

LA OCEANOLOGIA

sus tareas y perspectivas

por

Walter Fischer K.

INTRODUCCION

El océano no ha escapado al afán del hombre por estudiar y amoldar a sus necesidades los ambientes naturales de nuestro planeta. Sin embargo, el impacto de las actividades humanas sobre las condiciones físicas y biológicas naturales del medio marino ha sido prácticamente nulo, frente a las notorias modificaciones que por esta causa han sufrido los continentes. Medio hostil, nunca totalmente dominado por el navegante, el océano tampoco entrega fácilmente al investigador el secreto de su inmensa variedad de formas vivientes y de las enmarañadas leyes que mantienen en equilibrio aquel mundo de formas extrañas, hasta hace poco totalmente desconocido por el hombre. En efecto, hasta la segunda mitad del siglo pasado, el concepto que se tenía sobre las profundidades y características de los océanos era totalmente falso, basado sobre meras conjeturas teóricas. A hombres como Edward Forbes, Maury, Wyville Thompson y otros debemos el comienzo de investigaciones oceanológicas empíricas y, con ello, el nacimiento de un aspecto de las ciencias naturales que había de ocupar un lugar muy prominente entre nuestras actividades científicas. Las primeras tendidas de cables transoceánicas y la primera de las

primitivo. Grandes montañas, crestas y quebradas submarinas comenzaron a aparecer en las cartas batimétricas, aun en zonas de mucha profundidad. Todavía quedan áreas en las cuales la batimetría ha de ser completada, pero la configuración general de todas las cuencas oceánicas es ya bien conocida. Se observa alrededor de los continentes y de las islas un zócalo de escaso declive, más o menos plano, denominado plataforma continental, cuya profundidad máxima, correspondiente a su borde externo, oscila alrededor de los 200 metros. La anchura de esta plataforma es muy variada. Frente a las escarpadas costas pacíficas sudamericanas, el Japón y California por ejemplo, no se extiende más allá de unas 5 a 20 millas marinas, mientras que en otras áreas como frente a Terranova y en la costa noroccidental de Europa abarca varios cientos de millas de amplitud. Sigue a la plataforma el talud continental, que en declive primero escarpado y luego más suave baja a las profundidades mayores de 3.500 metros de la "llanura abisal". Se ha comprobado que cerca del 60% de la extensión total del fondo del mar está comprendido entre 3.600 y 5.500 metros y sólo el 2% está situado a profundidades mayores de 5.500 metros (Ommaney). La mayoría de las grandes fosas oceánicas (zonas de máximas profundidades) se encuentra en la cercanía de los márgenes de las cuencas oceánicas. Las más profundas son: la fosa del Japón, al oriente del archipiélago japonés, con una profundidad de 10.550 m.; la fosa de las Marianas, frente a las Filipinas, con 9.850 m.; y aquella de Puerto Rico, de 8.750 m.

Al comparar las profundidades de los océanos con la altura de las montañas terrestres, cuya elevación máxima alcanza aproximadamente los 9.000 m., se obtiene una marcada desproporción en favor de las primeras. Se ha calculado un "nivel medio del globo terrestre" al suponerse que podrían rellenarse las cuencas oceánicas uniformemente con el material de las masas continentales. El globo terrestre quedaría entonces cubierto por una capa uniforme de agua de mar, de un espesor de 2.400 m.

Muchos otros problemas plantea al hombre la geomorfología de las cuencas oceánicas. Los geofísicos y geólogos han estudiado y seguirán estudiando por muchos años los sedimentos depositados en el fondo marino, provenientes de la incesante lluvia de partículas, restos esqueléticos de animales y vegetales, muertos en capas de agua mucho más superficiales. Los estratos que componen estos depósitos conservados en la tranquilidad de los grandes abismos como en un museo, son mudo testimonio del aspecto que los océanos han tenido en épocas remotas. Al igual que las rocas del fondo marino, ellos pueden, una vez determinada su edad y su composición, revelar muchos acontecimientos en la evolución de la configuración actual de la superficie de nuestro planeta. Los geofísicos utilizan especialmente tubos-sondas, los que en unos casos sólo ayudados de su gran peso, y en otros, impulsados por explosivos, penetran muchos metros (hasta más de 20 m.) en el fondo para extraer una muestra cilíndrica que conserva perfectamente su estratificación horizontal y es sometida a cuidadosos análisis en el laboratorio. En fondos duros se han utilizado enormes taladros que en los casos de roca coralina han logrado una perforación mayor de 180 m. a 3.500 m. de profundidad (Proyecto Mohole, 1961). Sin duda estas investigaciones, relativamente nuevas en atención a sus altos requerimientos técnicos, nos depararán las mayores sorpresas del futuro en el campo de la Oceanología.

B. LAS INVESTIGACIONES SOBRE COMPOSICION Y DINAMICA DE LAS AGUAS QUE LLENAN LAS CUENCAS OCEANICAS

Examinando desde el punto de vista físico-químico en el laboratorio, el agua de mar revela sorprendentes propiedades que hacen de ella un medio altamente estable en sus condiciones térmicas y salinas. Las variaciones térmicas de los océanos oscilan entre límites no mayores de 31°C. El punto de congelación del agua de mar —más bajo que aquel de las aguas dulces debido a su mayor

riqueza en sales— varía según el grado de concentración de éstas entre 1,5—1,9°C. La temperatura del agua en las zonas más cálidas de los océanos, correspondientes a la latitud ecuatorial, no sobrepasa en cambio los 29°C. Estas variaciones térmicas son bastante pequeñas comparadas con aquellas de la atmósfera. Por otra parte, el agua es mucho más resistente a los cambios de temperatura que otros cuerpos, por su elevado calor específico y a ello se debe la influencia moderadora del mar sobre los climas de las tierras adyacentes a él y el efecto que corrientes marinas cálidas o frías ejercen sobre tierras lejanas a los centros de origen de las aguas que transportan, sin sufrir grandes alteraciones térmicas, a través de distancias de cientos y miles de millas marinas.

La salinidad del agua de mar (concentración total de sales disueltas) varía aun entre límites más estrechos que la temperatura. Su promedio es de 35 por mil, lo que significa que un litro de agua contiene 35 grs. de sales disueltas. En los océanos, las oscilaciones extremas alrededor de este promedio alcanzan de 34 a 37 por mil. Los principales componentes responsables de esta salinidad son:

<i>Constituyentes*</i>	<i>Partes en 1000 partes de agua</i>
cloruro sódico	27,213
cloruro magnésico	3,807
sulfato magnésico	1,658
sulfato cálcico	1,260
sulfato potásico	0,863
carbonato cálcico	0,123
bromuro magnésico	0,076
	<hr/>
	Total: 35,000

*Copiado de J. S. Colman, 1953.

Fuera de estos constituyentes principales, entran en la composición del agua de mar, si bien en mínima proporción, muchos más. Pero el hecho sin duda más asombroso evidenciado por los análisis químicos es que la proporcionalidad entre los principales componentes se mantiene constante, aun frente a considerables variaciones de la salinidad total. Llama la atención que la composición salina del suero sanguíneo es muy parecida a aquella del agua de mar, pero que su salinidad total corresponde aproximadamente a la mitad de esta última. Si se tiene en cuenta que la salinidad del agua marina aumenta muy lenta —pero continuamente— y por lo tanto debió haber sido menor en épocas remotas, puede concluirse que el mar, en los tiempos de origen de las primeras formas de vida, constituyó un medio isotónico que se prestaba en forma ideal al intercambio metabólico de los organismos con su ambiente. Además, tales condiciones deben haber facilitado más tarde el establecimiento de la vida en las aguas dulces y sobre la tierra firme.

Hemos ponderado las fluctuaciones moderadas de las condiciones físico-químicas del agua de mar. Sin embargo, a este respecto debemos hacer una limitación. Ella se refiere a los mares continentales o mediterráneos, los cuales, menos afectados por los grandes sistemas oceánicos de circulación de agua, presentan frecuentemente condiciones más extremas, tanto en su salinidad como en su temperatura. A modo de ejemplo citaremos el Mar Muerto, cuyas aguas constituyen —como consecuencia de una prolongada evaporación y de un escaso retorno de agua dulce— una solución saturada con una salinidad de 200 por mil. Otros, como el Mar Báltico, ven reducida su salinidad por la afluencia de grandes ríos, alcanzando en ocasiones casi los valores de salinidad total del agua dulce.

