

13

F

69 10
66 12

La contaminación en el medio marino



GC 1085

.C66

716

69
13

La contaminación en el medio marino

SECRETARIA DE MARINA
Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo
MEXICO, 1 DE JUNIO DE 1974

13

Preámbulo

Por primera vez se duda seriamente de la capacidad del océano para absorber los productos de desecho y resulta evidente la necesidad de comprender mejor el medio marino. Una de las mayores preocupaciones de los especialistas en ciencias marinas consiste en determinar la conducta de los contaminantes dentro del medio aludido, incluidos sus efectos concretos sobre todas las formas de vida marítima. Ello constituye un requisito previo de cualquier control de la descarga de contaminantes en el océano. Sin esa información básica sólo se podrán establecer controles arbitrarios de la contaminación, y los océanos seguirán en peligro.

PRINCIPALES TIPOS DE CONTAMINACION

La contaminación de los océanos es consecuencia exclusiva del hombre y de sus actividades. Jamás en la larga historia de la Tierra habían penetrado en el medio marino contaminantes en cantidad suficiente como para alterar comportamiento químico natural de los océanos. El hombre ha aumentado la cantidad de sustancias naturales que llegan a los océanos y añadido productos de su invención, como los plásticos y los pesticidas, que, al carecer de contraparte natural, colocan a la naturaleza ante la imposible tarea de reducirlos a una forma elemental. El hombre ha dañado también la naturaleza física de las aguas costeras, permitiendo la descarga de aguas calientes procedentes de centrales eléctricas y de instalaciones industriales, creando la contaminación térmica. La contaminación térmica puede hacer que los estuarios no resulten aptos para la vida de especies comerciales de peces y crustáceos y fomentar especies indeseables, como los organismos xilófagos. Aunque las sustancias radiactivas procedentes de las centrales eléctricas suelen examinarse por separado, su introducción en el medio marino supone más bien un cambio físico en la radiación de fondo que un cambio químico. La conversión de los medios biológicos marinos naturales en urbanizaciones inmobiliarias no sólo puede alterar completamente la franja litoral, sino que ciertas obras de construcción, como las de barrenamiento y exca-

vación, pueden causar graves daños a la vida marina, bien directamente, como en el caso de los explosivos, o indirectamente, por un exceso de sedimentos que contamine las aguas. El hombre ha contribuido también a cambiar la fauna y la flora naturales vertiendo aguas residuales no depuradas, introduciendo deliberadamente especies comerciales en nuevas zonas y, accidentalmente, especies exóticas. Aun cuando la contaminación puede ser de naturaleza química, física o biológica, tiene un factor común: el hombre.

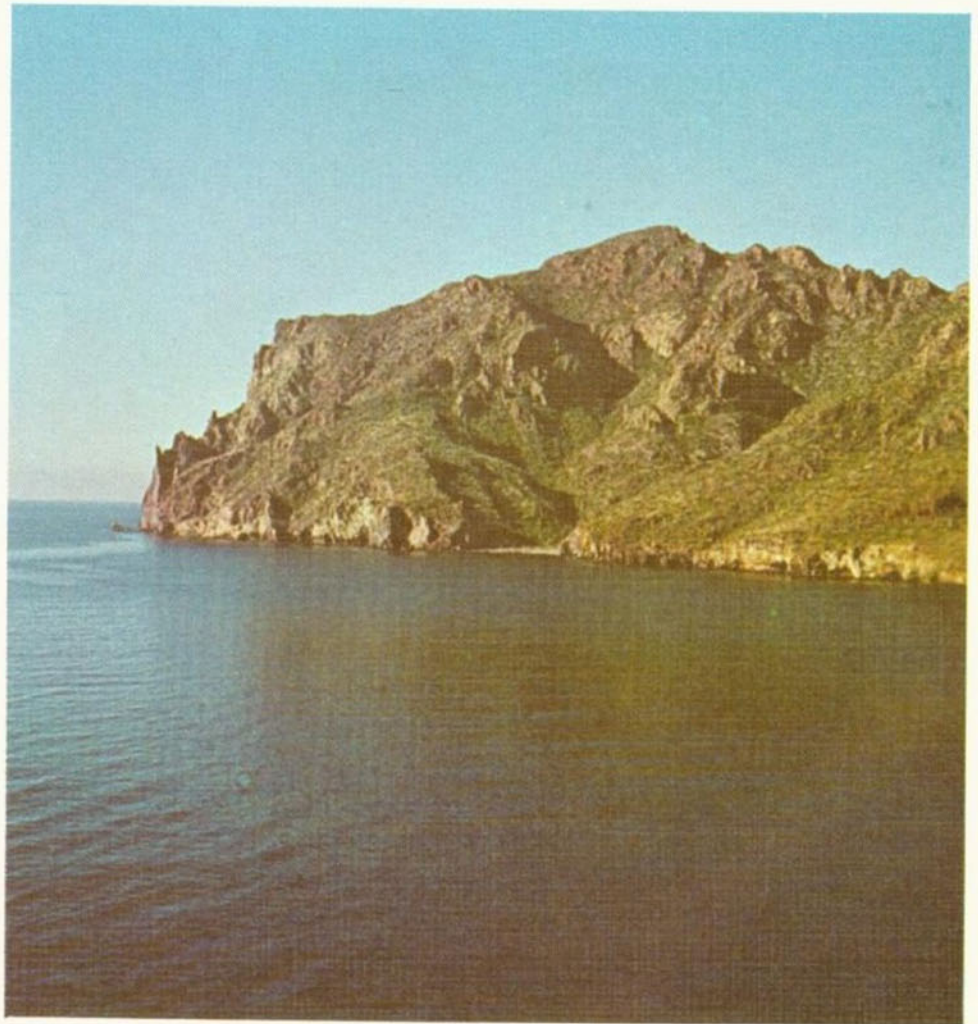
Existe acuerdo general en que las medidas destinadas a impedir o controlar la contaminación tienen la máxima eficacia cuando se aplican en la fuente donde se originan los contaminantes, y dichas fuentes son tan diversas como las actividades mismas del hombre. Sin embargo, pueden clasificarse en cinco grupos principales: eliminación de aguas residuales domésticas y residuos agrícolas e industriales; descarga deliberada y operacional de contaminantes transportados en buques; daño al medio marino resultante de la exploración y explotación de los recursos minerales; eliminación de residuos radiactivos resultantes de la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos, y utilización del océano con fines militares. La división en estos grupos guarda correspondencia a grosso modo con las principales actividades humanas, aunque en modo alguno se excluyen mutuamente. Por ejemplo, los cargamentos de los buques comprenden una amplia variedad de sustancias nocivas que pueden descargarse en el mar, accidental o intencionalmente. Por ello un contaminante determinado puede estar bajo control en virtud de sistemas separados, asociado uno con el transporte marítimo y el otro con su utilización o producción en tierra.

De esas cinco categorías, la eliminación de aguas del alcantarillado y de residuos agrícolas e industriales es, con mucho, la más seria e importante. La calidad de las aguas que los ríos vierten a los océanos es frecuentemente muy baja, debido a que los ríos se han convertido en importantes sistemas de transporte de residuos industriales y domésticos desde los centros de población interiores.

¿Por qué debemos salvar al océano?

Por costumbre, historia, evolución y, si se prefiere, por recuerdo filogenético, estamos prestos a pensar que el mar siempre está allá, tras las montañas. Por vanidad humana lo imaginamos en constante actitud guerrera; siempre bélico, dispuesto a destruir el granito más fuerte por su constante ataque. Solemos también, sentirnos profundamente racionales y entonces lo conocemos como una fuerza de la naturaleza que el ser humano puede manejar por conquista tecnológica. O bien, como seres siempre hambrientos, lo pensamos como inmensa vastedad donde los peces y los panes se duplican bíblicamente. No está ausente la idea simplista de que se trata de un fluido donde transportar nuestras pobres riquezas.

Sin embargo, el océano que está ahí, al que buscamos por innumerables razones, es un medio ambiente que apenas empezamos a conocer y del cual sabemos, con obligada preocupación, que se encuentra profundamente deteriorado. Causa mayor inquietud el saber que somos incapaces de predecir el significado del daño; pero aún es más grave poder afirmar que no estamos en condi-



ciones de aplicar las medidas que pudieran aliviarlo. El optimismo es malo cuando se basa en la ingenuidad o la ignorancia y da fundamentos a la idea de un océano, invadido por hermosos moteles subacuáticos, explotados por la minería automática, protegido con bases paramilitares, con ranchos de atún, y quizá con una o dos especies silvestres que reflejan nuestro amor a la naturaleza. Parece que hemos sido incapaces de aprender la lección, obtenida en nuestro trato con los ecosistemas emergidos; olvidados los enormes páramos creados por el hombre en su progreso y ocultas las cifras de substitución involuntaria de zonas productivas por áreas desérticas infértiles, es posible entender la ingenuidad de aquellos que imaginan las faunas y flores silvestres como un bonito adorno de oficina.

En el océano hace más de 1,500 millones de años aparecieron las primeras formas vivas, en el paso de ese tiempo han surgido alrededor de 300,000 especies vegetales y más de 1.000,000 de formas animales que viven en la actualidad (siendo ésta una estimación conservadora). Esta gran variedad de formas elaboró en su proceso vital el medio conveniente para procrear al hombre, una de las especies de más reciente cuño. Esta diversidad de formas ofreció al ser humano alimento variado, que le permitió progresar. Esto no es una justificación para salvar al océano, pero sí significa una interrogante: ¿somos ya capaces de sobrevivir sin esta diversidad?

El mar es sin duda nuestro regulador térmico mundial. Gracias a su capacidad calorífica el océano nos protege de cambios radicales de temperatura. Gracias a su fluidez, oxigena sus profundidades y evita que los fondos marinos representen trampas orgánicas. Su movilidad permite que todos los materiales formen ciclos que soportan el continuo proceso vital.

