

2.2 Recursos costeros y de la plataforma continental y su medio ambiente

2.2.1 Explotación de los recursos de la plataforma continental

Aproximadamente el 86% de la producción acuática total del mundo de peces de escama e invertebrados, que la FAO estimaba en 98,3 millones de toneladas en 1990, provenía del mar, y un 95% de estas capturas marinas correspondían a las zonas económicas exclusivas (FAO, 1994c, 1995c, e). En las zonas tropicales, la mayor parte de las capturas marinas se hacen en la plataforma continental cercana al litoral (ICLARM, 1992). Se estima que la producción máxima obtenible por pesquerías de capturas de especies tradicionales es del orden de 100 millones de toneladas (FAO, 1993b; 1994b) pero según estudios recientes es evidente que sólo será posible sostener ese nivel de producción en el mejor de los casos con una ordenación apropiada para evitar graves consecuencias en los recursos convencionales y en su entorno biótico y ecosistemas costeros (Pauly y Christensen, 1995). Desde luego, el mantenimiento de un suministro alimentario marino a niveles recientes exige estrategias para un desarrollo sostenible de las pesquerías (p. ej., véase FAO, 1991d)

En líneas muy generales, los recursos marinos costeros pueden considerarse totalmente explotados o excesivamente aprovechados virtualmente en todas las partes, especialmente los que tienen un valor comercial elevado (camarones, bogavantes, cangrejos, grandes especies ícticas, etc.), y el principal mecanismo potencial para conseguir un **desarrollo sostenible** es a base de una ordenación mejorada de esos recursos, siendo el principal objetivo de ella el lograr una utilización sostenible al propio tiempo que se evitan los descensos de población. El “punto de referencia” clásico para una utilización sostenible era el de “rendimiento máximo sostenible” (RMS). Últimamente, el pretender un RMS como objetivo de ordenación se ha demostrado una estrategia de “alto riesgo” (p. ej., véase Larkin, 1977; Sissenwine, 1978), además de ser algo que supera los valores óptimos biológicos (Caddy y Mahon, 1995) y económicos (Clark, 1976) de seguridad.

2.2.1.1 Sistemas de afloramiento en las plataformas continentales

Vale la pena en especial señalar las amplias variaciones existentes en la abundancia de poblaciones ícticas en las zonas de afloramiento o corriente ascendente que contienen abundantísimos recursos pelágicos y contribuyen a unas capturas que van del tercio a la mitad de las mundiales (p. ej., véase Flores, 1989). La explotación excesiva de estas poblaciones con una gran variabilidad natural ha contribuido a colapsos de población, aunque, como se demuestra con la anchoa peruana (Flores, *op. cit.*) y las poblaciones de pequeños peces pelágicos de las zonas chilena, noroeste de Africa, Namibia y californiana (Kawasaki, 1983), estos recursos registran cambios amplios y muchas veces casi sincrónicos por lo que se refiere a su abundancia (Lluch Belderet *al.*, 1992) (Fig. 7), en los que los cambios climáticos a largo plazo asociados con el fenómeno del ENOA (El Niño - Oscilación Austral) (Bakun, en prensa), parece desempeñar, más bien que la sobrepesca, el papel principal (Bakun, 1993). Por lo tanto, hay que prever un alto grado

de variación natural en los planes de ordenación de los recursos pesqueros de esas zonas. El afloramiento va vinculado a regímenes eólicos locales que, a su vez, suelen estar relacionados con los cambios en gran escala de los sistemas acoplados atmósfera-océano. Los fenómenos globales dominantes a este respecto son los casos del ENOA (Bakun, 1992), la modalidad principal de cambios climáticos a breve plazo en todo el mundo (p. ej., véase Kiladis y Díaz, 1989), con escalas temporales interanuales e interdecenales importantes (Bakun y Parrish, 1980).

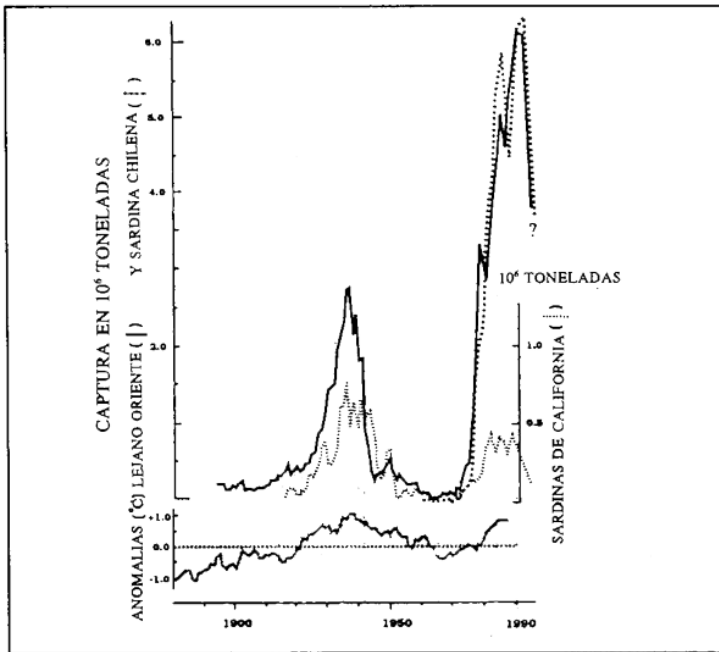


Figura 7. Tendencias de desembarques para tres pesquerías del Océano Pacífico bastante separadas de la *Sardinops* spp., que muestran un calendario aparente a través del proceso medioambiental para toda la cuenca, que se ilustran aquí junto con la anomalía de temperatura del Pacífico NORte (tomada de Sharp y McLain, 1993 con datos de Kawasaki)

La distribución geográfica de grandes fuentes de nutrientes para las pesquerías costeras aparece en la Fig. 6, con el correspondiente cuadro de Caddy y Bakun (1994).

