos, aceites minerales, cromo, mercurio, zinc y otros metales pesados, benceno, cianuros, cresoles y ácidos³⁴, urea, melamina, resinas u otras substancias, generalmente en cantidades reducidas o muy reducidas.

La **contaminación térmica** es también propia de muchos vertidos industriales, y alcanza valores considerables cuando se trata de aguas de refrigeración. En general se conceptúa como una forma de contaminación de escasa incidencia sobre el medio ambiente, pero no solamente no siempre es así, sino que en ocasiones da lugar a impactos de importancia.

En efecto, en primer lugar, la mera elevación de temperatura produce otros cambios físicos en el ambiente, como caída en el oxígeno disuelto o la disminución de la capacidad de disolución de carbonatos, que influyen de diversas formas sobre los seres vivos. Los efectos son tanto más acusados cuanto mayor sea la elevación de la temperatura, se notan tanto más cuanto más cerrado sea el recinto al que se vierte y en caso de espacios abiertos disminuyen exponencialmente con la distancia al punto de vertido.

Por otra parte, el mantenimiento en buen estado de intercambiadores de calor, conducciones y desagües pasa inevitablemente por mantener a raya la formación de costras salinas en su interior. Se trata generalmente de costras constituidas por precipitados de carbonato cálcico, en ocasiones con carbonato magnésico, por lo que se forman cuando la

³³ Plásticos, elastoplásticos, resinas y fibras sintéticas.

³⁴ Clorhídrico, dibásico aromático, dibásico insaturado, láuricos.

temperatura se eleva³⁵, cuando desciende la presión y con ocasión de mezclas de aguas con distintos contenidos salinos. Se combaten mediante la adición de acidificantes, lo que da lugar a que los vertidos tengan pH bajos o muy bajos.

Los vertidos con carácter ácido, sea éste debido a acidificación o a su propia naturaleza, dan lugar a altas tasas de corrosión en los metales. Para evitarlo, se añaden preparados con polifosfatos, persulfatos, ferrocianuros, cloratos u otras sustancias que impiden o ralentizan tal efecto, pero que influyen negativamente sobre la calidad de las aguas, llegando, por ejemplo, a incrementar el contenido en cobre, zinc u otros metales pesados.

Entre los cambios en el equilibrio de los ecosistemas provocados por la elevación de la temperatura del agua se incluye a grandes rasgos la simplificación de los mismos. Esto se traduce, entre otros extremos, en que ciertas especies se ven favorecidas cuando las nuevas condiciones son propicias para ellas y negativas para otras con las que habitualmente compiten de alguna forma. Por ello, es habitual que en el entorno de los puntos de vertido se desarrollen colonias o asociaciones constituidas por ejemplares de las especies “favorecidas”.

Consecuentemente con lo anterior, resulta habitual que alguna o algunas de esas especies “favorecidas” se desarrollen incluso en el interior de las conducciones de desagüe, dando lugar a incrustaciones, favoreciendo el desarrollo de depósitos, etc., que no sólo producen pérdidas de carga y dificultan la circulación de líquidos, sino que incluso pueden llegar a inutilizar tales desagües.

Para evitarlo, puede utilizarse toda una serie de procedimientos, unos considerados en general como poco agresivos para el medio ambiente

³⁵ No cuando cae, como en el caso de otras sales.

pero onerosos o de eficacia restringida³⁶ y otros, en cambio, capaces de provocar efectos de marcada importancia en el medio ambiente debido a las sustancias o energía que se vierten, como son:

- Tratamientos con oxidantes: cloro, bromo, ozono, permanganato potásico, etc.
- Operaciones con sustancias tóxicas: compuestos de cobre, estaño, arsénico, clorofenoles, etc.
- Elevaciones marcadas de la temperatura, por encima de los 50º C.
- Tratamientos radiactivos (rayos gamma).

En la actualidad, los procedimientos más utilizados son el tratamiento mediante la adición de hipocloritos a los vertidos y la generación de cloro gaseoso, a partir del mismo agua del mar mediante electrólisis. Estos procedimientos que resultan muy eficaces contra los microorganismos, moluscos y otros invertebrados responsables de la formación de incrustaciones o capaces de desarrollar colonias en los desagües de aguas de refrigeración.

Los **derrames ocasionales de las mercancías líquidas** que pasan por los puertos se incluyen con los “**vertidos industriales**” por razones prácticas (Merino, L., Rodríguez, J. J. y Cabria, D. 1994). Aparte de los productos petrolíferos y sus derivados, a que se ha hecho mención con anterioridad, habría que incluir aquí los constituidos por grasas y aceites, así como los productos químicos líquidos o que por ser solubles llegan a las aguas portuarias y se mezclan fácilmente con ellas, afectando a los ecosistemas próximos.

³⁶ Limpieza mecánica, ultrasonidos, variaciones en la intensidad de los vertidos, etc.



Fotografía 16: Río Saja a su paso por Barreda, cargado de contaminantes. Fuente: Autor.

6.2.9. VERTIDOS AGROGANADEROS.

La posibilidad de que existan **focos de contaminación agroganadera** importantes se ha multiplicado progresivamente en la Comunidad Autónoma de Cantabria a lo largo de las últimas décadas, pues se ha tendido a explotaciones más intensivas, con estabulaciones más grandes, mayor número de animales, utilización generalizada de piensos, etc. De no estar debidamente gestionadas, estas explotaciones pueden llevar al medio, en primer lugar, cantidades importantes de materia orgánica sin descomponer³⁷ y contaminación microbiológica.

Es importante recordar, en primer lugar, que en términos comparativos, los vertidos procedentes de explotaciones ganaderas tienen una demanda biológica de oxígeno mucho más elevada que los de aguas residuales urbanas, puesto que son mucho más ricos en materia orgánica

³⁷ Por lo tanto compuestos de nitrógeno, fósforo y potasio, así como sales de azufre, calcio y magnesio.

que éstas, ya que en los domicilios se consume un volumen de agua considerable con fines estrictamente higiénicos.

En segundo lugar, las aguas residuales de las instalaciones ganaderas no están exentas de otros contaminantes, pues además de materia orgánica y sus secuelas suelen llevar también residuos de productos sanitarios o farmacológicos, aceites minerales y gasóleo.



Fotografía 17: Explotación agraria en Rumoroso, con abundante estiércol en la zona de estabulación.
Fuente: Autor.

No obstante, no tengo noticias de que algún puerto pesquero o deportivo haya sido afectado recientemente por aguas residuales procedente de grandes explotaciones ganaderas. Por otra parte, cabe recordar que aunque subsista el riesgo, las labores de control de este tipo de contaminación escapan a la gestión portuaria.

La **contaminación difusa de origen agroganadero**, propia sobre todo del ganado suelto o de las pequeñas explotaciones ganaderas, no ha

desaparecido. Sin embargo, como es bien sabido, en la Comunidad Autónoma de Cantabria, los residuos de las explotaciones de vacuno se han aplicado en el pasado y se aplican en la actualidad habitualmente sobre el terreno con el fin de mejorar la textura y proporcionar nutrientes a los suelos, amén de eliminar un desecho. Se trata de una práctica ancestral que en general resulta deseable desde un punto de vista ambiental, pero que junto con las deyecciones del ganado suelto da lugar a una contaminación difusa de las aguas en el terreno, en los acuíferos y en los cursos de aguas, especialmente en la franja costera.

Aunque los vertidos de las pequeñas explotaciones hayan desaparecido en el entorno de los puertos pesqueros y deportivos, la contaminación difusa no sólo persiste en la actualidad sino que parece indudable que no lo hará durante mucho tiempo. Esto es así debido al aporte de sales minerales, sobre todo de nitritos y nitratos, procedentes del lavado de praderas, de infiltraciones a los cursos de agua a través del suelo, de acumulaciones de materia orgánica cercanas a los cursos de agua, de sedimentos en zonas marismas, etc. Esta contaminación difusa, aunque de alcance moderado, puede contribuir localmente a los efectos negativos de otras fuentes de contaminación, como pueden ser otros residuos agrícolas o forestales, los desechos de la industria alimentaria, los lodos de depuración u otros residuos ricos en materia orgánica.

En cuanto al **abonado “químico”**, se basa en aportes de sales de nitrógeno, potasio y fósforo. El nitrógeno es el nutriente más móvil, pues las sustancias utilizadas en los abonos son solubles o muy solubles. En los suelos, por acción de microorganismos, todas ellas tienden a ser convertidas en nitratos, que quedan en solución y que son extraordinariamente móviles. Los fertilizantes nitrogenados de acción controlada, derivados de la urea, son más resistentes a la acción bacteriana y a las reacciones químicas en los suelos, por lo que liberan el nitrógeno de forma más acorde con las necesidades de las plantas y las pérdidas de nitrógeno son menores. El aporte de potasio se hace con frecuencia en forma de cloruros, pero también

de otras formas³⁸. En cuanto al fósforo, es el elemento menos móvil de los tres, pues los fosfatos tienden a transformarse en los suelos en formas menos solubles; no obstante, ello no pasa de ser una regla general, pues por ejemplo en suelos con contenidos altos en materia orgánica la movilidad puede ser importante.

Aunque los movimientos de estos elementos en la biosfera son algo muy complejo, como consecuencia principal puede señalarse que dado que el abonado se hace con productos solubles o muy solubles ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, resulta inevitable que sean parcialmente lavados y se sumen a las aguas de escorrentía, a los cursos de agua, a los acuíferos subterráneos, a las rías y estuarios e incluso al mar abierto. En las aguas dulces, los efectos van desde una mera elevación en los niveles de tales nutrientes a la generación de una eutrofización artificial; en aguas más abiertas, este último efecto se produce muy raramente.

6.2.10. APORTES DE CONTAMINANTES POR VÍA ATMOSFÉRICA.

Las embarcaciones con sistema de propulsión autónoma y numerosas actividades portuarias o llevadas a cabo en las inmediaciones de los puertos emiten inevitablemente anhídrido carbónico, así como óxidos de azufre y de nitrógeno.

La emisión de partículas sólidas a la atmósfera puede ser considerable. En particular, la manipulación de carbón mineral y coques, de minerales metálicos y fertilizantes, de cemento u otros materiales de construcción, de cereales y harinas, de abonos o chatarra y de otras mercancías objeto habitual de transporte marítimo, genera una cantidad de partículas sólidas considerable (Silvestre Martí, E. 1993). De éstas, las de diámetro pequeño PM₁₀ o muy pequeño PM_{2,5} son las que justamente despiertan mayor preocupación, pues su persistencia en la atmósfera es prolongada y por lo tanto, son transportadas con facilidad a grandes

³⁸ Sulfato potásico, nitrato potásico, fosfatos potásicos, etc.

distancias según las condiciones meteorológicas.

Conviene señalar que las partículas suspendidas en el aire no sólo están sujetas a dilución, sino también a otros fenómenos, como la oxidación o la descomposición debida a la luz solar, como así mismo pueden reaccionar con la humedad atmosférica, con gases o con otras sustancias. Es decir, pueden tanto ser neutralizadas por procesos naturales, en todo o en parte, como generar nuevas formas de contaminación o agravar las ya existentes.

Una vez depositadas³⁹ bien en el agua, bien en la línea de costa o tierra adentro, las partículas dan lugar a problemas muy diversos, desde los simplemente estéticos a contaminación por metales pesados, desde problemas de agresividad química a agravamiento de enfermedades respiratorias de la población (Spiro, T. G. y Stigliani, W. M. 2003).

Por otra parte, pequeñas cantidades de aceites minerales y de combustibles pueden también ser liberadas en los ambientes portuarios en forma de aerosoles. Finalmente, con motivo de las operaciones de carga de combustible y de la manipulación de motores, por lo general en cantidades pequeñas pero de forma repetida, se emiten vapores orgánicos volátiles (COV'S⁴⁰).

³⁹ Como tales partículas o como sustancias derivadas, sólidas o líquidas.

⁴⁰ Los compuestos orgánicos son sustancias químicas que contienen carbono y se encuentran en todos los elementos vivos. Los compuestos orgánicos volátiles, a veces llamados VOC (por sus siglas en inglés), o COV (por sus siglas en español), se convierten fácilmente en vapores o gases. Junto con el carbono, contienen elementos como hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Los COV son liberados por la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón o gas natural. También se liberan por los disolventes, pinturas y otros productos empleados y almacenados en la casa y en los lugares de trabajo.



Fotografía 18: Industria del Besaya. Fuente: Autor.

Además, el viento puede aportar también contaminantes diversos desde el exterior de las zonas portuarias, como los procedentes del tráfico y de las calefacciones domésticas de zonas urbanas aledañas; de la actividad industrial próxima, o de otras de carácter agrícola, ganadero o forestal más o menos cercanas. Aunque su composición puede ser muy variable, los contaminantes más abundantes procedentes de estas fuentes son los terrígenos en general, las partículas sólidas derivadas de la construcción y de las actividades urbanas, los inquemados y los óxidos de carbono, azufre y nitrógeno.

6.3. CONSECUENCIAS DE LOS CONTAMINANTES MÁS COMUNES EN LOS PUERTOS PESQUEROS Y DEPORTIVOS.

Como se ha expuesto al comienzo de este **Capítulo**, las actividades humanas producen cambios en el ambiente, los llamados efectos ambientales, que pueden ser discutidos e interpretados, pero que son algo que se produce o no y en una cierta medida. A continuación se resumen los

principales efectos ambientales generados por las actividades mencionadas en el apartado anterior. No está de más, recordar que llegar a determinar impactos ambientales implica necesariamente una valoración de los efectos (Cortés Posas, M. 1998), algo que siempre lleva consigo un cierto grado de subjetividad.

Por fortuna, muchos de los contaminantes que llegan a las aguas marinas desaparecen o son neutralizados de alguna manera: se diluyen hasta concentraciones inferiores a los niveles de toxicidad, son transportados a otros lugares, quizá muy lejanos, se suman a los sedimentos de los fondos, son asimilados, transformados o eliminados, por los seres vivos, etc. (CEPRECO, 2006). Desgraciadamente, en muchos casos se supera la capacidad de absorción-depuración del medio, sobre todo en ambientes en los que los intercambios de agua son limitados, como sucede en muchos puertos y en partes de rías y estuarios, allí donde los derrames y vertidos alcanzan volúmenes considerables o cuando están constituidos por sustancias particularmente tóxicas o no degradables por procesos naturales. Además, sustancias que han quedado apartadas momentáneamente de la dinámica vital pueden volver a ella (Craig, J. R.; Vaughan, D. J. y Skinner, B. J. 2007), caso de las que queden retenidas en sedimentos, siempre sujetos a una posible removilización, o bien, la misma actividad vital da lugar a la aparición de nuevas sustancias, algunas de las cuales pueden resultar tóxicas para otros organismos⁴¹.

6.3.1. HIDROCARBUROS (COMBUSTIBLES, ACEITES, TALADRINAS Y OTROS).

Durante muchos años, la mejora de las aguas portuarias y la contaminación marina debida a las embarcaciones se ha relacionado estrechamente con los vertidos de hidrocarburos. Desde que a partir de 1970 se buscó el control y se persiguió que las aguas de sentinas, los líquidos de lavados de tanques, etc., se vertieran directamente al mar, la

⁴¹ En algunos casos incluso para los mismos que las han producido.

atención se centró especialmente en los derrames accidentales que alcanzaban cierta magnitud (Ministerio de Fomento Subsecretaría, Dirección General de la Marina Mercante, 2003).