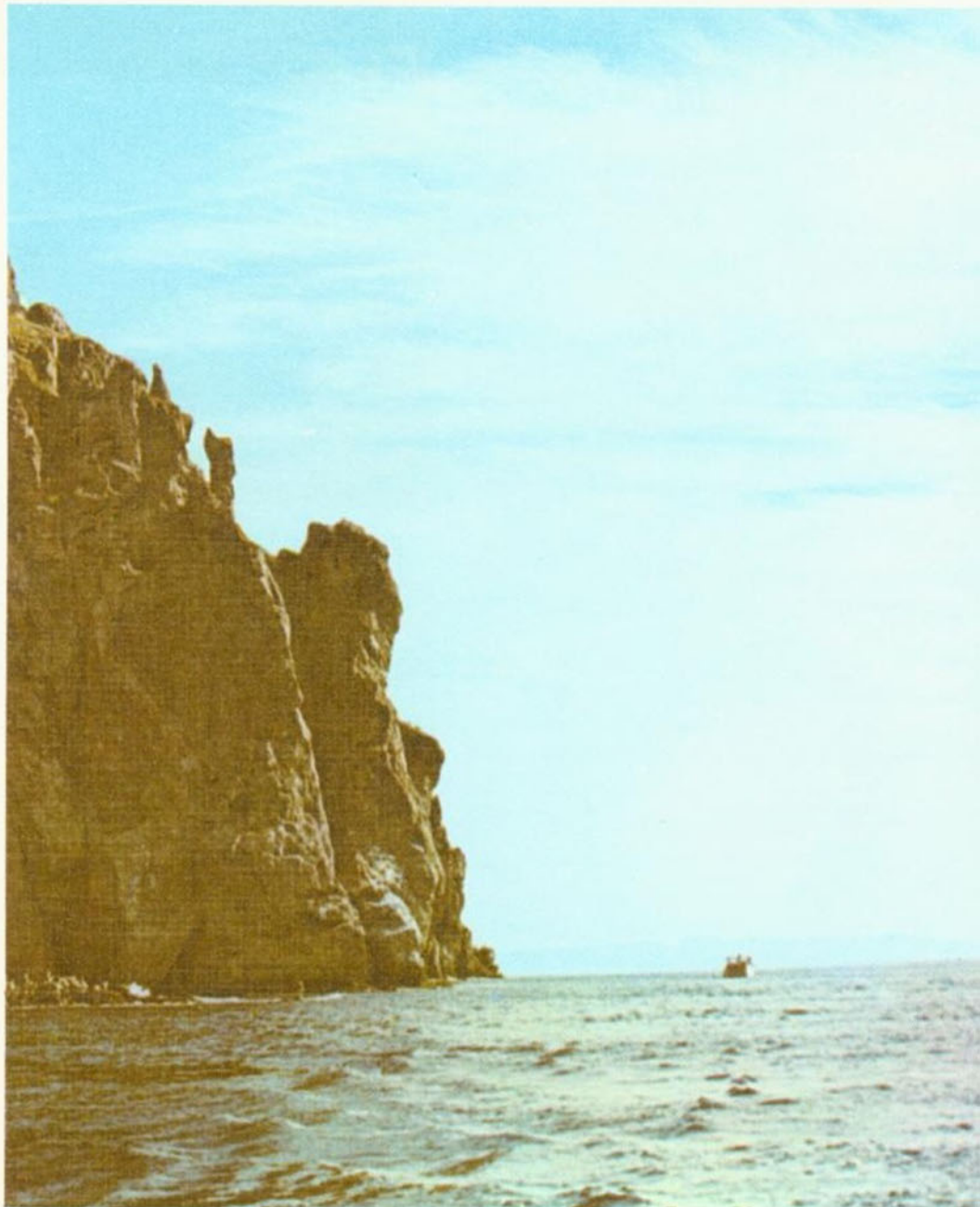
De la evaporación de sus aguas recibimos protección a los cam-

bios térmicos y lluvia; lluvia que permite mantener a los ríos en el flujo indispensable para la vida. El océano asimila y guarda los excesos de carbono que necesitamos desperdiciar para mantener nuestro ritmo de progreso. Nos protege, colaborando a formar el invernadero atmosférico en el que vivimos.

La fauna marina es un alimento de gran riqueza energética. Ha venido siendo utilizada por el hombre desde los albores de su existencia y prácticamente mantiene comunidades humanas en todo litoral. Quien ha sido capaz

de tejer una red primitiva siempre encontrará en el fondo un cangrejo, un bivalvo, un gasterópodo, etc., que le proporcione el sustento.

La vejez del mar es un cúmulo de experiencia que en suma refiere que la unión hace la fuerza. Todo en el océano está relacionado, lo pequeño sirve de sustento a lo mayor y sin embargo no se agota. Las aguas superficiales nutren a las formas abisales y éstas producen materiales fundamentales para la vida en el mar somero. Las comunidades están reguladas por complejos sistemas



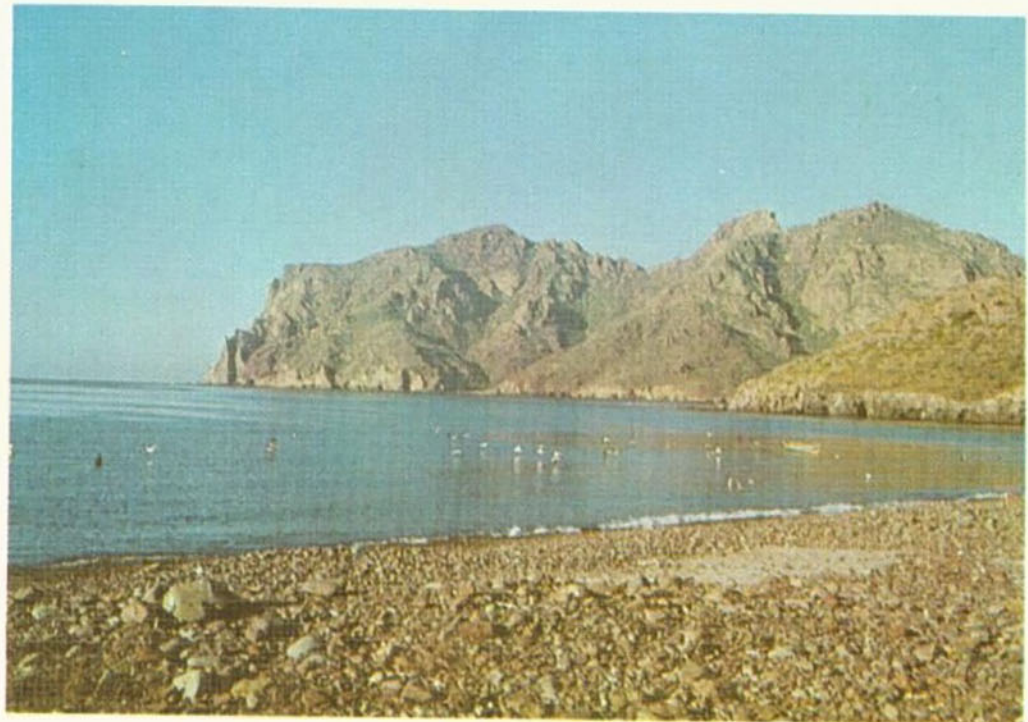
ecológicos, por procesos de anti-biosis, por promotores de crecimiento, etc.

La diversidad biológica, unida en procesos que empezaron a desarrollarse hace millones de años, es una fuerza tan potente que ha sido capaz de colonizar la tierra, determinar su temperatura, importarle oxígeno, alimento, energéticos y transformarla en un mundo propio para el proceso orgánico y aún, después del proceso primario, el mar continúa llevando el agua vivificadora, por él purificada, a los ecosistemas terrestres.

El mar aprendió a controlar a las sustancias tóxicas desde hace tiempo y actualmente soporta las cargas contaminadas que le arrojamos. El viejo mar nos ayuda a resolver nuestros problemas, originados por el ímpetu de la juventud de nuestra especie. Hemos crecido y ahora que somos demasiados volteamos al mar en busca de alimento. Producimos cosas muy tóxicas y al no poder manejarlas las hundimos en el mar confiando en su sabiduría. Necesitamos materiales por haberlos desperdiciado y buscamos en el mar la fuente inagotable del recurso.

El mar ofrece soluciones y guarda secretos; el mantenimiento de su equilibrio es importante para el hombre porque de él procede, y también de él depende. Es importante reconocer que nuestro trato con las aguas marinas ha dejado mucho que desear. Enormes zonas estuarinas han sido transformadas innecesariamente en áreas pestilentes. Es necesario modificar nuestros puntos de vista y recordar que estamos destruyendo las sutilezas de un sistema que tardó millones de años en construirse.

No debemos pensar por más tiempo en conquistar al mar para que nos dé sus recursos. Debemos pensar en vivir a su lado en plenitud de actividad y sólo entonces el mar representará una infinita fuente de recursos.





En qué consiste un contaminante

Los peligros de la situación se agravan por las dificultades para definir lo que constituye un contaminante marino. El problema deriva en gran parte del papel natural de los océanos, como recipientes de los materiales procedentes de la erosión de la tierra y de los diversos intereses que inciden en el espacio oceánico. Ello se refleja en lo que hasta la fecha pasa por ser la definición más autorizada de la contaminación marina:

"Introducción por el hombre, en forma directa o indirecta, de sustancias o energía dentro del ambiente marino (incluidos los estuarios), con el resultado de efectos nocivos tales como perjuicios para los recursos vivos, peligros para la salud humana, obstáculos para las actividades marinas (incluida la pesca), empeoramiento de la calidad para el empleo del agua del mar, y reducción de las posibilidades de esparcimiento."