2.2.1.2 Áreas de la plataforma continental fertilizadas por el escurrimiento de tierras y/o la mezcla de las mareas

Las zonas de plataforma continental componen una gran proporción de los sistemas pesqueros productivos: el Mar del Norte, la Bahía de Bengala y el Mar Amarillo son buenos ejemplos (Caddy y Bakun, 1994). Estos sistemas poseen unas características predominantes que determinan la fuente principal de nutrientes y por tanto su productividad. Caddy y Bakun (1994) han distinguido dos fuentes típicas de nutrientes para las redes alimentarias de la plataforma además de los afloramientos: se trata de mezclas de mareas (características, entre otras, de las plataformas del Pacífico noroeste, de Patagonia y del Mar del Norte, Mann y Lazier, 1991); y el escurrimiento procedentes de la tierra (p. ej., Mar de la China Meridional, Golfo de México y Golfo de Guinea) (Figura 8).

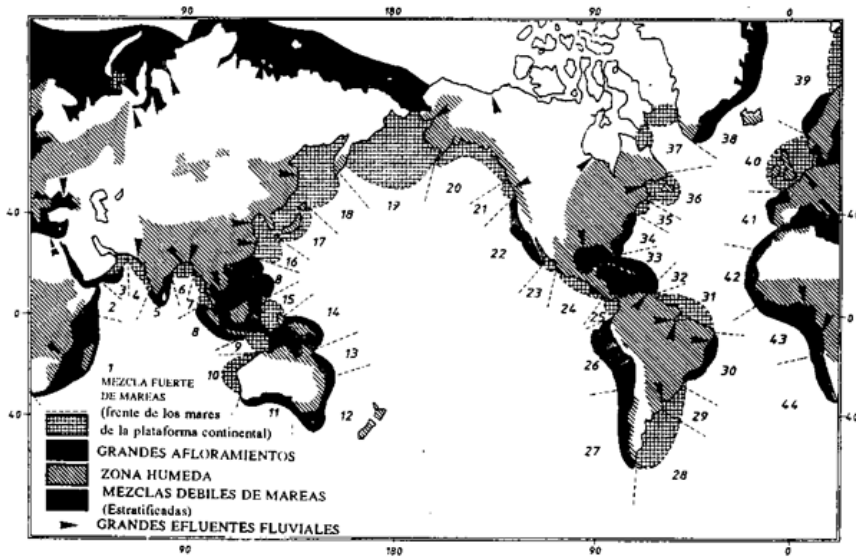


Figura 8. Mapa compuesto en que aparecen zonas de fuentes nutrientes predominantes para la producción pesquera de costas (Caddy y Bakun, 1994)

Al igual que para los mares semicerrados, las zonas de las plataformas continentales merecen especial atención a la hora de formular planes de ordenación pesquera y trazar sistemas de vigilancia del medio ambiente. En las secciones 2.1.4 *supra* y 2.2.2. *infra* se analizan con algunos detalles los problemas concretos y los beneficios potenciales de estos planes de ordenación y vigilancia.

En las plataformas continentales aparecen con frecuencia características conocidas como “frentes de mares de la plataforma”, donde la mezcla sustancial de la columna de agua por las mareas arrastra nutrientes hacia la superficie desde aguas más profundas donde se vuelven disponibles para apoyar la fotosíntesis. Estas zonas (p. ej., el Mar del Norte, el Pacífico Norte, la plataforma de la Patagonia) son característicamente zonas ricas en pesca (Caddy y Bakun, 1994).

2.2.1.3 Arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos se caracterizan por muchas especies especializadas, cada una con una preferencia alimentaria especial y/o modo de alimentación. Estas especies y hábitos han evolucionado durante largos períodos de tiempo geológico dentro de un medio ambiente muy estable y, aunque la producción biológica general de los arrecifes coralinos es sorprendentemente elevada para un medio ambiente pobre en nutrientes (Jones y Endean, 1973; ICLARM, 1992), una proporción importante de los nutrientes queda ligada a los componentes bióticos y sólo lentamente se reponen una vez que se han recogido los biotas (Jones y Endean, *op. cit.*). Lo cual contrasta con los ecosistemas menos complejos y “más recientes”, que son típicos de las zonas de afloramiento y de los mares continentales de latitudes norte, que se caracterizan por cantidades importantes de nutrientes libres durante ciertas temporadas, fluctuaciones amplias de abundancia y unidades dominadas por especies con un régimen de alimentación amplio y flexible, que son relativamente resistentes a la pesca intensiva (Ursin, 1982).