De hecho, aunque en la actualidad se concede la debida importancia a otros contaminantes, la experiencia muestra sobradamente el carácter recurrente de la contaminación por hidrocarburos⁴², también en los puertos pesqueros y deportivos. A las pequeñas pérdidas (CAMPSA, 1989), tan comunes como de muy difícil control, se pueden sumar tanto derrames fortuitos o debidos a colisiones u otros accidentes como vertidos conscientes, si bien se supone que éstos a pesar de su aparatosidad, representan menos del 10% de los vertidos totales de hidrocarburos.

Aunque la importancia de los efectos causados por estas pequeñas pérdidas no puede compararse ni a la de los derivados de los derrames subsiguientes a los grandes accidentes de navegación que en el pasado más han llamado la atención de los medios de comunicación y de la sociedad, ni a los vertidos a causa de operaciones como el lavado de tanques, unos y otros han permitido incrementar substancialmente nuestros conocimientos con respecto a la contaminación con hidrocarburos.

En términos generales puede señalarse que los daños de un vertido de hidrocarburos en un puerto o en una zona litoral dependen en primer lugar de la cantidad y de la naturaleza de la sustancia vertida. Por ejemplo, en el caso de pequeños vertidos aislados de hidrocarburos ligeros, los componentes más volátiles tienden a evaporarse, mientras que otros son descompuestos por bacterias con cierta rapidez. En cambio, otros hidrocarburos, como los alquitranes, son muy persistentes.

Además del volumen del vertido y del tipo de hidrocarburos, influyen poderosamente las características locales y las condiciones del momento, es decir, factores como la temperatura, los vientos, la intensidad del oleaje, las

⁴² Combustibles, aceites lubricantes, disolventes, taladrinas y otros derivados del petróleo.

corrientes, etc. También se ha señalado que la toxicidad suele resultar sobre todo de las sustancias que acompañen a los hidrocarburos (CAMPSA, 1985). Metales pesados, insecticidas, fungicidas, PCB⁴³ y productos antifouling pueden causar impactos muy importantes en la biota, mucho más que los mismos hidrocarburos (Moriarty, 1990; Spiro y Stigliani, 2003; Capo Martí, 2007; Silos, 2008).

Es de destacar que con frecuencia los daños producidos por los hidrocarburos en el medio no se deben tanto a la actividad química de estas sustancias como a sus efectos físicos (Seoanez, 2000; IMO, 2000, 2002; CEPRECO, 2006, 2006b; González Pillado y Michinel González, 2006; Silos, 2008). En especial, dado que se trata de materiales no miscibles con agua y con densidades inferiores a la unidad, estos pueden ser transportados por las corrientes a largas distancias. Cuanto más elevada sea su fluidez, mayor es la superficie que pueden cubrir, hasta el punto de bastar cinco litros de lubricante para cubrir 5.000 metros cuadrados de superficie de agua con una fina capa oleosa, lo que dificulta los intercambios gaseosos con la atmósfera y provoca dificultades para la respiración de muchos seres vivos. Por otra parte, en un medio con alto nivel de agitación, pueden emulsionarse o dispersarse, expandiendo la zona contaminada.

Se trata, además, de sustancias con una alta capacidad de adhesión, por lo que engloban partículas de cualquier tipo, se fijan a las rocas, a las algas y a los organismos de la costa, impregnan la piel o las plumas de diversos animales, etc., y dada su densidad es con frecuencia la línea de costa el tipo de paraje más afectado. El efecto es particularmente nocivo en el caso de las aves marinas, pues su plumaje pierde las propiedades aislantes con respecto a las aguas marinas o la temperatura, el peso impide volar u otros movimientos y en el caso de una impregnación

⁴³ Los **PCB**, policloruros de bifenilo, son compuestos muy estables en el medio natural. Al ser solubles en grasas, tienen gran movilidad en la biosfera y se encuentran en gran variedad de organismos en cualquier paraje contaminado, desde planctónicos a vertebrados superiores.

masiva se anula la oxigenación a través de la piel.

Los hidrocarburos se introducen en las cadenas alimenticias mediante mecanismos como la ingestión de algas o de animales que porten superficialmente residuos de con estas sustancias. Los procesos de bioacumulación a lo largo de las cadenas tróficas se conocen ya en profundidad (Zambonino Pulito, 1998; Smith y Smith, 2007; Capo Martí, 2007) y se sabe que la biomagnificación correspondiente da lugar a una toxicidad creciente que puede alcanzar al Hombre.

Como dato de especial interés puede señalarse que con carácter general, la recuperación de las comunidades biológicas tras un derrame, incluso de proporciones graves, es satisfactoria tras un lapso de tiempo suficiente, pero que los vertidos o derrames repetidos suelen tener efectos nefastos, sobre todo en zonas de marisma, pero también sobre rasas marinas u otros ambientes costeros. Cuando se da esta circunstancia, aún tras el cese de los vertidos, la recuperación es lenta y suelen producirse importantes cambios en la distribución de los fondos limosos debido a fenómenos de erosión y sedimentación, cambios que pueden alterar profundamente los ecosistemas. Los efectos más llamativos recaen, como se ha señalado, sobre las aves, pero los repercutidos sobre otros organismos⁴⁴ son igualmente graves. Los hidrocarburos de fracciones más pesadas son los más dañinos, pues se dispersan con mayor dificultad. También es de destacar que los biocidas de alta persistencia, como los organoclorados, se concentran en las capas de hidrocarburos (Baker, 1973; Wong, Lim y Nolen, 1997; González Pillado y Michinel González, 2006; CEPRECO, 2006b; Winter y Galván, 2007; Miguélez, 2007; Silos, 2008; Abascal, 2008; Bretón et al., 2009), con los efectos consiguientes.

En los puertos, estos vertidos tienen consecuencias tanto sobre a través de los ecosistemas, como sobre los bienes y las cosas. En el primer caso, a pesar de que las comunidades vivas ya hayan sufrido largamente la

⁴⁴ Moluscos, percebes, algas rojas, etc.

influencia del vertido de residuos y sustancias contaminantes durante décadas (o incluso centurias), tras un vertido de hidrocarburos de cierta magnitud se producen todavía afecciones a animales y plantas, sobre todo a los que viven fijos en márgenes y fondos.

Aunque los derrames consecuencia de accidentes (Seoanez Calvo, M. 2000) de importancia son los que reciben mayor atención, los pequeños vertidos derivados de accidentes menores que no son denunciados ni detectados o de vertidos ilegales no autorizados son mucho más comunes y no resultan inocuos, pues deterioran los ecosistemas marinos y de transición, afectan a las pesquerías, menoscaban al marisqueo, minoran la calidad de la atmósfera, deterioran la calidad turística de los lugares afectados, etc.

Esto es así, en primer lugar, porque aunque uno a uno los pequeños vertidos puedan carecer de verdadera importancia, su suma produce efectos considerables. En segundo, porque se trata de una contaminación que puede resultar casi permanente y que basta, por ejemplo, para que se desarrolle una delgada película en la superficie del agua, capaz de alterar las tasas de evaporación y de intercambio de gases con la atmósfera, aparte de que por ser fácilmente perceptible por la vista proporciona la imagen de un lugar contaminado, impropio para el baño y para otras actividades. Otros efectos, como los que repercuten sobre los organismos vivos, por ejemplo, sobre los que viven en los arenales o fijos a las rocas en la zona intermareal y sobre las puestas y los alevines son menos perceptibles, pero no por ello menos reales.

Por otra parte, los hidrocarburos no sólo afectan a la fauna y flora marinas o costeras, sino que dan lugar a costes de importancia para diversas actividades humanas, como puedan ser la pesca en sus diversas modalidades, el marisqueo, la acuicultura, el turismo o el simple ocio y disfrute de la población. No cabe duda de que aparte de medidas como prohibir vertidos, exigir determinados equipos en las embarcaciones, vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales, etc., el control de los residuos

con hidrocarburos y mezclas oleosas, como el de otras sustancias, pasa necesariamente por la existencia en los puertos de servicios e instalaciones que permitan una recogida eficaz, un transporte seguro y un tratamiento final de las mismas.

6.3.2. PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS, ANTIFOULING.

Cualquier superficie que se encuentra en contacto directo con el agua de mar, tiende a ser cubierta rápidamente por una biopelícula microbiológica, la cual sirve de asentamiento a macroorganismos. Esta biopelícula se conoce como biofouling y es el causante de problemas estructurales en las carenas de las embarcaciones deportivas, pesqueras, de la flotas mercantes y de las estructuras marinas de los puertos y las que marcan la señalización de estos a flote. La minoración del crecimiento de biofouling plantea un problema económico para los usuarios que disfrutan o trabajan en el medio marino.

Para evitar el incremento económico (Morán, F. 1995) así como la aceleración del deterioro de las estructuras que están en contacto con el agua de mar, se emplean desde muy antiguo diferentes tipos de protecciones (Eguía, E.; Trueba, A.; Río, B.; Girón, M. A. y Bielva, C. 2006). En los primeros tiempos de la navegación se utilizaron la cal, los fenicios empezaron a usar revestimientos de cobre de diferentes formas en las carenas de sus embarcaciones. Estos revestimientos de cobre se han utilizado hasta el siglo XVIII en las embarcaciones de madera. Con la aparición de plataformas navales en acero, se empezó a usar pinturas con compuestos de arsénico, mercurio y DDT⁴⁵ para revestir los cascos de los buques, como sistemas antiincrustantes. Estas pinturas en su composición tenían cobre, mercurio, arsénico y derivados organoestánicos⁴⁶, estos últimos se ha demostrado que son un gran perjuicio para los ecosistemas

⁴⁵ Diclorodifeniltricloroetano (DDT) es un plaguicida prohibido en la agricultura en los Estados Unidos desde 1973 y en la mayoría de los demás países.

⁴⁶ Compuestos orgánicos del estaño como el tributilestaño (TBT) y la trifeniltina (TPT)

marinos.

En las últimas décadas⁴⁷ la Organización Marítima Internacional, ha recomendado (Organización Marítima Internacional. 2003) a los gobiernos la prohibición del uso de tributilestaño en los buques de eslora inferior a 25 metros y se imponen restricciones en el proceso de lixiviación del tributilestaño, debido a ser inferior a 4 microgramos por cm²/día (Eguía, E.; Trueba, A.; Río, B.; Girón, M. A. y Bielva, C. 2006). Con esto, hay países que han tomado la decisión de prohibir el uso de antiincrustantes que contengan TBT como son el caso de Japón, Nueva Zelanda y Australia (Organización Marítima Internacional, 1999).

Los compuestos de estaño, son óptimos para la protección de los cascos de las embarcaciones, son sin embargo muy persistentes en el medio acuático. Se sabe que los tributilos, que no son solubles, se van depositando en los sedimentos y que debido a que pasan con facilidad las membranas biológicas se acumulan en moluscos y en la carne de diversas especies de peces, para los que puede llegar a ser altamente tóxico (Capo Martí, M. 2007). No obstante, faltan datos sobre posibles efectos sobre los seres humanos vía alimentación. Es también de destacar que los antifouling no han sido la única fuente de tributilo de estaño, pues este compuesto se sigue utilizando habitualmente en agricultura como base de fungicidas.

Parece muy necesario establecer algún tipo de control en puertos pesqueros y deportivos (Martín Pérez, F. J. 1995). En todo caso, el seguimiento de la concentración de estaño debe basarse en el análisis de sedimentos de los fondos (Moreno Gutiérrez, J. 1998) de las dársenas, especialmente si el intercambio de aguas con el exterior resulta ser especialmente pobre, la población de embarcaciones elevada y las labores de mantenimiento de los cascos se hacen habitualmente de forma artesanal.

⁴⁷ En la década de los setenta, la mayoría de los buques de navegación marítima habían revestido sus cascos con pinturas a base de TBT.

Asimismo, resultaría necesario hacer el seguimiento en puntos de los complejos portuarios cercanos a los lugares en los que se realicen labores de conservación, mantenimiento, desguace, etc., de embarcaciones⁴⁸. Finalmente, sería importante realizar tal seguimiento en relación con ecosistemas frágiles (Moriarty, F. 1990) o relacionados con especies de interés pesquero o marisquero situados en las inmediaciones⁴⁹. Hay que tener en cuenta, por una parte, que una degradación de las cadenas alimentarias termina por afectar a toda la comunidad, también a las formas de vida superiores; y por otra, que la existencia de compuestos de cobre o de estaño, en conjunción con otras sustancias⁵⁰ puede dar lugar a efectos sinérgicos de difícil previsión (NebeL, B: J. y Wright, R. T. 1999).

6.3.3. METALES PESADOS.

Están presentes de forma natural en las aguas de escorrentía que llegan a costa, aunque salvo raras excepciones en proporciones muy bajas. Proceden de las mismas rocas continentales, de las aguas subterráneas, de arrastres eólicos y de otras fuentes menores. Determinadas actividades humanas, como las mineras, las metalúrgicas, las petroquímicas, la combustión de carbón o de derivados del petróleo y por supuesto las de construcción, conservación y reparación de embarcaciones pueden aportar al medio cantidades importantes de metales pesados (Spiro y Stigliani, 2003; Boulding y Ginn, 2004).

Los metales pesados son, sin duda, de los contaminantes que causan mayor inquietud, pues incluso los biogénicos a ciertos niveles, esenciales para un organismo vivo, resultan tóxicos cuando se superan

⁴⁸ En el caso de la Comunidad Autónoma de Cantabria, el desguace de buques de Maliaño afecta directamente a los puertos, clubs náuticos y marinas deportivas del arco de la Bahía de Santander: Marina Pedreña (Marina de Cudeyo), Pedreña (Marina de Cudeyo), El Astillero, Marina de Santander (Camargo), dársena de Maliaño (Camargo), Barrio Pesquero y Puertochico (Santander).

⁴⁹ Caso del arco de la bahía de Santander.

⁵⁰ Por ejemplo, materia orgánica, hidrocarburos y por supuesto diversos metales pesados.

ciertas concentraciones en el agua (Capo Martí, M. 2007). Quizá los más preocupantes sean el mercurio, el plomo el cadmio, el arsénico, el cromo, el cinc, el cobre, el vanadio y el molibdeno. Aunque con frecuencia se hable de ellos como un conjunto, sin especificar particularidades, hay grandes diferencias de unos a otros: por ejemplo, el mercurio o el plomo son muy tóxicos, pero el cobre en general lo es mucho menos y el hierro no lo es. A pesar de los numerosos factores que influyen sobre la toxicidad, que se resumen rápidamente a continuación, puede afirmarse en general que concentraciones que parecen muy bajas, de partes por millón, de metales pesados son ya con frecuencia letales para los seres acuáticos y representan un grave riesgo para el Hombre.