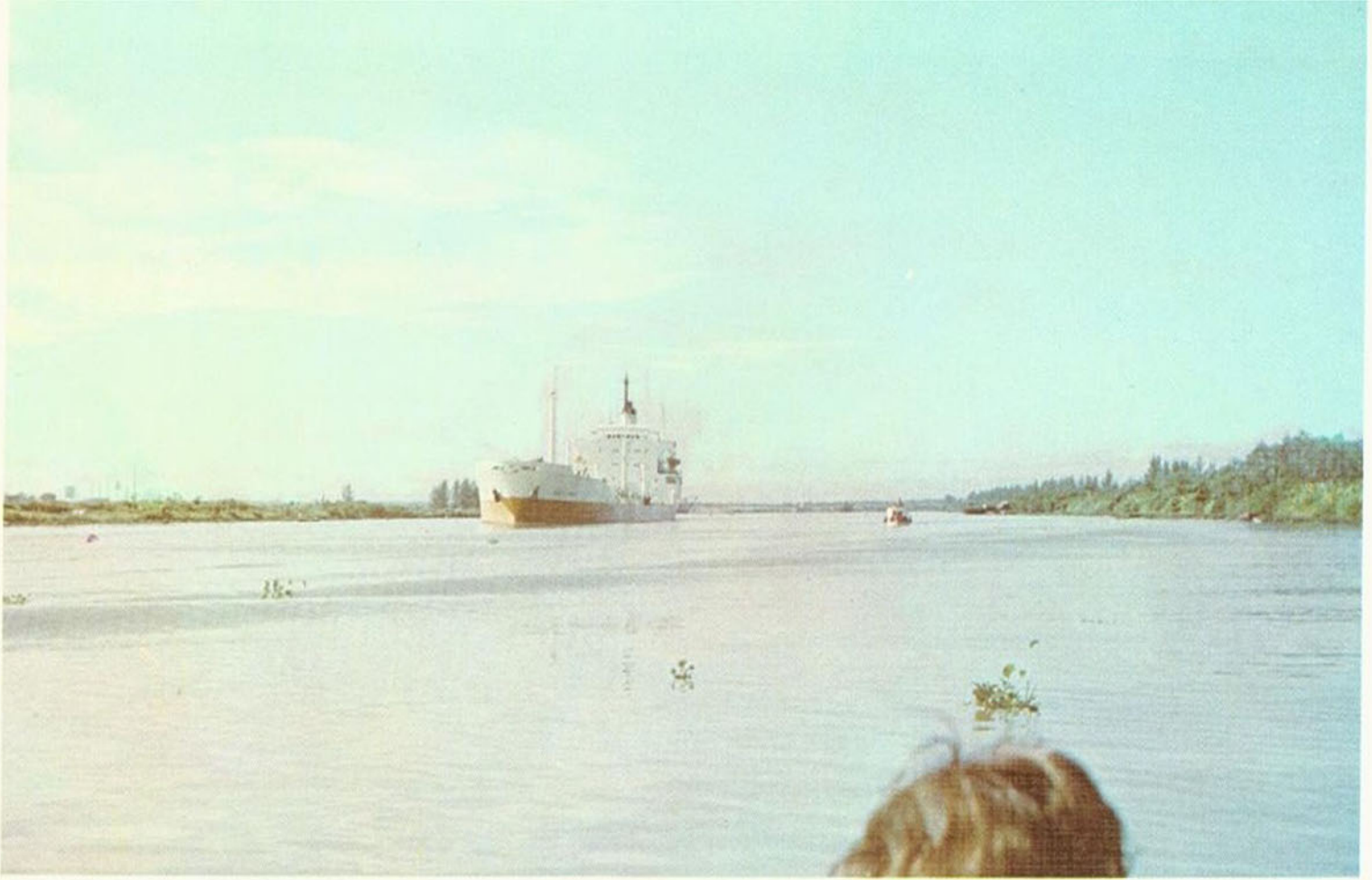
A pesar de los términos amplios de esta definición, subsiste la preocupación primordial de saber cuál es la influencia que los contaminantes ejercen a la larga sobre la viabilidad ecológica de los océanos. La contaminación marina causaría muchas menos preocupaciones, si los océanos carecieran de vida y no fueran, como son, una valiosa fuente de proteínas.

La vida marina se basa en una trama de cadenas alimentarias interdependientes, todas las cuales dependen en última instancia del estado químico y físico del medio marino. A excepción de especies anfibas resistentes que pueden vivir tanto en el agua como en tierra (adaptándose al régimen de las mareas), los organismos marinos se han visto protegidos de cambios violentos durante toda su evolución por las propiedades físicas y químicas de su medio de agua salada, en consecuencia, el sistema ecológico marino es particularmente vulnerable a los efectos de la contaminación, y, bajo su influjo, las cadenas alimentarias, estables y complejas, que abarcan numerosas especies tienden a quedar reducidas a otras más simples y menos estables con menos especies. Un ejemplo particularmente elocuente de este cambio puede observarse en algunos arrecifes de corales, en los que la contaminación originada por las aguas residuales ha producido un excesivo crecimiento de algas y en algunos casos ha sofocado los pólipos de coral. La muerte de esos animales que forman corales y el crecimiento de las algas van acompañados de una rápida mengua de los animales que normalmente conviven en los arrecifes no contaminados.

En la base de la trama alimen-



SECRETARIA DE MARINA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL



taria marina se encuentra generalmente una forma de fitoplancton, es decir, pequeñas plantas, frecuentemente unicelulares, que flotan a la deriva en las aguas superficiales bañadas por el sol. Esas plantas son a su vez "pasto" de incontables animalitos, el zooplancton, que son devorados por otros animales marinos, incluidos algunos de los peces de que se alimenta el hombre. De ese modo la energía capturada a través del proceso de fotosíntesis pasa por sucesivos niveles alimentarios (no tróficos) del primer productor, el fitoplancton, a los animales superiores. Es claro que existe una relación cuantitativa entre las poblaciones de los diversos niveles tróficos. Es igualmente claro que los carnívoros especializados del nivel trófico superior son las especies más amenazadas, si se toma la estructura de la trama alimentaria.

El equilibrio ecológico de los océanos puede verse alterado de muchas maneras; algunos contaminantes envenenan a los animales y plantas con los que entran en contacto. Otros contaminantes consumen tanto oxígeno, medido en unidades de demanda de oxí-

geno bioquímico (**DOB**), o demanda de oxígeno químico (**DOQ**), medidas ambas de la cantidad de oxígeno necesaria para descomponerlos. La medida **DOQ** es más amplia que la **DOB**, pero la **DOB** se usa mucho más.

Algunos contaminantes favorecen al crecimiento de una sola especie, que luego envenena o consume otras especies. Finalmente están los contaminantes que se acumulan en la trama alimentaria marina porque no pueden ser destruidos fácilmente por las células vivas. Este proceso se denomina bioacumulación. Cuando los sucesivos eslabones de una cadena alimentaria concentran una sustancia, se pueden dar factores de concentración de miles e incluso de cientos de miles por encima del nivel en las aguas marinas circundantes. Según muchos expertos, para cada elemento químico puede encontrarse por lo menos una especie planctónica capaz de concentrarlo de manera espectacular. Los contaminantes así concentrados pueden alcanzar niveles en los que obstaculizan los procesos vitales o pueden simplemente privar al hombre de valiosos recursos marinos. Por lo

menos la quinta parte de los bancos de crustáceos de los Estados Unidos han sido cerrados por la contaminación y contaminados con pesticidas, mientras que el mercurio ha hecho que diez especies de peces no sean aptas para el consumo humano, entre ellas el ejemplo más reciente es el del pez espadá. Además, algunas sustancias químicas pueden ser alteradas por organismos marinos o producir un efecto sinérgico. Por ejemplo, los derrames de petróleo y las manchas naturales del mar pueden mantener en la superficie ciertos contaminantes, como el DDT, involucrándolos en la vida marina, que se traduce en la toxicidad crónica reducida. Los efectos sinérgicos son probablemente muy comunes en el contexto de la contaminación marina, aunque por ahora se les comprende mal.

La gravedad de estas perturbaciones de la vida marina depende en gran parte del lugar donde se produce la contaminación. La productividad biológica no se distribuye por igual en todos los océanos. Las tres principales provincias biológicas marinas son: la oceánica, la costera y una ter-

cera zona donde las aguas profundas ricas en materias nutritivas suben a la superficie. Por desgracia tiende a ser mayor en algunas de las zonas que más sufren de la contaminación, como las que bordean el litoral o rodean los estuarios. Las aguas someras próximas a las costas son no sólo asiento de muchas empresas pesqueras importantes sino también criaderos de especies capturadas en aguas profundas. La situación puede verse atenuada por condiciones marinas locales que eliminen o diluyan el contaminante rápidamente, antes de que haya causado daños perceptibles al medio natural. También es posible que se acumule una masa venenosa de agua como si los océanos fueran poco menos que una alberca. Se ha sabido que tales masas de agua persistente duran días, semanas e incluso meses, antes de dispersarse finalmente.

Aunque la contaminación puede dividirse en categorías que coincidan aproximadamente con las principales actividades humanas, la mejor manera de clasificar los contaminantes para el estudio científico y técnico es con arreglo a sus características químicas y físicas generales.

Cada clase importante de contaminantes comprende una larga lista de productos químicos y sustancias contaminadoras que sin duda se ampliará con investigaciones ulteriores. Ninguna clase es exclusiva y las opiniones difieren en cuanto a la precisa agrupación de los contaminantes.

Un grupo mixto de expertos ha indicado en su "estudio revisado de sustancias químicas nocivas" los contaminantes que deben ser objeto de serio examen con miras a aumentar la eficacia de la legislación existente y a tomar medidas ulteriores para limitar o controlar su descarga en el mar. El grupo ha convenido también en que debe darse prelación al estudio de los efectos de las siguientes sustancias y compuestos: bifenilos policlorados (BPC) plaguicidas orgánicos de cloro y herbicidas persistentes; mercurio, plomo, arsénico, cadmio y otros metales pesados; detergentes; y biotoxinas marinas. Estas sustancias fueron seleccionadas por su toxicidad, re-

sistencia, acumulación en organismos marinos y amplia difusión en la red alimentaria marina.

A continuación se indican las distintas clases de contaminantes:

- a) Los hidrocarburos halogenados, incluidos los bifenilos policlorados y los plaguicidas de compuestos orgánicos de cloro como el DDT;
- b) El petróleo y sus derivados;
- c) Otros compuestos químicos orgánicos, por ejemplo, las biotoxinas marinas y los detergentes;
- d) Sustancias químicas nutritivas, incluso las contenidas en aguas negras y las procedentes de fuentes agrícolas;
- e) Productos químicos inorgánicos, en particular, los metales pesados como mercurio y plomo;
- f) Sólidos en suspensión;
- g) Sustancias radiactivas; y
- h) Residuos térmicos.