Las comunidades de arrecifes coralinos no han desarrollado la capacidad de reaccionar de forma flexible al estrés excepcional de una intensa explotación humana y unas aportaciones de nutrientes o sedimentos más que ligeras (Hughes, 1994; PNUMA/UICN, 1988; Johannes, 1975). Está demostrado que muchas de esas comunidades han quedado degradadas con carácter irreversible por las actividades humanas, modificadas sus comunidades pesqueras y sustituido el sustrato vital por sistemas mucho menos complejos basados en algas que crecen en las antiguas cabezas de corales muertos; los ecosistemas coralinos perturbados han sido atacados por depredadores como las estrellas de mar corona de espinas (PNUMA/UICN, *op. cit.*). Los problemas que supone el mantener y restablecer los arrecifes coralinos de producción tendrán que afrontarse a nivel comunitario, eliminando las influencias perjudiciales, y restableciendo en parte los derechos tradicionales de recolección (p. ej., véase Doullman, 1993; Flood, 1994) u otros medios de restringir el acceso a los arrecifes y sus recursos. Los sistemas de arrecifes coralinos son sumamente sensibles al cambio ambiental, y tal vez más que para la mayoría de los otros ecosistemas marinos (Grassle *et al.*, 1990), su biodiversidad es perjudicada por la turbidez y los nutrientes.

Además de los problemas tan reales que tienen que afrontar los recursos de arrecifes tales como los efectos negativos de la pesca excesiva, métodos inadecuados y perjudiciales de pesca, extracción de materiales de los arrecifes, entarquinamiento y escurrimiento de nutrientes, más recientemente preocupa la “decoloración” de los arrecifes someros (PNUMA/UICN, *op. cit.*). Esto puede ser indicio de un empeoramiento de sus condiciones como destrucción de la capa de ozono con la consiguiente mayor exposición a la radiación ultravioleta. Son efectos que corren el riesgo de agravarse en el caso de cambios climáticos.

Hay zonas de arrecifes coralinos primitivos que tienen grandes posibilidades recreativas en situaciones de acceso controlado por parte de los pescadores comerciales (Tilmant, 1987; GBRMPA, 1992/93; Jones, 1994)), estas posibilidades aumentan de valor a medida que son más los arrecifes que se degradan en todo el mundo como resultado de su aprovechamiento poco apropiado. Tal vez sea necesario decidir entre usos de explotación y no explotación en determinadas zonas; en éstas, tal vez haya que reducir la explotación de los recursos a niveles bajos, dado que resta apreciación visual a la singular biodiversidad de esos hábitat (PNUMA/UICN, 1988): una nueva fuente de riqueza económica con el “ecoturismo”.

2.2.2 Influencia del medio ambiente en los recursos de la plataforma continental

Ya no es posible partir de la hipótesis de que la única forma en que el hombre puede influir en la situación de los recursos de la plataforma continental es aplicando mecanismos clásicos de regulación de la pesca, al estilo de imponer límites de tallas o cupos, veda estacional de las zonas pesqueras (García y Demetropoulos, 1986), o mediante el control del esfuerzo de pesca (Caddy, 1993b, 1993c). Las actividades humanas influyen en los recursos renovables de las plataformas continentales, de forma tanto directa como indirecta, bajo otros aspectos, lo que ha sido objeto de debate en varias conferencias de la FAO en estos últimos años (p. ej., véase FAO, 1991a). En general, las aguas superficiales de los mares abiertos se caracterizan por una grave escasez de nutrientes, y la teoría de los nutrientes en el medio ambiente marino se interesa en decidir qué

elementos químicos limitan el crecimiento del fitoplancton (Gerlach, 1988). En muchas zonas de los mares del mundo, masas de agua a lo largo de la costa “abierta” pueden mantener su identidad durante largos períodos de tiempo, de suerte que puede presumirse que sus recursos son especialmente susceptibles a los “efectos terrestres” sobre todo a los debidos al escurrimiento de materiales (Caddy y Bakun, 1994). En la Figura 1 aparece una clasificación de esos hábitat sobre la base de grandes afluencias de nutrientes a las aguas costeras. Algunos ejemplos en los mares de las zonas templadas son el este del Mar del Norte, el Mar de Behring, el Golfo de San Lorenzo y la plataforma de Escocia, el Mar del Japón y la plataforma de la Patagonia (Caddy y Bakun, *op. cit.*). En los trópicos, las zonas que reciben y retienen la escorrentía de grandes ríos son las que más probablemente quedarán afectadas, como la Bahía de Bengala, el Mar de la China Meridional y el Golfo de Guinea. Estas zonas marinas están afectadas intensamente por los nutrientes y las grandes cargas de sedimentos evacuados en los mares costeros. Es lo que sucede especialmente en los ríos asiáticos con sus largas historias de desarrollo de cuencas, pero también es un proceso en constante aumento en muchos estuarios a todo lo largo del mundo (Meade, 1981). Las masas de aguas costeras que reciben las aguas de grandes ríos en zonas de mar abierto merecerían tal vez, por lo que respecta a la vigilancia medioambiental la misma atención prioritaria que los mares semicerrados (p. ej., véase Drinkwater, 1986).

