

INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
DE BREMERHAVEN

CONTAMINACION DEL MAR

POR:

Sebastián A. Gerlach

El artículo siguiente apareció ya en el año 1977 en lengua alemana, en la publicación Baylerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch (Año 53, Número extraordinario 3). Los problemas se tratan más detalladamente en mi libro "Meeresverschmutzung" (Contaminación del mar), publicado por Springer-Verlag (Berlín-Heidelberg-Nueva York, 1976, 145 páginas).

Todas las sustancias nocivas van a parar, a fin de cuentas, a los océanos, en tanto no sean desintegrables. La salud del planeta Tierra, se refleja en la sobrecarga por sustancias nocivas a que está expuesto el mar. En los últimos años, la Oceanografía ha ido adquiriendo cada vez en mayor medida un papel de "policía sanitario", encargado de controlar en qué proporción ha aumentado la contaminación ambiental global y dónde se debe prestar eficaz ayuda.

Carga regional

En el plano regional, los problemas de la contaminación del mar se pueden describir con la misma intensidad que tratándose del agua dulce. Se refiere esto sobre todo a las bahías cerradas, a las desembocaduras de los ríos y a las costas inmediatas a los puertos, es decir, no a los lugares que se hallan expuestos a las masas de agua de un mar entero, sino a la pequeña zona de aguas que se halla bajo la influencia de sustancias nocivas procedentes de una fuente perfectamente definida. Los procesos vitales básicos en el agua del mar, se diferencian tan sólo en detalles de los del agua dulce. La sustancia orgánica muerta, se descompone en el agua del mar con la misma intensidad que, por ejemplo, en el agua dulce, aunque la actividad bacteriana se retarda algo. La escasez de oxígeno a

valores similares, tiene efectos casi tan dañinos como en el agua dulce, si bien, en el agua del mar el oxígeno se disuelve en proporción algo menor. Las sustancias nutritivas vegetales producen en el agua del mar aproximadamente la misma intensificación de la producción de algas que en el agua dulce. Los metales pesados son en el agua del mar casi igual dañinos que en el agua dulce, si bien, a las veces, la dureza de las aguas tiene un efecto regulador.

Cierto que las capas de agua salada pueden crear situaciones especiales de corrientes en la zona de desagüe de los ríos. Cierto que, tratándose de los organismos del mar, la situación es distinta que al tratarse de agua dulce, tanto en las especies como en las formas de vida, pero existe un amplio espectro en el que coinciden los conocimientos que se tienen del agua dulce y las condiciones en las aguas costeras marinas.

Cuando, a título de ejemplo, en Holanda las fábricas de harina de patata y cartón-paja conducen sus aguas residuales al golfo de Dollart a través del canal de Winschoten, se produce una escasez de oxígeno semejante a la de cualquier lago interior, y en consecuencia, olores fecaloideos. Cuando, junto con los desagües domésticos de las ciudades de Nordenham y Bremerhaven, son conducidas las aguas residuales de las explotaciones de ceba de aves, mataderos y de la industria pesquera al Bajo Weser, entonces, se derivan de todo ello unas exigencias a la fuerza autopurificadora del río semejantes a zonas parejas del interior. Entretanto, existen plantas depuradoras, parte en construcción, algunas ya en funcionamiento, y se sabe que la capacidad de absorción de las aguas litorales respecto a las sustancias de desagüe es muy limitada. No pretendo exceptuar que, en la actualidad, todavía se cuenta toda una serie de otras cargas de sustancias nocivas en las regiones litorales, y que se precisará un trabajo largo y tenaz para dar con la solución del conflicto que por doquier provocan los intereses encontrados. Sin embargo, en principio, se trata en la actualidad de un problema jurídico y policial. Estoy seguro de que las emisiones realmente peligrosas, que hace un decenio tanta amenaza significaban, han sido entretanto suspendidas.