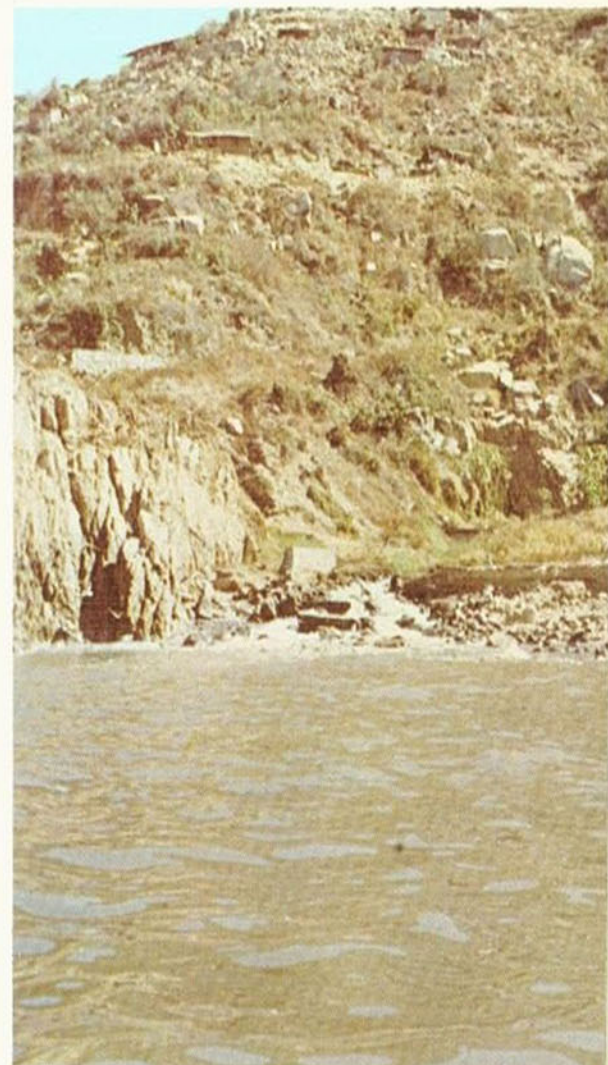
Al describir los efectos de esos diversos contaminantes, se apreciará que los desechos procedentes de fuentes urbanas e industriales pueden contener virtualmente contaminantes de toda clase. Las aguas negras domésticas, en particular, suelen contener, en diversa proporción, toda clase de contaminantes (salvo residuos térmicos y sustancias radiactivas) y, en consecuencia, producen una serie de efectos nocivos sobre el medio marino.

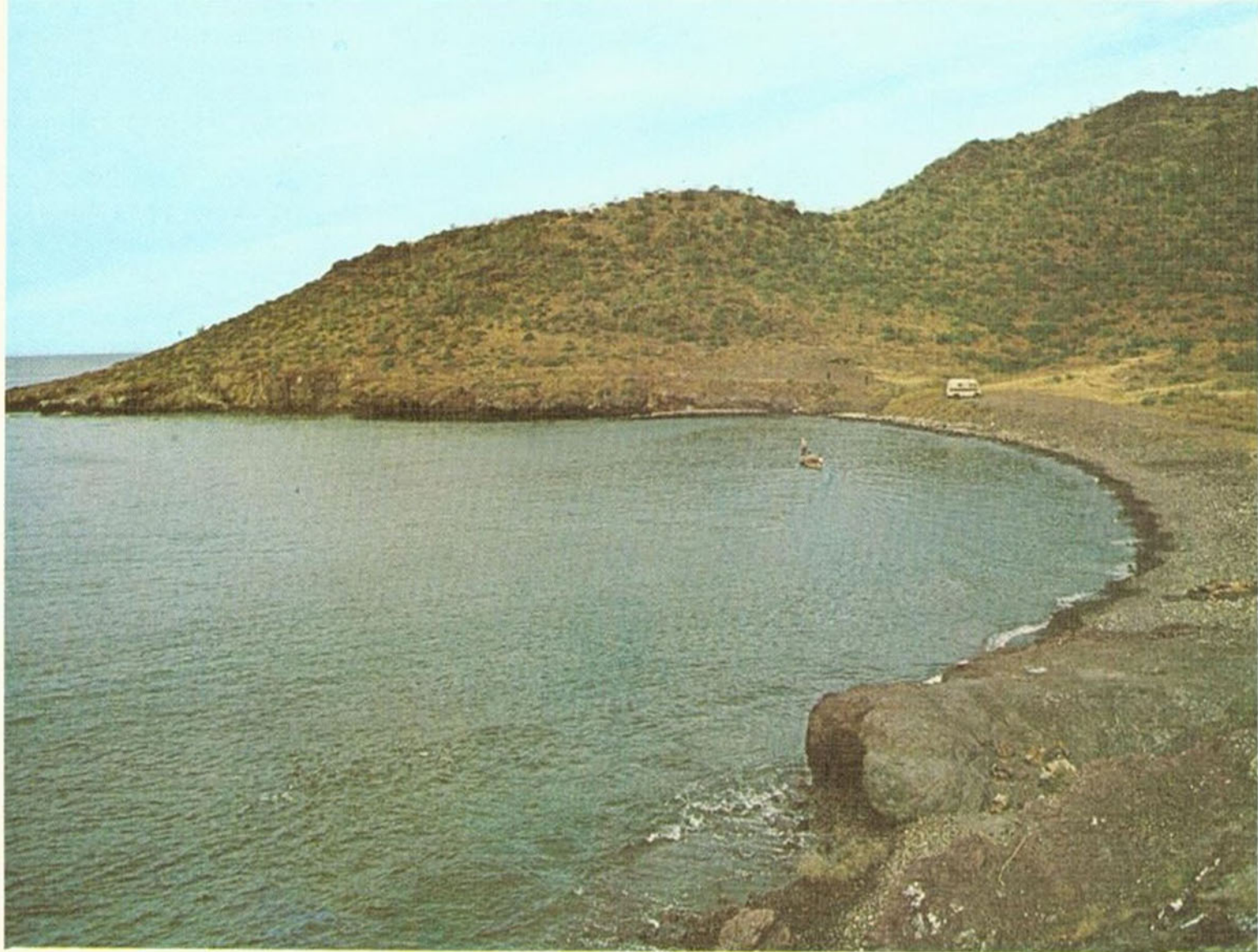
INSTRUMENTOS JURIDICOS PARA CONTROLAR LA CONTAMINACION MARINA

Para combatir a un enemigo hay que identificarlo. Se facilita la identificación clasificando los contaminantes de acuerdo con sus características físicas y químicas. Para controlar al enemigo hay que comprender sus movimientos, y ello se logra en parte determinando las clases de contaminación según la fuente. La medición de los diversos contaminantes en los océanos revela la magnitud de los problemas planteados, pero

sólo controlando los actos que llevan a introducirlos en el mar podrán resolverse aquéllos. Pese a la patente preocupación universal por la contaminación del mar, sólo se han tomado amplias medidas en una de sus modalidades: las fugas y descargas de sustancias radiactivas, y respecto a una clase de contaminantes, el petróleo.

Los lentos progresos logrados en el desempeño de controlar siquiera uno de los principales contaminantes, como es el petróleo, pone de relieve el conflicto de intereses que a menudo existe. La prevención y el control de la contaminación suelen ser costosos y rara vez fáciles. Las pruebas de este aserto son múltiples. Por ejemplo, la construcción de una costosa instalación de tratamiento de aguas negras por comunidades y países con grandes ríos y largas costas, puede ocupar un lugar muy bajo entre las prioridades de desarrollo que pueden actualmente establecer. La negligencia del sector comercial y la conveniencia industrial han sido importantes factores de la aparición del





problema de la contaminación mundial. Las prioridades son a veces difíciles de establecer. Muchos países industrializados han prohibido ahora el uso del DDT y otros plaguicidas persistentes. Sin embargo, esos mismos productos químicos son un medio barato y eficaz para combatir las enfermedades transmitidas por algunos insectos y, si no se quiere que fracasen algunos programas vitales de sanidad, hay que obtener sustitutos seguros y tan baratos y eficaces como el DDT. De otro modo, no disminuirá la presión para seguir empleando esos contaminantes ya reconocidos. Se impone de manera evidente la necesidad de trabajos intensivos para desarrollar la tecnología precisa para prevenir y controlar la contaminación marina y de cálculos detallados que abarquen tanto el costo de las medidas para combatir la contaminación, como los beneficios que ello reportará a los recursos vivos del mar y a las

posibilidades de esparcimiento en las costas. De hecho hay muchos elementos en la prevención y el control de la contaminación marina que podrían describirse mejor como "ordenación del medio" y cuyo atractivo económico podría mostrarse perfectamente.

Sin embargo, por el momento no existe ningún sistema verdaderamente eficaz para controlar la contaminación marina y hasta hace poco la actividad internacional se ha referido casi exclusivamente al problema de la contaminación por el petróleo, causado por los buques, y la producida por sustancias radiactivas. Las medidas adoptadas en el plano internacional para controlar la contaminación marina han dado únicamente por resultado la conclusión de un número reducido de acuerdos internacionales, que son de carácter general y carecen de disposiciones detalladas para aplicar los conceptos expuestos, como en el caso de las diversas convencio-

nes sobre la contaminación por el petróleo. Aunque éstas no han obtenido apoyo universal (42 países, que representan un 95% del tonelaje mundial, son partes de la convención internacional en Londres de 1954 sobre la contaminación de las aguas marinas por los hidrocarburos, con las modificaciones introducidas en 1962) y dos estados han aceptado las enmiendas a dicha convención aprobadas en 1969. Hay indicios de que en breve otros estados van a hacer lo propio.

A nivel nacional, los problemas se han abordado por lo común a medida que se presentaban y el control de la contaminación de las aguas costeras se trata en general con arreglo a las disposiciones que regulan el control de la contaminación de las aguas interiores. El resultado de ello ha sido un cúmulo de leyes fragmentarias y de jurisdicciones secretariales no coordinadas. Cuando los estados han reconocido que la jurisdicción

dicción nacional por si sola no es un instrumento adecuado para tratar el problema de la protección del medio marino, han pretendido, por una parte, aumentar sus actividades de cooperación internacional, y, por otra extender el alcance territorial de su legislación nacional. En vista del papel que desempeña la atmósfera como vehículo de los contaminantes marinos, cabe mencionar la existencia de legislaciones nacionales destinadas a combatir la contaminación atmosférica y el establecimiento, bajo los auspicios de la OMS (Organización Mundial de la Salud), de una red de estaciones para medir la contaminación atmosférica de fondo.

REGLAMENTACION NACIONAL

A causa del aumento relativamente reciente del volumen de residuos domésticos e industriales, y debido también a la naturaleza y los límites de la jurisdicción nacional, muchos países ejercen un escaso o nulo control legislativo o administrativo de la contaminación marina. Cuando existen medidas legislativas y administrativas, éstas van encaminadas a proteger los intereses del estado que las adopta y la calidad de las aguas interiores, y no a conservar el medio marino aunque los científicos han llegado a considerar que el mar y sus recursos constituyen un medio único e integral, esa opinión no se refleja de manera apreciable en la legislación nacional existente. En lugar de ello, cada estado tiene muchos organismos que administran diversos instrumentos legislativos relativos únicamente a usos concretos del mar o a fuentes de contaminación, regulados con mayor o menor detalle.