Ha habido un número creciente de usos humanos de las zonas de las plataformas continentales que han de conciliarse con un desarrollo sostenible de los recursos marinos. Hasta ahora se han señalado posibles conflictos entre estos dos objetivos generales en los sectores siguientes:

1. se ha atribuido a los vertimientos de desechos químicos, fango de alcantarillado y cenizas volantes en las zonas de la plataforma continental, y a las situaciones anóxicas causadas por eutroficación, el aumento de la incidencia de enfermedades y de cánceres de piel de algunos peces de fondo del Mar del Norte (Dethlefsen, 1980);
2. la extracción de arena y grava del lecho del mar afecta a muchas especies bentónicas y perjudica a los criaderos de algunos peces (CIEM, 1992a; Campbell, 1993), y puede tener efectos especialmente negativos en las playas; sin embargo, estos efectos son limitados en el tiempo y en el espacio y pueden reducirse con una buena planificación y prestando atención a los procedimientos operativos y a una buena distribución por zonas dentro de la OIZC;
3. en el mar, las torres de extracción de petróleo y gas y sus oleoductos pueden provocar pérdidas de equipos de pesca en los arrastreros, pero también pueden actuar de refugios para los peces de fondo que son objeto de pesca intensiva (p. ej., véase Dugas *et al.*, 1979; Reggio, 1987).

En general, estos efectos, con la posible excepción de los accidentes locales de derrames abundantes de petróleo, suelen preocupar menos, y repercuten menos en los sistemas marinos que otros efectos derivados de actividades humanas en la tierra. Como ya se ha indicado antes, los efectos más graves se registran en las aguas cercanas a la costa y en los mares semicerrados. Para cualquier evacuación de efluentes en el mar debe tenerse en cuenta las condiciones existentes en el punto de evacuación el régimen de corrientes y la zonación según utilización de las áreas

afectadas. Los efectos negativos del desarrollo costero en el medio ambiente marino se extienden ahora a muchos países en desarrollo de las zonas tropicales (Linden, 1990).

Como cuestión de prioridad, hay que incorporar a los regímenes eficaces de ordenación las pesquerías y los recursos de las zonas costeras y hábitat acuáticos que todavía no están degradados. Para conseguir un **desarrollo sostenible**, la rehabilitación de los recursos es una forma más costosa que una intervención a tiempo. Los parques marinos de las costas o las zonas protegidas (p. ej., véase Dixon y Sherman, 1990) pueden contribuir a ingresos por el aprovechamiento no explotable de los recursos, así como para conservar componentes importantes de las poblaciones (p. ej., para el desove). En general, las mejoras económicas en la fijación de posiciones (tanto de las ubicaciones como de los buques de pesca), y en particular de los sistemas de navegación por satélite, prometen convertir las zonaciones y el cierre de áreas por temporada, en unos sistemas de ordenación mucho más eficaces que lo que antes ocurría, incluso en aguas costeras.

2.3 Recursos y medio ambiente de mares cerrados y semicerrados

2.3.1 Clasificación de los mares semicerrados

Los mares cerrados y semicerrados, y en algunos casos, los archipiélagos, se reconocen como zonas de especial valor para la humanidad a causa del favorable entorno que proporcionan para la vida humana a lo largo de sus litorales y para los recursos renovables y la fauna singular y los hábitat que contienen. Son también, real y virtualmente, las masas de aguas marinas más expuestas a las influencias humanas y participan de algunos de los aspectos de los grandes estuarios, con limitadas características de lavado y mayor susceptibilidad a los efectos de las actividades terrestres.

Se han propuesto varios criterios para decidir si una masa de agua marina geográficamente distinta constituye un mar semicerrado; Alexander (1973) propone una superficie de al menos 50 000 km², de la cual al menos el 50% de la circunferencia consiste en línea de costa y no más del 20% en la conexión con el mar exterior. La definición que se da en el Artículo 122 de la Convención de las Naciones sobre el Derecho del Mar es geográficamente menos concreta: “un golfo, cuenca marítima o mar rodeado por dos o más Estados y comunicado con otro mar o el océano por una salida estrecha, o compuesto entera o fundamentalmente de los mares territoriales y las Zonas Económicas Exclusivas de dos o más Estados ribereños”.

Esta definición incorpora varias ideas básicas:

1. el efecto potencial de la tierra en el sistema marino;
2. la intervención directa de dos o más Estados;
3. una conexión con otro mar u océano a través de un estrecho;
4. la división del área marítima en zonas territoriales y/o Zonas Económicas Exclusivas, en teoría al menos.

Hay por lo menos otras dos categorías de mares semicerrados: los que comprenden áreas fuera de los mares territoriales donde no se han hecho reclamaciones de ZEE (p. ej., el Mediterráneo) o donde hay conflictos y éstos no se han resuelto (p. ej., el Mar Amarillo, el Mar de la China Meridional).

En la definición que se da en la Convención quedan excluidos los mares que son totalmente nacionales, como el Mar de Beaufort, el Mar de Mármara, el Mar de la Isla de Seto, aun cuando, como para los mares y estrechos de los archipiélagos en general, se reconoce y acepta internacionalmente el tránsito ilimitado de los recursos marinos de una jurisdicción a otra a través de esas aguas totalmente nacionales. Esto impone una obligación especial a los respectivos Estados en cuanto a la conservación de los recursos migratorios internacionales mientras atraviesan sus estrechos y mares nacionales.

Al estudiar la clasificación de los mares semiencerrados tal vez convenga emplear otros factores climáticos y sociales. Así por ejemplo, Smith y Vallega (1990) se refieren a mares “centrales”, como el Mar del Norte, el Mar Mediterráneo, el Mar Amarillo, etc., la mayor parte de ellos en zonas templadas, a lo largo de cuyos litorales grandes masas humanas de población aumentan el riesgo de efectos perjudiciales para el medio ambiente y en los recursos, pero donde hasta hace muy poco, se ha observado un cierto grado de resistencia a los efectos de las actividades humanas.