Los análisis físicos y químicos del laboratorio, si bien nos han revelado algunas interesantes propiedades del agua de mar, no bastan por sí solos para descubrir las leyes de distribución y dinámica de masas de agua en los océanos. La Oceanología debió

trabajar durante largos años en el desarrollo de instrumentos que pudieran extraer muestras de agua desde cualquier profundidad, comprobar experimentalmente la dirección y fuerza de las corrientes superficiales y submarinas, tomar temperaturas con exactitud de centígrados en cualquier punto de la gruesa capa oceánica, examinar el régimen de mareas y las características de las olas. Fenómenos que parecían imposibles de ser controlados cuantitativamente se hicieron mensurables, y los resultados, expresados en cifras, se emplearon para hilvanar pacientemente los hechos conocidos hasta obtener un cuadro aceptablemente representativo de las condiciones reales. El análisis de las características específicas de las diferentes masas de agua fue y sigue siendo una de las bases de estudio de la Oceanología físico-química.

El término un tanto vago "masas de agua" se refiere a cuerpos de agua de mar de distinta densidad, y ésta a su vez es dependiente de su grado de salinidad y temperatura. Mientras mayor sea la densidad resultante de estos dos factores, mayor será el peso del agua. Las aguas densas tienden a bajar a las grandes profundidades, las aguas menos densas, a permanecer en la superficie. Así, el agua dulce que se vierte a través del estuario de un río al océano se superpone a las aguas oceánicas formando un área más o menos extensa de agua superficial de escasa salinidad. Una propiedad interesante de las masas de aguas es su capacidad de mantener sus características por un largo tiempo; ellas son reacias a las mezclas con cuerpos de aguas vecinos. Así se explica la existencia de una estratificación más o menos definida de masas de agua desde el fondo hasta la superficie, y el flujo de corrientes marinas de características propias a través de aguas oceánicas de densidad completamente diferente.

¿Cómo es posible determinar las características, la extensión horizontal y el espesor de una masa de agua? Corrientemente se emplean las llamadas botellas de inversión, entre las cuales el modelo diseñado hace varios decenios de años por el famoso investi-

gador F. Nansen, se encuentra en boga aun hoy día, si bien algo modificado. Estas "botellas" son cilindros metálicos huecos que en ambos extremos presentan un eje giratorio atravesado por una hendedura. Si ésta se encuentra en posición horizontal, vale decir, aplicada contra las paredes del cilindro, éste está cerrado herméticamente, y si se coloca en sentido vertical, deja fluir el agua a través de la botella. A medida que desciende al mar el cable del winche oceanográfico del buque, se fija a él una serie de botellas abiertas, distanciándolas de acuerdo a las profundidades previamente escogidas para el muestreo. Una vez que el extremo del cable alcanza la profundidad deseada (legible en una polea cuentametros) se hace deslizar por el cable un peso de plomo (mensajero) el cual golpea el extremo superior de la botella más superficial, causando su desprendimiento del cable. Fija ya solamente por su extremo inferior, la botella gira por su propio peso sobre su eje inferior, quedando invertida y cerrada. Al mismo tiempo, este movimiento de inversión ha causado el desprendimiento de un segundo mensajero que se encontraba conectado al eje inferior de la primera botella, desencadenándose de este modo el mecanismo de cierre para la segunda. Así, sucesivamente, se cierran todas las botellas de la serie. Cada una lleva además dos termómetros cuya columna de mercurio se corta merced al movimiento de inversión dejando marcada la temperatura de aquel lugar. Las muestras de agua son analizadas en el laboratorio o a bordo, no solamente para determinar su salinidad, sino además para comprobar su contenido de oxígeno, fosfatos, nitratos y otros componentes, a cuya importancia tendremos oportunidad de referirnos más adelante.

Fácil es imaginar el número de muestreos que es preciso realizar, si se desea estudiar en forma satisfactoria los límites de distintas masas de agua en una determinada área. Si se tiene en cuenta además la necesidad de estudiar los cambios estacionales que experimentan las condiciones hidrográficas, especialmente en las capas

oceánicas superficiales, puede llegar a tenerse una idea acerca de los costos que implica una operación oceanográfica completa en gran escala.

Hemos citado solamente uno de los instrumentos diseñados para obtener datos sobre las características de masas de agua ubicadas a distintas profundidades, pero obviamente existen numerosos otros que aquí no podemos citar. Para un estudio rápido de la distribución de temperaturas en las capas superficiales (hasta aproximadamente 350 m. de profundidad) se emplea preferentemente el batitermógrafo. Este instrumento, que presenta la ventaja de poder ser empleado desde el barco en movimiento, registra en una placa ahumada simultáneamente temperatura y profundidad (presión). De este modo se obtienen valiosos datos, especialmente sobre la posición de la termoclina o límite inferior de la capa de agua superficial, señalada por una brusca variación térmica (esta zona es de especial importancia para el oceanógrafo como para el biólogo pesquero). Actualmente hay tendencia de ir reemplazando los análisis químicos y los muestreos de agua por métodos directos de medición. Existen ya medidores de oxígeno, de salinidad y de temperatura que registran gráficamente en forma continua los valores respectivos a medida que avanza el buque. Sin embargo, los diseños de instrumentos capaces de operar también a mayores profundidades se encuentran aún en fase de experimentación. En la determinación de la salinidad del agua, el salinómetro (aparato que determina la salinidad físicamente por densidad, a temperatura constante) va reemplazando paulatinamente la engorrosa titulación química.

Nos queda por examinar otro aspecto interesante de la Oceanología Física: la dinámica de las masas de agua, vale decir, su desplazamiento en sentido horizontal y vertical dentro de las cuencas oceánicas. ¿Cuáles son las fuerzas responsables de estos desplazamientos? Por un lado son las gradientes térmicas y salinas (corrientes de gradientes) las causantes de inestabilidades regio-

nales. Por otra parte, actúan factores meteorológicos, especialmente los vientos, al impulsar masas de agua superficial, las que deben ser reemplazadas por otras provenientes de áreas más lejanas o de mayores profundidades. Pero los rasgos dinámicos más característicos de la superficie marina son la resultante del efecto de la rotación terrestre. La atmósfera, si bien participa de esa rotación, lo hace en forma algo retardada, y de ello resulta en la zona ecuatorial un roce entre atmósfera y tierra que se traduce en los vientos llamados alisios, los cuales soplan ininterrumpidamente durante todo el año. El aire fuertemente calentado por el sol a lo largo de la línea ecuatorial se hace más liviano y asciende, siendo reemplazado por nuevas masas de aire que provienen del norte y del sur. Estas corrientes atmosféricas, en su avance desde ambos hemisferios hacia el Ecuador, son deflectadas poco antes de alcanzar esta línea hacia el oeste, o sea, en dirección contraria a la rotación de la tierra. De este modo, los alisios soplan desde el este-noreste y este-sureste, respectivamente. Entre ambas bandas de vientos alisios existe una zona de calma. Los vientos alisios provocan las corrientes marinas Ecuatorial-Norte y Ecuatorial-Sur, las que transportan agua de mar cálida hacia el oeste. Al chocar con la masa continental de América en el Atlántico y las grandes islas entre Asia y Australia en el Pacífico, estas corrientes se deflectan en el hemisferio norte hacia la derecha y en el hemisferio sur hacia la izquierda, y así se generan los conocidos sistemas giratorios de los grandes océanos. En el hemisferio norte ellos se mueven en el sentido de las agujas de un reloj, en el hemisferio sur lo hacen en sentido inverso. Bien conocido es en el Atlántico el circuito formado por la Corriente Norecuatorial, la Corriente cálida del Golfo (continuación de la primera que tempera las costas de Islandia, Gran Bretaña, Europa) y la Corriente de las Canarias. En el hemisferio sur de este Océano, así como en ambos hemisferios del Pacífico y en el hemisferio sur del Indico se observan sistemas parecidos formados por otras corrientes cálidas y frías. La más poderosa de todas éstas

corrientes es sin duda la Antártica Occidental; ella no encuentra bloques continentales que intercepten su paso y por lo tanto es circumpolar. Entre los grandes circuitos de corrientes marinas se encuentran áreas de calma, como por ejemplo en el hemisferio norte del Atlántico el famoso mar de Sargazos donde grandes masas de algas pertenecientes al género del mismo nombre flotan tranquilamente dando albergue a una exótica fauna de peces e invertebrados. En las latitudes altas fluyen otras corrientes que no integran los sistemas giratorios mencionados.

Nos hemos referido brevemente a los grandes sistemas de circulación oceánica, pero debe quedar en claro que no hemos presentado sino el esqueleto de una estructura muchísimo más compleja, en la cual juegan un importante papel las condiciones geomorfológicas y meteorológicas regionales y locales.