Los metales pesados son asimilados en distinta medida por los seres acuáticos, no son biodegradables y de ser introducidos en las cadenas alimentarias y no ser desasimilados se acumulan en los organismos tanto más cuanto más altos estén estos en las pirámides alimentarias o más aguas hagan circular por su organismo. Los bivalvos y otros organismos filtradores, tan comunes en el bentos de la zona costera y aún en dársenas y canales, pueden tener concentraciones de metales pesados de mil diez mil veces superiores a las de su entorno, como también las especies de peces predadores.

Existen grandes variaciones de toxicidad según la especie afectada, pues unas son más tolerantes que otras e incluso algunas han desarrollado mecanismos para contrarrestar diversos efectos tóxicos. La presencia de varios metales pesados puede significar también variaciones importantes, de tal forma que por lo general un metal pesado incrementa la toxicidad de otro, aunque en algunos casos sucede lo contrario.

En las aguas costeras, los metales pesados pueden encontrarse bajo formas muy variadas: en disolución, en fase cristalina, como parte de sustancias orgánicas sólidas, adheridos en el recubrimiento de partículas detríticas, en poros de rocas o partículas sedimentarias, como parte de geles

o flóculos, etc. La forma, especialmente si se trata de compuestos orgánicos o inorgánicos, importa en realidad más que el contenido total, ya que determina hasta qué punto pueden ser asimilados por los seres vivos o transportados a otro lugar.

Los cambios en el pH de las aguas resultan de gran importancia para la movilidad de los metales pesados. Como regla general, un incremento de la acidez tiende a incrementar la carga de los mismos en el agua, mientras que una caída provoca su precipitación y el consiguiente enriquecimiento de los sedimentos del lugar. Por otra parte, cuando a la costa llega un aporte de aguas procedente de las tierras emergidas con un menor contenido salino se provoca la precipitación en las zonas de mezcla, dando lugar a un enriquecimiento en metales pesados de los sedimentos del lugar. Por ello, las actuaciones que puedan implicar acciones sobre estos sedimentos deben hacerse con precaución para evitar removilizaciones indeseadas.

El cobre y el estaño, como el plomo y el zinc, se asocian fácilmente con compuestos orgánicos. Menos comunes, el mercurio, el cadmio y el cromo son también con frecuencia objeto de estudios y prohibiciones. No obstante, la lista de metales pesados es considerablemente más larga y el que estos materiales puedan aparecer en un lugar determinado depende en gran medida de los vertidos procedentes de actividades humanas en el entorno de los puertos.

Conviene recordar que aparte de los orígenes antes citados, en los puertos o en sus inmediaciones existen también otras fuentes de metales pesados. Por ejemplo, pueden provenir de la removilización de los fangos de estuarios o pueden llegar a las aguas por vía aérea.

Los análisis para el control de metales pesados se realizan habitualmente tanto a partir de muestras de sedimentos como de agua. Los primeros resultan especialmente indicativos con respecto a las tendencias a

largo plazo, por lo que interesan para conocer la evolución de un lugar a lo largo del tiempo, por ejemplo tras la introducción de prohibiciones u otras medidas de control. En cambio, los análisis de aguas son útiles sobre todo para estudiar cambios a corto plazo, por ejemplo, los efectos de vertidos puntuales. Por otra parte, conviene considerar que la existencia de aguas con distintas salinidades dificulta, a veces extraordinariamente, la interpretación de los análisis realizados.

6.3.4. OTROS CONTAMINANTES INORGÁNICOS.

Los sulfatos, fundamentalmente sulfato cálcico, pueden estar presentes de forma natural en las aguas de escorrentía superficial que hayan circulado sobre los terrenos diapíricos a que están asociadas las grandes rías de la región (véase el **Epígrafe 5.2.**). Sin embargo, no suelen ser abundantes más que en el caso de que se hayan efectuado importantes movimientos de tierras. De origen artificial, pueden aparecer también sulfatos en diversos vertidos industriales (Dasgupta, A. 1998).

Las escombreras de antiguas minas de zinc en la cuenca del río Besaya y en otros lugares, contienen cantidades apreciables de sulfuro de hierro en forma de piritita y marcasita. La oxidación de estos sulfuros da lugar a que los lixiviados de tales escombreras tengan sulfatos, pero dado que por fortuna en las mismas escombreras abundan los carbonatos no suelen tener pH excesivamente bajo. De tenerlo, los lixiviados se cargan de diversas sustancias, particularmente compuestos metálicos, es especial de zinc y plomo.

Los nitritos y nitratos, presentes con mucha frecuencia en las aguas de escorrentía a causa de las actividades ganaderas⁵¹ contribuyen poderosamente al desarrollo de posibles problemas de eutrofización, al igual que los fosfatos. Los bromatos son en cierta medida asimilables por los seres acuáticos y acumulables en sus tejidos. Los cianuros son letales en el

⁵¹ Véase más adelante “materia orgánica y nutrientes biológicos”.

agua en concentraciones de partes por mil, tanto para el hombre como para otros organismos. Otros contaminantes inorgánicos frecuentes, pero menos preocupantes son el hidróxido sódico, los ácidos clorhídrico y sulfúrico, el amoníaco, los mercaptanos, localmente fluoruros, diversos compuestos de arsénico, etc.

6.3.5. BIOCIDAS Y FITOSANITARIOS DE USO AGRÍCOLA O GANADERO.

Incluyen una gran cantidad de compuestos, con propiedades físicas y químicas muy variadas. En su mayor parte, son compuestos orgánicos de síntesis y entre ellos se encuentran el aldrín y el endosulfón⁵², los ácidos fenoxiacéticos⁵³ y el hexaclorobenceno y el pentaclorofenol⁵⁴, así como numerosas sustancias de uso de uso veterinario.

Pueden producir un amplio abanico de efectos tóxicos, tanto sobre invertebrados como sobre vertebrados: los hay mutagénicos, teratogénicos⁵⁵ u oncogénicos⁵⁶. Algunos influyen sobre el metabolismo del calcio, del fósforo o de otros elementos, producen daños en riñón, hígado u otros órganos de los vertebrados, frenan el desarrollo o aceleran el envejecimiento, disminuyen la fertilidad o hacen inviables huevos o larvas, etc. En general, la toxicidad aumenta con la acidez y la temperatura, pero hay numerosas excepciones al respecto.

Por otra parte, la descomposición de algunos biocidas da lugar a sustancias intermedias más tóxicas y más difíciles de degradar que los biocidas propiamente dichos. Los plaguicidas utilizados en el pasado ya lejano, como el conocido DDT, siguen presentes en suelos, sedimentos y

⁵² Insecticidas.

⁵³ Herbicidas.

⁵⁴ Fungicidas.

⁵⁵ Organomercuriales.

⁵⁶ Benceno, ciclofosfato, tetracloruro de carbono, dibromocloropropano, dibromuro de etileno.

organismos vivos, en ocasiones muy lejos de los lugares en que en su día se aplicaron. Los persistentes son llevados hasta las aguas costeras y llegan a acumularse en las zonas oceánicas profundas⁵⁷.

Descontando posibles vertidos directos a las aguas, sea por descuido, imprudencia, accidente, imprevisión o que tengan carácter delictivo, estas sustancias son capaces de llegar a estuarios y zonas costeras transportados por las corrientes fluviales, a través de desagües de residuos urbanos o por vía aérea, procedentes de zonas agrícolas o residenciales. El modo y la velocidad del desplazamiento, las posibilidades de retención, neutralización o descomposición de cada contaminante y otras particularidades dependen en primer lugar de las propiedades de cada sustancia concreta, que determinan, por ejemplo, su solubilidad en el agua, los índices de sorción por parte de cada suelo, o el periodo de descomposición de tal sustancia. También dependen de factores ambientales como la textura, la permeabilidad, el contenido en materia orgánica y el pH de los suelos o la naturaleza y la estructura de las rocas del subsuelo, de la forma y lugar de aplicación⁵⁸, así como de las condiciones de tiempo atmosférico.

Aunque las generalizaciones pueden resultar engañosas, los biocidas que se mueven con mayor facilidad son los de aplicación foliar o superficial, con altos índices de sorción por los suelos, bajas solubilidades en el agua y largos periodos de vida media. Sin embargo, los que se suman más fácilmente a las aguas son los más solubles, bajo índice de sorción y largo período de vida media, mientras que los de corta vida media, salvo que se apliquen en el entorno inmediato de los cursos de agua no suelen llegar a ellos ni, por lo tanto, a los puertos. Una vez en las aguas, aún tratándose de sustancias poco solubles, se fijan a las superficies sólidas y a las partículas orgánicas o quedan retenidos en los sedimentos, de donde pueden pasar

⁵⁷ Organomercuriales.

⁵⁸ Foliar, sobre el suelo, mezclado con éste, en las aguas –como los alguicidas–, en zona rural, periurbana o netamente urbana, etc.

progresivamente al agua a lo largo de un periodo de tiempo muy dilatado (Spiro y Stigliani, 2003).

Algunos de los biocidas utilizados ampliamente en el pasado han sido prohibidos, como es el caso de los organoclorados⁵⁹, organomercuriales y diversos inorgánicos con mercurio, arsénico, plomo, cromo u otros metales. No obstante, muchos de ellos, por su elevada persistencia pueden encontrarse aún en sedimentos portuarios o ser sumados a ellas procedentes de suelos agrícolas o depósitos fluviales.

Preocupan en especial, los biocidas considerados permanentes, como son los compuestos de mercurio, arsénico y plomo y los de alta persistencia, como otros inorgánicos y los hidrocarburos clorados. En aguas contaminadas, las algas y otros vegetales absorben ciertas cantidades y cuando sirven de alimento a otros seres se las transfieren. El zooplancton y otros invertebrados, así como también larvas de peces, tienden a acumular plaguicidas y como muchos de éstos son muy difícilmente desasimilables, cuando son ingeridos por otros organismos acuáticos, los contaminan, como éstos a su vez a sus predadores.

Es decir, que los biocidas difícilmente desasimilables pasan de unos organismos a otros con motivo de la alimentación. Los vertebrados tienden a acumular biocidas en las grasas de los tejidos de reserva, en el sistema nervioso, en el hígado y en otros órganos. Los animales más altos en las pirámides alimentarias⁶⁰ pueden tener en su organismo concentraciones de tales biocidas incluso muchos miles de veces más altas que las existentes en las aguas en que viven. De aquí que se hayan dado casos de toxicidad en humanos y que se desaconseje el consumo frecuente de algunas especies de este tipo (Brekhovskikh, 1990; Moriarty, 1990; Margalef, 1992; Nebel y Wright, 1999; Atkinson, Dietz y Neumayer, 2007; Smith y Smith, 2007).

⁵⁹ DDT y relacionados.

⁶⁰ Lubinas, túnidos y aves ictiófagas, por ejemplo.

Por otra parte, es importante considerar que los niveles de contaminación en biocidas aceptables dependen y se establecen legalmente, en función del uso. Unas concentraciones determinadas en el medio pueden estar muy por debajo de los límites fijados, por ejemplo, para ser consideradas aptas para el baño, pero ser demasiado altas para permitir el marisqueo. Además, una concentración determinada puede no producir efectos fisiológicos sobre los ejemplares de una especie, pero sí sobre los de otras.

En la Comunidad Autónoma de Cantabria, hasta el momento, no se han producido episodios de gravedad, como el causado en 1971 en el puerto de La Coruña. Aunque afectan a numerosos seres vivos⁶¹, los efectos más graves son probablemente los que recaen sobre los peces, en general bastante sensibles a tales sustancias. Pueden resultar afectados tanto especies de interés pesquero como otras útiles simplemente para el esparcimiento de la población. En los puertos es frecuente que resulten también afectados los mugles⁶², peces que en esos lugares realizan una interesante labor de limpieza al ingerir materia orgánica de diversa procedencia (Brekhovskikh, 1990; Moriarty, 1990; Margalef, 1992; Nebel y Wright, 1999; Atkinson, Dietz y Neumayer, 2007; Smith y Smith, 2007). De cara al consumo humano, además de los peces, pueden dar lugar a riesgos numerosas especies de bivalvos⁶³ por su condición de filtradores.

Resulta obvio que salvo excepciones puntuales el control de este tipo de contaminantes escapa a las autoridades portuarias, ya que carecen de control alguno sobre las actividades en las áreas fuente. De hecho, en el pasado, han sido muchas las sustancias de este tipo que han sido objeto de drásticas prohibiciones de uso como única forma eficaz de impedir contaminaciones.

⁶¹ Aves, larvas de numerosos organismos.

⁶² *Mugil cephalus*, *Mugil chelo* y otras especies.

⁶³ Mejillones, berberechos, almejas...

6.3.6. SÓLIDOS FLOTANTES Y EN SUSPENSIÓN.

Pueden llegar a las aguas por vías muy diversas: arrastrados por el viento, como parte de aguas residuales o de escorrentía, arrojados desde la orilla o desde embarcaciones, etc. Tras lluvias copiosas, las corrientes fluviales arrastran a rías y estuarios, como también al litoral en general, gran cantidad de estos materiales. Los flotantes que tienen una parte que sobresale del agua, además de ser llevados por las corrientes, siguen trayectorias en las que influye en mayor o menor medida el arrastre por el viento.

En términos generales, dan lugar a incremento de la turbiedad, menor insolación de las aguas, reducción de la productividad biológica, degradación de la calidad de las aguas y de las riberas, daños a diversas especies acuáticas, tanto animales como vegetales. Los daños de mayor cuantía se producen en el caso de vertidos continuados o de gran volumen.

En ocasiones, se trata de materiales fácilmente degradables en la naturaleza, como las hojas de los árboles o los constituidos por papel y cartón. En cambio, otros pueden persistir largo tiempo en el agua⁶⁴, no dando lugar a una contaminación química directa, aunque si pueden transportar contaminantes y causar otros daños. Precisamente a causa de su alta persistencia, los materiales citados, por lo común en forma de láminas o de fragmentos de tamaño reducido, llegan a constituir el 90% o más de los sólidos flotantes o en suspensión.

Según sea su naturaleza, tales materiales pueden dar lugar a diversos efectos nocivos sobre la macrofauna, como son, los bien conocidos de los plásticos en lámina sobre cetáceos y grandes depredadores o de los aparejos de nylon sobre organismos pelágicos o seres bentónicos. A estos habría que sumar otros muchos sobre numerosas especies de aves, sobre peces de interés comercial, sobre tortugas, etc. Además, de estar presentes

⁶⁴ Fragmentos de poliestireno expandido, polietilenos, poliestirenos, resinas, siliconas, etc., a los que se suman textiles, maderas y restos de vegetales.

en cantidades elevadas, los sólidos flotantes o en suspensión dificultan la penetración de la luz solar, lo que entre otros efectos limita la fotosíntesis y por ende da lugar a una menor productividad biológica y a un empobrecimiento de la flora y la fauna, en cantidad y con frecuencia también en calidad. En las zonas turísticas o dedicadas al esparcimiento y recreo de la población (Senlle, A.; Gallardo, L. y Dorado, A. 2004), tiene especial importancia también, la pérdida de la calidad de las aguas por motivos estéticos.