Existe otra categoría de mares semicerrados que comprende mares fríos (p. ej., la Bahía de Hudson, el Mar de Okhotsk y todo el Océano Ártico) y mares tropicales (p. ej., la Laguna del Arrecife de la Gran Barrera), donde los sistemas biológicos son de por sí menos fuertes a la influencia de las actividades humanas, cuyos efectos empiezan ya a sentirse.

2.3.2 Repercusiones de las actividades humanas

Las pesquerías de los mares cerrados y semicerrados ofrecen la primera base para evaluar los efectos de las actividades humanas en los ecosistemas marinos en su conjunto. Ketchum (1983) ha descrito algunas de las características clave de algunos de los mares semicerrados. La susceptibilidad de estos mares a las actividades humanas pueden resumirse bajo cuatro epígrafes (tomados de Caddy, 1993a):

1. el volumen de aportaciones fluviales, atmosféricas y ribereñas (escurrimiento terrestre directo) en relación con el índice de descarga en el mar y la zona de captación y su pluviosidad en función de la extensión del mar semicerrado;
2. el grado en que los fondos o las cuencas modifican el intercambio de agua con el mar y dentro del propio mar semicerrado;
3. la latitud, profundidad y, por lo tanto, en grado notable, la temperatura y la estratificación de la masa de agua;
4. el tamaño de las poblaciones humanas que residen a lo largo del litoral y dentro de la cuenca, el nivel de las actividades humanas y las prácticas de aprovechamiento de la tierra.

Pueden surgir complicaciones hidrológicas según que la descarga sea irregular, como en el Báltico (Rosemarin, 1990; Anon., 1990), o periódica como pueden sugerir los largos ciclos de productividad, p. ej., en el Mar Adriático (Regner y Gacic, 1974) y en la Bahía de Fundy (Caddy, 1979).

Los mares semicerrados con estrechos angostos que los unen pueden mostrar un gradiente de características: en los mares tropicales y subtropicales, la transición puede ser progresiva, yendo de aguas totalmente marinas, cercanas a la entrada, a aguas más salinas dentro del propio mar

semicerrado, que actúa de vaso de evaporación (p. ej., Mar Mediterráneo, Golfo Pérsico); en mares templados—fríos, la transición puede ir de características totalmente marinas, en la entrada, aguas casi dulces en su interior (p. ej., el sistema del Mar de Mármara—Mar Negro—Mar de Azov y el sistema del Kattegat—Mar Báltico—Golfo de Bothnia). Incluso en mares ribereños muy abiertos como el Mar del Norte pueden darse ejemplos de transiciones ecológicas análogas (p. ej. véase Daan, 1989; DANA, 1989).

En el caso de sistemas totalmente cerrados, como el Mar Caspio y el Mar Aral (Williams y Aladin, 1991), los cambios del nivel de agua han sido producto de la desviación o empleo excesivo de los ríos que desembocan en ellos. Existe un problema cada vez más acuciante a nivel mundial, al aumentar el aprovechamiento del agua para actividades humanas en tierra, que van acompañadas muchas veces del aumento del escurrimiento de nutrientes y otros materiales en el caudal restante. Esto ha modificado la naturaleza de sistemas acuáticos marinos en general y de sistemas de los estuarios en particular. Los efectos de la evacuación de aguas de uso doméstico en la diversidad de especies pueden ser positivos o negativos en función del volumen de efluentes que se descargan a diario (Reish, 1980) y de la capacidad asimiladora de la cuenca receptora, aunque raras veces son positivos en las especies anádromas.

La tasa de intercambio con el mar es bajísima en el Mar Negro, el Báltico, el Mediterráneo, el Mar Rojo y el Golfo Pérsico. Es mucho más alta en el Golfo de Tailandia, el Mar Amarillo, el Mar del Norte, el Caribe, el Mar del Japón y el Mar de la China Meridional, pero cada día se acumulan más pruebas de que la retención de masas de aguas contaminada cerca de la costa puede dar lugar a grandes repercusiones de un desarrollo incontrolado aún en sistemas más “abiertos” como los del Mar del Norte (Boddeke y Hagel, 1991); el Adriático (Degobbis, 1989), y el Mediterráneo en general (PNUMA/Unesco/FAO, 1988).

Gran parte de los materiales evacuados en los mares “testigo”, como el Báltico y el Mar Negro provienen de la agricultura, sobre todo de una administración excesiva de fertilizantes, y de una cría intensiva de ganado (Barg y Wijkstrom, 1994; Fan Zhijie y Cote, 1991). El fósforo presente en las escorrentías acaba en parte depositándose en sedimentos, pero puede liberarse en la columna de agua sobre todo en situaciones anóxicas (p. ej. véase Abe y Pekpiroon, 1991). El escurrimiento de residuos ricos en nutrientes depende de la acción humana, lo que a su vez repercute en la producción fluvial de pescado (Ward y Stanford, 1989; Welcomme, en prensa). La escorrentía fluvial puede impulsar la producción primaria en aguas por lo demás pobres en nutrientes (p.ej., véase Edwards y Pullin, 1990; Caddy 1990). Esta evacuación de nutrientes, si es moderada y se puede excluir su contaminación por desechos tóxicos, puede potenciar la producción biológica en algunos recursos pesqueros (Boddeke y Hagel, 1991; Caddy, 1993a). Sin embargo, el enriquecimiento con nutrientes en las proximidades de la costa y el desequilibrio de elementos nutritivos dan lugar también a unas floraciones fitoplanctónicas extraordinarias y densas que, al descomponerse, influyen en las especies bénticas y demersales y producen situaciones poco estéticas cerca de los puntos de desembocadura, perjudicando así a actividades del litoral como el turismo; el Mar Adriático (un “subsistema” semicerrado del Mediterráneo) sirve de buen ejemplo (Vollenweider *et al.*, 1992).