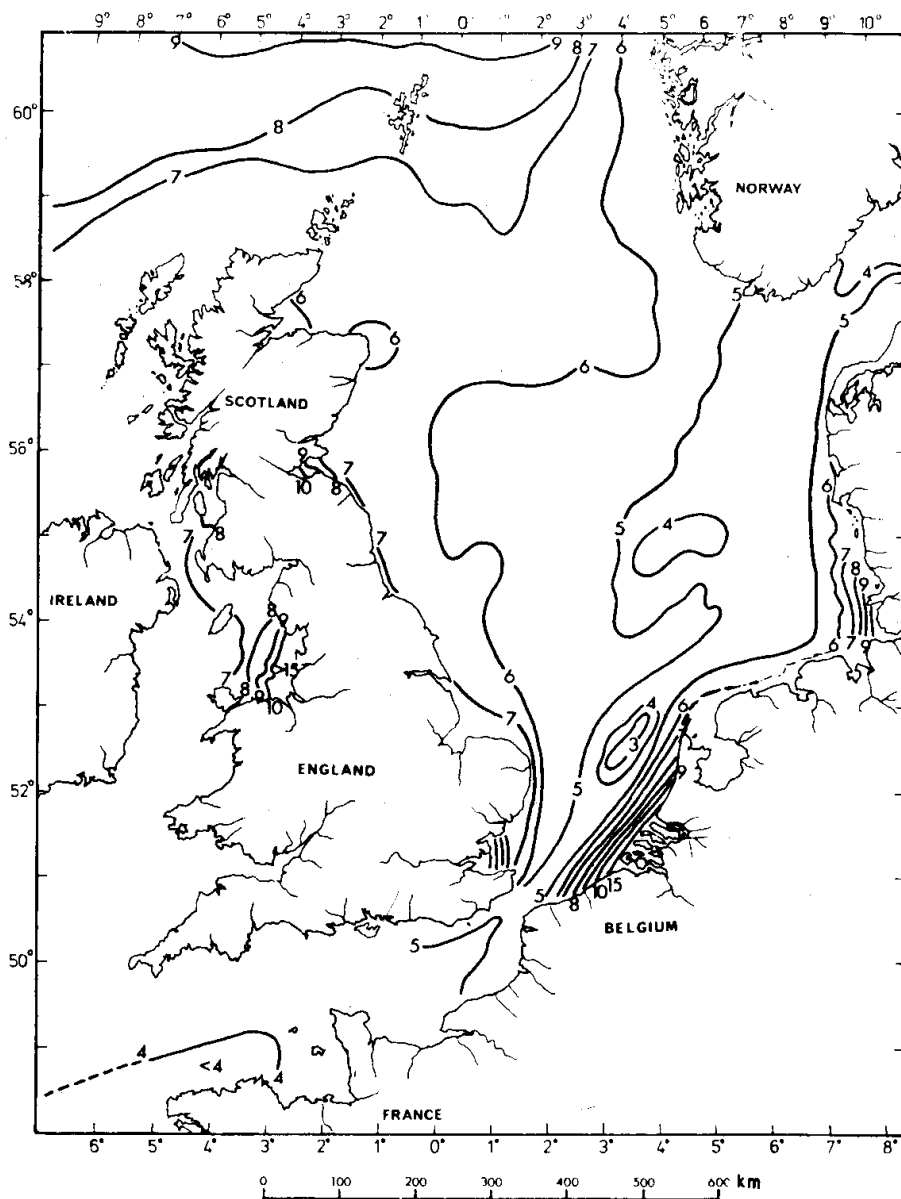
La agricultura participa inmediatamente en la carga directa de las regiones costeras allí donde los pesticidas son empleados cerca de las playas. Esto ocurre, sobre todo, en las zonas tropicales; en 1970, en el cuerpo de los peces marinos de determinadas regiones costeras de Guatemala, se llegaron a comprobar hasta 36 mg. de combinaciones DDT

por Kg de peso en estado húmedo, tras haberse rociado allí durante años campos cultivados de algodón con altas dosis de DDT (1). Pero también en el fiordo de Sogne, de Noruega, el hígado de bacalao tiene hasta 10 mg/kg de combinaciones DDT, por lo que resulta inapropiado como alimento, según las leyes sanitarias alemanas. Hasta 1970, las plantaciones de frutales en torno al fiordo de Sogne habían sido tratadas con fuertes dosis de DDT para combatir los parásitos (2). Mientras todavía sigue científicamente en cuestión en qué proporciones dañan los herbicidas la vida vegetal en el mar, de las experiencias de la guerra de Vietnam se ha aprendido que los mangles reaccionan con gran sensibilidad a los medios provocadores de la exfoliación. Allí fueron exfoliados aproximadamente 1.000 Km², con el resultado de que los mangles quedaron extinguidos; es de dudar que vuelva a regenerarse la vegetación (3).

Eutrofiación

El Rhin, arrastraba en 1932 solo 3.000 toneladas de fósforo al mar; en 1955, eran ya 7.000 toneladas; en 1970, ascendían a 30.000, a las que se añaden 630.000 toneladas de nitrógeno. Al investigador del mar le interesa, naturalmente, en primer lugar lo que ocurre con esta enorme carga de sustancias nutritivas, qué cantidad de ella queda ligada en los sedimentos de las zonas de desagüe y qué masas actúan, fertilizándolas, sobre las aguas del Mar del Norte. No puede constituir la tarea de los oceanógrafos el poner en claro el origen de estas cargas de sustancias nutritivas cada vez mayores. Por consiguiente, debe bastar la referencia al hecho de que, con las aguas residuales domésticas, con detergentes y con aguas residuales de la industria, acceden a los ríos sustancias nutritivas, aparte de las provenientes de la erosión de áreas agrícolas y de las materias fecales de la explotación ganadera.

El hecho es que año tras año acceden más de 60.000 toneladas de fósforo y más de 800.000 toneladas de nitrógeno a las zonas meridionales del Mar del Norte, a través de ríos y conducciones inmediatas de aguas residuales. En sus dimensiones, esta cantidad es semejante al aporte de las aguas del Atlántico, ricas en sustancias nutritivas. En las cercanías de la costa, se ponen ya de manifiesto los primeros efectos (gráfico 1).



(S. 3)

Gráf. 1: Concentraciones de fósforo en las aguas del Mar del Norte durante el invierno. Los datos numéricos se refieren a la proporción de 10^{-7} g-atom de fosfato-fósforo por litro de agua marina. Para obtener datos en $\mu\text{g}/\text{l}$, hay que multiplicar los números por 3,1. Según McINTYRE & JOHNSTON 1975 (en: A.L.H. GAMESON, Discharge of sewage from sea outfalls, Pergamon Press New York).

