

# LAS DETERMINANTES Y LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACION MARINA

EL HOMBRE Y LAS PERTURBACIONES DEL  
EQUILIBRIO DE LOS SISTEMAS  
NATURALES VIVIENTES

por los Drs. DAVID T. BELLAMY, ALAN  
WHITHICK y D. J. JONES

Del Departamento de Botánica de la Universidad de Durham

Indudablemente, el método más fácil de que dispone una comunidad marítima para desprenderse de cualquier cosa es arrojársela al mar. Por esta razón, hasta fecha reciente, nuestras corrientes interiores de agua eran consideradas y utilizadas como alcantarillas. La existencia del problema de la contaminación del agua no se reconoció hasta que los lagos y los ríos comenzaron a resultar demasiado desagradables para "soportarlos". La legislación destinada a aminorar este problema apareció sólo cuando se hubo comprobado que era un peligro tanto para la salud como para la economía, al afectar al disfrute de esas aguas y a su producción de pesca.

La contaminación del mar, como tal, ha parecido siempre una posibilidad mucho más remota; los 330 millones de millas cúbicas de agua salada parecen ser la solución del problema, y no parte del mismo. Esto ha dejado de ser cierto. Hoy día es imposible pasar por alto la contaminación del agua del mar; de hecho, en algunos lugares resulta ya algo repugnante.

Si por contaminación entendemos la perturbación del equilibrio de los sistemas naturales vivientes, entonces el hombre tiene que contaminar el mar. La vida marítima es un enorme sistema viviente. Las plantas, tanto las que flotan como las que están arraigadas, tanto las macroscópicas como las microscópicas, captan y fijan la energía luminosa. Una parte de sus productos alimentan esa multitud de animales herbívoros, cuyo número se mantiene dentro de unos límites ya sea por falta de alimento o por los animales carnívoros que se alimentan a su vez de ellos. Así pues, existe en el mar un sistema de vida infinitamente complejo pero perfectamente equilibrado: un ecosistema. El punto de equilibrio es la complejidad del sistema, cada parte del cual desempeña su misión precisa dentro de una norma autorreguladora que es la supervivencia de los más aptos. El control final es el que ejerce el medio ambiente, y especialmente ese factor que es limitativo en el mar; la penetración de la luz y la existencia de los elementos nutritivos básicos, los nitratos y los fosfatos.

El ecosistema marino dispone de factores amortiguadores de los cambios, pues los sistemas que lo integran regulan lo que por evolución tienen que regular: los lentos cambios de temperatura y salinidad. Los cambios rápidos localizados y catastróficos, como los efectos de los volcanes, huracanes, grandes mareas, etc. pueden ser también amortiguados mediante la repoblación de las zonas afectadas con elementos procedentes de otras zonas.

La moderna tecnología ha dado al hombre una gran fuerza geomorfológica y geoquímica. Cada día son mayores las cantidades de materiales derivados de la corteza de la tierra que fluyen a través de su economía a corto plazo y van a parar al mar. Algunos son beneficiosos, otros son inocuos, otros son dañinos y están cambiando totalmente el medio ambiente marino. Entre estos últimos figura un número cada vez mayor de sustancias nuevas que son directamente tóxicas para la mayoría de los seres vivos marinos y que, aunque en la actualidad están localizadas, crecen de año en año. El sistema trata de reequilibrarse a sí mismo, pero en ciertos

sitios hay indicios de que no lo consigue. Estos indicios causan y han de continuar causando preocupación, pues el mar no es solamente el último desagadero del mundo, sino también es su última fuente de minerales y alimentos.

¿Cuáles son estos indicios y cómo se puede continuar utilizando el mar como desagadero y al mismo tiempo como fuente de recursos? El estudio de los elementos del ecosistema está dando resultados válidos para responder a ambas preguntas. La franja marítima costera recibe el mayor impacto de la carga contaminadora y parece evidente que cualquier signo de cambio ha de buscarse aquí.

Alrededor de las costas de Gran Bretaña, el ecosistema más extendido de la franja marítima es el formado por fucos.