Varios son los medios que el oceanólogo tiene a su disposición para el estudio de las corrientes marinas. Por una parte, es posible seguir la ruta de una masa de agua por sus características propias de salinidad y temperatura, desde su origen hasta el momento en que pierde su individualidad por difusión y mezcla. Gran parte de los sistemas giratorios arriba mencionados han sido investigados de este modo. Además, el oceanólogo dispone de correntómetros, aparatos medidores de corrientes tan perfeccionados hoy día, que pueden medir la velocidad y la dirección de una corriente a cualquier profundidad. De forma hidrodinámica, algunos modelos pueden ser instalados a determinada profundidad amarrados a un ancla —el cual impide su ascenso a la superficie—, durante días y semanas, dotados de brújulas, cuentarrevoluciones, dispositivos fotográficos y un aparato de relojería (que hace girar el tambor de registro), llevando un diario fiel de todos los movimientos de agua ocurridos en aquel lugar y sus cambios de dirección y fuerza. Las corrientes superficiales se estudian comúnmente con ayuda de flotadores y botellas marcadas, y un procedimiento parecido se ha aplicado a corrientes submarinas empleando grandes paracaídas

sumergidos, conectados a un emisor de ondas superficial que acusa su posición geográfica.

De enorme importancia para los estudios oceanográficos es su complementación con investigaciones meteorológicas. La interdependencia dinámica de atmósfera e hidrosfera ha quedado tan claramente en evidencia, que hoy día cualquiera de las dos ciencias respectivas sería inimaginable sin la otra. A pesar de los grandes avances que ha experimentado en los últimos años la Oceanología físico-química, quedan aún muchos problemas que resolver. Una de las mayores dificultades reside en la imposibilidad de realizar trabajos simultáneos en un gran número de estaciones. Se pretende llegar a la creación de instrumentos automáticos capaces de registrar simultáneamente un gran número de datos. Además se está comenzando a emplear aviones para explorar las características térmicas de las aguas marinas superficiales.

C. LAS INVESTIGACIONES BIOECOLOGICAS EN EL ESPACIO MARINO

Al referirnos brevemente a las propiedades específicas del agua de mar, habíamos destacado ya sus principales cualidades como medio altamente propicio al desarrollo de un populoso y variado mundo de formas vivientes. Pero la delimitación precisa de ecosistemas dentro del espacio marino tropieza con grandes dificultades, derivadas de la complejidad e inestabilidad de las condiciones hidrodinámicas y de los problemas técnicos inherentes a la exploración integral de los cuerpos de agua que alojan las comunidades biocenóticas.

Si queremos enfocar primeramente en forma global la fauna y flora del espacio marino, nos ha de interesar especialmente la variedad de tipos de organización existentes y la delimitación geográfica horizontal y vertical de las especies que corresponden a cada uno de ellos. Estos estudios nos conducen a diversas ramas de la zoología y la botánica y entre ellas a la taxonomía, anatomía

comparada y biogeografía. A través de largos años de recolecciones sistemáticas de especies marinas en todo el mundo ha sido posible trazar mapas zoo y fitogeográficos de los océanos. Sin embargo, numerosas son las áreas que aún representan terrenos prácticamente vírgenes para el biogeógrafo, y un buen ejemplo de ellas son la plataforma continental y el talud de gran parte de las costas pacíficas de América del Sur. Juegan un importante papel en la distribución de la flora y fauna marina, las latitudes geográficas y las barreras de naturaleza geomorfológica (interposición de masas continentales o abismos oceánicos), térmicas o químicas. Por otra parte, mientras mayor sea la tolerancia de una especie a variaciones de sus condiciones ambientales, mayores son sus posibilidades de extensión geográfica. Las especies que toleran un amplio rango de variación ecológica se denominan eurioicas, y aquellas de tolerancia escasa, estenoicas. Los términos euri y esteno, pueden aplicarse además en forma más restringida a determinados factores ambientales. De este modo hay especies euri y estenotermas (en relación al factor temperatura) y euro y estenohalinas (en relación al factor salinidad). Mientras que las especies simultáneamente eurihalinas y euritermas tienen muchas veces una distribución cosmopolita (salvo el caso de que existan para ellas barreras geomorfológicas), aquellas de características estenoicas suelen estar restringidas a áreas muy bien delimitadas de los océanos. A tal punto puede llegar la sensibilidad de las especies a variaciones de uno o más factores ambientales, que pueden ser utilizadas como indicadores de la presencia, en el área que habitan, de determinadas masas de agua, cuyas características térmicas o salinas satisfacen justamente sus exigencias.

Junto con el estudio de la distribución actual de la flora y fauna marinas surge la necesidad de conocer los centros de origen de las especies y los caminos que ellas han seguido en su progresiva expansión geográfica. Ha llamado la atención que muchas especies

habitantes de aguas superficiales presentan una clara bipolaridad en su distribución, poblando las latitudes templadas o frías en ambos hemisferios, y faltando en cambio en la zona tropical. Investigaciones posteriores pudieron explicar este curioso hecho, al encontrarse las especies en referencia también a latitudes bajas, pero a mayores profundidades, donde la temperatura del agua corresponde a aquella de la superficie en las latitudes más altas. Se han encontrado relaciones de parentesco entre faunas marinas distantes entre sí (Sudamérica-Australia, por ejemplo) y otras veces rasgos totalmente endémicos.

Mucho se han utilizado los resultados de la zoogeografía para fundamentar teorías sobre la constitución de nuestros actuales continentes y océanos. Pero si queremos llegar a la comprensión de la estructura y la dinámica del bioma marino, en toda la complejidad de sus sistemas ecológicos, debemos ocuparnos en forma más detenida del carácter propio de los grandes ámbitos existentes en el espacio marino. Ellos son el ámbito pelágico, o seno de las aguas marinas, la superficie de la plataforma continental (en la cual incluiremos el litoral) y el dominio abisal. Tres principales grupos de seres vivientes se han distinguido a su vez dentro de los pobladores de estos ámbitos: el plancton, el necton y el bentos. Sin duda se trata, tanto en el caso de los ámbitos marinos como en aquel de sus habitantes, de divisiones artificiales que no existen en forma tan definida en la naturaleza. Por lo demás, la terminología ecológica empleada en oceanología está aún muy lejos de uniformarse bajo un criterio universalmente aceptado.

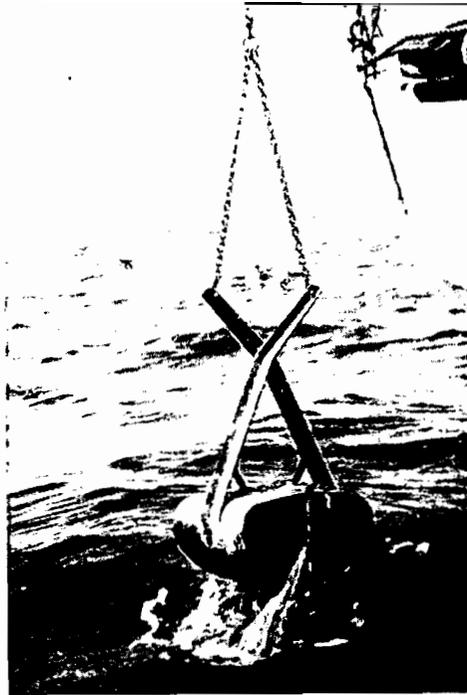
1. EL AMBITO PELAGICO O SENO DE LAS AGUAS MARINAS

Sin duda representa el ámbito más extenso dentro del espacio marino. Comprende las aguas oceánicas, alejadas de la orilla, que cubren la zona abisal y las aguas costeras o neríticas que cubren la plataforma continental (muchos autores limitan el pelagial a la zona de aguas oceánicas). Muchas características comunes tienen

estos dos dominios: la ausencia de sustrato sólido, su extensión tridimensional y la presencia en ellos de dos grandes comunidades de vida, el plancton y el necton.

