

La capacidad de producción de los océanos

Por RAMON MARGALEF

Ya no se habla tanto, con entonación retórica, de los recursos ilimitados del mar, pero se sigue especulando con mayor motivación práctica sobre las posibilidades de incrementar la extracción de proteínas alimenticias de los océanos. Hoy día estos problemas reflejan una mayor preocupación política por diversas razones, aparte de las intrínsecamente ligadas a las necesidades de la humanidad. Por una parte, se avanza lenta, pero inexorablemente, hacia una legislación internacional de los océanos que, según la forma que tome, podrá tener resultados favorables o adversos. De otra, la transferencia de conocimientos entre los que los poseen y los que los necesitan, no es ni automática ni fácil, incluso con la mejor voluntad. Es posible que para el hombre de la calle la ecología, el estudio global de la naturaleza y de cómo funciona, no sirva más que para formular siniestras profecías; sin embargo, la ecología posee ya unas nociones muy claras que pueden servir de marco para debatir algunos problemas que plantea la explotación de los mares.

La capacidad de producción de los mares, en forma de peces y otros animales comestibles, es sólo una fracción pequeña de la producción marina a nivel de los vegetales. Conocer la producción marina vegetal es, pues, un dato importante. Aunque las algas de la costa son de gran tamaño, y algunas de ellas crecen con mucha rapidez, su contribución a la producción primaria marina es muy pequeña. La base de la producción marina es el plancton, es decir, los pequeños organismos suspen-

didados en el agua y no sujetos a las rocas ni al fondo; entre ellos hay gran número de plantas microscópicas que forman como una pradera pulverizada y suspendida en las aguas. Pero quizá es más justo comparar al mar con un desierto que con un prado. A pesar de que la superficie de los océanos es como unas tres veces la superficie de los continentes, la producción de plantas por los océanos es aproximadamente semejante a la producción de plantas por la superficie de los continentes, de manera que, por término medio, una unidad de superficie oceánica produce como un tercio solamente de una unidad de superficie terrestre. Lo mismo que en tierra, la capacidad de producción marina varía de un lugar a otro; así las áreas del centro de los grandes océanos (exceptuando la faja del Ecuador) y el Mediterráneo, producen muy poco, son perfectamente comparables a desiertos o a garrigas pobres y su producción se evalúa en unos 50 gramos de carbono orgánico asimilado por metro cuadrado y año. Sin embargo, otras regiones marinas son más productivas y se pueden comparar correctamente con pastizales y cultivos terrestres. Por desgracia, estas áreas fértiles marinas son de extensión reducida. Es obvio que el conocimiento de las causas de las diferencias entre las regiones fértiles y las pobres ha de ser muy importante, pues es posible que algún día la tecnología pueda suplir lo que falta a las áreas pobres, inaugurando así una verdadera acuacultura.

Sin embargo, no hay razón para sentirse muy optimistas, porque se comprueba fácilmente que el esta-

do más previsible, al que tiende el mecanismo de la producción marina, ha de ser de producción muy baja. Merece la pena considerar dicho mecanismo con alguna atención. Imaginemos un área marina alejada de la costa, en la que existirán, por supuesto, pequeños vegetales planctónicos en las capas superiores penetradas por la luz del sol. Esta es otra limitación importante de la capacidad de producción de los océanos, pues la luz solar es absorbida por el agua y a cierta profundidad reina total oscuridad. Prácticamente, sólo los organismos vegetales que viven en una capa de agua de no mucho más de 50 metros de espesor, inmediata a la superficie, tienen luz suficiente para crecer. Estos 50 metros, en relación con los 4.000 metros, que es la profundidad media de los océanos, no representan más que una delgada película del 1/8 del espesor total.