En la zona costera holandesa, los valores de fosfato-fósforo registrados en invierno son tres veces más altos que en el Mar del Norte. Mientras que, en alta mar, los valores de fosfato son muy bajos durante el verano, por hallarse todo el fósforo disponible en el plasma de las algas del plancton, la situación ha cambiado durante los últimos decenios en el mar costero holandés (5). Allí, el fósforo es excesivamente abundante incluso durante el verano, y el ácido silícico, como factor de crecimiento mínimo, limita el crecimiento de las algas del plancton. La producción de las algas del plancton se ha duplicado probablemente en el último decenio, y también en cuanto a Helgoland, a grandes rasgos, puede reconocerse que a largo plazo crece la concentración de fósforo en el agua del mar; tal vez presente también una tendencia ascendente la cantidad media del plancton vegetal (6).

El seguir tales tendencias es sólo posible, naturalmente, disponiendo de series de medición de varios años seguidos; desgraciadamente, se carece de ellas. Hay que observar con ojos muy críticos la planificación de las investigaciones en nuestra época, que tan rápidamente quema etapas; de la misma manera que los acentos de la política, por necesidad vital, han de volver incesantemente sobre los problemas actuales y orientar su manera de superarlos, así remunera la política de investigación la rápida intervención de esta última para solucionar las actuales cuestiones de investigación. Esto es, en el fondo, muy razonable, pero impide que se puedan establecer programas de medición, por ejemplo, en el marco de la biología marina, cuyos resultados sólo resultarán valiosos dentro de diez o más años. Resulta imposible recuperar las ocasiones perdidas en el pasado; por lo cual, al hablar de la eutrofiación del Mar del Norte, me veré obligado a servirme más de suposiciones que de hechos.

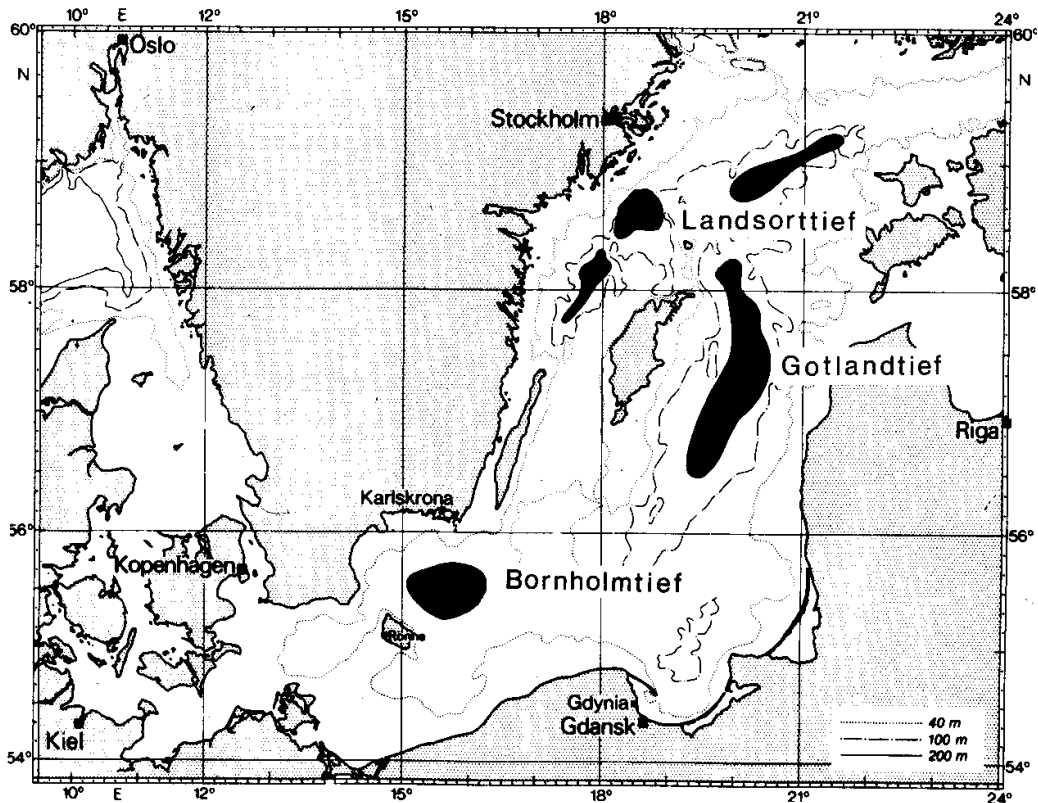
Por desgracia, la realidad es que todos los ensayos hasta ahora realizados para observar una zona marítima como el Mar del Norte y almacenar todos los conocimientos y datos en una computadora, están lejos aún de proporcionar el resultado apetecido. Las simulaciones que puede proporcionar una computadora siguiendo la influencia de concentraciones elevadas de sustancias nutritivas sobre el crecimiento de las algas marinas y su posterior destino en la cadena de alimentación, actualmente, todavía no se corresponden con los datos de medición observables en la naturaleza: Son demasiado grandes aún las lagunas de la investigación existentes en sectores de gran importancia, resultando en los

últimos años cada vez más claro que los procesos limítrofes entre el agua marina y el fondo del mar presentan hasta ahora efectos imposibles de calcular.