La medida de los factores ambientales, como la marejada de la corriente, la acción de las olas, mareas, la turbiedad, la sedimentación y la energía de la luz incidente, requieren el perfeccionamiento de un equipo integrado de anotación cronológica de datos. La probabilidad de daño o de pérdida en este medio extraño es un factor convincente. Análogamente, la medición de los niveles de las sustancias nutritivas y tóxicas requiere análisis regulares y detallados para evitar deducir conclusiones falsas de condiciones anómalas.

Sin embargo, aún en el caso de que todos estos factores pudieran ser medidos con exactitud, seguiría existiendo el problema básico de determinar cuáles son sus efectos biológicos.

Como es posible medir algunos de los factores con facilidad y con bastante exactitud, parece razonable confiar en que el ecosistema permitirá controlar la contaminación actuando así como "un sistema de detección lejana".

Sin embargo, el ecólogo de la franja costera marítima se enfrenta con dos problemas importantes: la gran variedad de las condiciones ambientales en franjas costeras muy estrechas y el elemento de alcatonidad en la selección y establecimiento de especies cuyas fases de eliminación sean plantónicas. Esto dificulta que sean significativas las comparaciones ecológicas.

Entonces ¿qué puede medirse? La estructura sociológica es decir, la composición vegetal del ecosistema es una simple cuestión de observación atenta, como también lo es la medida de la profundidad y de la densidad de las especies, siendo la clave del éxito los estudios amplios y la observación directa mediante la utilización de técnicas de inmersión libre. La medición de la actividad es más fácil. Sin embargo, el fuco es una planta perenne, cuyo órgano de sujeción y cuyo tallo viven durante determinado número de años, la cual produce anualmente una nueva hoja. La producción anual neta de las partes perennes se obtiene mediante una sencilla relación de peso a edad. La cifra así obtenida puede considerarse como medida de la actividad en relación con todo el medio ambiente a lo largo de la vida de la planta. La producción de nuevas hojas se calcula mediante el corte de las puntas; ello daría una medida de la actividad del año en curso.

La actividad del suelo se estima multiplicando el incremento anual por clase y edad, por el número medio de individuos por clase en las poblaciones correspondientes. Valorando

la actividad del ecosistema en todas las profundidades se obtiene una cifra de sus posibilidades.

Volviendo a los animales asociados con los fucos, el problema de las comparaciones significativas parece aún mayor cuando se tienen presentes las fluctuaciones naturales de sus poblaciones. No obstante, existe un grupo de animales que parecen susceptibles de estudio.

El órgano de sujeción del fuco consta de una masa de ramas, cuyos intersticios forman un abrigo (ecoespacio) en el que se cobijan diversos animales. A medida que crece el órgano de sujeción, aumenta el volumen del ecoespacio, y asimismo, la población animal susceptible de vivir dentro de él. Un estudio detallado del desarrollo de la fauna muestra que esto es un proceso gradual que sigue una pauta definida. Por tanto, parece que la fauna que vive en órganos de sujeción plenamente desarrollados representa una característica del ecosistema, desarrollado y estable a lo largo de un considerable período.

Estos animales pueden clasificarse en cuatro grandes grupos según su método de alimentación: 1) los filtradores, es decir, aquellos animales que se alimentan de partículas microscópicas, "tamizando" el agua; 2) los ramoneadores, es decir, los herbívoros que se alimentan de sustancias vegetales; 3) los carnívoros que se alimentan de otros animales, y 4) los omnívoros, que se nutren de una gran variedad de elementos, vegetales o animales, vivos o muertos. Si se utilizan muestras suficientes y si se cuentan los animales presentes en órganos de sujeción de diferentes edades, es posible confeccionar un gráfico general de la estructura de la fauna.

La mejor manera de examinar los elementos contaminados consiste en agruparlos bajo cuatro categorías principales, pues cada grupo afecta al ecosistema de una manera diferente.

#### *Substancias tóxicas*

La gran diferencia en la diversidad de fauna y flora puede ser debida a los efectos de los tóxicos. Sin embargo, la dilución en el mar abierto debe ser muy grande y parece que las concentraciones letales de esas sustancias se encuentran sólo en las proximidades de las alcantarillas de descarga mal emplazadas.