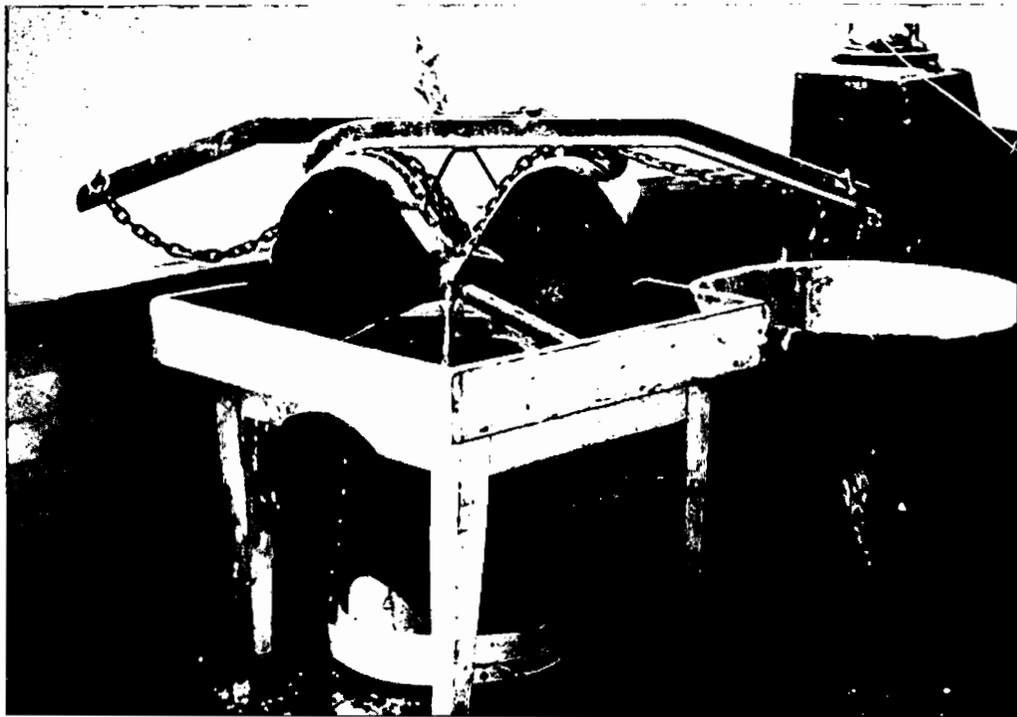
El plancton ha merecido no sin razón una atención especial de parte de los oceanólogos; se trata de la comunidad más específicamente acuática que conocemos. Compuesta por organismos pequeños suspendidos en los cuerpos de agua en que nacieron, a merced de cualquier cambio hidrográfico, ella representa todo un mundo propio a la deriva. Forman parte del plancton, fuera de organismos vegetales (plantas unicelulares como diatomeas, peridíneos, coccolitofóridos), representantes de todos los tipos propios del reino animal. A los planctontes permanentes (organismos planctónicos que integran el plancton en todas las fases de su vida), constituyentes del holoplancton, se agrega la variedad de planctontes temporales o transitorios (meroplancton), formados por huevos y larvas de especies bentónicas o nectónicas que durante días o semanas se integran a la comunidad planctónica hasta el momento de su metamorfosis. Se comprenderá ahora por qué el plancton ha sido considerado como la comunidad más heterogénea del globo terrestre. Y sin embargo, la adaptación convergente a las condiciones de vida tan especiales del cuerpo acuático ha impuesto en los organismos planctónicos un sello de uniformidad. Todos ellos han de afrontar el problema de mantenerse en suspensión a determinada profundidad, vale decir, de luchar constantemente contra la implacable fuerza de gravedad terrestre; y no es grande la variedad de medios que la naturaleza ofrece para ello: aumento de la superficie corporal en relación al volumen, a través de abigarrados, curiosos pliegues y prolongaciones, producción de gotas de aire o de aceite que contrarresten el peso del organismo, y movimientos activos. Todos los organismos planctónicos se valen de uno u otro de estos medios para sobrevivir en la lucha contra la gravedad.

Estos y muchos otros hechos son fascinantes temas de estudio



Tomafondo modelo "Van Veen" regresa cerrado desde el fondo marino.

El Tomafondo descansa sobre el mesón de lavado, desde el cual la muestra cae en los cernidores.





La red de plancton modelo "Hensen" para verticales.

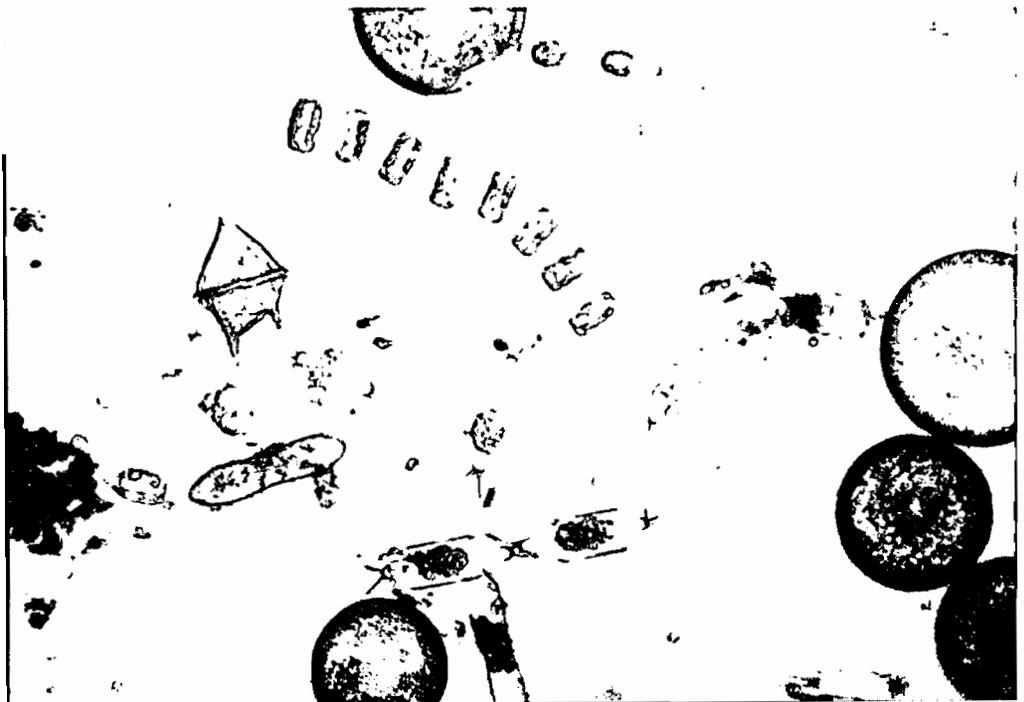
al frente:

Especímenes propios de diversos sustratos y profundidades del fondo de la bahía de Valparaíso.

en la página siguiente:

Especímenes propios del zooplancton del área de Valparaíso (aumento aprox. 2:1)

Una muestra de fitoplancton proveniente de la bahía de Valparaíso. Se observan peridíneas y diatomeas aisladas y en cadenas.







para el oceanólogo. Pero debemos preguntarnos: ¿En qué aspectos puede contribuir la planctonología a la comprensión de los grandes problemas dinámicos del espacio marino? Podríamos destacar entre ellos el proceso de bioproducción en el cuerpo acuático, las leyes que rigen sus variaciones cuantitativas regionales y estacionales y las interrelaciones de las comunidades planctónicas, nectónicas y bentónicas.

La extensión tridimensional del espacio marino trae consigo una limitación biológica de importancia: la producción primaria de materia orgánica se limita al área iluminada por la luz solar, vale decir a la zona llamada "eufótica". En el mejor de los casos, en las aguas claras del trópico, la luz puede penetrar hasta 800 m. de profundidad. Pero por lo general no suele llegar más allá de los 200 m. Como por una parte el área cubierta por la plataforma continental (menos de 200 m. de profundidad) es insignificante en comparación con la extensión total del fondo marino, y por otro lado, la luz en aquellas profundidades suele ser ya muy escasa, se comprende fácilmente que el ámbito en el cual se desarrolla prácticamente en su totalidad la etapa inicial del proceso de bioproducción marina, denominada producción primaria o productividad, es el pelagial. Las microscópicas células del fitoplancton aprovechan para ello las sales nutrientes, especialmente fosfatos y nitratos, el CO_2 disuelto en el agua y la luz solar. Sin embargo, no siempre se conjuga la presencia de estos tres factores, pero es especialmente la mayor o menor riqueza del agua superficial en sales nutrientes, la causa de diferencias regionales en la productividad planctónica. En zonas tranquilas, como por ejemplo, en gran parte de los trópicos, la marcada uniformidad de las condiciones hidrográficas es garantía de la estabilidad de la termoclina y del aislamiento de la capa de agua superficial. Esta agua superficial entrega sus nutrientes para el proceso de la producción primaria, las células del fitoplancton se reproducen, y a costa de éste aumenta el zooplancton. Muy pronto se

agotan las reservas de fosfatos y nitratos, los organismos al morir descienden a capas más profundas donde son descompuestos por una abundante flora bacteriana, la cual entrega nuevamente a las aguas nitratos y fosfatos, entre muchos otros productos. Estos, sin embargo, no pueden ser devueltos a las capas superficiales del trópico debido a la falta de turbulencia y éstas, en consecuencia, se desmineralizan progresivamente hasta estabilizarse en una productividad bajísima que encuentra su expresión en el color azul y la marcada transparencia de las aguas. La tasa de bioproducción puede ser elevada al romperse la estabilidad de las condiciones hidrográficas con la consiguiente mezcla de agua superficial y profunda y la remineralización de las aguas superficiales. Esto sucede principalmente en torno a los grandes centros de surgencia de aguas profundas, como por ejemplo frente a la costa chileno-peruana y la costa africana; además, cerca de la desembocadura de los grandes ríos (que suelen traer abundante cantidad de nutrientes), en las líneas de contacto de dos masas de agua y en las zonas de fuertes temporales. El agua adquiere entonces un color verde intenso, resultante del rico plancton vegetal que contiene.