En un área oceánica típica, además, el desarrollo de las algas en suspensión está frenado por la concentración extremadamente baja de elementos nutritivos esenciales, como por ejemplo, el fósforo. Piénsese, por ejemplo, que el agua de lluvia que cae sobre Barcelona lleva más fósforo en solución que el agua del Mediterráneo en verano, a pocas millas de la ciudad. Y, sin embargo, las aguas marinas contienen una reserva considerable de fósforo y de otros elementos necesarios, aunque en el mal lugar, es decir, en profundidad, donde no llega la luz. Esto ocurre por la siguiente razón: imaginemos que las aguas de superficie se enriquecen en los nutrimentos necesarios, inmediatamente el plancton se multiplica y una gran proporción de dichos nutrimentos pasa de estar en solución en el agua a encontrarse en el cuerpo de los organismos. Ahora bien, siempre hay una mayor probabilidad de moverse hacia abajo si están en partículas sólidas, es decir, en el cuerpo de organismos —o en sus excrementos— que si están en solución. Esto significa que las algas del plancton, especialmente cuando están debilitadas o cuando mueren, tienden a sedimentarse; por otra parte, los animales del plancton, que se mueven nadando arriba y abajo con regularidad, tienen la costumbre de comer en superficie —que es, desde luego, donde hay más plancton— por la mayor intensidad de luz, y defecar en aguas profundas, a varios centenares de metros de la superficie. Todo el sistema actúa, pues, de tal manera que parece que tuviera el propósito de eliminar todos los nutrientes en solución de la superficie y llevarlos a las profundidades. En el agua profunda, por acción de bacterias o espontáneamente, los elementos nutritivos —el precioso fósforo y otros— abandonan las partículas sólidas y pasan a estar en solución. Me he extendido particularmente en explicar este ciclo porque es fundamental para entender la limitación fundamental en la capacidad de producción de los océanos. La cosa se comprenderá mejor si se compara con lo que ocurre en la

superficie de los continentes, donde los nutrientes quedan retenidos en el suelo y no escapan más abajo, aunque pueden experimentar un transporte considerable en la dimensión horizontal.

Podemos preguntarnos cuál sería el límite de la producción sostenible en un océano ideal de aguas quietas. El límite es increíblemente bajo, pero no es cero. En un medio líquido como el mar, no podemos confinar todos los nutrientes en disolución en las aguas profundas, quedando las aguas de superficie exentas de ellos: a favor del gradiente que se establece, siempre habría un pequeño flujo de nutrientes de abajo hacia arriba. Pero sin importancia, el transporte real que se hace en este sentido obedece a otras causas, a procesos de mezcla vertical del agua o al transporte de masas de agua profunda —en las que han acumulado nutrientes— hacia la superficie, donde se encuentran a plena luz. Esta remoción o arado de las aguas marinas asegura su producción y existe una relación estrecha entre la producción de las aguas marinas y la intensidad de los procesos que localmente aportan a la superficie aguas ricas en sales nutritivas.

Como se puede suponer, se ha dedicado mucho esfuerzo de investigación a tratar de conocer la base de la fertilidad marina, a relacionar la producción a nivel de las algas con la intensidad de la luz o con las concentraciones de distintos elementos esenciales, con los equilibrios entre unos y otros y con otros factores que afectan a la rapidez con que se fija el carbono. El carbono, por cierto, no es limitante, pues las aguas marinas, por su composición salina, mantienen constantemente una gran reserva de carbono inorgánico: un litro de agua de mar contiene casi tanto carbono como un metro cúbico de aire, de manera que en este respecto las plantas marinas no están ciertamente peor que las terrestres.

A pesar del interés científico que tiene el haber logrado aclarar muchos detalles de las circunstancias que regulan la producción marina, el interés directo práctico de estos conocimientos es pequeño. En realidad, las relaciones existentes se pueden presentar de otra manera mucho más simple y efectiva.

Ocurre con frecuencia que la ciencia es influida por la técnica, y no solamente porque ésta proporciona aparatos mejores y nuevos medios de investigación, sino también porque la divulgación de ciertas técnicas dispone a veces a contemplar la naturaleza de otra manera. Así, por ejemplo, es cierto que el perfeccionamiento de las cámaras fotográficas estimuló a estudiar al ojo como una cámara y a considerar sus adaptaciones como si fuera un sistema óptico; el desarrollo más reciente de las computadoras ha podido contribuir a cambiar el acento; ahora interesa particularmente el sistema nervioso subyacente en la retina, que proporciona una primera elaboración de la información visual y da las bases de