6.3.7. CARGA SÓLIDA, SEDIMENTOS.

Aparte de las fuentes naturales, proceden de removilización de sedimentos con motivo de dragados y descargas de material de dragado, de aportes a través de las redes de alcantarillado urbano o de pluviales, de vertidos desde la orilla o desde embarcaciones, de arrastres eólicos a partir de zonas urbanas, industriales, agrícolas, forestales o mineras y en general de cualquier actividad que suponga un riesgo de erosión, aún moderada, desde la construcción de una carretera a la limpieza de un solar, desde el arranque de materiales en una cantera a una reforestación. No es extraño que resulte ser el contaminante que con más frecuencia y en mayor cantidad llegue a las aguas de los puertos, aunque no se tenga por el más peligroso. Tal vez por ello y por no resultar demasiado aparentes sus consecuencias, es frecuente que salvo en aquellos casos en los que los aportes son elevados y los daños demasiado evidentes no se le preste demasiada atención.

La adición a las aguas de carga sólida en cantidades reducidas se traduce rápidamente en un incremento de la turbiedad y en sedimentación en las partes del medio con menor energía, como pudieran ser pozos y hueras, fondos de canales, recodos en los ribazos, etc. Los sedimentos constituidos por partículas de tamaño relativamente mayor, cuyo transporte y deposición están ligados esencialmente a la energía del medio⁶⁵, al

⁶⁵ Velocidad de las corrientes, agitación debida al oleaje, etc.

depositarse en un lugar producen cambios en la topografía de los fondos y pueden aterrizar diversas comunidades, como praderas de algas o fondos rocosos, así como provocar cambios diversos en marismas, riberas, remansos u otras áreas.

Las partículas de menor tamaño llevadas en suspensión dar lugar a una mayor turbiedad de las aguas, con los efectos reseñados en el punto anterior. Pueden ser transportadas durante largas distancias en la masa de agua o pueden pasar a formar parte de los sedimentos del fondo a causa de ciertos fenómenos⁶⁶. También pueden ser atrapados en la película oleosa que se forma en la superficie y contaminar las aguas de baño de las playas cercanas.

Cabe señalar que además de estos efectos, pueden aparecer otros a largo plazo, quizá de mayor peligrosidad. Los casos más frecuentes se deben, por lo general, a partículas que pasan a formar parte de los fondos, donde evolucionan a otras sustancias más móviles o más nocivas, o simplemente quedan acumuladas hasta su liberación con motivo de la removilización artificial o natural de los sedimentos. Es, en especial, el caso de tantas toxicidades debidas a metales pesados, generadas en ocasiones tras años o décadas de producción de vertidos sin control ambiental.

6.3.8. CAMBIOS MORFOLÓGICOS Y MODIFICACIONES DE LAS CORRIENTES.

Es obvio e inevitable que con motivo de las labores de dragado, profundización de dársenas o de canales y otras operaciones destinadas al mantenimiento o mejora de los puertos se afecta de forma drástica e inmediata a los seres vivos del lugar. Lo mismo sucede en los lugares de descarga de los materiales dragados, los cuales deben ser determinados con inteligencia, en especial si se realizan en rías y estuarios, auténticos criaderos de especies de interés pesquero o recolector. Además, los efectos de estas acciones no quedan restringidos a los lugares en que se realizan,

⁶⁶ Acreción, floculación.

sino que se extienden a las zonas más o menos inmediatas⁶⁷, por lo que resultan igualmente afectados los seres vivos que vivan en ellos.

Por otra parte, por lo general, las perturbaciones creadas se extienden considerablemente a lo largo del tiempo, ya que pueden durar meses, años e incluso ser permanentes cuando se da el caso de pérdida definitiva de hábitats o comunidades acuáticas (Losada, 1987; Kiely, 1999).

Como ejemplo, conviene recordar que los cambios morfológicos de los fondos, de las zonas intermareales y las riberas implican modificaciones de la intensidad, duración, dirección, turbulencia, etc., de los flujos de agua. Estas modificaciones producen efectos diversos, en primer lugar, sobre la naturaleza de los fondos, que repercuten sobre los seres vivos. Por ejemplo, a menor energía en el medio, menor capacidad de transporte de sedimentos, que si cae por debajo de ciertos límites se traduce en sedimentación y riesgo de aterramiento. Por el contrario, si la energía en el medio es mayor, el incremento de la capacidad erosiva puede arrastrar sedimentos, por lo que se produce una inestabilización de fondos y márgenes. Ahora bien, los diferentes materiales geológicos de esos lugares llevan asociadas distintas formas de vida, por lo que las modificaciones en los substratos se traducen en efectos sobre los ecosistemas.

Los cambios en la morfología no sólo alteran la capacidad erosiva, el transporte y la sedimentación de partículas sino también otros muchos parámetros, como la cantidad de luz que llega al fondo, las tasas de intercambio de aguas mareales, la capacidad de dilución, el nivel de agitación del medio, los niveles de agitación y de oxígeno en el medio, los intercambios de temperatura, de nutrientes, etc., tanto en vertical como en horizontal, así como otros muchos. Resulta obvio que con motivo de tales cambios se producen afecciones indirectas sobre los seres vivos que viven, se multiplican, se desarrollan, se alimentan o buscan refugio en los lugares en los que se han inducido estos efectos (Dryer, 1973; Moreno Castillo,

⁶⁷ En ocasiones también a otras situadas a distancias considerables.

2007; Davis y Cornwell, 2008).

No está de más recordar que en las zonas litorales y de transición se establece una zonificación biológica desde las orillas, ligada principalmente a la profundidad del fondo y de forma secundaria a otros factores, como la naturaleza del substrato, la intensidad de la luz, la agitación de las aguas, etc. Cualquier modificación de la profundidad implica necesariamente, por lo tanto, efectos sobre las comunidades vivas (Mc Lusky, 1981; Ramos, 1987; Margalef, 1992; Smith y Smith, 2007).

No obstante, no puede olvidarse que en las zonas litorales el medio es muy dinámico y tiene una elevada capacidad de respuesta, lo que supone limitaciones para unas especies, puede ser una oportunidad para otras. Por ejemplo, la eliminación de algas flotantes en un lugar permitiría una mejor penetración de la luz solar hasta el fondo, donde podrían desarrollarse nuevos organismos. O bien, un fondo arenoso, resultado de un aterramiento, no dejará de ser colonizado con rapidez (Dryer, 1973; Moreno Castillo, 2007).

6.3.9. EMISIONES A LA ATMÓSFERA: ÓXIDOS DE CARBONO, AZUFRE Y NITRÓGENO, COV'S, HC, POLVO Y AEROSOLES.

Producen efectos muy variados: en unas ocasiones afectan a la calidad del aire en los puertos o en su entorno próximo; en otras, a la calidad de las aguas; algunas tienen efectos sólo locales, otras contribuyen a otros efectos con amplio alcance, incluso mundial. Por ello, conviene distinguir entre los diferentes contaminantes.

En el caso de los **óxidos de carbono**, no hay que temer complicaciones generales de tipo sanitario para la población, pues incluso en el caso de una emisión anómala de monóxido sólo sería letal en espacios cerrados. En cambio, el anhídrido carbónico se reconoce como uno de los gases causantes del llamado efecto invernadero, que permite mantener la

superficie de la Tierra a una temperatura apropiada para la vida en el planeta. Ahora bien, las emisiones de anhídrido carbónico procedentes del consumo de combustibles fósiles, al aumentar la cantidad de estos gases en la atmósfera, dan lugar a una mayor concentración de los mismos y por ende tienden a que el efecto invernadero se incremente, provocando un aumento de las temperaturas terrestres medias que se entiende indeseable. Como es obvio, por una parte, el problema escapa en lo esencial, a la gestión de los puertos pesqueros y deportivos; y por otra, las soluciones o paliativos dependen en lo fundamental de modificaciones en las embarcaciones, como motores más eficientes o que utilicen combustibles distintos de los fósiles, como sería el caso, por ejemplo del uso de biodiesel. No obstante, alguna de las disposiciones que se han tomado o que es previsible que se tomen en un próximo futuro sí entroncan con la gestión portuaria (Torres Monfort, F., Sáez Carabal, J., Díaz Orejas, J. M. y Subirats Tarín, A. 2002), casos de la inspección y control de limitaciones de emisión y de las facilidades o trabas que se impongan en virtud de la clasificación ambiental de las embarcaciones.

Los **óxidos de azufre** afectan a los vertebrados, también al Hombre, a través del sistema respiratorio. Tiene también efectos negativos sobre la vegetación y concurren a procesos corrosivos sobre diversos materiales⁶⁸, pues al combinarse con la humedad del aire dan lugar a condiciones de acidez.

Los **óxidos de nitrógeno**, en especial el dióxido, producen daños directos sobre los tejidos vivos. A concentraciones bajas, en el hombre y en los animales superiores dan lugar a irritación, molestias y daños en el aparato respiratorio, pudiendo llegar a edemas y muerte si las concentraciones son altas. La vegetación sufre necrosis de las partes aéreas, por lo que en los casos leves decrece la capacidad para captar energía y por ende la vitalidad de la vegetación y del ecosistema en general, mientras que si el nivel de contaminación es elevado puede llegarse a una

⁶⁸ Metales, hormigones, aglomerantes.

eliminación completa del follaje, con consecuencias que es fácil imaginar. Además, los óxidos de nitrógeno producen también la corrosión de diversos materiales, en especial de las aleaciones de cobre y de níquel (Campbell, S. A.; Campbell, N. y Walsh, F. C. 1998).

Ciertamente, los **óxidos de azufre y de nitrógeno** desprendidos en el medio portuario, rara vez dan lugar a daños como los descritos en los párrafos anteriores de verdadera importancia. Ahora bien, sí se han detectado caídas significativas en la calidad local del aire derivadas de la emisión de estos óxidos en el entorno de muchos puertos comerciales, como es el caso las provocadas por los óxidos de nitrógeno al contribuir a la formación de ozono a baja altura. Por ello, se han puesto las bases para controlar las emisiones de óxidos de azufre y de nitrógeno (Convenio MARPOL 73/78, Anexo VI), controles que se esperan efectivos durante este año⁶⁹. Así, el contenido en azufre en el fuel no debe pasar de ciertos límites, que en ciertas zonas especialmente delicadas se rebaja substancialmente y los motores deben cumplir ciertas especificaciones⁷⁰, de tal forma que, no se superen ciertos límites de emisión de óxidos de nitrógeno por kilovatio de potencia. Consiguientemente, la gestión portuaria se centrará en la inspección de la calidad del fuel y en el control de los equipos de las embarcaciones, así como, quizá, en la promoción y venta de combustibles alternativos y en el suministro de electricidad en atraques para evitar el uso de motores auxiliares en ciertos puertos.

Además, conjuntamente o por separado, en unión de los procedentes de otras fuentes, los óxidos de azufre y de nitrógeno sí contribuyen a una mayor acidez de las precipitaciones, algo a lo que también coadyuvan el anhídrido carbónico y otros gases. En casos graves, se derivan en la llamada lluvia ácida, que afecta a bosques y cultivos situados a decenas o centenares de kilómetros a sotavento de las fuentes de emisión. No obstante, dado que la contribución de las embarcaciones a estos efectos

⁶⁹ Durante el curso de 2010.

⁷⁰ Catalizadores en los escapes, sistemas limpios de combustión, etc.

es muy moderada, que los costes aparecen a distancias considerables, que otras actividades (productivas y de consumo) también contribuyen a ellos y que se reparten entre un gran número de perjudicados, se trata de problemas que escapan esencialmente a la gestión portuaria.

Los **vapores orgánicos volátiles (COV'S)** se consideran nocivos para los seres vivos, particularmente como precursores de la formación de oxidantes fotoquímicos, caso del ozono, que por encima de determinadas concentraciones producen efectos adversos sobre la vegetación y pueden afectar a la salud de los seres humanos. Por otra parte, algunos **COV'S** se consideran carcinógenos.

Los **hidrocarburos inquemados** en forma de aerosol (**HC**) resultan nocivos para personas al provocar alteraciones respiratorias, que pueden llegar a ser graves en personas con patologías previas. En concentraciones altas, también producen daños sobre la fauna e incluso sobre la vegetación, así como alteraciones químicas en diversos materiales.

Las **emanaciones de gases**, por ejemplo procedentes de soldaduras o de la utilización de disolventes con motivo de reparaciones, modificaciones, limpieza de superficies, decapado, repintado, etc. rara vez dan lugar a episodios de toxicidad.

Polvo y aerosoles llegan a tener un significado ambiental de primer orden en puertos comerciales, sobre todo en aquellos con tráfico de graneles sólidos, como es el caso (Guerra Sierra, 2006e) de minerales metálicos, carbones, cereales, etc., o de puertos en espacios restringidos o con abundante tráfico (Guerra Sierra, 2006b y 2006c). No obstante, en los puertos pesqueros y deportivos rara vez llega a constituir un problema de importancia.

Los efectos dependen no sólo de la concentración de partículas o gotículas y de su propia naturaleza, sino también de su diámetro y de la

presencia de otros contaminantes, que puede dar lugar a la formación de nuevas sustancias y a efectos sinérgicos. Aunque los daños pueden ser muy variables, hay algunos típicos, como la complicación de problemas respiratorios en las personas, la disminución de la función fotosintética de las plantas, el aumento de la turbidez atmosférica o el detrimento estético en fachadas (Canter, L. W. y Hill, L. G. 1981).

6.3.10. CONTAMINACIÓN TÉRMICA.

La producida por las embarcaciones tiene, por lo general, un alcance muy limitado, incluso en el interior de dársenas, ya que en general afecta a ejemplares jóvenes, huevos, larvas o invertebrados sin superar la resiliencia de las especies en esos medios. Es decir, que al eliminarse unos ejemplares de especies que basan sus estrategias reproductivas en la producción de una elevada descendencia potencial, lo que lleva aparejada naturalmente una elevada mortalidad previa a alcanzar el estado adulto, al eliminar parte de los ejemplares en desarrollo se proporciona más espacio, alimento, etc., a los restantes y el número de los que llegan a adultos es idéntico al que existiría en ausencia de esa eliminación (Margalef, 1992; Smith y Smith, 2007).

En general, los incrementos moderados de temperatura⁷¹ en el medio dan lugar a consecuencias de importancia real reducida, como pueden ser un acortamiento o una dilatación en los períodos de reproducción de diversas especies acuáticas, sin modificaciones importantes de las comunidades vivas. Sin embargo, cuando el incremento de temperatura es elevado, cuando las oscilaciones son frecuentes y entre amplios márgenes y cuando los aportes son cuantiosos, lo que es frecuente en el caso de vertidos de aguas industriales de refrigeración, los efectos sobre las comunidades acuáticas son notables. Por ejemplo, la contaminación térmica no sólo da lugar a una caída en el oxígeno disuelto,

⁷¹ Inferiores a 2º Centígrados.

sino que también influye sobre el contenido anhídrido carbónico y otros gases disueltos en el agua y por lo tanto sobre la productividad biológica y la composición la comunidad acuática (Cairns, Heath y Parker, 1975; Nebel y Wright, 1999; Smith y Smith, 2007; Davis y Cornwell, 2008).