Téngase presente al respecto que, en éste lo mismo que en otros fundamentales procesos que se desarrollan en el mar, una mayor copia de conocimientos tendría efectos inmediatos en la práctica. Actualmente, los políticos y los científicos, por ejemplo en Suecia y en Dinamarca, discuten sobre si es o no necesario construir plantas depuradoras en las ciudades costeras: Ambos países son aledaños del Sund con centros de gran aglomeración industrial, el ámbito de Malmö, en Suecia y el de Copenhague, en Dinamarca. En Suecia, se argumenta con la necesidad no sólo de construir plantas depuradoras biológicas de tipo convencional, sino, complementariamente, de precipitar sustancias nutritivas de las aguas residuales, a fin de evitar la eutrofiación del Sund. En Dinamarca, se oyen voces que consideran incluso superflua la construcción de plantas depuradoras, dado que las aguas del Sund, que fluyen principalmente en dirección norte, llevan pronto al Kattegat la carga de suciedad.

De momento, todavía resulta casi imposible tomar una posición firme en semejante discusión. Desde el punto de vista hidrográfico, el Sund es semejante al mar Báltico. Todavía sigue discutiéndose si el hombre es culpable de que las condiciones del Báltico en cuanto al oxígeno hayan empeorado en los últimos decenios, o bien, si esto hubiera tenido lugar también sin intervención humana (7).

En el Mar Báltico, existe una serie de extensas cuencias, con profundidades de más de 100 metros: Por ejemplo, la profundidad de Bornholm, la de Gotland y la de Landsort, ante Estocolmo (gráfico 2). Hacia el año 1900, las mediciones próximas al fondo marino arrojaban contenidos de oxígeno de 2,5 ml/l; por el 1950, tan sólo alcanzaban 1,5 ml/l; y en 1968, ya no se pudo comprobar oxígeno alguno. En amplias zonas, desapareció toda forma de vida animal, tan sólo supervivieron seres primitivos que pueden subsistir sin oxígeno. Desde entonces, las condiciones han sufrido varias alteraciones; en algunas ocasiones, debido a condiciones meteorológicas extremas con vientos del oeste, fueron precipitadas grandes masas de agua del Skagerak al Mar Báltico a través del Belt y el Sund, con el consiguiente aporte de oxígeno en las profundida-

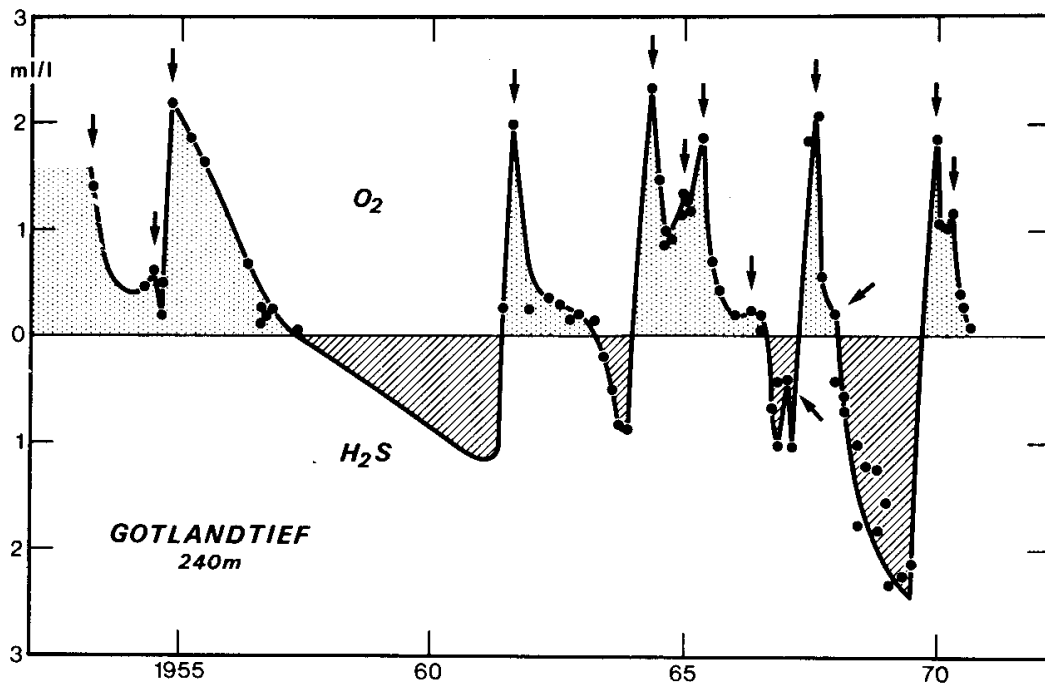


(S.4)

Gráf. 2: Cuencas profundas en el Mar Báltico, en las que en 1969 pudo comprobarse falta de oxígeno; se halla distinguida con negro la extensión de las zonas sin oxígeno en las aguas de las profundidades. Según GRASSHOFF 1975 (en: J.P. Riley & G. SKIRROW, Chemical oceanography, tomo II, Academic Press, London).

des. Pero tras estas irrupciones de agua salada, el oxígeno fue en pocos años consumido por los animales y las bacterias (gráfico 3).