una percepción rápida, tan importante en el comportamiento animal. En el campo de la tecnología marina, de desarrollo de los sondadores por eco, ha llevado a buscar y a prestar mayor atención a la ecolocación practicada por animales como murciélagos y cetáceos. Quizá ahora nos encontremos en una situación semejante en lo que concierne a energía auxiliar, a energía que es importante para la vida de los organismos, pero que no circula o se degrada en sus cuerpos, sino en su entorno. La vida del hombre actual está ligada en gran manera a esta energía; la energía invertida en el transporte, la calefacción, etc., es ya, en promedio, unas diez veces superior a la energía contenida en los alimentos que consumimos. No hace falta pensar mucho para darnos cuenta que el rendimiento de la agricultura actual es una función de la energía auxiliar invertida en las prácticas agrícolas, aparte de la energía solar que captan las plantas. Dicha energía auxiliar se invierte en máquinas, transporte de fertilizantes, irrigación y en una agricultura moderna mecanizada representa dos o tres veces la energía química proporcionada por las cosechas. La actual preocupación por todo lo que se refiere a la energía ha preparado a los ecólogos para reconocer la importancia de esta energía externa o auxiliar. Antes apenas se contabilizaba más que la energía solar en cuanto reaparecía en forma de energía química en los compuestos de carbono sintetizados. Hoy estamos dispuestos a aceptar que para la vida de las plantas terrestres es tan importante la radiación luminosa que capta la clorofila, como la energía de la lluvia, de la evaporación, del viento y de la erosión y arrastre de materiales sólidos en el suelo.

Estas consideraciones nos preparan para entender las diferencias locales de la fertilidad en el mar y la distribución de sus valores. Todo es función de la energía invertida o disponible localmente. La atmósfera y los océanos están acoplados en una enorme máquina térmica que conduce calor del ecuador a los polos y que tiende a hacer que las condiciones de vida en la superficie del planeta sean menos desiguales de lo que en otro caso serían. Pero aquella máquina funciona con una estructura considerablemente discontinua e irregular. Los estados del tiempo no son continuos, sino fragmentados en frentes y tormentas; las corrientes marinas existen como tales corrientes, es decir, destacan sobre masas menos móviles y presentan cambios de dirección y de intensidad, todo ello también en relación con la forma de las cubetas oceánicas y el contorno de los continentes. Como resultado de todo ello existen lugares particularmente favorables donde el agua oceánica profunda, rica, por tanto, en los elementos nutritivos necesarios, sube hasta la superficie y se expone a la luz. En definitiva, si buscamos algún factor clave con el de relacionar la produc-

ción primaria marina, el más sencillo es la energía disponible y degradada en un lugar determinado, por intercambio entre la atmósfera y el mar. Es sabido que el paso de un tornado deja tras sí un surco de fertilidad en las aguas marinas. Ahora bien, entre las perspectivas de la tecnología actual, y en este caso de las observaciones desde satélites, está la posibilidad de medir aproximadamente, y aun de anticipar la energía disponible para la mezcla y ascensión de agua en los distintos puntos del océano.

El análisis se presenta algo más fácil en algunos casos. Existen cuatro regiones marinas muy fértiles y simétricas, las costas de California, del Perú, del NW de Africa y del SW de Africa. Las cuatro ocupan el margen oriental de los grandes sistemas de circulación marina que giran en sentido anticiclónico. En todos estos casos la combinación de la dinámica atmosférica y de la dinámica marina canaliza y concentra la energía, de modo que se produce un importante afloramiento o surgencia de agua profunda junto a las costas occidentales de los continentes respectivos. Sus efectos son amplios: no sólo se produce mucho plancton y muchos peces, sino que al remontar agua profunda a la superficie, que es más fría, pueden aparecer nieblas bajas y, en todo caso, la circulación atmosférica se hace descendente, de modo que en estas costas no llueve y las áreas marinas más fértiles lindan con desiertos. La vida terrestre, las aves, buscan su sustento en el mar y, bajo el clima seco, perduran sus excrementos sobre la costa. En casi todas estas áreas hay un cabo blanco por la aridez y por el guano, y al abandonar la zona árida, los navegantes bautizaron también, en general, algún otro cabo con el nombre de Verde. Es una circunstancia afortunada para el desarrollo de la ciencia marina que se disponga por cuadruplicado de un fenómeno que es sustancialmente el mismo, permitiendo introducir un estudio comparado. Sin embargo, las cuatro regiones mencionadas son bastante diferentes en producción. La peruana es, con mucho, la más fértil, quizá cuatro o cinco veces más que las otras, y ella sola puede proporcionar cerca de la décima parte del pescado total que se retira de los océanos.