Por otra parte, cuando la contaminación térmica va acompañada de alguna forma de contaminación, sean hidrocarburos, aceites minerales, metales pesados, desincrustantes o anticorrosivos, por citar algunos de los más comunes, suele incrementarse la toxicidad de tales contaminantes. Además, en general, cuando los aportes son de aguas dulces y cuando se realizan en espacios con escaso intercambio de aguas, los cambios físico-químicos son muy importantes y los biológicos resultan verdaderamente extraordinarios. Cabe citar como más habituales:

- Dado que las masas de agua con distinta temperatura sólo se mezclan lentamente, el cuerpo de agua con contaminación térmica, por lo general más caliente y por lo tanto de menor densidad, tiende a situarse por encima. Si el aporte es continuo, se forma un estrato superficial con temperatura anómala, con frecuencia con peores condiciones para el desarrollo de los seres acuáticos.

- En el caso de diferencias significativas de salinidad, también la mezcla se realiza muy lentamente. A igualdad de otros factores, en este caso son las aguas dulces las más ligeras y por lo tanto las que tienden a sobrenadar. Otro factor que también influye sobre la densidad de las aguas es la carga sólida.

- Los vertidos con temperaturas anómalas generan cambios en las corrientes locales. Estos cambios resultan ser de difícil pronóstico general, ya que dependen estrechamente de las condiciones de cada lugar, como es la topografía subacuática, el contorno de la costa, el régimen habitual de

corrientes, la influencia de la salinidad y de la carga sólida, los vientos, el oleaje, etc.

- En el caso de dársenas y otros espacios portuarios, se hace común que buena parte de la masa de agua que sale con motivo de la retirada de las mareas vuelva a entrar con la subida, con lo que disminuye el intercambio y por ende se agravan los problemas de contaminación.

- La magnitud de los efectos está en relación directa con el incremento de la temperatura en el medio receptor. Pequeños incrementos, por ejemplo del orden de dos grados centígrados suelen tener consecuencias nimias, mientras que incrementos grandes, del orden de ocho grados centígrados a diez grados centígrados o superiores, provocan cambios drásticos en los ecosistemas.

- En general, la mayor temperatura de las aguas da lugar a una caída en la cantidad de oxígeno disuelto, lo que puede afectar directamente a numerosas especies e indirectamente a la mayor parte, ya que tal caída da lugar a una menor actividad de las algas y por ello a una disminución de la función fotosintética y a una productividad biológica de menor cuantía.

- En el caso de que se llegue a provocar una eutrofización de las aguas, una temperatura más alta agrava el problema, precisamente a causa de la disminución de oxígeno disuelto.

- Las temperaturas más altas de las aguas, aún moderadas, dan también lugar a modificaciones en la etología⁷² de las especies.

⁷² Época de reproducción, pautas alimentarias o migratorias.

- En algunos casos, el alza de la temperatura favorece a unas especies en detrimento de otras. Es el caso de los moluscos que crecen cerca de los desagües de aguas de refrigeración, e incluso en su interior, obligando a la utilización de estrategias para desplazarlos. Puede darse caso de desplazamiento de especies de interés y en caso de utilización de productos químicos pueden producirse daños diversos en relación con los mismos. También es posible que temperaturas más altas permitan el desarrollo invasor de ciertas especies, propias del lugar o totalmente extrañas al mismo.

- Especialmente indeseable es que el alza de la temperatura de las aguas favorezca la proliferación o la mera persistencia de microorganismos patógenos, ya que muchos son eliminados al llegar a las aguas saladas o salobres a causa sencillamente de la elevada salinidad y de la baja temperatura.

- Con alzas mayores, aún cuando no lleguen a producir una mortandad elevada, se limitan los procesos bioquímicos o los fisiológicos y dan lugar a un lento desarrollo, tallas bajas, caída de la fertilidad o, sobre todo, eliminación de la reproducción.

- Si las temperaturas son suficientemente altas, se dan efectos directos y letales sobre los seres vivos, es decir, se produce la eliminación de los ejemplares de varias o de todas las especies en el área afectada.

Además, es frecuente que en los desagües de aguas con contaminación térmica se den diversos problemas, cuyo tratamiento se traduce en términos ambientales en contaminación química de diversas tipologías.

6.3.11. DUREZA Y ACIDIFICACIÓN: CAMBIOS EN EL pH.

Algunas sustancias, tanto orgánicas como inorgánicas, están presente de forma natural y regular en las aguas que llegan a las rías, a los estuarios y a los tramos de costa en general, procedentes del lavado de suelos, del paso de aguas por los sedimentos o por los poros, fisuras y cavidades de las rocas e incluso tomadas de la atmósfera. El contenido químico de las aguas que llegan a la costa es un reflejo de los rasgos y condiciones de la cuenca y está condicionado por los tipos de suelos, por las rocas del subsuelo, por el clima, etc., así como por los usos que se hacen del territorio en cuestión.

Las actividades humanas dan lugar con frecuencia a cambios en los contenidos de tales sustancias y suma otros nuevos compuestos, con frecuencia muchos de ellos extraños en el sentido de enteramente artificiales o al menos antes inexistentes en la región o el lugar. Cualquier modificación en el contenido químico de las aguas que llegan a la costa puede provocar cambios, a veces nimios, otras veces espectaculares, en ocasiones graves, en las comunidades acuáticas, sobre todo en las de rías, estuarios y otros medios costeros, pero también sobre los plenamente marinos (Moriarty, 1990; Smith y Smith, 2007).

La **alcalinización** puede darse con motivo de numerosas actividades humanas. Las labores agrícolas al favorecer el lavado de los campos por las aguas de precipitación, las ganaderas al exponer estiércoles sobre el terreno, la construcción al dejar al descubierto extensiones considerables de ciertas rocas⁷³, la extracción de rocas carbonatadas y otros recursos minerales, la obtención de áridos de machaqueo, etc., pueden ser responsables de importantes incrementos de la dureza de las aguas, hasta dar lugar a efectos de cierta consideración. En particular en la Comunidad Autónoma de Cantabria, la concentración de carbonatos⁷⁴ llevada por la escorrentía a las aguas costeras puede llegar a ser muy alta y provocar una

⁷³ Calizas, dolomías, etc...

⁷⁴ Cálcico, sobre todo, pero también magnésico.

dureza elevada en partes de rías y estuarios. Por el contrario, los vertidos industriales tienen con frecuencia carácter ácido, en ocasiones a causa de la necesidad de controlar la formación de costras carbonatadas en las estructuras de desagüe (Dasgupta, A. 1998).

La **acidificación** produce afecciones de tipo muy diverso a los seres vivos. Unas son directas y se manifiestan mediante enfermedades, malformaciones y fallos en la reproducción. Otras, sin embargo, son indirectas, pues se modifican los hábitats, se alteran las fuentes de alimentos, se influye en los predadores, etc. De hecho, la respuesta de un sistema acuático a la acidificación es muy compleja, aunque puede resumirse diciendo que en las aguas ácidas la vida es más escasa y menos variada y que los daños son tanto más graves cuanto mayor sea la disminución del pH.

Caídas de pequeña cuantía producen progresivamente una disminución de la actividad bacteriana y en seguida afectan a numerosos huevos y larvas, por lo que se traducen en cambios en las proporciones entre los distintos constituyentes del plancton y de los organismos bentónicos. Además, disminuyen las tasas de reproducción de peces e incluso de aves. Pequeñas caídas del pH ocasionadas por filtraciones de aguas de mina, industriales o de otros orígenes pueden pasar desapercibidos durante mucho tiempo, pero afectan ya a muchos invertebrados y a la capacidad reproductiva de los peces, por lo que aunque apenas se noten los efectos a corto plazo pueden producir importantes daños a largo plazo.

Con caídas mayores del pH, desaparecen especies de zooplancton y del bentos, disminuyendo significativamente la productividad biológica. Mucho antes de que se manifiesten cambios espectaculares, como la muerte masiva de peces, ya han desaparecido especies clave o han dejado de darse condiciones adecuadas para la reproducción de otras, no en vano huevos, larvas y alevines son especialmente sensibles a la acidez en el

agua.

Con pH por debajo de 5 mueren ya por lo general todos los peces y la vida vegetal queda reducida a unas pocas especies. Una acidez más acusada termina por llevar a aguas muertas. Por otra parte, una caída rápida del pH puede provocar la muerte brusca de la mayor parte de la fauna, incluidos los peces. Además, en general, vertidos continuados producen cambios a largo plazo más notables, mientras que la recuperación tras un episodio único puede ser rápida y completa aunque la elevación de la acidez haya sido notable.

6.3.12. RUIDO Y VIBRACIONES.

El mantenimiento de unos bajos niveles de ruido es condición indispensable para un ambiente de calidad (Riera, P. Y Macián, M. 1998) en los puertos deportivos (Senlle, A.; Gallardo, L. y Dorado, A. 2004) y una lógica exigencia en los puertos industriales y pesqueros anejos a zonas urbanas. En general, es tema poco tratado fuera de los puertos comerciales (Guerra Sierra, 2006 d). El proyecto HADA, trató el estudio de este problema en el Puerto Estatal de Bilbao, siendo trasladado el modelo al resto de puertos dependientes de Puertos del Estado.

En el caso de los puertos dependientes de la Comunidad Autónoma de Cantabria, este asunto no está afrontado aún ya que todos los puertos se encuentran en una fase de renovación estructural. En el caso de las concesiones “comunidades de propietarios⁷⁵” y de los clubes y marinas privados está considerado dentro de sus normas de uso y reglamentos de policía, pero no con una definición clara.

El caso de Marina de Pedreña (Marina de Cudeyo) es una excepción

⁷⁵ Término en realidad inadecuado ya que no existen propietarios propiamente dichos, sino concesionarios de un espacio público marítimo-terrestre en virtud de una autorización administrativa y por un periodo determinado de tiempo.

(al igual que en otros aspectos que se han descrito en esta **Memoria de Tesis**), como está reflejado en su Reglamento de explotación y policía, Artículo 34. - OPERACIONES DE MOTORES dice:

Las operaciones de ensayos de motores, uso de reflectores, carga de baterías y otras de cualquier clase, tanto en mar como en tierra que por resultar ruidosas o simplemente molestas, pueda incomodar a otros usuarios, no se podrán realizar antes de las diez horas ni después de las veinte horas, siendo, en todo caso, precisa la previa autorización de la Dirección de las INSTALACIONES.

6.3.13. MATERIA ORGÁNICA Y NUTRIENTES BIOLÓGICOS.

Los aportes de estas sustancias desde las tierras emergidas son cruciales para los seres vivos acuáticos, como pone de manifiesto, por ejemplo, la riqueza biológica de rías y estuarios. No obstante, en cantidades excesivas o bajo formas inadecuadas, pueden llegar a causar serios problemas ambientales, tanto en las aguas como en las riberas.

En las aguas, la materia orgánica, en forma de restos de seres vivos, de partículas o ya transformada en otras sustancias, es capturada, digerida, descompuesta o metabolizada por numerosos seres acuáticos. Al final del proceso, la acción de bacterias y otros organismos lleva a una mineralización, de tal forma que, en condiciones aerobias se consume oxígeno y se forman nitratos, fosfatos y otros compuestos inorgánicos (Margalef, 1992; Nebel y Wright, 1999; Spiro y Stigliani, 2003). Estas sustancias tienen carácter nutriente, se suman a las sales del mismo tipo que llegan también con las aguas y permiten el desarrollo de algas y otros organismos que son la base alimenticia de otros seres más complejos.

No obstante, en términos generales, la materia orgánica también causa otros efectos ambientales, en la mayor parte de los casos de

importancia limitada. Sólo cuando los aportes son altos se llegan a producir disfunciones más o menos graves:

- Mayor turbiedad de las aguas y menor penetración de la luz solar, con caída de la productividad biológica y de la calidad de las aguas para el ocio.
- Degradación de las características organolépticas de las aguas, que pierden calidad para usos recreativos.
- Creación de condiciones desfavorables para que se mantenga una comunidad rica y diversa, pues la proliferación de unas especies determinadas, en general aquellas capaces de multiplicarse en poco tiempo, como es el caso de bacterias, algas unicelulares o pequeños invertebrados, hace que otras, como los peces y muchos moluscos o crustáceos sean desplazados e incluso desaparezcan, con la consiguiente simplificación de los ecosistemas.
- Escasez local de oxígeno, que modifica substancialmente las condiciones del medio y puede llegar a hacer que se desarrollen condiciones de anoxia, sobre todo en los fondos.
- Superación de la capacidad de dilución o de descomposición de sustancias derivadas del metabolismo de los seres que se han multiplicado activamente en el medio, hasta el punto de que resulten tóxicas o nocivas para otros, e incluso para los mismos que las ha producido.
- Persistencia de organismos patógenos para el hombre, capaces de producir diarreas, tifus, enfermedades parasitarias, etc., pues aunque la posibilidad de que los

mismos proliferen en aguas salobres o saladas es en general reducida, sí puede darse concentraciones elevadas cerca de los puntos de vertido, en lugares con escaso intercambio de aguas y en muchos puntos del entorno de los puertos, sobre todo cuando están enclavados en rías y estuarios.

- En condiciones extremas pueden darse desoxigenación o eutrofización artificial, en especial en lugares con escasa comunicación con el mar, como pueden ser los brazos de los estuarios o las marismas más o menos aisladas, pero también en aguas de dársenas o puertos pequeños en los que haya numerosos barcos que sirvan de residencia a sus propietarios. Las consecuencias de estos problemas, que se abordan sumariamente más adelante, pueden llegar a ser extremadamente graves.

Así, si la materia orgánica llega a las aguas de forma difusa y en cantidades reducidas, como ocurre habitualmente en la Naturaleza, la reducción de los niveles de oxígeno en el agua es modesta y se compensa por la difusión desde lugares cercanos o a través de la superficie a partir de la atmósfera, sobre todo si la agitación de las aguas lo favorece. Por otra parte, la formación de compuestos inorgánicos da lugar a un enriquecimiento en nutrientes biológicos y por lo tanto se propicia un aumento de la productividad primaria y en general un enriquecimiento ecológico del medio. Por lo tanto, en general, cuando los aportes son moderados, las consecuencias pueden entenderse como positivas.

Aportes mayores de materia orgánica, sin embargo, producen efectos que pueden ser ya negativos. Esto se debe, en primer lugar, a que las variaciones en la cantidad de oxígeno disuelto, sea cual sea su sentido, dan lugar a cambios que pueden llegar a ser significativos, ya que son capaces de favorecer a unas especies frente a otras. Por ejemplo, a más

oxígeno, para lo que puede bastar una mayor agitación mecánica de las aguas, mayor velocidad en la descomposición de la materia orgánica, y distinta actividad microbiológica, lo que a su vez influye en los nutrientes disueltos en el agua, etc. ó también, un incremento rápido del oxígeno disuelto puede llevar a una proliferación de algas, que al captar nutrientes disueltos limitan, o incluso impiden, el desarrollo de otras formas de vida con respuesta más lenta.

Cualquier vertido rico en materia orgánica produce una definida disminución en los niveles de oxígeno disuelto en las aguas que lo reciben. El déficit no queda restringido al punto donde se realizan los vertidos, sino que al ser estos desplazados por los movimientos de las aguas se extiende a otros lugares, en ocasiones bastante alejados. Esto es así sobre todo si existen corrientes de fondo que desplazan con los sedimentos la materia orgánica en descomposición, como ocurre a partir de los desagües al mar de muchas grandes ciudades o de puertos comerciales. En estos casos, además, suelen aparecer ya condiciones anóxicas cerca del fondo, con el consiguiente desarrollo de bacterias anaerobias, importantes modificaciones del pH, aparición de sustancias tóxicas, etc., como se comenta más adelante.