La legislación nacional existente puede dividirse en siete grupos: **a)** Control de la contaminación ocasionada por el petróleo que derraman los buques; **b)** Regulación de la contaminación debida a actividades realizadas en tierra firme; **c)** Control de la contaminación causada por residuos arrojados al mar; **d)** Control de la contaminación derivada de la exploración y explotación de los recursos de la plataforma continen-

tal; **e)** Control de determinados contaminantes, en especial las sustancias radiactivas; **f)** Control de la contaminación capaz de entorpecer la navegación o la administración de los puertos; y **g)** Normas jurídicas generales sobre pesca destinadas a impedir toda contaminación que pueda redundar en perjuicio de los recursos vivos del mar. A excepción de la reglamentación sobre la contaminación por el petróleo, cada uno de esos grupos se distingue por su falta de uniformidad y su aplicación restringida.

En muchos países la mayoría de las normas jurídicas concretas sobre la materia parecen limitarse a una sola ley sobre el control de la contaminación por el petróleo y se derivan de la aplicación en el ámbito nacional de la convención de Londres de 1954.

En general, la contaminación resultante de las actividades realizadas en tierra firme se controla teóricamente en el marco de las leyes y las medidas administrativas aplicables a los recursos hidráulicos interiores.

Varían considerablemente las técnicas legislativas y los métodos administrativos para el control de la contaminación causada por las actividades domésticas o industriales y en el litoral. Van aquellos desde la estricta prohibición

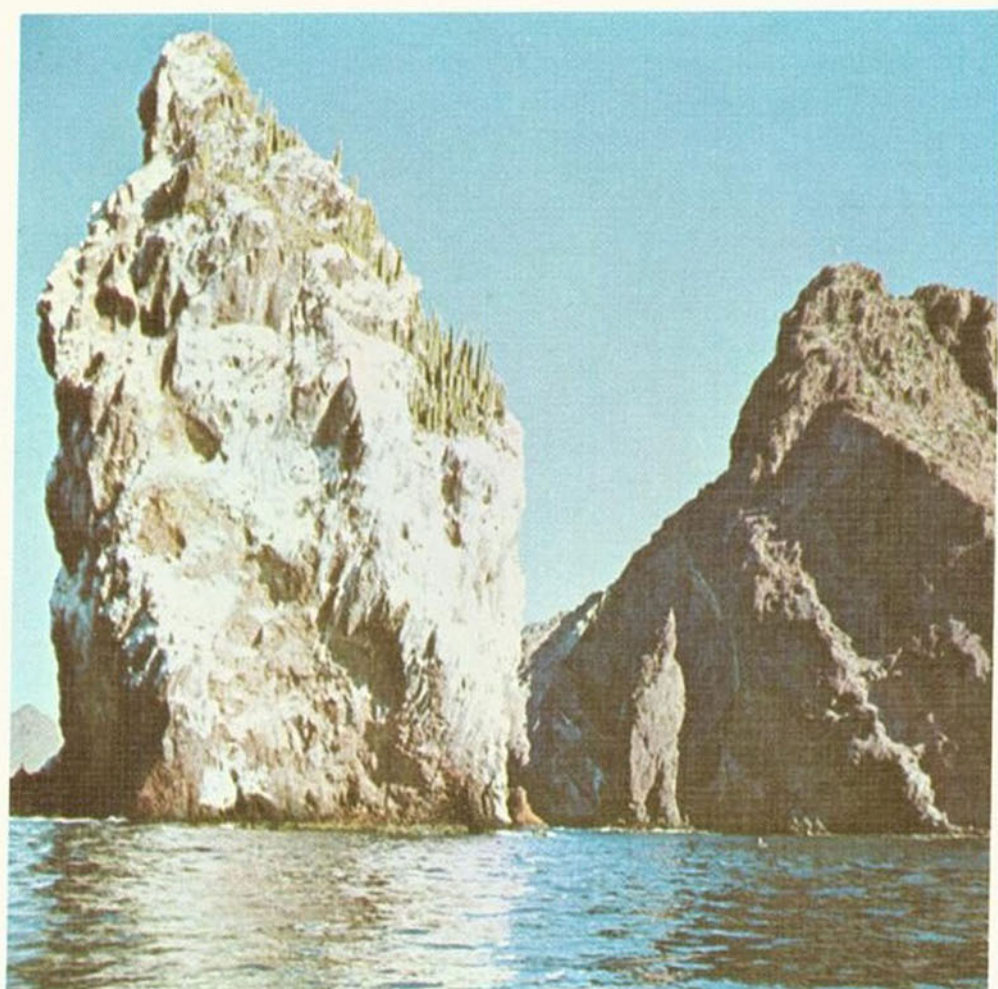
de esas actividades, para proteger, sobre todo, las empresas pesqueras, a la clasificación de las zonas contiguas a las costas y el establecimiento de normas de calidad de las aguas.

Las rígidas prohibiciones impuestas para proteger intereses concretos, como los pesqueros, han resultado insuficientes para controlar la contaminación. Recientemente muchos estados han introducido una legislación y mecanismos nuevos y más amplios en la ordenación nacional de los recursos hidráulicos o la protección del medio en general.

Muchos países tienen normas legislativas sobre el control de la contaminación marina con disposiciones sobre la administración de puertos y bahías, inspiradas en el propósito de proteger la navegación. Otros regulan también las zonas situadas fuera del puerto, también en interés de la navegación.

La primera legislación sobre el control de la contaminación reside en la estricta prohibición de las actividades capaces de causar daños a los peces. Incluso en las modernas leyes de pesca se limita formalmente toda consideración a los efectos de la descarga de residuos sobre los peces. Al parecer son más eficaces los sistemas de control que enfocan la contaminación marina en forma general.





La Secretaría de Marina y la contaminación

México encara, ya en la actualidad, problemas de contaminación ambiental de todo tipo, que han producido graves daños o que amenazan con extender y alcanzar proporciones y consecuencias difíciles de controlar o prever.

La Secretaría de Marina, consciente del peligro que representa la contaminación en el medio marino, que daña los recursos vivos y que constituye un peligro para la salud humana, y que además crea impedimentos para las actividades que se desarrollan en el mar tales como la pesca, playas de recreación, etc., ha asumido el estudio y control de la contaminación del océano, a través de la Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo.

En principio, se han realizado estudios a lo largo de la costa del Golfo de México, utilizando el buque oceanográfico "Virgilio Uribe"; asimismo, por medio de brigadas oceanográficas, se han hecho estudios en los puertos de

Coatzacoalcos, Ensenada, B.C., Guaymas, Son., Mazatlán, Sin., Manzanillo, Col. y Salina Cruz, Oax., con los cuales se dispone de un conocimiento panorámico del estado actual de la contaminación en esos lugares.

Los pasos posteriores, consistirán en conocer el estado actual de la contaminación a todo lo largo de nuestros litorales, dando el enfoque directo a los problemas concretos de mayor importancia que se presenten.

Al considerarse que algunas sustancias que contaminan el medio marino se descargan intencionalmente o accidentalmente, uno de los procedimientos más importantes para lograr eventualmente el abatimiento de las diferentes formas de contaminación, es crear la conciencia social de que es preciso preservar el **habitat** humano, razón que motivó esta publicación. Existen muchos estudios efectuados, pero sólo presentaremos los siguientes a fin de divulgar las metodologías que fundamentaron la investigación.





Generalidades sobre contaminación en Guaymas, Son.

A principios de 1973, y dentro de un estudio geográfico de la región de Guaymas, Son., se hicieron algunas investigaciones sobre contaminación. Sus resultados principales son los siguientes:

La salinidad dentro de la Bahía de Guaymas, se mantiene generalmente alta a lo largo del año, debido a la escasa precipitación pluvial, y a la alta evaporación que prevalece en la zona.

Debido a la poca profundidad de la bahía, la temperatura ambiente tiene estrecha influencia en las variaciones de la temperatura del agua, por lo que se supone que habrá variaciones notables entre el día y la noche. Efectos similares ocurren a lo largo del año, debido a lo extremo de las temperaturas ambientales de la zona.

El promedio de oxígeno disuelto en las aguas de la bahía es aceptable, encontrándose a 1.7 ml/l bajo el valor de saturación normal, para las condiciones de temperatura y salinidad observadas; en los resultados del estudio, el O_2 disuelto se considera suficiente para soportar la vida marina.

La salinidad, con valores altos, refleja el insignificante aporte de aguas continentales, durante la mayor parte del año, a la bahía.

El oxígeno disuelto, con valores

que permiten el desarrollo de la vida marina en esa zona, no muestra que haya decrecido por la acción de sustancias supuestamente contaminantes, ya que, como demostraron Baylor y Sutcliffe en 1963, el aporte de sustancias orgánicas, como restos de grasas y harina de pescado, se convierten en fuente de alimento, tanto para organismos planctónicos, como bentónicos. Además, las aguas de la bahía no presentan el acumulamiento de materia orgánica en descomposición, ni el característico olor de ácido sulfúrico; aunque sí se ven, en las proximidades del malecón, numerosos desechos de basura y latas arrojadas por el público en general.