La enorme importancia de la producción primaria para toda la economía del mar exigió el desarrollo de métodos exactos de medición de este proceso. Uno de ellos, el más antiguo, consiste en extraer muestras de agua desde profundidades escalonadas y calcular en cada caso, por recuento bajo un microscopio especial, el número de células vegetales por metro cúbico de agua. Esta cifra es un índice del potencial biológico existente, considerando que cada organismo es un elemento reproductor. La cantidad de células vegetales disminuye rápidamente hasta hacerse insignificante, por lo general, entre 20 y 50 m. La recolección de las muestras se hace preferentemente mediante las ya descritas botellas de inversión, o bien por medio de redes standard de finísimas mallas adicionadas de un contador de revoluciones que mide el volumen de agua que atraviesa

la boca de la red. Más reciente es la técnica de la medición de la productividad utilizando carbón radiactivo (C_{14}). Se basa este método en la medición del carbono incorporado a los organismos del fitoplancton, bajo determinadas condiciones de luz y en un tiempo fijo. Otros métodos son: la evaluación de la actividad fotosintética a través de la determinación del oxígeno producido en ella, la medición del consumo de sales nutrientes por parte de los organismos vegetales, la determinación de clorofila, etc. Junto con estas investigaciones, los estudios sobre productividad exigen el análisis químico del agua del cual provienen las muestras, especialmente en relación a su contenido en nitratos y fosfatos.

Recordemos una vez más que el proceso de la bioproducción en el mar tiene, al igual que en otros ambientes de nuestro planeta, el carácter de una reacción en cadena. Los organismos del zooplancton repiten, por lo general, la curva del crecimiento del fitoplancton, pero no tienen las limitaciones de éste en su distribución vertical. De acuerdo a esta distribución se distingue epiplancton (hasta 200 m.), mesoplancton (hasta 1.000 m.) y batiplancton (desde profundidades de 1.000 m.). El batiplancton y parte del mesoplancton forman parte del dominio abisal. Algunos grupos animales del epi y mesoplancton efectúan migraciones verticales encontrándose de día a mayores profundidades que en la noche. La distribución cuantitativa del zooplancton en sentido horizontal está sometida en líneas generales a las leyes ya señaladas para la producción primaria. Siendo en general de mayor talla que los fitoplanctontes, los organismos del zooplancton son capturados con redes más grandes y de mallas más amplias. Estas redes, de las cuales existe un sinnúmero de modelos, son operadas en forma vertical desde el buque detenido, o bien desde el buque en marcha en sentido horizontal y oblicuo. Complejos dispositivos hacen posible el cierre de la red a cualquier profundidad, y con ello, de pescas escalonadas que permiten analizar separadamente muestras provenientes de distin-

tos rangos de profundidad. Fuera de redes se utilizan, entre otros métodos, bombas, las que por medio de una manguera de succión aspiran agua desde distintas profundidades dentro de las capas superficiales. La producción de zooplancton se expresa corrientemente en centímetros cúbicos de masa planctónica (medida por desplazamiento o sedimentación) por metro cúbico de agua filtrada por la red, o bien, por tiempo de arrastre de ésta a velocidad constante. También aquí interesa el recuento de organismos dentro de las muestras recolectadas.

La productividad y la producción planctónica no sólo están sometidas a variaciones cuantitativas regionales, sino también a cambios estacionales; esto se debe a los ciclos de variación estacional de las condiciones de iluminación y del régimen hidrográfico, pero existen zonas (latitudes bajas), en las cuales se observa una uniformidad de la producción planctónica a través del año.

Ya hemos mencionado la gran importancia de la asociación de estudios planctónicos con análisis físico-químicos del agua. Sólo así es posible encontrar para los hechos obtenidos del análisis de las pescas planctónicas, una interpretación causal. Algunas especies planctónicas, gracias a su extrema sensibilidad a cualquier cambio de las condiciones ambientales (especies estenohalinas o termas) han servido como indicadoras de determinadas masas de agua, como, por ejemplo, entre muchos otros, en el caso de *Euphasia mucronata*, un eufáusido (crustáceo) típico de la corriente de Humboldt.

Lo expuesto hasta aquí no representa sino una visión muy general y simplificada de los complejos fenómenos dinámicos que se operan en la comunidad planctónica. Esta, sin embargo, no puede ser tratada en forma totalmente aislada. Junto al plancton, habitan el pelagial los organismos nectónicos: peces, cefalópodos, ballenas, cuya presencia está relacionada con la producción planctónica directamente en el caso de las especies planctófagas como sardinas, anchoas, arenques, e indirectamente en el caso de los de-

predadores que a su vez se alimentan de los planctófagos. Las relaciones entre plancton y bentos dentro de la cadena alimentaria son también muy estrechas. Muchos animales bentónicos son filtradores de agua reteniendo como alimento las partículas sólidas que ésta contiene en suspensión. Pero la conexión más notable entre las tres comunidades resulta de la existencia del plancton temporal, dentro del cual especies bentónicas y nectónicas llevan, por espacio de un corto tiempo, la vida pasiva de los pequeños organismos suspendidos en las aguas. Millares de larvas de especies bentónicas sucumben al atravesar el umbral de la vida planctónica, ante la dificultad de encontrar en el momento de su metamorfosis sustratos y profundidades adecuados para su desarrollo postlarval. Entre los planctontes temporales de origen nectónico predominan ampliamente los huevos y las larvas de peces, expuestos como todos los demás organismos planctónicos a los azares de una vida a la deriva y a la voracidad de un sinnúmero de enemigos. Devoradores y devorados, planctontes permanentes y temporales, todos forman en conjunto un mundo que se mantiene en equilibrio por la interacción de sus componentes.

2. LA PLATAFORMA CONTINENTAL

Los márgenes oceánicos constituyen uno de los ambientes de vida más interesantes del globo terrestre. Se contactan aquí hidrosfera y litosfera, y es muy probable que en las aguas someras de la orilla se hayan originado las primeras formas de vida que poblaron posteriormente el mar abierto y la tierra firme. Las condiciones de vida en los sustratos de la plataforma continental son muy diferentes a aquellas del pelagial. Sus pobladores pertenecen al grupo de organismos que habitan el fondo marino, grupo que en contraposición al plancton ha recibido el nombre de bentos.

En un examen bioecológico de la plataforma continental resaltan dos ambientes de vida bien diferenciados. La estrecha zona

litoral expuesta en su mayor parte sucesivamente al aire y al agua con el ir y venir de las mareas, y la amplia faja de fondo siempre cubierta por las aguas (infralitoral). La primera es especialmente atractiva por su asombrosa variedad de formas y por la naturaleza especial de sus problemas bioecológicos. El carácter anfibio del ambiente se ha impreso también en sus pobladores. La mayor parte de las especies litorales, sea cual fuere el grupo taxonómico al cual pertenecen, ha desarrollado en mayor o menor grado la capacidad de resistir por un tiempo limitado la exposición a la atmósfera, y con ello, a los peligros de la desecación, de los bruscos cambios térmicos, de la influencia del agua dulce y de la muerte por asfixia. Muchos de los moluscos (como los chitones y las lapas) se fijan, merced a un aparato muscular que actúa como bomba de vacío, tan fuertemente contra el sustrato, que se adaptan a todas las irregularidades de éste, aislando herméticamente la cavidad paleal del animal (que aloja las branquias) del ambiente externo. Ciertas especies de gasterópodos (*Littorina peruviana*, del centro de Chile) pueden sobrevivir emergidos por semanas y aun meses al cerrar su opérculo. Entre los crustáceos existen decápodos que viven normalmente en las grietas húmedas del supralitoral, recurriendo ocasionalmente al agua de las pozas litorales. Entre los peces, el pejesapo es conocido por sus hábitos anfibios, saltando periódicamente fuera del agua, para permanecer adherido por su ventosa a la roca expuesta al aire, durante varios minutos. Llevado al laboratorio puede vivir fuera del agua por muchas horas. Otras especies migratorias pueden descender a mayores profundidades durante el período de marea baja. Todos éstos son sólo algunos ejemplos de una gran multiplicidad de mecanismos adaptativos conducentes al mismo fin.