Si no llega a producirse una desoxigenación, es decir si la cantidad de materia orgánica de los vertidos es alta pero no llega a provocar que se agote el oxígeno disuelto, la escasez puede afectar a diversos invertebrados, al crecimiento de las algas y a las especies de peces más activas, sobre todo a los ejemplares jóvenes (Hynes, 1960; Nebel y Wright, 1999; Smith y Smith, 2007). Esto incluye muchas especies de interés comercial, por los que se trata ya de efectos cuya importancia directa en las economías locales puede ser considerable (Romero, C. 1997).

Se llega a una **desoxigenación** cuando los vertidos con materia orgánica son tan elevados que dan lugar a una demanda biológica de

oxígeno (DBO⁷⁶) tan alta que excede la capacidad del medio, con la consiguiente proliferación de bacterias anaerobias, cuya actividad metabólica origina metano, ácido sulfhídrico, amoníaco y otros compuestos⁷⁷. A la falta de oxígeno se suma la acción tóxica de estas sustancias sobre los seres vivos, por lo que los ecosistemas se ven profundamente afectados. Salvo en espacios muy cerrados, las condiciones de anoxia suelen quedar restringidas a los fondos y la importancia de la degradación dependerá de no sólo de la cantidad de materia orgánica vertida, sino también de otros factores: frecuencia o continuidad de los vertidos, capacidad de dilución en el lugar, agitación del medio, temperatura, DBO previa de las aguas de recepción, etc. Estos efectos pueden ser muy distintos de unos lugares a otros y depender de la estación del año, de la influencia de sucesos de aparición aleatoria, como podrían ser periodos de sequía, precipitaciones o tormentas extraordinarias y de otros factores. Por ejemplo, la coincidencia de una bajamar con vientos u oleaje excepcionales podría provocar que la remoción de sedimentos del fondo, liberando al agua sustancias de extrema toxicidad, como las toxinas botulínicas antes citadas.

La **eutrofización artificial o acelerada** se desarrolla a causa de aportes extraordinarios de materia orgánica (Wollenweider y Kerekes, 1981; Nebel y Wright, 1999; Kiely, 1999). Es un fenómeno muy raro en los puertos propiamente dichos, pero que sí puede aparecer en sus inmediaciones, sobre todo en porciones de marisma o tramos de estuarios. Este fenómeno se da cuando los mecanismos naturales para compensar la caída en la

⁷⁶ La demanda biológica de oxígeno (DBO), es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, y se utiliza para determinar su grado de contaminación. El método se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. Normalmente se mide transcurridos 5 días (DBO₅) y se expresa en mg O₂/litro.

⁷⁷ Incluso las peligrosísimas toxinas botulínicas.

cantidad de oxígeno disuelto no son suficientemente eficaces. La abundancia de nutrientes biológicos posibilita un característico desarrollo rápido y exuberante de algas y otras plantas acuáticas, a veces con carácter “explosivo”, que dura hasta que se agotan tales nutrientes o el oxígeno. La muerte y descomposición de las algas y otros organismos da lugar a una brusca caída en el oxígeno disuelto si lo que se ha agotado son los nutrientes o a la multiplicación de bacterias anaerobias, productoras de las sustancias tóxicas antes citadas si ya no queda oxígeno. Las aguas, repletas de materia orgánica en descomposición y con poco o ningún oxígeno se tornan turbias, oscuras, malolientes, sin más vida que bacterias anaerobias y otros microorganismos indeseables en condiciones habituales. En síntesis, el exceso de materia orgánica llega a producir una desoxigenación completa y un medio anóxico, con completa eliminación de la biota propia del lugar afectado.

Los cuerpos de agua someros, estancados, apartados de los canales más dinámicos en marismas, en especial durante los estiajes o en condiciones de sequía, son especialmente sensibles a la eutrofización. A los costes y dificultades de depuración, a los soportados por vecinos, ganaderos y agricultores, a la pérdida de capacidad para el ocio, a la eliminación de especies de interés marisquero o pesquero, hay que sumar infinidad de costes indirectos que no porque la población no los suela percibir como debidos a la eutrofización dejan de ser reales y onerosos. Es el caso, por ejemplo, de la rarefacción o eliminación de especies en la zona, o los riesgos sanitarios asociados a una mayor concentración de nitritos y nitratos en las aguas.

En las riberas, por otra parte, la materia orgánica acumulada puede dar lugar a otros problemas ambientales. Entre ellos, se pueden destacar:

- Contaminación microbiana.

- Aparición de lixiviados.

- Vectores de contaminación: roedores, moscas y otros insectos.

- Degradación visual.

- Olores.

6.3.14. CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA.

Los microorganismos provenientes de aguas residuales son de tipo muy variado, ya que comprenden bacterias, virus, hongos, levaduras, protozoos, algas, etc. (Gaudy y Gaudy, 1980; Nebel y Wright, 1999; Davis y Cornwell, 2008). Entre ellos abundan los patógenos, si bien, en su mayor parte, por fortuna, no soportan unas u otras condiciones propias de los ambientes marinos⁷⁸. No obstante, en ambientes de transición, en dársenas con niveles de intercambio de aguas bajo o en otras condiciones particulares, pueden darse condiciones que propicien infecciones o enfermedades parasitarias.

Por otra parte, la introducción de virus, bacterias y hongos transportados inadvertidamente en las aguas de lastre puede traducirse en riesgos sanitarios para personas muy raramente.

6.3.15. INTRODUCCIÓN DE ESPECIES.

La importación involuntaria de algas, huevos o larvas de moluscos u otros invertebrados, etc., en las aguas de lastre y a veces también en las incrustaciones de los cascos, han provocado en ocasiones desequilibrios graves en los ecosistemas locales, cuyas consecuencias en cadena han llegado al desplazamiento e incluso a la desaparición de especies autóctonas.

⁷⁸ Salinidad elevada, alta capacidad de dilución, abundancia de oxígeno y de radiaciones ultravioleta cerca de la superficie y falta de luz en profundidad.

La gestión de las aguas de lastre a escala mundial requiere, pues, un método factible y económico, que quizá pueda lograrse combinando un tratamiento mecánico con otro físico, como las radiaciones ultravioleta, y evitar así posibles afecciones a los ecosistemas marinos, que ya sufren serias amenazas en la actualidad (Brekhovskikh, L. M. 1990).

En la Conferencia Internacional sobre la Contaminación Marina de 1973, la OMI⁷⁹ adoptó la Resolución 18: Investigación del efecto de la descarga del agua de lastre que contiene bacterias de enfermedades epidémicas. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo⁸⁰ (CNUMAD, Programa 21), se instó a los Estados a actuar para evitar la degradación del medio marino incluyendo “la posibilidad de adoptar normas sobre la descarga del agua de lastre para impedir la propagación de organismos foráneos”.

La Resolución A.774 (18), adoptada por la Asamblea de la OMI en noviembre de 1993, establece unas “Directrices internacionales para impedir la introducción de organismos acuáticos y agentes patógenos indeseados que pueda haber en el agua de lastre y los sedimentos descargados por los buques”.

En 1997, el CPMM⁸¹ aprobó una nueva versión de estas directrices que fue adoptada en noviembre como Resolución A. 868 (20) “Directrices para el control y la gestión del agua de lastre de los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos”.

⁷⁹ Organización Marítima Internacional.

⁸⁰ La Conferencia, conocida como Cumbre para la Tierra, se celebró en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992. Fue un momento decisivo en las negociaciones internacionales sobre las cuestiones del medio ambiente y el desarrollo.

⁸¹ Comité de Protección del Medio Marino (CPMM), es un órgano de la OMI que se encarga de examinar todo asunto que sea competencia de la OMI respecto de la Prevención y Contención de la Contaminación del mar ocasionada por los buques.

En 1998, el Grupo de Trabajo del CPMM abordó la preparación de unas reglas obligatorias para la gestión del agua de lastre. Como resultado, la Conferencia Diplomática Internacional sobre la Gestión del Agua de Lastre de los Buques, celebrada en la OMI entre el 9 y el 13 de febrero de 2004, aprobó el Convenio Internacional sobre el Control y Gestión del Agua de Lastre de los Buques y sus Sedimentos. Este Convenio entrará en vigor doce meses después de la fecha en que se haya ratificado por, al menos, treinta Estados cuya flota mercante total represente como mínimo un treinta y cinco por ciento del tonelaje de registro bruto de la flota mercante mundial (lo que aún no se ha producido). Como resumen del mismo se puede destacar:

- Los buques construidos antes de 2009, con una capacidad de agua de lastre entre 1.500 y 5.000 m³, que representan la mayoría, realizarán el cambio del agua de lastre (con una efectividad mayor del 95%) a más de 200 millas de la costa más cercana, en aguas de más de 200 m de profundidad.
- Si no es viable realizar el cambio del agua de lastre, en la distancia de 200 millas, se efectuará a más de 50 millas y a más de 200 metros de profundidad. Si aun así no es realizable, el Estado correspondiente, de acuerdo con los adyacentes, podrá establecer zonas para el cambio del agua de lastre dentro de sus aguas jurisdiccionales.
- Los buques construidos después de 2009, no podrán descargar agua de lastre que contenga más de 9 organismos viables por m³ con un tamaño igual o mayor de 50 µ ni más de 9 organismos viables por cm³ con un tamaño mínimo entre 10 y 50 µ.
- A partir de 2014, se aplicarán las mismas medidas a los buques con una capacidad de lastre entre 1.500 y 5.000 m³

construidos antes de 2009.

- Y la obligación se aplicará a partir de 2016 a los buques con una capacidad de lastre menor de 1.500 y mayor de 5.000 m³ construidos antes de 2009.

- Además, los Estados dispondrán de instalaciones para la recepción de los sedimentos en los puertos-terminales donde se limpien o reparen los tanques de tratamiento de las aguas de lastre.

Sin duda esta última instrucción impulsará un cambio de planteamientos en la explotación tanto portuaria industrial como del sector pesquero y sobre todo del sector de la náutica deportiva.

6.4. EL SISTEMA DE INDICADORES AMBIENTALES.

En apartados anteriores, se ha expuesto un resumen de las características regionales de interés ambiental para los trabajos emprendidos (**Epígrafe 5.2.**) y se han descrito brevemente la historia, los rasgos físicos y las instalaciones disponibles de cada puerto pesquero o deportivo en la Comunidad Autónoma de Cantabria (**Epígrafes 5.3. y 5.4.**). Para integrar tal conjunto de conocimientos, tras puntualizar el sentido concreto en el que se utilizan distintos términos y la doctrina y alcance que subyace, tras diversos conceptos fundamentales en lo ambiental (**Epígrafe 6.1.**), nos hemos esforzado en comprender y exponer los principales efectos ambientales producidos por las actividades humanas que se realizan en el entorno de los puertos pesqueros y deportivos (**Epígrafe 6.2.**) y qué consecuencias tienen con respecto a la calidad del medio (**Epígrafe 6.3.**).

Esta labor quedaría incompleta si no se sentarán además las bases para diseñar un sistema de vigilancia capaz de detectar las disfunciones, riesgos y problemas ambientales más importantes (Doménech, 2009). A este

respecto, cabe recordar el código de conducta ambiental de la ESPO, al que se ha hecho referencia en el Epígrafe sobre Antecedentes y en el que se establecieron los principios básicos de gestión medioambiental aplicables a todos los tipos de puertos, que data de 1994 y del que se hizo una versión renovada en 2003. Igualmente reseñables son el Reglamento (CE) nº 761/2001 por el que se permite que los organismos se adscriban voluntariamente al sistema comunitario de gestión y auditorías ambientales (EMAS) y las normas UNE-EN-ISO 14001 y UNE 150103, todos los cuales plantean la necesidad de emplear indicadores ambientales (TRAMA, 2006) para poner de manifiesto la eficacia de programas, estrategias, medidas y procedimientos concretos.

6.4.1. SISTEMA DE INDICADORES INDAPORT.

El Ente Público Puertos del Estado ha venido trabajando en INDAPORT, un sistema de indicadores ambientales útil para reflejar el estado del medio en los puertos y de encaminar los procesos de toma de decisiones en materia ambiental, con la pretensión de que fuera una herramienta clave para la gestión ambiental de los puertos comerciales en el ámbito nacional y una referencia en el internacional. Procede, por lo tanto, más que desarrollar aquí “*ex novo*” un nuevo sistema, por una parte, analizar lo existente y discernir hasta qué punto es adecuado o puede adecuarse a los puertos objeto del presente estudio; y por otra, analizar sucintamente el proceso de elaboración y extraer del mismo las enseñanzas que puedan resultar útiles.

En una primera fase, se desarrolló un sistema de indicadores ambientales portuarios adaptado a un puerto piloto, concretamente el Puerto de Valencia. A partir de la experiencia adquirida, se generalizó el sistema de tal forma que aún siendo adaptable a cualquiera de los puertos de interés general se mantuviera una estructura común y pudiera sostenerse dentro del sistema de indicadores portuarios en la estructura del cuadro de mando Integral propuesta por Puertos del Estado.

Para el desarrollo de estos trabajos se contó con el apoyo de la Dirección General de Política tecnológica del Ministerio de Ciencia y Tecnología a través de un programa concreto que se tituló PROFIT.

La primera labor realizada consistió en la identificación y clasificación de las actividades portuarias, a partir de un listado inicial, que fue enviado para su consideración a las veintisiete autoridades portuarias españolas. Se llegó a elaborar un listado, que mostramos en la Tabla 1, en el que quedaron encuadradas las actividades portuarias.

ACTIVIDADES PORTUARIAS	
1	Tráfico marítimo.
2	Tráfico terrestre.
3	Almacenamiento, carga y descarga de productos petrolíferos.
4	Almacenamiento, carga y descarga de graneles líquidos.
5	Almacenamiento, carga y descarga de graneles sólidos.
6	Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general en container.
7	Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general a granel.
8	Actividad pesquera.
9	Manipulación y transformación de graneles sólidos perecederos.
10	Servicios portuarios.
11	Servicios administrativos.
12	Servicios sanitarios.
13	Operaciones de emergencia.
14	Actividades de mantenimiento y limpieza dentro del recinto portuario.
15	Dragado.
16	Tratamiento de residuos MARPOL.
17	Obra civil.
18	Instalaciones y mercancías abandonadas o en desuso.
19	Actividades recreativas.
20	Puertos deportivos.
21	Industria metálica.
22	Industria energética.

Tabla 1: Actividades Portuarias. Fuente: Puertos del Estado.

Posteriormente ,se identificaron los principales aspectos ambientales (Zambonino Pulito, M. 1998) relacionados con cada actividad y se elaboraron diagramas de etapas para cada una de ellas, de tal forma que se identificaran rápidamente las entradas (consumos), las salidas (emisiones a la atmósfera, a las aguas, a los suelos, ruido, residuos, etc.) y los flujos correspondientes.