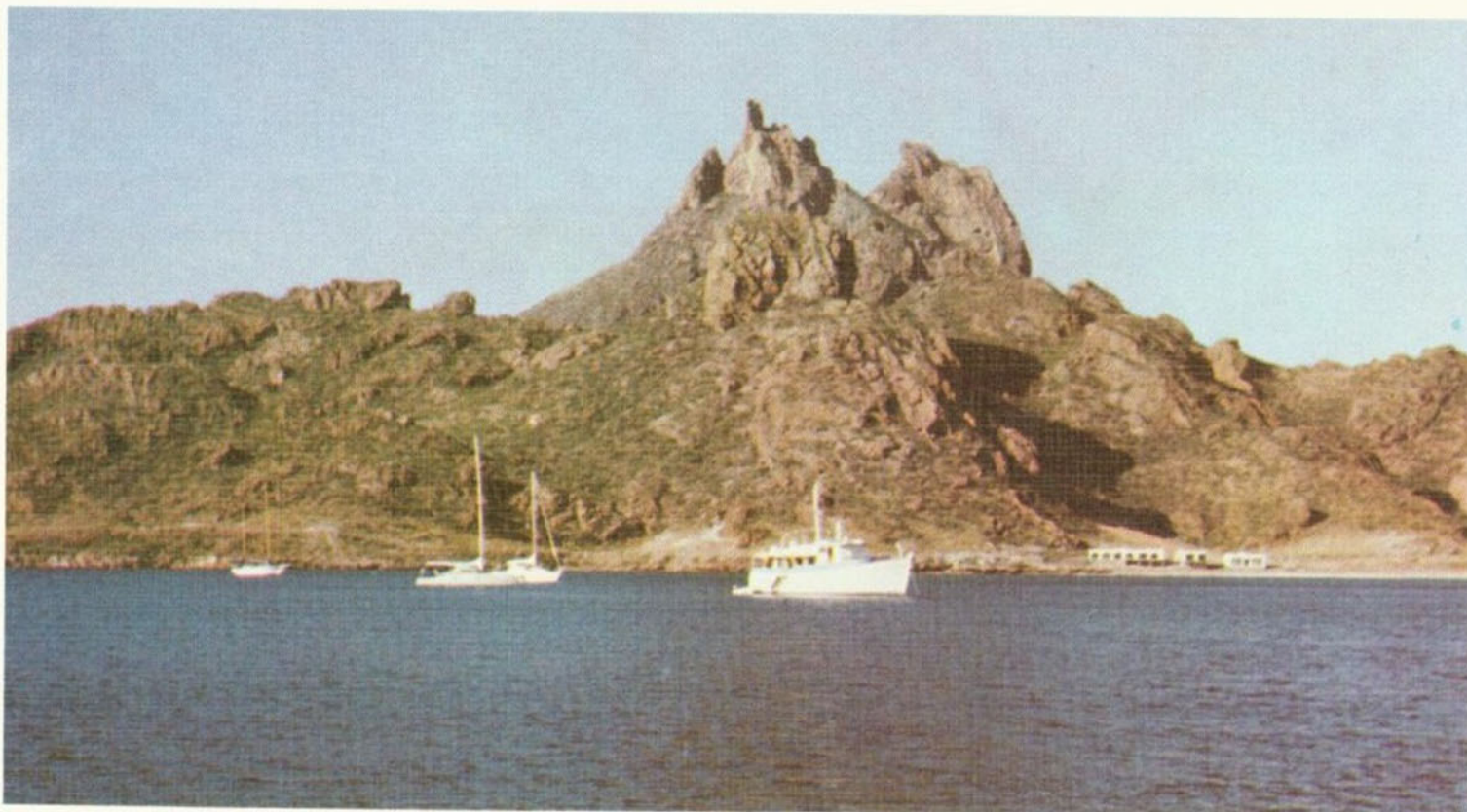
Parámetros ambientales

Batimetría. La profundidad promedio en la bahía de Guaymas es de 7 m.

Tipo de sedimentos. La textura de los sedimentos varía desde arena fina limosa en el centro de la laguna, arena fina en las márgenes de la misma, y en las márgenes de la bahía interior y del estero de Cochore; sedimentos limo-arcillosos se encontraron en el interior del estero de El Rancho



SECRETARÍA DE MARINA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL



y arena de grano medio a grueso en la porción central y en la bocana.

Salinidad. En la dársena portuaria se presentó un valor máximo de 36%, en la porción interior un mínimo de 35.2%. En la laguna se presentó un valor máximo de 36.2% y un mínimo de 35.5%.

Temperatura. Se observó un valor máximo de 22.5°C, en la bocana y centro de la dársena y un mínimo de 16.5°C en la laguna.

Oxígeno disuelto. El valor máximo encontrado fue de 3.6 ml/l, en el centro de la dársena portuaria y el valor mínimo fue de 2.1 ml/l, en la laguna.

La parte del puerto que corresponde a la zona industrial de Guaymas y que tiene que ver con afluentes de descarga a la bahía, aparentemente muestra escasa recirculación de agua, lo que se manifiesta por quedar los desechos impregnados sobre las rocas a pocos cientos de metros de su origen. La presencia de la fábrica de harina de pescado ha ocasionado la formación de películas superficiales de aceite que, además, van acompañadas muchas veces de residuos espumosos, igualmente grasos, que al parecer saponi-

fican. En realidad estas películas alteran la capa de tensión superficial provocando la muerte de formas larvianas planctónicas (estas larvas, al llegar a un estado mayor de desarrollo, se fijan a substratos rocosos y, finalmente, ahí terminan su desarrollo hasta llegar al estado adulto). Esto se comprueba por la escasa existencia de crustáceos cirripedios vivos (sésiles) de la familia **Balanidae**, que aparecen en zonas donde el aceite llega, encontrando en su mayoría esqueletos vacíos. Como es sabido, estos crustáceos tienen larvas planctónicas que viven en la superficie del agua ascendiendo y descendiendo, de hábitos filtradores para su alimentación, así como para su respiración, viéndose fatalmente afectadas cuando se altera la tensión superficial. Con respecto a esto, en las orillas cercanas al puerto donde se ha expandido el producto oleoso, sólo existen esqueletos de estos animales. A pesar de que en su estado adulto constituyen la llamada "conchuela" o "sacabocado" y que no representan ninguna utilidad, cuanto están en estado larvario representan un eslabón de la cadena alimenticia para muchos

otros organismos que a su vez constituyen alimento para los peces.

Otros organismos que pueden considerarse como indicadores fueron los moluscos gasterópodos de las especies **Cerithium stercus-muscarum**, **Cerithidea albonodosa**, **Tegula (Cholorostoma) rugosa**, y **Nerita (Ritena) scabricostata**, que ocurren de la misma forma que los balándidos, pero con la ventaja de ser móviles, lo que les permite parcialmente huir de los contaminantes; sin embargo, en los lugares donde el agua no se renueva, estos caracoles son muy escasos comparándolos con zonas de agua que tienen buena circulación.

A la presencia del aceite de pescado en el agua, se puede agregar la existencia de manchas de petróleo expelidas por los barcos, de diversa índole, que atracan en el puerto y van desde camarones en su mayoría, hasta barcos petroleros o pequeñas embarcaciones. Además, es de esperarse una nueva alteración ambiental del agua, cerca del lugar donde se ha instalado una nueva planta termoeléctrica que, lógicamente, producirá calentamiento del agua de la bahía.

Niveles de "DDT" y sus metabolitos en el proceso industrial de la anchoveta, detectados en Ensenada, B.C.

Durante los meses de septiembre y octubre de 1973, se llevó a cabo un estudio geográfico de la región de Ensenada, por parte de la Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo, en el cual se puso especial atención al problema de contaminación en la bahía de Todos Santos, resultando de suma importancia los valores obtenidos en la industrialización de productos pesqueros.

La determinación de los niveles de concentración del p,p'DDT y sus metabolitos, en diversas etapas del proceso industrial de anchoveta (**Engraulis mordax**), desde la materia prima, hasta los productos finales, fue necesario cuantificarlos debido a que un gran volumen de este producto es utilizado directamente como alimento humano y como complemento alimenticio para forrajes.

RESULTADOS

Se efectuaron un total de 31 análisis distribuidos de la siguiente manera: 5 por cada una de las etapas de recepción, desviscerado, precocido, preparado, esterilizado y producto final, al igual que en la harina elaborada; 3 del acei-

te antes de ser añadido a la lata, y 3 más en el encontrado en el producto final.

En todas las muestras analizadas se encontraron los metabolitos: o,p DDE, p,p'DDE, p,p'DDD y p,p'DDT en concentraciones significativas.

En la etapa de recepción se obtuvo un valor promedio de DDT de 0.70 ppm en un rango de 0.75 a 0.84 ppm, de los metabolitos el valor más alto (1.20) y el o,p DDE el más bajo.

En la etapa de desviscerado se obtuvo un valor promedio de DDT total de 2.28 en un rango de 1.85 a 2.70. El p,p'DDE tuvo un valor de 1.13 ppm y el o,p DDE de 0.02, siendo éstos los valores más bajos, registrados en todo el proceso.

En la etapa de precocido se obtuvo un valor de 1.37 ppm en un rango de 0.84 a 2.51. El p,p'DDE tuvo un valor de 0.54 bajo en comparación con los p,p'DDD (0.33), p,p'DDT (0.25) y o,p DDE (0.08).

En la anchoveta procesada se obtuvieron valores de 0.21 de o,p DDE, 1.30 de p,p'DDE, siendo estos los valores más altos encontrados en la anchoveta, a través de todo el proceso. Con un total de DDT de 2.83 ppm.

En el aceite antes de ser añai-



SECRETARÍA DE MARINA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL



dido a la lata, se encontraron valores mucho más altos que en la anchoveta: o,p DDE 0.30, p,p'DDD 3.77, p,p'DDD 1.62 y p,p'DDT 6.37 ppm. Con un promedio de DDT total de 12.08 ppm.

En el aceite de lata procesada se obtuvieron valores más bajos que en las muestras del aceite anterior: o,p DDE 0.28, p,p'DDE 2.79, p,p'DDE 1.83 y p,p'DDT 0.26. Con un promedio de DDT total de 5.17 ppm.

Finalmente, en la harina se obtuvieron los valores: o,p DDE 0.06, p,p'DDE 1.30, p,p'DDD 0.55 y p,p'DDT 0.50; con un promedio

de DDT total de 2.23 en un rango de 0.39 a 0.63.

DISCUSIONES

Los valores de DDT total expresados a continuación corresponden a la suma de los metabolitos encontrados en cada una de las etapas del proceso, y están dados en partes por millón (ppm).

Dada la característica de liposolubilidad del DDT, era de esperarse una disminución de su contenido a lo largo del proceso. En las muestras analizadas en la eta-

pa de desviscerado (2.28 ppm), en relación con los obtenidos en los análisis de organismos completos de la etapa de recepción (3.09 ppm), se encontró una diferencia de 1.01 ppm, la cual se supone va contenida en las cabezas y vísceras extraídas, que son enviadas a la planta de harina de pescado.

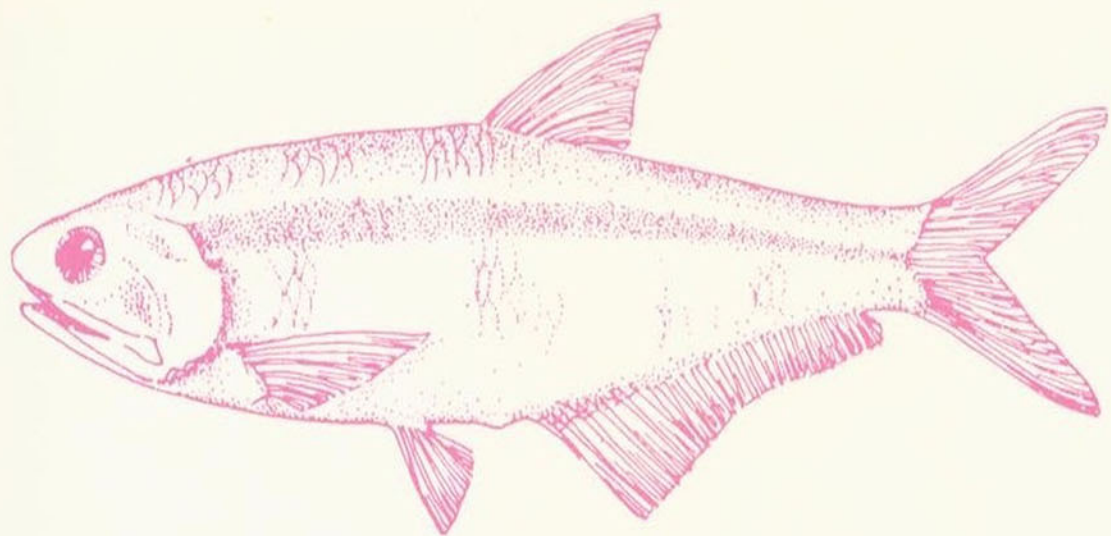
Otra baja en la concentración se registra durante el precocido debido a que, al final de dicho proceso, las latas son volteadas, derramándose los jugos y aceites que fueron exudados, encontrándose una diferencia con respecto al desviscerado de 0.91 ppm.