En la actualidad, los oceanógrafos de todos los Estados aledaños del Báltico tratan de indagar, en el marco de un programa de investigación internacional, si el empeoramiento de las condiciones de las aguas profundas en el Báltico, en cuanto al contenido de oxígeno, han de achacarse exclusiva o primordialmente al hecho de que en los últimos decenios, por haberse alterado las condiciones climáticas generales de la zona, en la actualidad se registran más raras penetraciones de agua sala-



(S.5)

Gráf 3: Entre 1957 y 1970, en la profundidad de Gotland (Mar Báltico) se dieron tres períodos de carencia de oxígeno (arriba: Concentración de oxígeno en ml/l) y formación de sulfuro de hidrógeno (debajo). Según datos de FONSELIUS, de GRASSHOFF 1974 (en: L. MAGAARD & G. RHEINHEIMER, Meereskunde der Ostsee, Springer-Verlag, Berlín).

da en el Báltico que antes; o bien, si es posible reconocer otras tendencias naturales.

Al propio tiempo, tratan de indagar la influencia que puedan tener los efectos, cuya existencia se discute, causados por el hombre: Todavía en 1960, accedía al Mar Báltico 1,5 g. de fósforo por habitante; en 1970, había ascendido la cantidad ya a 4,0 g. El Báltico, en su superficie, es muy pobre en sustancias nutritivas, pues debido a la disminución de cadáveres y excrementos del plancton, las aguas superficiales pierden cada vez más sustancias nutritivas, que se sumergen más y más, a causa de la estratificación salina, apenas se producen intercam-

bios entre las ligeras aguas de la superficie y las más saladas de las profundidades.

Dado que, con las aguas residuales de de las ciudades, accedan grandes cantidades de sustancias nutritivas a las aguas del Mar Báltico, esto condiciona un aumento de la producción del plancton, con lo que cada vez se introduce más plancton muerto en las zonas profundas, provocando allí un aumento de las bacterias marinas, que a su vez desintegran las sustancias orgánicas muertas. Con lo cual, se produce un correspondiente desgaste de oxígeno, a consecuencia del proceso intensificado de desintegración. De esta manera, la eutrofiación de las aguas superficiales del Báltico contribuye a la consunción del oxígeno en las profundidades.

Posiblemente, en estas décadas observamos cómo el Báltico, desde el punto de vista hidrográfico, se convierte en un mar que, como el Mar Negro, carece de oxígeno en su profundidad. Por debajo de los 150 metros, en el Mar Negro predomina el sulfuro de hidrógeno, y es imposible cualquier género de vida animal. Porque en el Mar Negro, debido a los Dardanelos, el intercambio de aguas resulta insuficiente para la renovación de las mismas; la estratificación salina es muy estable e impide la mezcla de las aguas superficiales y profundas. Como saben todos aquellos que han pasado sus vacaciones en el Mar Negro, es posible vivir con un mar de esta índole. Ahora bien, en el Báltico, tendría que reorganizarse la pesca, porque el bacalao no podría desovar en las aguas profundas, dado que éstas carecen de oxígeno.

En mi opinión, de momento no está plenamente comprobado si la eutrofiación por el hombre repercute de manera considerable en el déficit de oxígeno de las aguas profundas. Con lo cual, también sigue sin poderse comprobar si la agricultura, con el empleo de abonos minerales, también es responsable de los cambios en las condiciones hidrográficas de un gran mar interior. Si el Mar Báltico se altera también sin intervención directa del hombre, entonces, resultarían innecesarias en los Estados aledaños muchas medidas de depuración de las aguas, y podrían quedar limitadas a la medida que en cada región impongan las necesidades de acuerdo con la fuerza autodepuradora de las aguas y de las condiciones bacteriológicas reinantes. Ahora bien, dado que la eutrofiación por el hombre sea culpable de las alteraciones, entonces, se pondría una vez más de manifiesto en qué horrorizante medida puede nuestra civili-

zación influir no sólo sobre los ríos y lagos, sino incluso sobre mares interiores enteros, y habría que observar meticulosamente si también para el Mar del Norte y otras regiones marítimas serían necesarias medidas excepcionales de depuración de aguas residuales.

Carga global

Para los mares en su totalidad, la eutrofiación no constituye ningún peligro, todo lo contrario, las dilatadas zonas marítimas tropicales sufren la deficiencia de sustancias nutritivas, y su productividad es mínima. Porque sobre las frías aguas profundas, ricas en sustancias nutritivas, se halla una capa superficial de aguas establemente cálidas, que pierden continuamente sustancias nutritivas debido a que el plancton muerto y los excrementos del mismo se hunden.

Los océanos, tan sólo pueden sufrir una carga global debido a sustancias que no se descomponen, producidas en grandes masas y que se propagan a través de la atmósfera: Metales pesados e hidrocarburos clorados. A lo que se añaden residuos de aceite, que se extienden a escala mundial por la navegación. De los metales pesados, el plomo accede a la atmósfera en tales cantidades, debido a los gases de escape de los vehículos motorizados, que posiblemente pueda comprobarse un aumento de las concentraciones en el agua del mar. En cambio, y pese a que la catástrofe de Minamata ha documentado que el mercurio se enriquece en las aguas litorales próximas a las plantas industriales, y puede provocar envenenamientos, no obstante, en proporciones mundiales, se puede afirmar que el mercurio, probablemente, no constituye un serio problema ambiental, pues las cantidades mínimas que el hombre produce, apenas pueden elevar sensiblemente el contenido natural de mercurio de las aguas marinas. El hecho de que el atún presenta en su carne elevadas concentraciones de mercurio, induce a suponer que ya antes de la industrialización existía una sobrecarga de mercurio, pues los peces acumulan el veneno del agua natural del mar y a través de la cadena de alimentación.