La concentración de producción fitoplanctónica en algunas zonas marinas puede fácilmente detectarse desde el espacio por los pigmentos clorofílicos que contienen (p. ej. véase NSF/NASA, 1989); esto ha servido para confeccionar un atlas mundial, en el que se destaca la importancia predominante de las áreas próximas a la costa para la producción de alimentos marinos.

A la elevada producción de algas microscópicas en las aguas costeras del Mar del Norte se le ha achacado incluso la generación de lluvia ácida por la oxidación del dimetilsulfuro (DMS) en óxidos sulfúricos; el DMS es un gas que despiden las plantas marinas nutricadas (Holligan y Kirst, 1989).

El enriquecimiento con nutrientes se viene reconociendo desde hace tiempo una medida importante en los ecosistemas de agua dulce. Su importancia en el entorno marino se está reconociendo más recientemente (p. ej. véase Brockmann *et al.*, 1988); y la necesidad de la ordenación ecológica de los mares ribereños cerrados es cada vez más evidente y urgente (Goda *et al.*, 1991). Pueden distinguirse varios grados de eutroficación, a los que pueden aplicarse los siguientes descriptores (adaptado de Caddy, 1993a);

1. **Oligotróficos:** caracterizados por una escasa biomasa, una baja disponibilidad de nutrientes, oligoelementos metálicos y/o factores de crecimiento. El Sur y Este del Mediterráneo, así como muchos mares semicerrados en su estado primitivo, y el Mar de los Sargazos, constituyen (o constituían) ejemplos de masas de agua oligotróficas.
2. **Mesotróficos:** sistemas de riqueza moderada con un ecosistema pelágico bien desarrollado, dominado por una biomasa residente de pequeños peces pelágicos y un ecosistema béntico oxigenado que contribuye considerablemente a la producción pesquera. Ejemplos típicos son las cuencas de captación marina alimentadas por ríos, como los mares del Norte y el Amarillo.
3. **Eutrófico:** producción primaria muy elevada debido a las elevadas concentraciones de nutrientes, con una gran "lluvia" detrital que permite que las bacterias heterotróficas y los flagelados vayan a parar a zonas estacionales o permanentemente anóxicas por lo que se refiere a las aguas y los sedimentos de los fondos, con las correspondientes consecuencias desfavorables en las tramas alimentarias bénticas y demersales y una gran producción fija de pequeños peces pelágicos y zooplánctivos apoyados por altas densidades de herbívoros planctónicos. Algunas zonas costeras se vuelven eutróficas a causa de las elevadas concentraciones de nutrientes resultantes de actividades humanas, cosa que, en menor grado, se da naturalmente en las zonas de afloramiento. Como ejemplos tenemos los mares Negro y de Azov en los años cuarenta a sesenta, y el alto Adriático.
4. **Distrófico:** cambios químicos importantes debidos a un excesivo aporte de nutrientes, con casi unos niveles de oxígeno casi permanentemente bajos o anóxicos que dan lugar a la eliminación de la mayoría de las poblaciones icticas bénticas y demersales explotables. El mejor ejemplo lo constituye actualmente el noroeste del Mar Negro.

La experiencia que se tiene del Mediterráneo, Mar de la Isla de Seto y Mar Negro dan a entender que, si bien con un enriquecimiento moderado de sistemas marinos originalmente limitados en nutrientes pueden favorecer la producción e incluso el cultivo en suspensión de algunas especies bivalvas y una mayor producción de pequeños peces pelágicos de bajo valor económico, lo hacen

a costa de peces y crustáceos a menudo más valiosos que algunas especies bivalvas y una mayor producción de pequeños peces pelágicos de escaso valor económico, lo hacen a costa de peces y crustáceos muchas veces más valiosos que habitan el fondo de los mares. El aumento de nutrientes en la escorrentía de agua dulce que va a parar a mares semicerrados puede también acelerar el crecimiento del fitoplancton hasta extremos que perjudican la vegetación acuática reduciendo la penetración de la luz, sobre todo cuando va acompañado de una gran carga de sedimentos en suspensión. Por el contrario, la reducción del escurrimiento de nutrientes (como en el caso del Río Nilo después de la construcción de la Presa de Aswan) puede dar lugar a un descenso en las capturas de peces marinos (Wahby y Bishara, 1981).