El aceite que se añade a la lata antes de cerrarla, presenta la más alta concentración de DDT total, la cual fue evaluada en 12.08 ppm, lo que indica que es, posiblemente, la fuente principal del DDT que se encuentra en el producto final. De acuerdo con los análisis efectuados al producto elaborado, se encontraron 2.68 ppm de DDT total en el músculo del pescado, lo cual indica un aumento de 1.26 ppm con respecto al precocido, por lo tanto, este incremento se debe al aceite vegetal que fue agregado.

En el aceite que se extrae del producto terminado se encontró el valor 5.17 ppm, lo que indica una diferencia de 7.91 ppm con respecto del aceite vegetal antes de ser añadido. Esto último indica que, parte del organoclorado en el producto final.

En los análisis que se hicieron de la harina de pescado partiendo de la anchoveta entera, se obtuvo un valor de 2.23, lo cual indica que, durante el proceso, hubo una pérdida de 0.86 ppm.

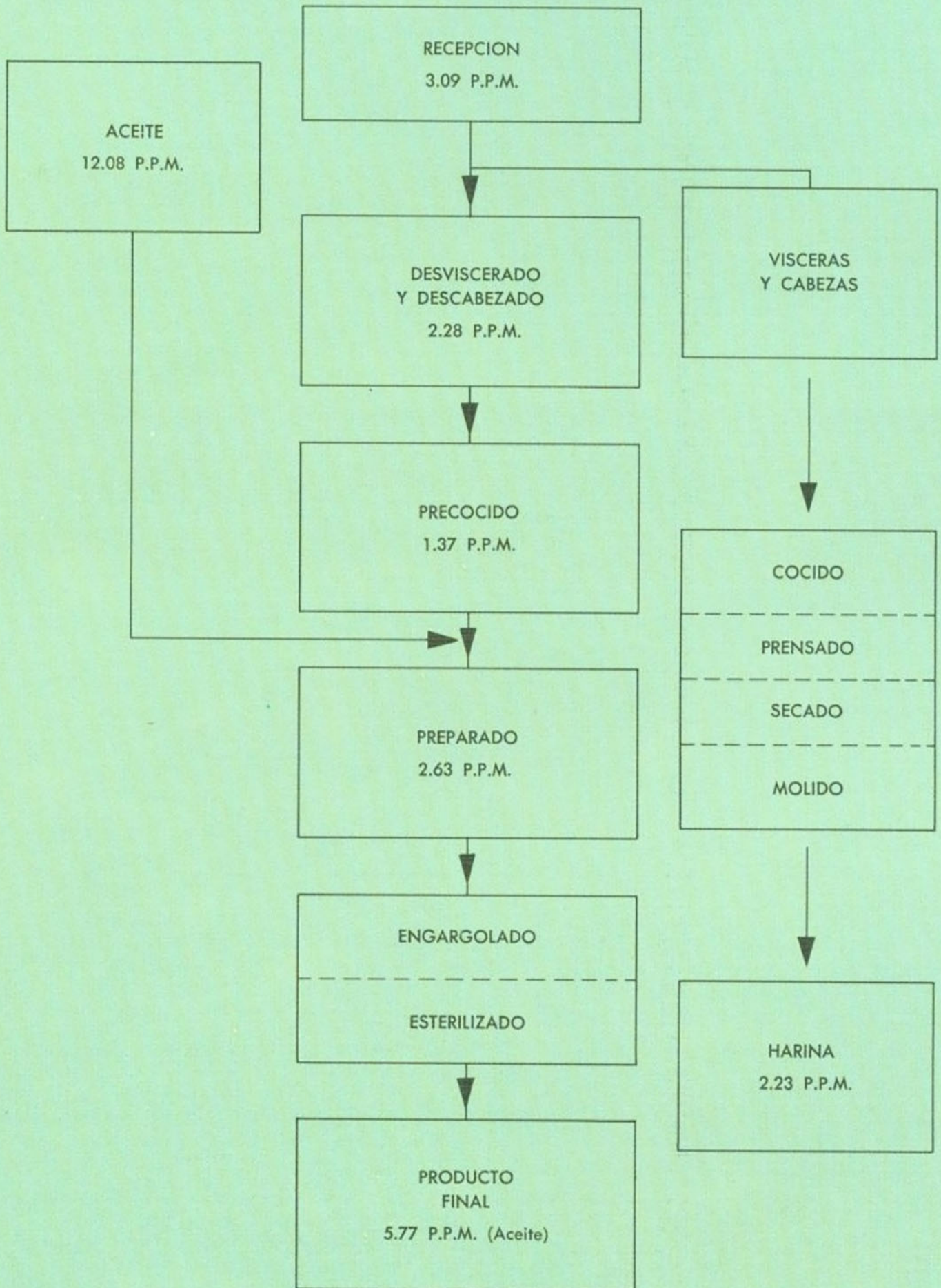
En este estudio participaron científicos de la Universidad Autónoma de Baja California, a través de la Unidad de Ciencias Marinas, dentro de un programa de estudios geográficos regionales de los puertos que realiza la Secretaría de Marina por conducto de la Dirección General de Oceanografía. Una información más amplia sobre la región, puede obtenerse en la publicación titulada "ESTUDIO GEOGRAFICO DE LA REGION DE ENSENADA. B.C."



Engraulis mordax



VALORES PROMEDIO DE DDT ENCONTRADOS A LO LARGO DEL PROCESO INDUSTRIAL DE LA ANCHOVETA (ENGRAULIO MORDAX)



Niveles de contaminantes en la bahía de Mazatlán

Los resultados obtenidos de las diferentes concentraciones de contaminantes que se presentan en la bahía de Mazatlán, Sin., se dan a continuación.

HIDROCARBUROS CLORADOS (DDT)

Las concentraciones de pesticidas organoclorados del tipo del DDT y sus metabolitos quedan expresados en las tablas 1-6. Las figuras 2-3 representan las concentraciones máximas y mínimas en las vísceras y músculo dorsal de las especies analizadas.

Las máximas y mínimas concentraciones de DDT total (4.0147 y 0.0044 ppm respectivamente) (Fig. 2) se presentan en las vísceras de un pargo (*Lutjanus argentiventris*) (Tabla 3). Una de las principales características que presenta dicho compuesto es la gran liposolubilidad (soluble en las grasas), lo que da lugar a que los tejidos grasos (vísceras) lo acumulen en mayor cantidad en

relación a los demás tejidos del cuerpo del individuo.

Al ser absorbido el DDT del medio ambiente marino por el primer eslabón de la cadena alimenticia (plancton) empieza a sufrir transformaciones en su composición química, dando lugar a la formación de sus metabolitos (DDE, DDD). Dichas transformaciones se originan la mayor parte del tiempo en los organismos superiores al ingerir dicho plancton contaminado. Dentro de las especies analizadas las concentraciones de dichos metabolitos muestran sus máximos valores al igual que el DDT en las vísceras de un pargo (*Lutjanus argentiventris*), Fig. 2; (Tabla 3), esto se debe a que dicho compuesto (DDT) es transformado en dichos tejidos, lo cual es de gran importancia para la vida del organismo, dado que dichos compuestos formados (DDE y DDD) poseen un grado de toxicidad menor a la del DDT.

La Oficina de Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (Food and Drugs



SECRETARÍA DE MARINA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL



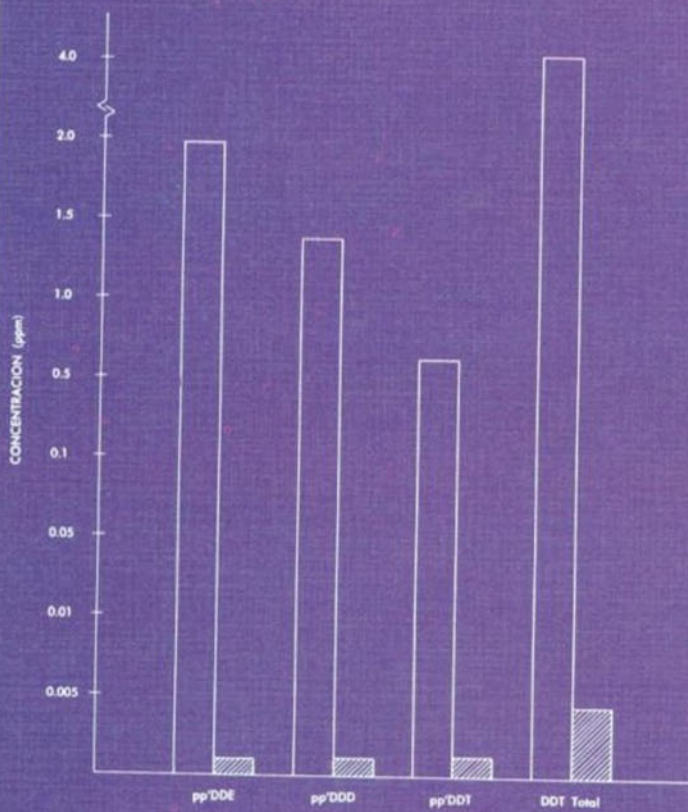


Fig. 2. Concentraciones máximas y mínimas de DDT y sus metabolitos en las vísceras de las especies analizadas.