Globalmente, se hallan extendidos los hidrocarburos clorados en el agua del mar y en los organismos marinos puede afirmarse que, en la actualidad, apenas existe animal marino, ni siquiera en las profundidades, en el que los modernos químicos, con sus complicados métodos, no hayan analizado hidrocarburos clorados: Efectos de la contaminación

ambiental a escala universal durante los últimos decenios. Dado que entre los hidrocarburos clorados figuran pesticidas aplicados en la agricultura y la silvicultura para combatir parásitos, insectos y hongos, también ha de ser considerada la agricultura como causante de la contaminación marítima global.

La manera mejor para ver qué costa ha alcanzado la amenaza en estos últimos años, es comprobarla mediante los resultados más recientes: Se han de cotejar las condiciones en el suroeste del Mar del Norte con los hallazgos que han podido obtenerse en la costa de California durante un gran experimento involuntario.

Cerca de Los Angeles, está ubicada la fábrica del único productor de DDT en EE.UU., en la que se obtenía aproximadamente la mitad de la producción mundial de DDT durante la sexta década del siglo, y que desde 1953, cada vez vertía más cantidades de DDT y productos defectuosos de la fabricación de DDT en la canalización (8).

Se hizo esto público tan sólo cuando los biólogos marinos comprobaron en las sardinas de la bahía de Los Angeles más de 4 mg. de kg. de peso en estado húmedo 1), al tener que prohibirse allí, en 1970, la venta de conservas de atún por haberse analizado en ellas 13 mg/kg de DDT, y al comprobarse que en la colonia de pelícanos de la isla de Anacapa, ubicada ante la costa, en 1969 y 1970, casi ninguna cría llegó a sobrevivir.

Los huevos de pelícano contenían hasta 80 mg/kg de DDT (correspondientes a unos 1.000 mg de DDT por kg de grasa), los cascarones eran en extremo finos comparados con los huevos normales, y se rompían en el proceso de la incubación. Se comprobó que diariamente accedían a la bahía de Los Angeles aproximadamente 300 kg. de DDT con las aguas residuales; contra esto, se tomaron medidas con éxito, de manera que a partir de octubre de 1971, sólo llegaban al mar 13 kg de DDT al día. Desde 1972, se puede comprobar una mejora de la situación: las sardinas tenían en 1973 ya sólo 0,29 mg/kg, en 1974 sólo 0,15 mg/kg de DDT, y los pelícanos pudieron sacar a flote numerosas nidadas por vez primera en 1972, alcanzando en 1974 más del millar de crías completamente desarrolladas. Los pelícanos tenían en 1974 ya sólo una décima parte del DDT medido en 1969 (tabla 1). De todas formas, los cascarones siguen siendo más finos que los de los huevos de pelícano reunidos antes de 1943 (9).

Año	Número de nidos	Crías bien desarrolladas	Contenido de DDT de huevos intactos	Contenido de DDT en sardinas
1969	1125	4	907	4,27
1970	727	5		1,40
1971	650	42		1,34
1972	511	207	221	1,12
1973	597	134	183	0,29
1974	1286	1185	97	0,15

(S.8)

Tabla 1: Oscilaciones en la incubación del pelícano pardo en Anacapa Island e isla Coronado Norte, así como contenido total de DDT en los huevos (en mg/kg de grasa extraíble) y contenido total de DDT de las sardinas (en mg/kg de peso en estado húmedo de los animales enteros). Según ANDERSON y cols. 1975.

Este ejemplo muestra que las consideraciones anteriores sobre la persistencia de DDT en el ambiente natural eran falsas: Al parecer, no hay que temer que durante decenios se mantenga en los espacios vitales pelágicos un determinado nivel de DDT, tras haberse detenido el aporte del veneno. Es de suponer que la sedimentación hace que el DDT sea eliminado con relativa rapidez de la cadena de alimentación pelágica. Este ejemplo muestra, además, qué concentraciones tienen que comprobarse en la cadena de alimentación para que sufra menoscabo una población de aves marinas: Según parece, aprox. 1 mg/kg en los peces que les sirven de alimento.