Como se ha señalado, la evacuación incontrolada de desechos dan lugar a la eutroficación, al agotamiento subsiguiente del oxígeno y a situaciones anóxicas estacionales (como en el alto Adriático) o semipermanentes en aguas más profundas (p. ej., en el Mar Báltico (Hansson, 1985; Hansson, y Rudstam, 1990; Wulff *et al.*, 1990). Las condiciones anóxicas también se han desplazado hacia arriba en las áreas continentales del Mar Negro (Mee, 1992; Sorokin, 1983, 1993; Zaitser, 1993), extendiendo así las condiciones naturalmente anóxicas que predominan en las aguas del fondo de esta masa acuática, con las consecuencias catastróficas para los peces bentónicos y demersales que ello comporta. Cabe la posibilidad de que desaparezcan los macroinvertebrados de larga vida, reptantes y que se entierran, y pueden volverse abundantes las especies de vida corta que se adaptan a concentraciones de oxígeno ambientales muy bajos. Existe una adaptación del ecosistema a los límites biológicos impuestos por el medio ambiente, pero los nuevos componentes de este ecosistema, incrementados por la introducción accidental o la inmigración de especies exóticas (mejor adaptadas que las especies indígenas al medio ambiente nuevo) son raras veces de interés para la explotación humana.

Las floraciones de especies de fitoplancton tóxicas que resultan de la evacuación de nutrientes y otros compuestos en el mar pueden repercutir en la maricultura y pesquerías (CIEM, 1992b; Richardson, 1989), que requieren la prohibición temporal de la venta de los productos ícticos afectados. Las aguas negras no tratadas pueden dar lugar al riesgo de contaminación viral de los mariscos y a las consiguientes enfermedades en los seres humanos. La degradación medioambiental puede fomentar el brote de enfermedades infecciosas (Snieszko, 1974), y puede también repercutir en la salud de los peces de las áreas contaminadas (p. ej., véase Dethlefsen, 1980; Møllergaard y Nielsen, 1990) y provocar enfermedad en los peces. Obsérvese que, incluso con un tratamiento primario, el efecto de los nutrientes provenientes de la eliminación de aguas cloacales sigue en gran parte inalterado; la superfertilización consiguiente puede provocar las incrustaciones y atascamiento de redes y jaulas utilizadas en acuicultura (Barg, 1992).

La acuicultura intensiva constituye de por sí una fuente de fertilización excesiva de los mares semicerrados que tienen un cambio limitado de agua con el mar abierto, aunque su situación protegida y la facilidad de acceso los convierte inicialmente en interesantes para la práctica de la acuicultura. Ya es factible poder fijar criterios para las cargas biológicas de los fiordos, bahías y lagunas como resultado del cultivo de peces en jaulas, pero sigue siendo muy difícil definir cuál es

el nivel “favorable” de enriquecimiento acuático, desde el punto de vista del recurso pesquero silvestre.

Hace falta un enfoque comparativo para describir los cambios que se dan en esos ecosistemas. Las características principales de los mares semicerrados (y aún más en mares cerrados como el Caspio y el Aral) muestran un estrecho paralelismo con los sistemas de agua dulce sometidos a tensiones ambientales, sobre todo como los ya tan estudiados de los Grandes Lagos de América del Norte (Regier, 1973; Regier y Henderson, 1973; Regier, 1979; Rapport *et al.*, 1985). Los tiempos de purga o lavado pueden ser largos: p. ej., para el Mediterráneo en su conjunto se ha calculado un período de unos 80 años. En esos entornos, los nutrientes y los materiales tóxicos pueden acumularse rápidamente. Los efectos del enriquecimiento con nutrientes y de la pesca excesiva en los Grandes Lagos de América del Norte, además de ser sinérgicos, se asemejan bajo muchos aspectos a los de los mares semicerrados (Regier *et al.*, 1988). Existe un descenso en la diversidad del ecosistema, un predominio progresivo del sistema productivo por especies de vida corta, sobre todo pelágicas, y por especies exóticas o introducidas (Regier, 1973, 1979). La separación de estos dos tipos de efectos de las actividades humanas en los mares insulares y semicerrados se ha vuelto especialmente difícil por el incremento simultáneo de la pesca industrial y los efectos del crecimiento demográfico, la industrialización y la agroindustria, sobre todo a partir de la segunda guerra mundial.

En el reclutamiento, la mortalidad y el crecimiento de una población íctica influyen los efectos de otros usuarios del hábitat acuático y su superficie de captación; estos efectos arrancan potencialmente de todas las actividades económicas aguas arriba, como industria y agricultura, y también de la propia pesca. Una de las limitaciones principales para una acción eficaz es la relativa a la dispersión de responsabilidad entre tantas instituciones nacionales e internacionales que tienen competencia en diversos aspectos relativos a los recursos y al medio ambiente.

2.3.3 Posibilidades y limitaciones para el desarrollo sostenible

Para varios mares semicerrados se han creado ya órganos intergubernamentales. La Comisión de Helsinki y la Comisión de Pesca del Mar Báltico se ocupan, respectivamente, del medio ambiente y de las pesquerías del Báltico; asimismo, el Plan de Acción del Mediterráneo, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Consejo General de Pesca de la FAO para el Mediterráneo se interesan por este mar semicerrado. Es esencial que mejore la colaboración entre estos órganos.

En el desarrollo de las pesquerías de los mares semicerrados se ha asistido a varios cambios radicales en la ecología de esas masas de agua, imputables no sólo a los efectos de la pesca sino también, y tal vez con carácter independiente, a las consecuencias de la evacuación de desechos que derivan de las actividades humanas, sean tóxicos, nutritivos o con otros efectos, en el medio ambiente marino.