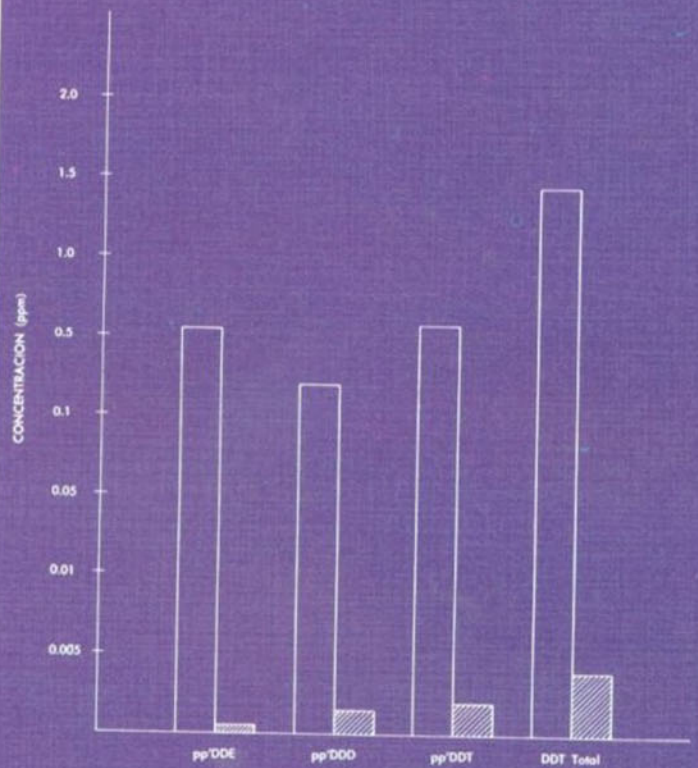


Fig. 3. Concentraciones máximas y mínimas de DDT y sus metabolitos en el músculo dorsal de las especies analizadas.

Administration), permite una concentración de 5ppm DDT en los alimentos para consumo humano. Las concentraciones encontradas en los especímenes colectados en la bahía de Mazatlán están abajo de este límite. No obstante es de suma importancia el continuar con un estudio sistemático que nos permita tener un conocimiento más amplio del problema ya que puede ser que esté aumentando. Es necesario realizar un continuo; quizá por lo menos un muestreo significativo por año.

METALES PESADOS

Las concentraciones de metales pesados encontrados en las diferentes especies analizadas se muestran en las tablas 1-10. Las tablas 1-2 reflejan las concentraciones máximas y mínimas de dichos metales en las vísceras y músculo dorsal respectivamente. Las tablas 3-10 indican las concentraciones totales en cada uno de los organismos analizados. Por

último, la Fig. 4 representa las concentraciones máximas y mínimas de dichos contaminantes.

Se puede apreciar en la Fig. 4 que las máximas concentraciones de metales pesados (24.00 ppm) corresponden al cinc, encontrándose en las vísceras de una jorjara blanca (*Gerres sp.*) así como en una monita (*Chaetodipterus zonatus*) (Tabla 1). En relación a las concentraciones en las vísceras y músculos, las máximas se encuentran en la primera. Esto en principio se puede deber a que las glándulas digestivas son uno de los principales tejidos que almacenan dichos elementos cuando las concentraciones son considerablemente altas.

El papel que desempeñan algunos de estos elementos en el medio ambiente y en los organismos es de gran importancia, sobre todo en la formación de los pigmentos respiratorios (hemocianina), de los cuales el cobre es uno de los principales formadores. Sin embargo, el exceso en las

concentraciones de dichos elementos son de efecto nocivo para la vida de los organismos. Dentro de los contaminantes mencionados, y dado su alto grado de toxicidad, uno de los que presentan mayor peligro es el mercurio, para el cual la Oficina de Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos de América ha establecido límites de tolerancia de concentraciones que no exceden de 0.5 ppm para alimentos de consumo humano. De acuerdo a esto, los niveles de concentración de dicho elemento en las especies analizadas es aceptable.

Es difícil tratar de predecir hasta qué grado los valores contaminantes encontrados en las especies analizadas están afectándolas, no obstante esto, a través de los presentes resultados se puede formular una idea de los niveles de dichos contaminantes, haciendo palpable su existencia, por lo que es necesario continuar en una forma exhaustiva los estudios, que permitirán obtener un conocimiento más amplio del problema.

NIVELES DE PESTICIDAS ORGANO-CLORADOS EN DIVERSAS ESPECIES DE LA BAHIA DE MAZATLAN, SINALOA (EXPRESADOS EN ppm DE MATERIA SECA)

Zona colectada: Estero de Uriás

Nombre común: Almeja Prieta

Nombre científico: *Encrassatella* sp.

Número de organismos: 9

Número de muestras	Tamaño (cm)	Peso (gr)	% Agua	Muestra	p,p'DDE	p,p'DDD	p,p'DDT	DDT Total
1	5.89	5.09	80.64	Individuo entero	0.008	0.046	0.005	0.059
2	4.49	3.92	85.43	Individuo entero	0.049	0.149	0.014	0.212
3	4.04	3.60	87.19	Individuo entero	0.023	0.063	0.008	0.094
4	3.88	3.56	80.87	Individuo entero	0.023	0.146		
5	3.86	3.80	81.13	Individuo entero	0.016	0.059	0.006	0.081
6	3.48	3.83	84.80	Individuo entero	0.015	0.072	0.007	0.094
7	3.46	3.13	78.94	Individuo entero	0.064	0.156		0.217
8	3.50	2.61	82.34	Individuo entero	0.094	0.286	0.002	0.382
9	3.79	2.95	81.95	Individuo entero	0.017	0.061	0.006	0.084

TABLA 1

NIVELES DE PESTICIDAS ORGANO-CLORADOS EN DIVERSAS ESPECIES DE LA BAHIA DE MAZATLAN, SINALOA (EXPRESADOS EN ppm DE MATERIA SECA)

Zona colectada: Isla de Soto

Nombre común: Monita

Nombre científico: *Chaetodipterus zonatus*

Número de organismos: 2

Número de muestras	Tamaño (cm)	Peso (gr)	% Agua	Muestra	p,p'DDE	p,p'DDD	p,p'DDT	DDT Total
1	20.50	250.33	79.42	Vísceras	0.00009	0.0010	0.0050	0.0060
			75.08	Músculo dorsal	0.0236	0.0155	0.0174	0.0565
2	19.00	198.19	78.43	Vísceras	0.00018	0.0043	0.0017	0.00618
			73.31	Músculo dorsal	0.5732	0.2761	0.5795	1.4288

TABLA 2

NIVELES DE PESTICIDAS ORGANO-CLORADOS EN DIVERSAS ESPECIES DE LA BAHIA DE MAZATLAN, SINALOA (EXPRESADOS EN ppm DE MATERIA SECA)

Zona colectada: Estero de Urias

Nombre común: Pargo

Nombre científico: *Lutjanus argentiventris*

Número de organismos: 4

Número de muestras	Tamaño (cm)	Peso (gr)	% Agua	Muestra	p,p'DDE	p,p'DDD	p,p'DDT	DDT Total
1	14.00	43.84	59.50	Vísceras	1.9482	1.6167	0.4498	4.0147
2	16.00	56.32	62.61	Vísceras	1.2051	1.1869	0.6086	3.0006
3	16.00	69.39	47.76	Vísceras	0.0008	0.0020	0.0016	0.0044
4	16.75	67.51	56.73	Vísceras	0.0992	0.1449	0.0280	0.2721

TABLA 3

NIVELES DE PESTICIDAS ORGANO-CLORADOS EN DIVERSAS ESPECIES DE LA BAHIA DE MAZATLAN, SINALOA (EXPRESADOS EN ppm DE MATERIA SECA)

Zona colectada: Isla de Soto

Nombre común: Mojarra Prieta

Nombre científico: *Anisotremus* sp.

Número de organismos: 3

Número de muestras	Tamaño (cm)	Peso (gr)	% Agua	Muestra	p,p'DDE	p,p'DDD	p,p'DDT	DDT Total
1	15.11	70.90	77.41	Visceras	0.3195	0.0078	0.0342	0.3615
			76.42	Músculo dorsal	0.0956	0.0060	0.0148	0.1164
2	18.00	109.31	60.02	Visceras	0.0032	0.0558	0.0123	0.0713
			72.05	Músculo dorsal	0.2603	0.0571	0.2184	0.5358
3	19.00	138.04	76.65	Músculo dorsal	0.0493	0.0527	0.0650	0.1670

TABLA 4

NIVELES DE PESTICIDAS ORGANO-CLORADOS EN DIVERSAS ESPECIES DE LA BAHIA DE MAZATLAN, SINALOA (EXPRESADOS EN ppm DE MATERIA SECA)

Zona colectada: Estero de Urias

Nombre común: Liza

Nombre científico: *Mugil* sp.

Número de organismos: 3

Número de muestras	Tamaño (cm)	Peso (gr)	% Agua	Muestra	p,p'DDE	p,p'DDD	p,p'DDT	DDT Total
1	25.50	164.30	70.31	Visceras	0.5870	0.0500	0.2252	0.8622
			72.41	Músculo dorsal	0.0009	0.0020	0.0037	0.0066
2	26.50	178.28	64.50	Visceras	1.5064	0.1442	0.0708	1.7214
			70.35	Músculo dorsal	0.0003	0.0015	0.0022	0.0046
3	27.00	182.97	72.33	Músculo dorsal	0.0018	0.0107	0.0150	0.0275

TABLA 5

NIVELES DE PESTICIDAS ORGANO-CLORADOS EN DIVERSAS ESPECIES DE LA BAHIA DE MAZATLAN, SINALOA (EXPRESADOS EN ppm DE MATERIA SECA)

Zona colectada: Estero de Urias

Nombre común: Paletita

Nombre científico: *Centropomus* sp.

Número de organismos: 2

Número de muestras	Tamaño (cm)	Peso (gr)	% Agua	Muestra	p,p'DDE	p,p'DDD	p,p'DDT	DDT Total
1	22.75	104.45	38.88	Visceras	0.1647	0.1053	0.0668	0.3368
			71.75	Músculo dorsal	0.0673	0.0087	0.0195	0.0955
2	21.75	117.04	47.37	Visceras	0.6037	0.1634	0.0966	0.8637
				Músculo dorsal	0.2205	0.0231	0.1473	0.3909
3	21.25	101.46	67.59	Músculo dorsal	0.2205	0.0231	0.1473	0.3909

TABLA 6



SECRETARIA DE MARINA
UNIDAD DE HISTORIA
Y CULTURA NAVAL
BIBLIOTECA CENTRAL

COLABORARON EN ESTE TRABAJO:

Contralmirante I.E.

Gilberto López Lira

Ing. Geógrafo

Francisco González Martínez

Maestro en Ciencias

Virgilio Arenas

Biólogo

Roberto Pérez

Biólogo

Gabriel Berud (Barud) M.

y fue supervisado y editado por la

OFICINA DE PRENSA, DIVULGACION
Y RELACIONES PUBLICAS
DE LA SECRETARIA DE MARINA