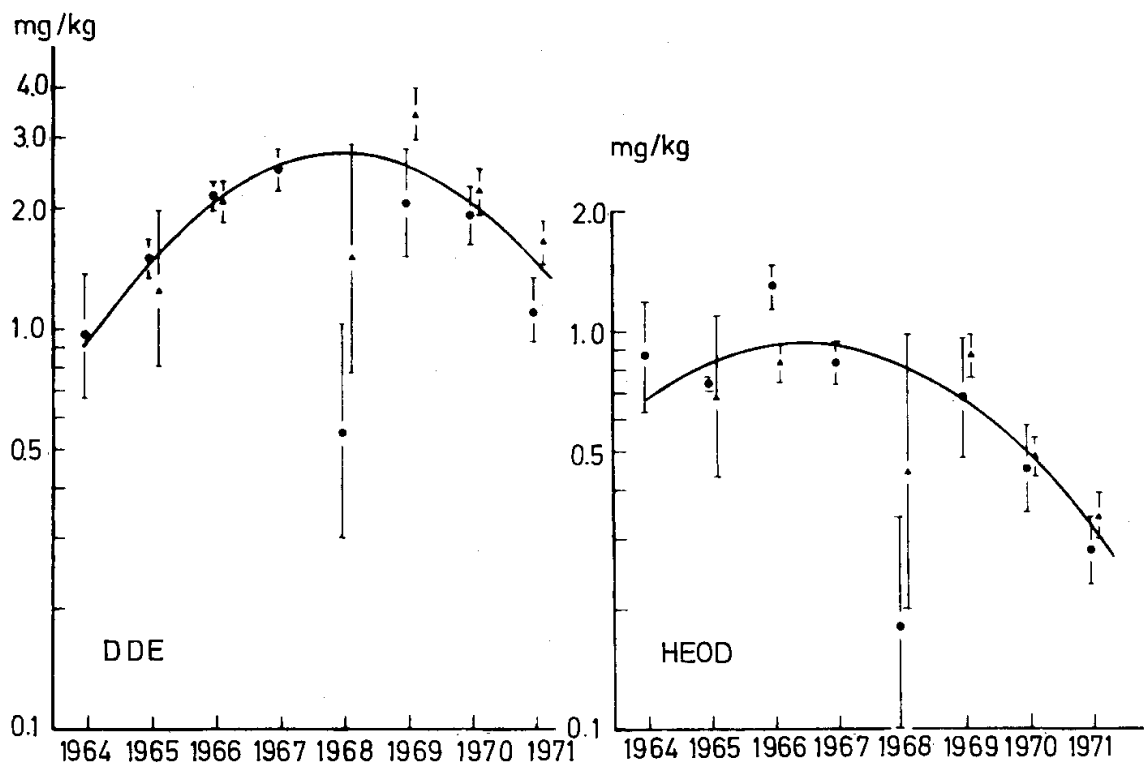
Fijémonos ahora en una zona marítima en la que con las aguas residuales no acceda directamente DDT al mar, donde el DDT sólo llega a los espacios vitales marinos a través de la atmósfera, y procedente de sus aplicaciones en la agricultura. En el suroeste del Mar del Norte, en 1972 comprobaron análisis holandeses (10) en arenques de tres años 0,076 mg/kg de combinaciones de DDT. Si se añaden las cantidades de otros

pesticidas de efectos similares (dieldrin 0,034, lindan 0,018 mg/kg), entonces, el valor total supera 0,1 mg/kg (tabla 2), y esto, de acuerdo con los resultados del experimento de California, resulta ya, a mi parecer, bastante preocupante.

Nada inquietante para los consumidores, que en la República Federal de Alemania ingieren por término medio sólo 30 g de pescado al día, y que están protegidos por la disposición legal sobre la cantidad máxima de concentración de DDT de 2 mg/kg como valor límite, y de 3,5 mg/kg tratándose de la anguila, el salmón y el esturión. Pero sí inquietante, si se piensa en las aves marinas, que se alimentan exclusivamente de peces, y que son en extremo sensibles: El DDT influye directamente sobre el depósito de cal durante la formación del cascarón.

De no disponer de colonias de incubación tan conservadoras como los pelícanos de Anacapa-Island, no resulta fácil seguir las oscilaciones en la población de aves marinas. No se trata tampoco en primer término de que mueran las aves ya viejas, sino tan sólo de que se reducen las crías. Por eso, ignoramos de momento si las aves marinas del Mar del Norte o de los mares árticos sufren o no visiblemente las consecuencias de los hidrocarburos clorados en su alimento. Pero, en mi opinión, las aves marinas del Mar del Norte se han visto en el borde de una catástrofe: Entre 1964 y 1971, se midió en los huevos del cormorán moñudo inglés una concentración de pesticidas (gráfico 4). En 1968, el contenido de DDT era allí el más elevado, con aprox. 2 mg/kg (11). Sería de celebrar que continuara la tendencia de su disminución; ignoro de momento análisis más recientes al respecto.

Los ejemplos propuestos dan pie a esperar —y ojalá sea así— que no se llegará a una catástrofe para la vida en el mar, porque las concentraciones de DDT y otros pesticidas persistentes en los organismos marinos vuelven a ser menores. Sin embargo, ésta es una comprobación que necesita ser confirmada. Porque en esto coinciden circunstancias diversas que pueden alterar el cuadro que hoy se nos presenta. Los hidrocarburos clorados no se utilizan sólo como pesticidas, sino que se han empleado y siguen empleándose también, en grandes cantidades, como sustancias industriales. En los últimos años, se ha puesto de manifiesto que los (PCB), los bifenilos policlorados, se presentan en los organismos de los mares Báltico, del Norte y del Atlántico septentrional,



(S.9)

Gráf. 4: Concentraciones de pesticidas en huevos del cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristoteles*), de colonias ubicadas ante las costas inglesas y escocesas, 1964 a 1971. Datos en mg/kg de peso en estado húmedo, izquierda relativos a dieldrin (HEOD), derecha relativos a DDT (DDE). Tomado de COULSON y cols. 1972 (*nature*, London, Vol. 236).