En el Tabla 2, como ejemplo, se muestra un diagrama de etapas de la actividad nº 7 de la Tabla anterior, “Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general a granel”, con sus direcciones de flujo.

Para visualizar rápidamente el conjunto de datos identificados en el análisis, se elabora una matriz de doble entrada “actividades portuarias”, “efectos ambientales”.

A cada una de las actividades portuarias corresponde una columna, mientras que en las filas se disponen los aspectos ambientales. De esta forma, la lectura del cuadro permite advertir cuáles son los efectos asociados a una actividad determinada y cada fila qué actividades producen un efecto o efectos concretos.

Los análisis realizados identificaron más de un millar de “**aspectos**” (o variables ambientales) a considerar. Con el fin de orientar el estudio hacia los más significativos, se encargó efectuar una selección a un grupo de expertos y se remitió la matriz a todas y cada una de las Autoridades Portuarias con la petición de que identificasen los que consideraran más relevantes. Esto permitió elaborar un listado de los “**aspectos**” considerados como más significativos para el medio ambiente portuario. Dada su cantidad, se agruparon en un conjunto inicial de “**variables base de indicadores ambientales**”, cada una de las cuales reúne los aspectos ambientales que dan lugar a un mismo tipo de efecto ambiental o se pueden medir de una forma semejante. Los indicadores ambientales se plantearon a partir del correspondiente grupo reducido de variables. Se eligió el modelo **PER**

(Presión – Estado – Respuesta) de la **OECD**, cuyas bases ya se han abordado en el **Capítulo IV**, dedicado a “**Metodología**”. Cabe recordar aquí sencillamente que el modelo se basa en una cadena:

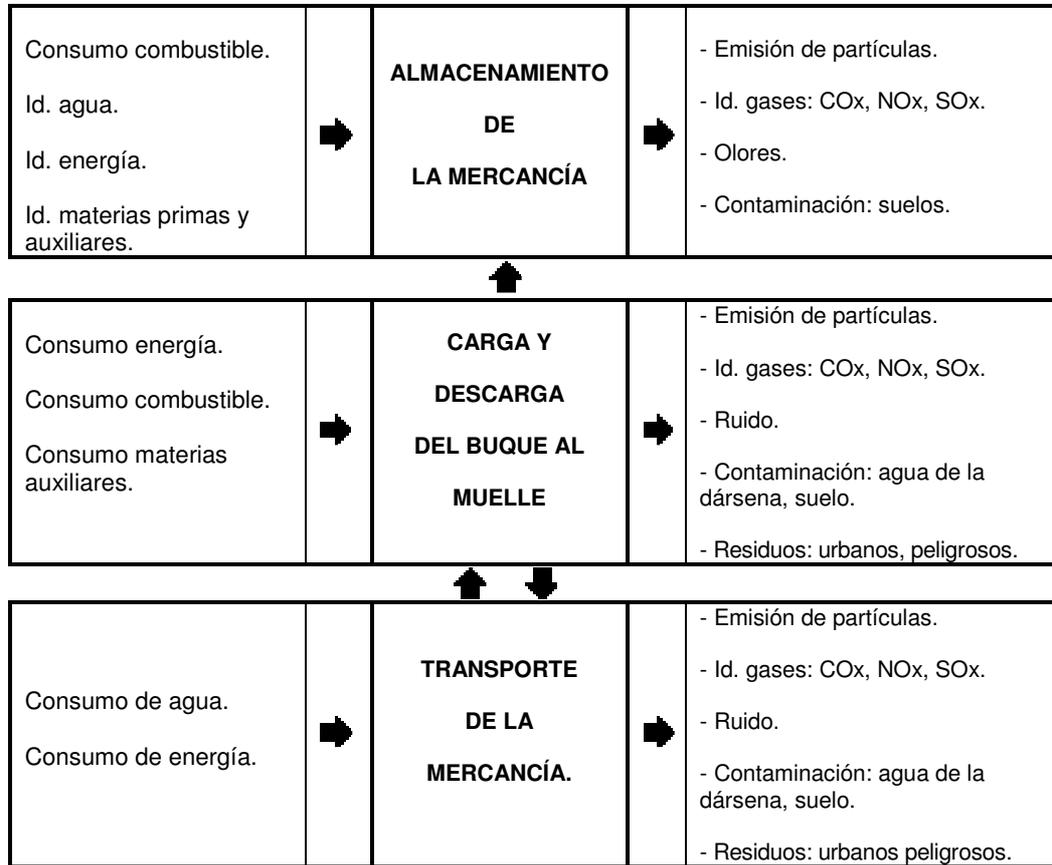


Tabla 2: Diagrama de etapas. Almacenamiento, carga y descarga de mercancía general no containerizada. Fuente: Autor.

Las actividades portuarias se traducen en actividades que influyen sobre el medio ambiente (presiones), en el que aparecen y se desarrollan efectos ambientales que modifican su calidad.

En el momento actual o en un tiempo futuro (estado del medio), lo que a su vez da lugar a acciones humanas que pretenden corregir, minorar o minimizar las consecuencias que se entienden negativas y restaurar así la calidad ambiental (respuesta).

Para facilitar el uso de los indicadores, se diseñó una ficha que define las cualidades y características esenciales de cada uno de ellos. En tales fichas, además del nombre del indicador concreto y de su tipo (de presión, de estado o de respuesta) se incluye información sobre los aspectos que se indican en los seis puntos que se indican en la Tabla 3.

Nombre del indicador.	Tipo de indicador (P, E o R).
Introducción.	
Situación en el puerto.	
Objetivo ambiental.	
Descripción del indicador. Definición. Unidad de medida. Periodicidad. Alcance.	
Metodología de cálculo. Legislación aplicable. Herramientas de medición. Responsable de la medición. Lugar de medición.	
Referencias.	

Tabla 3: Ficha de caracterización de indicadores. Fuente: Puertos del Estado.

En la segunda entrada de esta ficha, se entiende que la “**situación en el puerto**” se refiere con respecto a los efectos ambientales significativos que para los que se ha elegido el indicador. En la tercera entrada de esta ficha, al objetivo que se pretende alcanzar con el uso del indicador concreto.

El “**alcance**” alude a la escala abarcada por el indicador, es decir, a si queda restringido al puerto y entorno portuario, o si tiene alcance regional o mundial.

En “**referencias**” se deben citar la documentación especialmente destacable que se haya consultado con respecto al indicador concreto o a otros utilizados con fines idénticos.

El sistema básico de indicadores ambientales propuesto para el

sistema portuario español INDAPORT es el que se indica en la Tabla 4.

Nº	Denominación del indicador	Tipo
1	Calidad del aire (inmisiones)	E
2	Emisiones de contaminantes atmosféricos	P
3	Emisiones de gases con efecto invernadero	P
4	Contaminación acústica	P
5	Calidad de las aguas interiores del puerto	E
6	Vertidos accidentales en aguas portuarias (número y descripción)	P
7	Áreas expuestas a alto riesgo de contaminación de suelos	P
8	Generación de residuos urbanos y peligrosos	P
9	Generación de lodos de dragado	P
10	Consumo de agua	P
11	Consumo de energía eléctrica	E
12	Consumo de combustible	P
13	Ocupación del suelo	E
14	Alteración del fondo marino	E
15	Imagen social del puerto	E
16	Incidencias con repercusiones ambientales (número)	P
17	Comportamiento económico de la Autoridad Portuaria en materia ambiental	R
18	Formación ambiental	R
19	Comunicación ambiental	R

Tabla 4: Sistema de indicadores INDAPORT. Fuente: INDAPORT.

6.4.2. PROPUESTA PARA LOS PUERTOS PESQUEROS Y DEPORTIVOS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CANTABRIA.

Un sistema de indicadores difícilmente puede conceptuarse como una composición rígida o definitiva, pues necesariamente debe acomodarse a la realidad de cada puerto y al paso del tiempo, que no solamente verá la transformación de las instalaciones, sino también cómo se trasmutan las apetencias y objetivos de la sociedad. Por ello, tiene que concebirse como algo flexible, que pueda adaptarse a los puertos y a su evolución, a los avances en el conocimiento del entorno natural (o, quizá mejor, “espontáneo”) al desarrollo del instrumental de medida y control, a los cambios en el entorno social, etc.

El sistema INDAPORT, tal y como ha sido diseñado, es flexible y

permite ser adaptado a puertos de muy distintas características, pero en realidad está concebido específicamente para puertos comerciales. Puede concebirse, por lo tanto, como una primera aproximación a las necesidades expuestas con anterioridad, pero no como una respuesta suficiente a las mismas, al menos con respecto a los puertos pesqueros y deportivos. Por otra parte, la metodología para el desarrollo de un sistema de indicadores es, sin duda, útil y aleccionadora. De aquí que en las páginas siguientes, partiendo de una concepción como la expuesta, se aborde una aproximación más específica para los puertos objeto de esta **Memoria de Tesis**.

A este respecto y teniendo en cuenta que un sistema de indicadores debe ser elaborado considerando los distintos niveles de decisión, gestión, actuación, comunicación que intervienen en el ámbito portuario, se ha partido de la consideración de los aspectos diferenciales o de especial importancia en el caso de los puertos pesqueros y deportivos que se exponen a continuación.

En el caso de los puertos deportivos o pesquero-deportivos, la calidad ambiental en los mismos y en su entorno es aún más importante que en el caso de los puertos comerciales, pues su atractivo está estrechamente asociado a tal calidad.

El sistema de indicadores debe incluir indicadores ambientales que reflejen tanto el conjunto de las actividades en un puerto pesquero o deportivo como los distintos procesos existentes en los mismos a los que se reconozca importancia significativa, teniendo en cuenta que algunos, por ser propios o específicos de estos puertos, deben recibir la adecuada y merecida atención.

Deben quedar claramente cubiertos con indicadores operativos los aspectos ambientales que resulten reveladores para orientar la actuación en materia de medio ambiente de los responsables de cada puerto. De forma semejante, deben existir indicadores estratégicos, útiles tanto para orientar o

corregir las políticas ambientales en relación con cada puerto y con el conjunto de los mismos como para facilitar la comunicación con otros departamentos de la Administración y con los medios de información.

La consideración de estos aspectos, nos ha llevado a elaborar un sistema de indicadores estructurado en tres grandes grupos: indicadores del estado del medio ambiente portuario, indicadores de gestión ambiental, indicadores de origen de los efectos ambientales e indicadores de control.

La función de estos indicadores puede describirse como sigue.

Indicadores de estado del medio ambiente portuario: informan sobre la calidad general del medio ambiente portuario.

Indicadores de gestión ambiental: proporcionan información actualizada sobre la gestión ambiental que se lleva a cabo en cada puerto, tanto cuantitativa como del grado de implementación de la gestión ambiental.

Indicadores del origen de los efectos ambientales: informan sobre las actividades que contribuyen, en mayor medida, a distintas formas de contaminación, puesta que éstas pueden provenir de distintas fuentes.

Indicadores de control: permiten el seguimiento y evaluación de las actuaciones con trascendencia ambiental que puedan ponerse en marcha.

En la Tabla 5 se expone la estructura del sistema de indicadores que se propone y a continuación, en los párrafos siguientes, las aclaraciones que hemos estimado necesarias.

De acuerdo con lo expuesto en el **Capítulo IV Metodología**, la selección de los campos, como la de los indicadores concretos que los materialicen, se ha realizado o deberá realizarse atendiendo tanto a que proporcionen una información a la vez significativa y comprensible, útil para

un rápido diagnóstico de las consecuencias ambientales de acciones determinadas y para realizar un seguimiento de la evolución ambiental a lo largo del tiempo, como a lo expuesto en el **Epígrafe 6.3.** y en el **Epígrafe 6.4.** precedentes. De esta forma, los indicadores concretos correspondientes al campo estado del medio ambiente portuario podrían basarse, según las circunstancias, en uno, o más probablemente en varios, de los parámetros que se indican a continuación.

GRUPO	Objeto o Campo	OBJETIVO
A. Estado del medio ambiente portuario.	A.1. Calidad de las aguas interiores. A.2. Calidad del sedimento. A.3. Biodiversidad en el medio acuático. A.4. Calidad del aire. A.5. Calidad acústica. A.6. Calidad lumínica.	A.1. Contaminación nula. A.2. No toxicidad. A.3. Máxima según entorno. A.4. Ajuste a límites. A.5. Ajuste a límites. A.6. Ajuste a límites.
B. Gestión ambiental.	B.1. Grado de implantación*. B.2. Eficiencia energética. B.3. Gestión de residuos. B.4. Consumo de agua. B.5. Formación ambiental.	B.1. Completo. B.2. % renovables**. B.3. 100 %. B.4. % reducción***. B.5. Alta.
C. Origen de los efectos ambientales.	C.1. Actividades náuticas. C.2. Área técnica. C.3. Actividades comerciales. C.4. Accidentes e incidentes. C.5. Externas.	C.1. Minimización. C.2. Nula. C.3. Minimización. C.4. Nula. C.5. Nula.
D. Control.	D.1. Transparencia del agua. D.2. Flotantes (sólidos y líquidos). D.3. Percepción ****.	D.1. Máxima. D.2. Mínimo. D.3. Buena.

Tabla 5: Estructura del sistema de indicadores propuesto para los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Fuente: Autor.

*Grado de implantación del SGMA (Sistema de Gestión Medio Ambiental).

**Utilización de un determinado porcentaje de energías renovables.

***Reducción de la utilización de aguas potables hasta un límite prefijado.

****Por parte de los usuarios.

A.1 – Calidad de las aguas interiores en un puerto. Pueden determinarse a partir de parámetros como los niveles de oxígeno disuelto, el pH, la turbiedad, los sólidos en suspensión o los solutos (nitritos y nitratos, fosfatos, metales pesados, etc.), el contenido microbiológico, etc. Más adelante, como ejemplo, se desarrolla este punto de forma más amplia.

A.2 – Calidad del sedimento. Según los problemas a controlar, pueden interesar parámetros como la composición y la granulometría del sedimento, la proporción de finos o de materia orgánica, el potencial redox, la cantidad de metales pesados o la presencia, cantidad de unas sustancias tóxicas determinados.

A.3 – Biodiversidad en el medio acuático. Pueden utilizarse la presencia (o ausencia) de especies clave, el número de taxones presente, la abundancia de individuos de ciertas especies, etc.

A.4 – Calidad del aire. Puede medirse en función de las cantidades de polvo y aerosoles, de óxidos de carbono, azufre o nitrógeno o de otras sustancias.

A.5 – Calidad acústica. En general es suficiente medir niveles de ruido, como establece la legislación vigente en virtud del tipo de uso. El control de vibraciones puede resultar necesario en la cercanía de instalaciones de carga y descarga, de reparación o desguace, fabriles en general, así como en el caso de que se realicen labores de dragado, de ampliación o similares.

A.6 – Calidad lumínica. En los últimos años, se ha manifestado la preocupación por la contaminación lumínica en las zonas urbanas y asimilables. No obstante, su medición directa presenta serias dificultades. En los puertos pesqueros y deportivos podría bastar con contar el número de farolas dotadas de un sistema de iluminación concebido o preparado para minorar la contaminación de este tipo.