Intimamente asociada con el problema de la lucha contra la desecación y la asfixia, está la necesidad de resistir al impacto de las olas que azotan la zona litoral, y ésta es otra de las funciones

de vital importancia que desempeñan los órganos de fijación de las especies costeras. Muchas otras particularidades ecológicas y fisiológicas presenta la fauna litoral. Pero lo que llama a primera vista la atención del ecólogo es la "zonación" o distribución de las especies litorales en distintos niveles de altura de acuerdo a su mayor o menor dependencia del medio acuático. Comienza esta zonación en el supralitoral, el que ofrece las condiciones más inhospitalarias a la fauna marina, dada la gran amplitud de sus condiciones térmicas, higrométricas y salinas; continúa a través de la zona intermareal (entre los límites de las altas y bajas mareas) donde aumenta gradualmente la cantidad de especies, hasta llegar al infralitoral, ya cubierto de agua en forma permanente. La zona litoral dispone de abundante luz y además el agua de la orilla no está expuesta, como sucede en algunas zonas del mar abierto, a un empobrecimiento sustancial en sales nutrientes. A ello se debe el desarrollo de gran cantidad de algas, muchas de ellas fijas firmemente al sustrato rocoso por medio de un disco adhesivo.

El estudio de las comunidades de vida litoral, exige en grado aún mayor que aquel del pelagial, un sólido conocimiento taxonómico de las especies animales y vegetales que las integran. Entre los múltiples problemas que el litoral ofrece al estudioso figuran: la característica de la zonación biótica en diferentes puntos geográficos de la costa y su comparación en zonas protegidas y expuestas al oleaje en sustratos rocosos y arenosos; los cambios estacionales de esta zonación; los movimientos migratorios de las especies deambulatorias, en relación a las mareas y otros factores ecológicos; la influencia de factores meteorológicos (lluvias, temporales, sequías) sobre la fauna litoral; la repoblación de áreas devastadas por el hombre o por catástrofes naturales; el ciclo biológico de las especies, etc. De gran importancia en nuestros estudios es la complementación de las observaciones en el terreno con investigaciones experimentales bajo condiciones controlables. Una vez más queda

en evidencia la imposibilidad de abordar los problemas de la investigación oceanológica desde una sola de las disciplinas tradicionales. Zoología, botánica, anatomía y fisiología comparada, física, química y matemáticas, son instrumentos indispensables del buen ecólogo litoral. Su peor enemigo es el propio hombre. Cuando bandadas de turistas invaden la costa en los meses de verano, extrayendo indiscriminadamente las especies a su alcance y causando la polución del agua de las pozas litorales al arrojar en ellas sus desechos, se destruye el equilibrio ecológico natural y con ello se hace imposible cualquier estudio sobre la estructura y dinámica natural de las poblaciones litorales.

Al alejarnos de la orilla para continuar con la exploración del infralitoral hasta el borde de la plataforma continental, nos encontramos con otros problemas que requieren también otros métodos de investigación. Si bien una buena proporción del fondo marino de la plataforma continental aún alcanza a recibir un poco de luz, la vida vegetal es muy reducida en gran parte de su extensión (variable según la transparencia de las aguas). La fauna bentónica habita en parte la superficie del sustrato (epifauna) y en parte vive enterrada en él (endofauna). La distribución de las especies bentónicas está ligada —haciendo abstracción de las condiciones hidrográficas— a los factores profundidad y naturaleza del sustrato. Este último suele estar formado pre eminentemente por sedimentos depositados a través de largos años en la suave pendiente de la plataforma. Sin embargo, temporales y corrientes afectan a esta zona, moviendo o lavando sedimentos y dejando al descubierto, en algunas áreas, rocas o cascajos. La exploración batimétrica y batilitológica del fondo es por tanto la primera tarea que se presenta en un área desconocida. A través del ecosonda del buque y de muestreos efectuados con un pequeño tomafondos (o draga) en una densa red de estaciones de trabajo se obtienen datos de profundidad y muestras del fondo, las que secadas, cernidas y pesadas,

nos permiten una clasificación del sustrato de acuerdo a un criterio granulométrico en diversos tipos: roca, cascajo, arena gruesa, arena fina, arena fangosa, fango arenoso, fango, etc. La influencia que el tamaño de los granos del sedimento tiene en el carácter de la fauna bentónica se aprecia fácilmente al comparar la composición de la fauna encontrada en distintos tipos de fondo. Existen comunidades animales típicas para las distintas clases de fondo mencionadas. La extracción de muestras biológicas se realiza mediante dragas de mayor tamaño; el sedimento se elimina por lavado en finos cernidores; finalmente, el residuo es conservado en formalina y llevado al laboratorio para su elaboración posterior. Además de las dragas se emplean especialmente para el estudio de la epifauna bentónica diversos modelos de rastras. Se complementa el muestreo biológico del fondo con investigaciones sobre temperatura, salinidad y oxígeno de las aguas profundas.

¿Qué resultados pueden esperarse de los trabajos bentológicos? El primero es un inventario faunístico de la plataforma continental, indispensable para cualquier investigación dinámica. De acuerdo a la distribución de las especies en sustratos y profundidades, pueden caracterizarse las distintas comunidades biocenóticas del fondo y trazarse sus límites geográficos en los mapas correspondientes. Cumplida esta etapa, es posible abordar el problema de la producción biótica del fondo, determinando la biomasa (vale decir, el activo en organismos disponibles por metro cuadrado de superficie), y estudiando sus variaciones estacionales y ocasionales sobre la base de los factores ecológicos que pudiesen influenciarlos.

3. EL DOMINIO ABISAL

El dominio abisal, comprendido entre los escarpados bordes del talud continental y la llanura abisal es, sin duda, aun hoy día el ámbito marino menos conocido por el hombre. Los estudios físico-químicos de las aguas profundas y geológicos de los fondos abisales

nos han conducido al trazado de cartas más o menos exactas de la estratificación de los cuerpos de agua y de la distribución geográfica de los sedimentos, pero muy poco se sabe aun de la vida abisal, de su densidad y variedad en formas. Ella se desenvuelve tanto en el batipelagial (batiplancton y batimencton) como en el batibental (batibentos).

Las condiciones ambientales son más uniformes que en las capas superficiales: tranquilidad casi absoluta de las aguas, falta total de luz solar, temperaturas y salinidades bastante homogéneas. Aun en las regiones tropicales las temperaturas llegan a 1.000 m. bajo la superficie marina aproximadamente a los 5°C y continúan bajando a mayores profundidades hasta alcanzar valores de 1 a 2°C. La salinidad varía entre límites aún más estrechos. La oxigenación del dominio abisal proviene especialmente del aire disuelto que contienen las grandes masas de aguas superficiales antárticas y árticas, las que por su alta densidad descienden y avanzan hacia las latitudes bajas sobre la llanura abisal. Pero el factor que escapa totalmente a estas condiciones de uniformidad es la presión. A nivel del mar, la presión atmosférica equivale a poco más de un kilogramo por centímetro cuadrado. Por debajo de la superficie marina, la presión aumenta a razón de una atmósfera, es decir de 1,033 kilos por centímetro cuadrado por cada 10 m., aproximadamente. Por lo tanto a una profundidad de 5.500 m. la presión será de 540 kilos por centímetro cuadrado. Sin embargo, contrariamente a lo que se pensaba antiguamente, esta enorme presión no afecta a los organismos abisales; la intercomunicación de su medio interno con el ambiente que los rodea, equilibra las presiones y evita de este modo el aplastamiento de sus paredes corporales. Mientras los peces superficiales poseen a menudo una vejiga natatoria, pequeño saco lleno de gas que funciona como órgano hidrostático y no resiste rápidos cambios de presión externa, las formas abisales carecen por lo general de este órgano; el factor que

más parece afectar a los organismos abisales al ser llevados a la superficie es el cambio de temperatura.