en concentraciones varias veces mayores que las concentraciones de pesticidas (tabla 2). Ciertamente que desde hace algunos años, en la República Federal de Alemania así como en otros países, han sido prohibidos el DDT y otros pesticidas especialmente persistentes, o bien, se ha limitado drásticamente su aplicación. Con esto, no obstante, está lejos de haber desaparecido el problema del DDT, pues hasta ahora no sé que haya disminuido considerablemente la producción de este pesticida. Únicamente, su aplicación se ha desplazado más y más a las regiones tropicales. Aseguran algunas previsiones, que para un control eficaz de la malaria, se precisan al año 47.000 toneladas de DDT, y 69.000 toneladas para la agricultura tropical, especialmente para la protección de los

	Mar del Norte ante la región del delta.		Aguas bajas holandesas 1972		Mar del Norte suroeste 1972	
	Fito-plancton	Zoo-plancton	Camarones	Mejillones	Platijas de tres años	Arenques
Contenido graso	0,04%	0,23%	1,2%	1,6%	2,2%	6,5%
Dieldrin	0,3	1,5	2,4	8,9	10,6	33,7
DDT total	0,2	1,3	2,9	9,0	43,4	76,4
Pentaclorobenceno	0,1	0,1	1,8	0,4	—	—
Hexaclorobenceno	0,1	0,2	0,7	0,5	3,0	8,3
Lindan (BHC)	0,3	1,2	5,7	7,9	4,5	17,7
PCBs	3,5	20,0	83,0	237,0	331,0	413,0

Tabla 2: Concentración de hidrocarburos clorados en organismos ante las costas holandesas (en ug/kg de peso en estado húmedo). Según TENBERGE y HILLEBRAND 1974.

cultivos de algodón (12). Habrá que seguir con toda meticulosidad, por consiguiente, el contenido de pesticidas en la fauna marina tropical, a fin de mantener la evolución bajo control. El descubrimiento de productos antiparasitarios no persistentes y de acción específica, sigue constituyendo un urgente objetivo.

Perspectivas

Tampoco estaremos libres de sorpresas en el futuro. Herbicidas, preparados hormonales e hidrocarburos policíclicos aromáticos, tales como los que se producen al quemarse la vegetación, significan peligros potenciales para el medio ambiente, por citar sólo las materias procedentes de la agricultura. También se ha de contar con efectos colaterales difícilmente previsibles, sobre los cuales, me permito traer a colación una información periodística aparecida precisamente durante la redacción de este manuscrito, en abril de 1976: El Herbicida 2, 4, 5-T es desintegrado, según los conocimientos actuales, en el suelo; es decir,

que no significaría peligro alguno para la vida en el mar. No obstante, en su fabricación se une en cantidades mínimas, como impureza, TCDD (2, 3, 7, 8-tetracloro-dibenzo-dioxin), una sustancia de elevada toxicidad, que tiene la propiedad de ser almacenada en los organismos.

BIBLIOGRAFIA

1. Keiser, R.K. et al. (1974): Pesticide levels in estuarine and marine fish and invertebrates from the Guatemalan Pacific Coast. Bull. Mar. Sc. 23: 905-924.
2. Stenersen, J. & Kvalvag, J. (1972): Residues of DDT and its degradation products in cold liver from two Norwegian fjords. Bull. Environ. Contam. Toxic. 8: 120-121.
3. Odun, W.E. & Johannes, R.E. 1975: The response of mangroves to man-induced environmental stress. In: E.J. Ferguson-Wood & R.E. Johannes (Herausg.) Tropical marine pollution. Amsterdam (Elsevier): 52-62.
4. McIntyre, A.D. & Johnston, R. (1975): Effects of nutrient enrichment from sewage in the sea. In: A.L.H. Gameson (Es.): Discharge of sewage from sea outfalls, New York (Pergamon Press): 131-141.
5. Postma, H. (1975): „Symposium on the changes in the North Sea fish stocks and their causes“. ICES Aarhus, 9.-12.7.1975.
6. Hagmeier, E. (1975): „Symposium on the changes in the North Sea fish stocks and their causes“. ICES Aarhus, 9.-12.7.1975.
7. Grasshoff, K. (1975): The hydrochemistry of landlocked basins and fjords. In: J.P. Riley & G. Skirrow (Herausg.) Chemical oceanography, Band 2. London (Academic Press): 455-597.
8. Mac Gregor, J.S. (1974): Changes in the amount and proportions of DDT and its metabolites, DDE and DDD, in the marine environment off Southern California, 1949-72. Fish. Bull. 72: 275-293.

9. **Anderson, D.W. et.al. (1975):** Brown Pelicans: improved reproduction off the Southern Californian coast. *Science (N.Y.)* 190: 806—808.
10. **Ten Berge, W.F. & Hillebrand, M. (1974):** Organochlorine compounds in several marine organisms from the North Sea and Dutch Waddensea. *Neth. J. Sea Res.* 8: 361—368.
11. **Coulson, J.C. et.al. (1972):** Changes in organochlorine contamination of the marine environment of Eastern Britain monitored by shag eggs. *Nature (Lond.)* 236: 454—456.
12. **Goldberg, E.D. (1975):** Synthetic organohalides in the sea. *Proc. R. Soc. Lond. (B)* 189: 277—289.