Existen otros afloramientos de causa más local, debidos al régimen monzónico, en algunas áreas del Indico, especialmente en las costas de Somalia, uno moderado en las costas atlánticas de la Península Ibérica y otros mecanismos que, en todo caso, implican una disponibilidad importante de energía y que explican la fertilidad de los mares australes, de la región de los Grandes Bancos de Terranova, de algunas áreas del Japón, etc. En las regiones fértiles, la producción raramente se sostiene en el mismo nivel durante todo el año. En las épocas más productivas se miden asimilaciones de 1 a 6 gramos de carbono por metro cuadrado y día, y, sobre la base anual, la producción de las áreas de afloramiento suele que-

dar entre 300 y 1.000 gramos de carbono por metro cuadrado, perfectamente comparable a la producción de tierras de labor y prados abonados, y de 6 a 20 veces mayor, por unidad de superficie, que la producción de extensas áreas del centro de los océanos.

En estos últimos años la investigación de las áreas de afloramiento ha experimentado un auge importante: se han emprendido numerosas expediciones de estudio, muchas de ellas con la colaboración de diferentes países, y son numerosas las reuniones científicas cuyo tema principal es el estudio de las áreas marinas donde la producción está forzada por movimientos verticales del agua.

De momento, he escrito solamente acerca de la producción primaria del mar, es decir, de la producción de plancton vegetal principalmente. Las algas microscópicas sustentan a pequeños animales, éstos a animales mayores o a peces, y así sucesivamente. Tal como están organizadas las cosas, el paso de un nivel a otro representa una pérdida de energía que, como orientación, se puede estimar en el 90% de pérdida, es decir, una producción o crecimiento de cien a nivel de las plantas, se convierte en un crecimiento de diez a nivel del herbívoro y en un crecimiento de uno a nivel del carnívoro. Con un criterio de maximizar la producción para el hombre, es obvio que debe retirarse el rendimiento lo más cerca posible de su origen: son, ciertamente, más baratas las proteínas del trigo que las proteínas de la carne y a nadie se le ocurriría seriamente mantener una explotación de animales terrestres carnívoros —aunque no son pocos los que pretenden desarrollar una acuicultura con animales marinos carnívoros—. La mejor explotación de la producción marina consistiría en coleccionar directamente el fitoplancton, pero sus elementos son tan pequeños y están dispersos en una masa de agua tan grande, que, independientemente de otras consideraciones, su extracción sería un mal negocio. Hay que obtener el producto marino a un nivel en que pueda hacerse fácilmente, por medio de redes o aprovechando el propio comportamiento de los peces, como cuando se usan líneas y anzuelos. Pero, desgraciadamente, de esta forma se capturan animales que están ya separados varios pasos de los productores primarios, de manera que la producción inicial aparece ya muy mermada a este nivel. Además, recuérdese que la producción marina por unidad de superficie es menor que la terrestre. En definitiva, la producción primaria marina total se puede estimar en unos 30.000 millones de toneladas de carbono anuales; si los peces aprovechables están a dos o tres picos de distancia en la cadena alimentaria marina, a su nivel la producción sería entre 300 y 30 millones de toneladas de carbono anuales, que se pueden multiplicar por diez para tener su expresión no en peso de carbono, sino en peso del ani-