Sin embargo, las sustancias tóxicas pueden concentrarse en los ecosistemas marinos de dos formas: en primer lugar, por los animales filtradores. Se trata de organismos que deben ingerir grandes cantidades de agua a fin de concentrar el alimento suficiente, y que pueden también concentrar venenos de manera inadvertida. En segundo lugar, la concentración puede producirse a través de la cadena alimenticia. Por ejemplo, los animales que se alimentan de animales filtradores como los anteriormente citados pueden absorber altas dosis de tóxico que a su vez son transmitidas a otros carnívoros y a los animales necrófagos, con lo que se concentran de nuevo. En estos organismos es donde debe esperarse encon-

trar elementos indicadores de los efectos de los contaminantes tóxicos. El predominio abrumador de animales filtradores en los lugares contaminados indica que las sustancias tóxicas no son importantes en este caso, salvo que se sostenga que los organismos consabidos no son susceptibles.

#### *Sedimento*

En cuanto a la supervivencia, las etapas más críticas del ciclo vital de todo organismo son las del establecimiento y determinación de sus fases de dispersión. A veces se requiere específicamente un substrato adecuado. Un depósito de sedimentos sobre una roca desnuda puede explicar la falta de ciertas especies de los ecosistemas contaminados. Análogamente, el depósito de materias en suspensión como las cenizas muy finas que en el agua del mar pueden solidificarse, y cubrir y exterminar los animales y plantas normales de los fondos blandos. Como los animales pequeños constituyen la dieta principal de grandes poblaciones piscícolas, este hecho puede perturbar el equilibrio de toda la franja costera. Estos son grandes problemas con los que se enfrentan los técnicos en eliminación de residuos. Por ejemplo, si se consiguiera que la ceniza se depositara en una superficie rugosa, el desarrollo de una fauna intersticial podría contribuir a la sustitución de la fuente normal de alimentación de la población piscícola. Los sedimentos pueden producir un efecto más directo. Al depositarse en la superficie de cualquier órgano u organismo fotosintético, aminorarán la cantidad de luz que llega al mismo y de esta forma reducirán su rendimiento. Como el porcentaje de sedimentación será máximo en zonas profundas y abrigadas, los estudios comparativos detallados de los lugares poco profundos y permitirán establecer distinciones entre ellos.

#### *Materiales en suspensión*

Las cenizas muy finas, fangos de carbón, los desperdicios industriales y domésticos, las aguas cloacales, otros colides y el petróleo tienen que contribuir todos ellos a reducir la cantidad de luz que llega al fondo del mar, y este efecto aumenta evidentemente con la profundidad. El hecho explica por sí solo la disminución de la actividad individual y colectiva del fuco con la profundidad. El efecto producido por la sombra debe ser máximo en las plantas que crecen al abrigo de otras plantas, lo que contribuye a explicar la pérdida general de diversidad y la reducción drástica de la actividad del ecosistema. Igualmente, los materiales en suspensión y los sedimentos pueden influir directamente en los animales ramoneadores y filtradores, dependiendo el efecto de su naturaleza tóxica, neutral o nutritiva. En el caso que se estudia, el predominio abrumador de los animales filtradores en el sistema contaminado apunta hacia la última dirección.

#### *Elementos nutritivos*

Los elementos nutritivos han de considerarse clasificados en dos categorías diferentes: orgánicos e inorgánicos. Los inorgánicos, como los fosfatos y los nitratos que escasean en el mar, podrían ser importantes para mantener el desarrollo y el crecimiento de los sistemas sometidos a otros efectos adversos de la contaminación. En una zona de contaminación industrial constante como el nordeste de Inglaterra, la eliminación de los elementos nutritivos contenidos en las aguas fecales por medio de un largo desagadero que va a parar al mar (en un esfuerzo por resolver los principales problemas estéticos de la contaminación) puede muy bien ser la "gota que colme el vaso" y produzca la destrucción completa de todos los ecosistemas situados por debajo de la línea de las mareas. Los elementos nutritivos orgánicos (aguas cloacales, desechos de pasta papelera y efluentes procedentes de silios y de fábricas de elaboración de alimentos) pueden complementar las cadenas alimenticias naturales contribuir al mantenimiento de gran número de animales y de este modo afectar al equilibrio de todo el sistema. En un reciente estudio de la contaminación y de los fucos que tiene importancia desde el punto de vista comercial, se llegó a la conclusión de que los elementos nutritivos que se encuentran en las aguas cloacales pueden alimentar a grandes poblaciones de organismo ramoneadores que mantienen reducida la cantidad de fucos. La estabilidad de los ramoneadores de la costa de Durham podría explicarse de este modo.