La mayor parte de las características biológicas del dominio abisal se deriva de la falta de luz solar y de la ausencia total de vida vegetal. En las capas de agua correspondientes a las zonas altas y medias del talud continental, la lluvia de restos de organismos provenientes de las capas superiores trae aun algo de materia orgánica aprovechable por los detritófagos, pero en las grandes profundidades estos restos se reducen a caparazones esqueléticas indigeribles. De ello resulta que los organismos abisales son depredadores, sometidos a las más duras leyes de competencia alimentaria. Entre los peces se observan especies de enormes mandíbulas, otras provistas de curiosas prolongaciones (pescadores) —muchas veces luminosas— que atraen a la presa. Los colores de estos animales son negros o rojos a diferencia de los colores azulados y plateados que se observan en las aguas superficiales donde cumplen principalmente una función mimética. Dada la ausencia de luz solar cabe pensar que no podrían distinguirse colores en el dominio abisal. Sin embargo, esta región no es totalmente oscura; parte de la energía animal se convierte en luz y son numerosísimas las especies abisales provistas de potentes órganos luminosos, algunos de ellos capaces aun de dirigir el haz luminoso en determinado sentido. La generación de luz animal explica a su vez la existencia de ojos —órganos que suelen faltar en cambio en representantes típicos de ambientes dulce acuícolas desprovistos de luz (cavernas). Muchas veces ellos adquieren gran desarrollo, pueden ser pedunculados y hay casos de ojos de visión telescópica (*Argyropelecus*). A los problemas de búsqueda de alimento y de visibilidad en la zona abisal se suma el de la reproducción; el encuentro de ejemplares de sexos opuestos no siempre es fácil y hay especies (como *Endriolychnus*) que poseen machos enanos, los cuales al encontrar una hembra se fusionan inseparablemente a su cuerpo y no la abandonan nunca más, pasando a llevar una vida típicamente parasitaria.

Este brevísimo relato de algunas de las condiciones de vida de los abismos oceánicos sólo puede darnos una idea de la naturaleza de los problemas que se presentan al investigador cuando aborda el estudio de esa zona. Los métodos de trabajo que están a su disposición, aparte de las ya citadas investigaciones físico-químicas y geológicas, son el empleo de redes planctónicas para el estudio del batiplancton, al cual pertenecen también muchas formas adultas de peces; de dragas y rastras para recoger las delicadísimas especies que habitan los fondos abisales y de redes de arrastre y trampas para la captura de peces y otros animales de mayor talla. Más recientemente se están empleando con éxito la fotografía y televisión submarinas en las grandes profundidades. Por otra parte, el hombre ha bajado a los abismos oceánicos en grandes cápsulas, como fue el caso de W. Beebe, en su famosa batisfera, desde la cual este genial investigador ha realizado interesantísimas observaciones sobre densidad, composición y hábitos de la fauna abisal. Fácil es imaginar el costo de estas investigaciones que las hace prohibitivas para la mayor parte de las naciones. El trabajo con grandes longitudes de cables y a distancia de la costa exige la acción de grandes buques dotados de considerables reservas de equipo, pues la pérdida de redes e instrumentos en estos trabajos es inevitable.

Aún quedan por resolver algunas grandes incógnitas: ¿Cuál es la densidad de población en el dominio abisal? Esta pregunta, que parecía poder contestarse con estimaciones bastante bajas, vuelve a surgir en la actualidad. Los estudios cuantitativos de biomasa en el dominio abisal son tarea del futuro. A ello se agrega la necesidad de completar la lista de habitantes abisales de los cuales conocemos sólo una mínima parte. Son especialmente los animales de mayor talla los que parecen haber escapado a la acción de las redes y las trampas. A través del examen del contenido estomacal de cachalotes se sabe de la existencia de grandes cefalópodos ma-

rinos que deben habitar la zona abisal. Por lo demás, muchas veces las redes, aunque no hayan tocado el fondo oceánico, aparecen destruidas al ser izadas a cubierta desde grandes profundidades. Se ha buscado la explicación de este hecho en la captura de ejemplares de gran talla y robustez, desconocidos hasta ahora por nosotros.

II. LA INVESTIGACION PESQUERA

Las proyecciones prácticas de las investigaciones oceanológicas se multiplican vertiginosamente en nuestro tiempo: la explotación minera ya ha comenzado a invadir el fondo oceánico; fuera de las enormes reservas de petróleo que están comenzando a ser utilizadas en varias áreas de la plataforma continental, existen en el fondo del océano arcillas que contienen cobre y aluminio suficientes para satisfacer la demanda mundial durante un millón de años, al ritmo presente de consumo. A escasa profundidad se encuentran también grandes yacimientos de fosforita, mineral rico en fósforo con el cual se elaboran los fertilizantes químicos. Además, el fondo oceánico alberga nódulos de manganeso, que también contienen cobalto, níquel y cobre. Bien conocida es por otra parte la utilidad de los estudios oceanológicos en climatología y se está trabajando en la elaboración de un nuevo sistema de pronósticos de temporales a base de sismógrafos colocados en el fondo del océano y conectados con un cable a la tierra. No faltan tampoco proyectos que pretenden modificar las condiciones climáticas de áreas inhóspitas por medio de movimientos de masas de aguas marinas provocados artificialmente. La instalación de una red de faros acústicos submarinos para facilitar la navegación, la generación de energía eléctrica aprovechando corrientes de marea, la obtención de agua dulce en gran cantidad, para fines industriales y regadíos, son otros tantos proyectos realistas que están siendo abordados por el hombre.

Pero no hay duda de que la aplicación más importante de los estudios oceanológicos está en la explotación del mar como fuente de alimento para la humanidad. La enorme importancia que ha adquirido en las últimas décadas la explotación de los recursos marinos en todo el mundo, y más recientemente, también en Latinoamérica, nos ha movido a dedicar un capítulo de este trabajo a los problemas y a las investigaciones relacionadas con las actividades pesqueras, y en especial, a la biología pesquera. Esta especialidad, definida por sus objetivos prácticos, no representa, sin embargo, una rama independiente dentro de la Oceanología. No debemos olvidar que los recursos marinos explotables no pueden aislarse de la influencia del sinnúmero de factores abióticos y bióticos propios de su medio de vida. Se consideran como recursos pesqueros toda clase de organismos animales y vegetales acuáticos susceptibles o no de explotación, que cumplen en el medio que integran determinado "rol" (informe ECLA, E/CN. 12/670/Add. 4. 1963). Nosotros nos limitaremos en el presente trabajo a señalar brevemente los *recursos pesqueros explotables* del mar y sus principales características. En lo que respecta a las distintas clases de recursos pesqueros explotables, podemos hacer referencia a la clasificación y agrupación de las especies contenidas en la "Clasificación Estadística Internacional Uniforme", de la FAO para los animales y plantas acuáticas (CEIUFAPA, Anuario estadístico de Pesca, de FAO), en la cual se distinguen como grupos principales: a) peces (con 9 subgrupos); b) crustáceos, moluscos y otros invertebrados (con 3 subgrupos); c) ballenas (con 2 subgrupos); d) focas y diversos mamíferos acuáticos (con 3 subgrupos); e) diversos animales acuáticos y residuos (con 2 subgrupos), y f) plantas acuáticas.

Los integrantes de cada subgrupo presentan características ecológicas propias y su explotación se realiza mediante métodos diferentes. Una síntesis que caracterice en forma adecuada las dis-

tintas modalidades de la actividad pesquera en relación a la naturaleza de los recursos se dificulta frente a la multiplicidad de métodos y artes de pesca desarrollados regionalmente.

Si bien es cierto que en forma indirecta todas las investigaciones realizadas en el espacio marino son de alguna utilidad práctica para los fines de la explotación comercial, nos parece de interés destacar aquí aquellos estudios que por sus proyecciones prácticas inmediatas, merecen especial consideración.

La progresiva racionalización que se observa en la explotación de los recursos naturales ha traído consigo un creciente interés por investigaciones sobre determinados aspectos biológicos y tecnológicos ligados en forma íntima al rendimiento económico de los recursos. En el caso de los recursos biológicos nos encontramos ante una riqueza de naturaleza renovable cuya potencialidad, limitada por cierto, está determinada por un sinnúmero de causas, variables en su efecto e intensidad, y difíciles de aquilatar correctamente. La complejidad de los procesos dinámicos que se operan en las poblaciones explotables es todavía mayor en el espacio marino, donde el número de factores que escapan al control del hombre es superior que en otros ambientes naturales de nuestro planeta. Pese a esas limitaciones inherentes a la naturaleza y extensión del ambiente marino, la ciencia oceanológica dispone hoy de métodos que aplicados en forma coordinada y continuados metódicamente por espacio de varios años, permiten la obtención de resultados conducentes a cálculos bastante aproximados sobre la magnitud de los recursos propios de un área y al establecimiento de una política pesquera adecuada para su conservación a nivel productivo. Paralelamente a las investigaciones biológicas, y en íntima relación con los procesos de extracción, transformación y comercialización de productos pesqueros, deben desarrollarse los estudios tecnológicos y económicos destinados a racionalizar la producción pesquera, la cual, sin embargo, jamás ha de desentenderse

de las premisas científicas básicas en materia de conservación de recursos.