En cuanto a los indicadores posibles para los cinco campos que se han distinguido en cuanto a la gestión ambiental, pueden señalarse como ejemplos los que se indican a continuación:

B.1 – Grado de implantación del Sistema de Gestión Medio

Ambiental (SGMA). El primero consistiría sencillamente en la existencia o no de un **SGMA**. Como continuación, se desarrollarían otros que midieran de alguna forma la calidad de las metas del sistema y el grado de cumplimiento de las mismas.

B.2 – Eficiencia energética. Indicadores posibles serían la energía consumida por amarre, el porcentaje de energía procedente de fuentes renovables o que no liberen gases de efecto invernadero, la emisiones de partículas o de ciertos gases (**COx**, **NOx** y **SOx**) provocadas por el consumo energético, etc.

B.3 – Gestión de residuos. Podrían utilizarse como indicadores la dotación de medios para la recogida o tratamiento de los residuos especiales o de otro tipo, los porcentajes de recogida selectiva, la graduación del estado de los puntos limpios y del entorno de los lugares de recogida, etc.

B.4 – Consumo de agua. Resultan básicos, entre otros, el control de la cantidad de agua potable consumida por amarre, la existencia de dispositivos para reducir el consumo, las posibilidades de reutilización o los puntos de reducción en la utilización de aguas potables con un objetivo prefijado.

B.5 – Formación ambiental. Cursos de contenido ambiental impartidos, porcentaje de usuarios o de personal que ha seguido cursos de tal tipo en un periodo determinado, actos u otras actividades programadas, etc.

Los indicadores del objeto o campo origen de los efectos ambientales pueden ser muy variables de unos puertos a otros. Se han distinguido, a este respecto, un total de cinco grupos, a saber:

C.1 – Actividades náuticas.

C.2 – Área técnica.

C.3 – Actividades comerciales.

C.4 – Accidentes e incidentes.

C.5 – Externas.

No es preciso explicitar aquí que los parámetros concretos elegidos, al tener que reflejar las mayores amenazas ambientales en cada puerto, pueden ser muy variados, pues se han hecho ya las observaciones oportunas en el **Epígrafe 6.3.** con anterioridad. En todo caso, como los parámetros concretos a utilizar no pueden ser muchos, procede estudiar qué aspectos deben tener preferencia, fundamentalmente en función de los riesgos para la calidad ambiental (Azqueta, D. 1994) tanto en el puerto propiamente dicho como (y quizá sobre todo) en el entorno del mismo, sobre todo si sostiene una densa ocupación humana, se trata de paisajes sobresalientes o está considerado de especial importancia ecológica, como es el caso de medios con alta productividad biológica, que sirvan de lugares de reproducción y cría de especies piscícolas, de refugio a aves durante las migraciones, etc. (recuérdese lo expuesto en el **Epígrafe 5.2.**).

En cuanto al objeto o campo denominado genéricamente Control, se entiende como deseable la utilización en el mismo como indicadores de parámetros sencillos, de medición (o estimación) rápida y fácil, así como de fácil asimilación y comprensión, que cubran un espectro ambiental amplio. Los motivos de ello tienen su raíz en las utilidades que se persiguen: que tales indicadores sean útiles para el seguimiento rápido de acciones, accidentes, programas e incluso políticas concretas; que sean fácilmente comprendidos por no especialistas que por ocupar puestos de decisión tengan que llegar a acuerdos, tomar resoluciones, emitir fallos, etc.; y que permitan una buena comunicación entre especialistas ambientales y de otros campos, así como por el público en general. Se han señalado tres campos concretos:

D.1 – Transparencia del agua. Se trata de un parámetro tan sencillo que puede incluso realizarse de forma inmediata mediante una simple observación visual (aunque sean preferibles métodos más exactos y sofisticados) y su importancia puede ser entendida o intuida por cualquier persona sin formación específica.

D.2 – Presencia de flotantes, sean sólidos, líquidos o de ambos tipos. Puede reflejar, por ejemplo, el número de días al mes o al año en que se detectan ciertas materias o sustancias, la superficie de la lámina de agua afectada, etc.

D.3 – Percepción del estado de las aguas, del puerto en general o de ciertas instalaciones o servicios por parte de los usuarios, empleados o personas que vivan o realicen sus actividades en el entorno próximo a los puertos, por ejemplo mediante encuestas.

Cada uno de estos campos debe ser desarrollado para cubrir los aspectos que sean necesarios. Por ejemplo, en el campo **A.1 - Calidad de las aguas interiores en un puerto**, los indicadores ambientales concretos a utilizar para detectar y valorar cambios en la calidad de esas aguas serían fundamentalmente de tres tipos, a saber:

A.1.1 – Indicadores de calidad química de las aguas interiores, derivados esencialmente de la normativa vigente, que fija límites para diversos usos. Las sustancias prioritarias a considerar son las siguientes:

- Metales pesados: cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre y estaño.

- Hidrocarburos aromáticos policíclicos:

- Antraceno.
- Fluoranteno.
- Naftaleno.
- Benzo (a) pireno.
- Benzo (b) fluoranteno.
- Benzo (g,h,i) perileno.
- Benzo (k) fluoranteno.
- Indeno (1,2,3-cd) pireno.

- Fenoles:

- Nonilfenoles (4-para-nonnilfenol).
- Octifenoles (para-ter-octifenoles).
- Paraclorofenol.

- Compuestos organoclorados:

- Alacloro.
- Atrazina.
- C10-13 cloroalcanos.
- Clorofenivinfos.
- Cloropirifos.
- 1,2-dicloroetano.
- Diclorometano.
- Endosulfán (alpha-endosulfán).
- Hexaclorobenceno.
- Hexaclorobutadieno.
- Hexaclorociclohexano (lindano).

- Diurón,
- Pentaclorobenceno.
- Triclorobencenos (1,2,4-triclorobenceno).
- Triclorometano (cloroformo).

- Varios:

- Trifluralina.
- Benceno.
- Difeniles bromados.
- Di(2-etilhexil)ftalato (DEHP).
- Isoproturón.
- Simazina.
- Compuestos de tributiltín (tributiltín catión).

A.1.2 – Indicadores de calidad física de las aguas interiores, derivados en lo esencial también de la normativa. Se incluyen aquí la temperatura, la turbiedad, la carga sólida, etc.

A.1.3 – Indicadores de calidad biológica de las aguas interiores, derivados en cambio del conocimiento del medio, de acuerdo con los estudios científicos y técnicos existentes. Se pueden utilizar tanto indicadores para el medio pelágico como para el bentónico, así como indicadores biológicos, éstos en general sujetos a mayores dificultades.

- **Pelágico:** oxígeno disuelto. Turbidez, hidrocarburos totales, detergente, clorofila a.

- **Bentónico:** carbono orgánico total (COT), nitrógeno Kjeldahl (NTK), fósforo total (P), metales pesados (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, As, Cr, Sb), PCB, HAP.

- **Biológicos:** referidos a comunidades constituidos por seres vivos, animales y vegetales, que viven en los fondos.

En el futuro, sería de gran interés poner en marcha un sistema de indicadores ambientales concebido de esta forma para los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria. No obstante, dadas las carencias que se desprenden de lo expuesto en otras partes de esta **Memoria de Tesis**, en especial en el **Epígrafe 5.3.** y en el **Epígrafe 5.4.**, la realidad de la gestión ambiental de los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria aconseja llevar a cabo primeramente otras acciones, no solamente más urgentes, sino también de bajo coste por comparación con los beneficios ambientales o de otro tipo que pueden obtenerse. Estas acciones especialmente recomendables en el momento actual se relacionan y valoran en el **Capítulo VII** de esta **Memoria de Tesis**.

6.5. CONTROL AMBIENTAL: DISCUSIÓN Y DIAGNÓSTICO.

La gestión de los puertos pesqueros y deportivos no puede prescindir de los aspectos ambientales (Zambonino Pulito, M. 1998), pues resultan cruciales para mantener o acrecentar si es posible la calidad de los mismos y de su entorno. Por ello, es necesario, en primera instancia, obtener un conocimiento suficiente tanto de los rasgos ambientales más sobresalientes de ese entorno, en su doble vertiente “**natural**” y “**humana**”, como de las actividades que se llevan a cabo en las instalaciones portuarias y en sus alrededores.

No obstante, como es obvio, para determinar unas pautas útiles para la gestión ambiental de los puertos pesqueros y deportivos, tal conocimiento

por sí sólo resulta insuficiente. Es necesario, en primer lugar, asentar unos principios conceptuales mínimos, claros y bien definidos, capaces de orientar el juicio y conducir las acciones, que podríamos resumir diciendo que cualquier menor utilidad para el Hombre es también degradación ambiental. A partir de tales principios, es preciso integrar aquel conjunto de conocimientos, comprender las interrelaciones existentes entre las actividades y la calidad del medio, determinar las influencias mutuas, identificar qué disfunciones, riesgos y problemas pueden producirse o inducirse a través del medio y, en una fase más avanzada, proponer soluciones. Es más, ese conjunto de acciones carecería de verdadero significado práctico si además no se trabaja para discernir su “significado ambiental” (su importancia relativa) y no se diseña un sistema de vigilancia capaz de detectar aquellas disfunciones, riesgos y problemas.

Ahora bien, realizar tales labores no es tarea fácil. El medio ambiente en cualquiera de los puertos y en sus inmediaciones es un sistema único, pues cada entorno es distinto de los demás, ya que su substrato geológico, sus rasgos geomorfológicos, la vegetación y la fauna espontáneos en el lugar, los modos de la ocupación humana y los usos del territorio circundante, etc., son distintos en cada caso. Es también un sistema complejo, compuesto por numerosos elementos, minerales, vegetales, animales, humanos, etc., intensamente relacionados entre sí y sujetos a innumerables procesos, de los que no conocemos sino una parte. Se trata, además, de sistemas dinámicos, sujetos a una evolución permanente de forma natural, como también a cambios derivados de la presión humana, por otra parte generalmente intensa. Además, aunque para su estudio tendemos en la práctica a tratarlos como si se tratara de sistemas cerrados, en realidad son inevitablemente abiertos, pues incluso allí donde parece que los límites están mejor definidos, como es el caso de la línea de costa o la boca de un estuario, hay un continuo trasiego de materia y de energía. Finalmente, se trata de sistemas para nosotros extradimensionales, en el sentido de que en mayor o menor medida, sus magnitudes, en

términos de espacio, tiempo y energía, son claramente distintas de las propiamente humanas.

Por otra parte, en cualquier recinto portuario, como en sus inmediaciones, se llevan a cabo un complejo conjunto de actividades, de tipo muy diverso, diferentes de unos puertos a otros y con intensidad muy variable a lo largo del tiempo. Muchas de esas actividades tienen de forma inevitable carácter netamente impactante, producen formas de contaminación y degradación ambiental muy variadas y son objeto de una regulación compleja, en ocasiones contradictoria, reflejo, por otra parte, de las tensiones que rodean el uso de los medios y capacidades ambientales.

Las consecuencias en el medio no solamente son también complejas y con frecuencia difícilmente previsibles, sino que pueden manifestarse en lugares muy alejados o tras el paso de largos lapsos de tiempo. Es más, en aquellas ocasiones en las que la aparición de un fenómeno depende de que se sobrepase un determinado umbral, una acción que puede parecer nimia puede desencadenar consecuencias catastróficas. Se corren riesgos como el de investigar e intentar contener, controlar o erradicar con ahínco formas de degradación que quizá no resulten ser las que den lugar a los problemas más graves, o de confundir variaciones naturales en el medio con resultados de actividades humanas. La diversidad que se observa en los puertos pesqueros y deportivos, su distinta vocación, la variabilidad de sus dimensiones y de las dotaciones con las que cuentan, las diferencias provocadas por los distintos modelos de gestión utilizados en el pasado, unidas a las diferencias inherentes al medio en que están enclavados, hacen que no haya dos puertos iguales, en situación semejante, que den lugar a disfunciones parejas.

El análisis de las principales actividades impactantes que se realizan habitualmente tanto en los puertos pesqueros y deportivos como en sus inmediaciones, arroja una larga lista de posibles disfunciones. Las consecuencias sobre el medio ambiente, o que a través del mismo son

repercutidas sobre los seres humanos, es larga, compleja y de difícil valoración. ¿Cómo comparar un daño cierto con otro, quizá mucho mayor, pero sólo potencial? ¿Un riesgo sanitario con una minoración de la capacidad para el ocio? ¿Un beneficio actual con una pérdida futura? No hay una respuesta indiscutible a muchas de estas cuestiones, menos aún si no somos capaces de valorar adecuadamente los efectos (Brekhovskikh, L. M. 1990; Ministerio de Industria y Energía. 1995).

Un procedimiento útil para abordar esta realidad tan compleja es establecer un sistema de vigilancia ambiental basado en un sistema de indicadores. Un sistema de este tipo, bien diseñado y correctamente aplicado (y en caso necesario adaptado a cada puerto) tiene capacidad para un seguimiento eficaz de la calidad ambiental en el conjunto de los puertos y en cada uno de ellos, puede detectar con rapidez las posibles disfunciones de mayor importancia y hace más fácil la gestión de los puertos, tanto por estar normalizado para el conjunto de los mismos como por reducir el número de controles, tomas de datos y análisis necesarios. Es más, se trata de un procedimiento mediante el cual se puede lograr no sólo que la comunicación entre especialistas, gestores, decisores y público en general sea buena, si no también rápida, lo que obviamente es un importante valor añadido en aquellos casos en los que una disfunción ambiental salta a los medios de información. En síntesis, implantar un sistema de indicadores ambientales diseñado para los puertos marítimos, en su caso con las necesarias modificaciones para adaptarlo a la realidad de los puertos pesqueros y deportivos de la Comunidad Autónoma de Cantabria y aún a cada uno de ellos, resultaría de gran utilidad.

Por otra parte, si algo aconseja la experiencia acumulada, de la que hay amplio reflejo en la bibliografía, es, en síntesis, ser realista. Para ello, se propone seguir unas pautas, que se expresan a continuación en pocas líneas.

A) Actuar en aquellos campos sobre los que se puedan tener

competencias reales. Procede, por ejemplo, poner medios para evitar pequeños vertidos de combustible con motivo del repostaje en las dársenas; pero no se puede actuar desde los puertos contra la contaminación difusa debido al ganado suelto en los campos de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

B) Actuar para evitar o limitar las formas de degradación ambiental más graves. Por ejemplo, interesa más dar solución al desecho de residuos líquidos procedentes de sentinas que evitar la contaminación térmica producida por las pequeñas embarcaciones.

C) Proponer actuaciones cuya puesta en marcha supongan un coste de instalación razonable, pero sobre todo que requieran costes de operación y mantenimiento asumibles en años sucesivos. Empezar actuaciones cuya continuidad no esté asegurada es, muy probablemente, una forma de malgastar recursos.

C) Valorar adecuadamente las actuaciones que, dentro de los parámetros señalados, supongan una inversión razonable. La comparación entre el coste de tales actuaciones y los beneficios ambientales que, no se olvide, tienen también trascendencia monetaria, ha de poder ser sopesada por los que tomen la decisión de dotar a los puertos de los medios necesarios.