Pueden observarse dos procesos en gran parte simultáneos y sinérgicos:

1. La reducción en el número de depredadores apicales (sobre todo focas y pequeños cetáceos, como en los mares Báltico, Mediterráneo y Negro), y en el número de grandes

peces depredadores (como el atún común en el Mediterráneo, y el rodaballo, bonito y pomatomo en el Mar Negro (Ivanov y Beverton, 1985; Caddy y Griffiths, 1990). Algunos de estos efectos, no todos, pueden atribuirse a la pesca excesiva. Las reducciones en el tamaño de la población de depredadores puede en algunos casos haber contribuido a aumentos en las especies de presa. En algunas zonas en que se faena intensamente, como en el Mar del Norte, la pesca se ha ido orientando progresivamente a especies inferiores de la cadena alimentaria marina, con mayores capturas de especies pequeñas y de corta vida, menos valiosas (p. ej. véase Pope y Knights, 1982; Daan, 1989).

2. El aumento de la evacuación de materiales orgánicos y nutrientes ha repercutido en los sistemas biológicos que sirven de apoyo a las pesquerías, y también han dado lugar sobre todo a aumentos de la producción planctónica, incrementando así los alimentos a disposición de mayores componentes de la trama alimentaria.

Cabe distinguir dos tipos de efectos que se corresponden con estos procesos:

1. Efectos descendentes: La eliminación del control de los depredadores puede dar lugar a aumentos en la abundancia de las especies ícticas de presa y otros organismos. Esto raras veces tiene gran importancia para las pesquerías, porque pueden aparecer otros depredadores y las mayores especies depredadoras perdidas tienen por lo general un valor superior. Como en los Grandes Lagos (p. ej., véase Northcote, 1980), la gran abundancia de peces que se alimentan de plancton puede dar lugar a reducciones en el zooplancton y aumentos en el fitoplancton, con pérdida de la claridad del agua y efectos perjudiciales en la vegetación del fondo, esencial para muchas especies demersales.
2. Efectos ascendentes: Estos dan lugar a un aumento de las floraciones de fitoplancton como resultado del enriquecimiento; estas floraciones de fitoplancton suelen ser de especies diferentes a las que se encuentran en aguas sin enriquecer. Pueden afectar a la vegetación marina al reducir la penetración de la luz y, al descomponerse, dan lugar a anoxia estacional y a veces permanente de las aguas del fondo y de la plataforma continental. Tras un aumento inicial de la producción cuando los efectos son escasos, puede provocar la reducción de peces bentónicos, crustáceos y moluscos y de peces demersales. En la trama alimentaria pelágica, las especies de zooplancton, a menudo atípicas del entorno no enriquecido, aumentan en abundancia. Al principio, sirven de apoyo al desarrollo de poblaciones de pequeños peces pelágicos, pero también de otros depredadores pelágicos que no tienen valor comercial alguno, como las medusas y los estenóforos (Mar Negro). Las condiciones adecuadas para la producción de las primeras pueden estar relacionadas con las irrupciones de agua salada en estuarios someros fértiles, como los que llevan al Mar de Azov (Volovik *et al.*, 1993): estas irrupciones responden a su vez a unas retiradas excesivas de agua dulce para la agricultura y la industria. Los depredadores invertebrados, como las medusas y, más recientemente, los estenóforos, se alimentan de las larvas de los peces y, se junta todo ello a una pesca industrial intensiva de poblaciones ícticas puede ser la causa de colapsos de las poblaciones de anchoa en el Mar de Azov (Avedikova *et al.*, 1982; Zaitsev, 1993) y en el Mar Negro (Caddy y Griffiths, 1990), y últimamente también en el Mar de Mármara (CGPM, 1993; Shiganova *et al.*, 1993).

Cabe señalar de paso que se ha descrito un mecanismo “modal mixto” es decir, unas tramas alimentarias “wasp-waisted” (Rice, en prensa). Estas tramas diríanse características de algunas tramas alimentarias de escasa diversidad y alta productividad en áreas de afloramiento, donde las fluctuaciones en la gran biomasa de pequeños peces pelágicos como la anchoa y la sardinela influyen mucho en sus depredadores (de abajo a arriba) y en sus presas (de arriba a abajo). Estas fluctuaciones que entrañan cambios en el predominio de las especies se daban en esos sistemas incluso antes de su explotación por el hombre (Holmgren-Urba y Baumgartner, 1993).

Ha aumentado mucho la introducción por el hombre de especies exóticas en un entorno marino concreto, a propósito o accidentalmente; los cambios habidos en el medio ambiente han favorecido ese proceso y han sido su consecuencia (Carlton, 1989; Carlton y Yeller, 1993). El establecimiento de especies exóticas introducidas como plagas y parásitos por una acuicultura poco cuidadosa, mediante el bombeo de tanques de lastre de transporte marítimo o a través de canales artificiales, ha modificado la fauna de muchos mares semicerrados y cerrados. La introducción de organismos patogénicos ha perjudicado a menudo también las especies indígenas e introducidas, especialmente en la maricultura. El marco de estas cuestiones se aborda en el Artículo 196 de la Convención de las Naciones Unidas de 1982 sobre el Derecho del Mar.

Por lo que respecta a la introducción de organismos extraños, la FAO ha colaborado con el CIEM para preparar un “Código de prácticas para el estudio de las transferencias e introducciones de organismos marinos y de aguas dulces” (CIEM, 1995). La Organización Marítima Internacional (OMI), en cooperación con el CIEM, prepara también directrices para reducir al mínimo la posibilidad de transmisión de organismos nocivos en el agua del lastre de los barcos.