Es evidente que los posibles efectos de la contaminación son numerosos y que es preciso realizar mucha más labor fundamental antes de que puedan considerarse estas conclusiones como algo más que conjeturas inspiradas.

#### *Aspectos económicos*

Queda en pie todavía la pregunta: ¿Cuáles son los efectos económicos de la contaminación marina? ¿Son realmente necesarios los enormes capitales y los gastos periódicos que se precisan para detener la contaminación marina, o, por el contrario, tendrá el hombre que dar por descontado que ciertas fajas costeras del mundo no serán aptas para el recreo humano? Es imposible dar una respuesta, pero hay algunos puntos de interés. El sistema moderno de trabajo conduce al disfrute de más tiempo de ocio: hay más probabilidad de que haya playas contaminadas en las cercanías de las zonas edificadas costeras, donde el hombre pasa gran parte de ese ocio. La desaparición de la variedad de animales y plantas y de la productividad de la franja marítima costera debe conducir a una reducción de nuestras pesquerías costeras. ¿Cuántos "abusos" tolerará el medio marino antes de que suceda algo catastrófico?

Las decisiones adecuadas han de basarse en una mayor cantidad de datos. No sólo en las Islas Británicas sino en todo el mundo deben estudiarse diversos ecosistemas marítimos con el suficiente detalle para que puedan utilizarse como

zonas en las que se comprueben los efectos crecientes de la contaminación.

¡El hombre no puede evitar la contaminación! No obstante la cuestión es cómo puede hacerlo sin provocar catástrofes. El Dr. H. Y. Odum, eminente ecólogo, ha propuesto recientemente la apasionante idea de que como la contaminación ofrece nuevas oportunidades para la evolución de los organismos y de los ecosistemas, podría ser explotada por el

hombre. A la luz de conocimientos biológicos ciertos, sobre los efectos exactos de la contaminación, obtenidos a través de estudios, no debe ser hazaña imposible para la técnica de los ecosistemas el producir nuevos sistemas de seres vivos que actuarían sobre los numerosos residuos del hombre y crearían y mantendrían un medio ambiente marino productivo, estable y "no contaminado"

## DESCUBRIMIENTO OCEANOLOGICO SOBRE LA FORMACION DE LA FOSA ATLANTICA

Dos geólogos norteamericano han encontrado pruebas de que los abismos más profundos del Atlántico formaron en pasadas eras geológicas parte de un continente o tierra firme. Estos geólogos descubrieron restos fósiles de seres vivos que hoy habitan aguas poco profundas, sobre todo de corales, en rocas ahora situadas a una profundidad de casi ocho kilómetros, frente al extremo oriental de la República Dominicana. Las muestras de roca fueron extraídas de un fondo marino cubierto por 7.620 metros de agua, que forma parte del precipicio que limita el lado sur de la falla submarina de Puerto Rico, la región más profunda del Atlántico.

El coral y los fósiles de otros animales pertenecen a los tipos de seres vivientes que sólo se hallan en arrecifes poco profundos y en lagunas tropicales.

Los dos geólogos, el Dr. Bruce C. Heezen y Paul J. Fox, ambos de la Universidad de Columbia, Nueva York, declararon estar convencidos de que "esta parte de la corteza terrestre se hundió más de 6.096 metros durante los últimos 150 a 200 millones de años, y de que esta porción del fondo del Atlántico fue antes una barrera de coral límite de tierra firme".

La causa del hundimiento podría relacionarse con la teoría del desplazamiento de los continentes.

En términos generales, esta teoría sostiene que la totalidad de las tierras del planeta formó muchísimo tiempo atrás una sola masa gigantesca que se fragmentó, a consecuencia de fuerzas sísmicas, en los continentes que hoy conocemos, y que durante este larguísimo proceso se formó el Atlántico.