mal en fresco. Es decir, la producción total anual de peces aprovechables es del orden de los 500 a los 1.000 millones de toneladas anuales, con lo cual es poco verosímil que el hombre pueda retirar, económicamente, más de unos doscientos millones de toneladas por año. Aun aproximarse a este límite, resulta difícil. La pesca en caladeros alejados, incluyendo combustión, amortización del buque, congelación, etc., invierte cinco o seis veces más energía que la energía química contenida en los peces como alimento. Claro que es energía de diferente calidad: una cosa es la energía de las proteínas de los peces y otra la energía del petróleo, pero la relación es elocuente y si se piensa que la agricultura más mecanizada no invierte más que dos o tres veces la energía externa que la retiene se debe aceptar que un serio handicap pesa sobre la pesca y que no es posible hacerse muchas ilusiones sobre el futuro de la pesca tradicional. Se dice, a veces, que los animales de gran profundidad o de aguas antárticas representan una reserva que se podrá utilizar en el futuro, pero estas aseveraciones son falsas, porque precisamente dichas poblaciones tienen una tasa de renovación muy lenta, de modo que sus poblaciones no pueden soportar una explotación intensa. Todo lo contrario de las especies propias de las regiones de afloramiento, representadas por especies de sardinas y anchoas que se encuentran al final de cadenas alimentarias cortas, es decir, en las mejores condiciones de transferir energía y con el beneficio adicional de existir menos riesgo de acumulación de sustancias dañinas, como el mercurio, riesgo que es máximo en especies de larga vida y que pertenecen al grupo de los supercarnívoros, como los peces espada y los atunes. Sin embargo, se menciona que las áreas de afloramiento son inconstantes, con altos y bajos; en el Perú, el fenómeno denominado «el Niño», con un aporte excepcional de aguas más cálidas e interrupción local del afloramiento, produce verdaderas hecatombes cada unos cuantos años. Por otra parte, el hombre tiende siempre a concentrar excesivamente la explotación de un recurso apetecible y es capaz de amenazar su continuidad. Pero las poblaciones de peces de las regiones de afloramiento, sometidas por millones de años a estas fluctuaciones, han tenido que incorporar en su evolución una capacidad fantástica de rehacer sus poblaciones, de reponerse después de grandes quebrantos, y esta facilidad, de rebote, es la base de su explotabilidad. En una actitud más filosófica, debemos pensar que las periódicas crisis de producción, que el hombre tanto resiente, han preparado y mantienen las especies en un alto nivel de productividad. Nada de esto ha ocurrido con las poblaciones de peces de profundidad, que son incapaces de soportar una explotación humana, porque no estuvieron sometidas a una intensa y fluctuante explotación por la propia naturaleza. Las sardinas y

anchoas de las áreas de afloramiento aparecen, pues, como especies preadaptadas a la futura maricultura o cultivo de los mares. En cambio, especies que tenían un gran dominio del medio —migraciones, etc.— y pocos enemigos naturales y que ahora están siendo perseguidas intensamente por el hombre —ballenas, atunes—, están, probablemente, condenadas a declinar hasta densidades de explotación no rentable.

Las perspectivas de aumentar la producción y extracción de proteína utilizable son pequeñas en la situación actual; pero es posible preguntarse si habrá una nueva tecnología apropiada para encauzar procesos naturales de disponibilidad de energía y utilizarlos en promover el afloramiento en áreas adecuadas. La idea más simple es buscar parajes donde exista en profundidad agua menos salada y más fría: si esta agua se hace subir a la superficie a través de un tubo que incorpore cambiadores de calor —o bien si dicha agua se usa como agua de refrigeración de centrales productoras de energía térmica o nuclear— se tiene en superficie agua menos densa, por menos salada, y rica en nutrientes, por más profunda, que puede ascender automáticamente y fertilizar regio-

nes marinas amplias. El Cabo Frío, en Brasil; Sainte Croix, en Antillas, y las costas de Mauritania son lugares donde este esquema sería válido, aunque quizá su realización llega al límite de la tecnología actual. Esta sería una verdadera acuicultura a gran escala. Nada tiene que ver con ella el cultivo de ostras, langostinos u otros productos de gran precio, utilizando a veces harina de pescado, en un proceso ecológicamente absurdo. Pero esta acuicultura modesta, costera, se puede acoplar con la utilización parcial de los vertidos de aguas contaminadas. Lamentamos la contaminación marina, que consiste en la introducción en el mar de materia orgánica parcialmente descompuesta y en elementos promotores de la fertilidad local. Por otra parte, desearíamos aumentar la fertilidad de los océanos. Es natural que una tarea de la ecología futura ha de ser ensamblar los vertidos con áreas productivas, orientando el reciclado de manera que presente los menores inconvenientes y el máximo de provecho. Pero no es previsible que el hombre varíe sustancialmente la capacidad de producción de los océanos, que está fijada por mecanismos de escala planetarios.