Pueden considerarse como objetivos básicos de la investigación pesquera: 1) la localización y evaluación de los recursos marinos; 2) la elaboración de pronósticos a corto y largo plazos de sus rendimientos, y 3) su conservación a nivel productivo. Para alcanzarlos, es preciso, ante todo, la investigación de las características propias de las poblaciones explotables y el estudio de las condiciones ambientales que condicionan en forma directa o indirecta esas características.

A. ESTUDIO DE LAS POBLACIONES MARINAS EXPLOTABLES

Dentro del estudio de estas poblaciones se presentan dos problemas básicos: su identificación y delimitación geográfica y su dinámica.

1. IDENTIFICACION Y DELIMITACION GEOGRAFICA DE LAS POBLACIONES

Al hablar de poblaciones debemos tener en mente el concepto de comunidades naturales de organismos de una misma especie. La correcta identificación de las especies de importancia económica es la base fundamental para cualquier otro tipo de estudio sobre su biología. Existen grupos genéricos que comprenden varias especies muy parecidas entre sí, cuya diferenciación requiere de un cuidadoso análisis morfológico o bioquímico. Frecuentemente tales especies aparecen reunidas bajo un mismo nombre vulgar, confundiéndose en las estadísticas y en las observaciones empíricas. En otros casos se aplican a una misma especie distintos nombres vulgares en localidades diferentes. Esto hace necesaria, junto con la revisión taxonómica de los recursos pesqueros, la elaboración de una lista oficial de sus nombres vulgares para cada país.

Los estudios taxonómicos, realizados por especialistas expertos

en los distintos grupos, generalmente no requieren de grandes medios materiales, salvo de buenas bibliotecas especializadas y museos con colecciones comparativas. Resulta a menudo necesario enviar el material para su identificación a otros países.

Sin embargo, aun dentro de una misma especie es frecuente la existencia de diferentes poblaciones que constituyen comunidades naturales de reproducción, genéticamente independientes. La diferenciación de estas poblaciones es de fundamental importancia práctica, puesto que tanto el efecto de las condiciones ambientales como aquel de la pesca serán ejercidos en forma independiente sobre cada una de ellas. La población natural es, por lo tanto, la verdadera unidad biológica que debe servir de base a los estudios que se realizan sobre los recursos pesqueros. El desmembramiento de una especie en varias poblaciones naturales a menudo ha sido facilitado por la formación de barreras geográficas, ecológicas o fisiológicas y tal fenómeno es especialmente frecuente en especies cosmopolitas, o por lo menos, de amplia distribución geográfica a lo largo de una costa o en uno de los océanos.

La delimitación geográfica de las poblaciones está, por lo tanto, estrechamente relacionada con el problema de su identificación y ambas son de importancia básica para la tarea de evaluar su magnitud. Nuestros conocimientos sobre distribución de poblaciones explotables derivan en gran parte de los resultados de la pesca comercial. Esta, sin embargo, se limita a menudo a determinadas zonas en las cuales está ya probada la presencia de recursos pesqueros en cantidad suficiente para permitir una explotación más o menos rentable, ignorándose por completo cuáles son las posibilidades de rendimiento de ciertas pesquerías fuera de los límites del área de pesca, actualmente explotada. En otros casos, el reducido radio de acción de las embarcaciones, la falta de equipo adecuado o un insuficiente desarrollo del mercado de consumo, son los factores limitantes de la expansión de las zonas de pesca.

Hay ejemplos: en diversas áreas, empresas pesqueras han realizado pescas exploratorias, pero se trata en general de intentos ocasionales y limitados obviamente por los intereses inmediatos de las respectivas industrias. Sin embargo, en varias regiones algunos ensayos de pescas exploratorias han abierto recientemente posibilidades totalmente nuevas a pesquerías que ya estaban establecidas allí durante años en forma muy limitada.

Para resolver los problemas de identificación y delimitación geográfica de poblaciones naturales, la investigación pesquera dispone fundamentalmente de tres métodos de trabajo:

a) *Reconocimientos ecoicos y pescas exploratorias*

Es un hecho bien conocido que los recursos pesqueros de mayor importancia están representados por peces o invertebrados que normalmente viven en cardúmenes, ya sea en las cercanías del fondo marino, o bien en el pelagial. Estas concentraciones son variables en densidad y forma para distintas fases de su ciclo anual. Así por ejemplo, cardúmenes de peces de una misma especie pueden ser más densos en el período de desove que en aquel de alimentación. Los cardúmenes son detectables por técnicas hidroacústicas, hoy día empleadas en gran escala por las flotas pesqueras comerciales de todo el mundo. El gran perfeccionamiento que estas técnicas han experimentado especialmente en los últimos cinco años ha dado nacimiento a un nuevo método de estudio de la densidad y magnitud de las poblaciones. Se trata de los reconocimientos ecoicos, en los cuales puede cubrirse sistemáticamente un área elegida en corto tiempo para determinar en él la abundancia de peces por medio de aparatos hidroacústicos. La posibilidad de diferenciar los ecogramas de distintas especies y, por otra parte, el desarrollo de nuevos métodos para la determina-

ción del volumen (tridimensional) y de la forma de los cardúmenes (URSS, Noruega, etc.), han hecho ya de los aparatos hidroacústicos instrumentos suficientemente precisos para la evaluación cuantitativa directa de algunas poblaciones de peces. Su aplicación, sin embargo, aún no está suficientemente generalizada, particularmente en Latinoamérica.

Por otra parte, las pescas exploratorias con redes y otras artes siguen teniendo gran importancia y son indispensables como complemento a los reconocimientos ecoicos ya citados. El muestreo directo proporciona pruebas adicionales para la correcta identificación de los cardúmenes detectados y permite conocer importantes características que el ecograma difícilmente puede revelar (tamaño de los ejemplares, tipo de concentración, etc.).

Los reconocimientos ecoicos y las pescas exploratorias destinadas a conocer la distribución de los stocks y a evaluar su magnitud deben repetirse en distintas épocas del año, teniendo en cuenta posibles variaciones estacionales de estas características. Los resultados de tales investigaciones, en lo posible complementadas por estudios de la estructura de las poblaciones, permiten elaborar pronósticos a largo y corto plazos del rendimiento de las pesquerías.

Fuera de los métodos hidroacústicos ya descritos, se han empleado con éxito en varias pesquerías de superficie (anchoveta, kilka del mar Caspio, etc.), reconocimientos aéreos para los efectos de localizar cardúmenes pocas horas antes de la pesca.

b) *Estadísticas y muestreos regionales*

Las estadísticas de desembarque por puertos llevados por las instituciones de control pesquero constituyen, siem-

pre que cumplan con una serie de requisitos —especialmente la correcta identificación de las especies—, una base excelente para el estudio de la distribución estacional de muchas especies de importancia económica. El trabajo de individualización de las poblaciones naturales requiere, además, muestreos simultáneos y continuados en distintos puntos geográficos del área de distribución de las especies. Es preciso trabajar sobre gran número de ejemplares muestreados periódicamente en cada uno de los puertos, sea desde buques-laboratorio o bien, del producto de la pesca comercial de la zona.

c) *Marcaciones*

Las marcaciones de ejemplares de una especie, también realizadas en lo posible en distintos puntos de su distribución geográfica, complementan en forma eficaz los métodos antes nombrados. A través de marcaciones masivas se han logrado descubrir distintas poblaciones naturales, cada una con hábitos propios, dentro de varias especies de importancia económica (caso típico del arenque del Atlántico Nordoriental) y, al mismo tiempo, ha sido posible seguir la trayectoria de las migraciones estacionales de cada una de ellas. El éxito de estos estudios depende principalmente de la cantidad inicial de ejemplares marcados, de la calidad de las marcas, de la intensidad de las actividades de pesca comercial y de la cooperación de la industria pesquera en la selección de ejemplares marcados dentro de las capturas. Se han empleado numerosos sistemas de marcación, entre los cuales figuran marcas externas, metálicas o de plástico, pequeñas marcas metálicas introducidas en la cavidad abdominal, recuperables por imanes instalados en las plantas elaboradoras (Noruega), marcaciones con isóto-

pos radiactivos (larvas de esturiones del mar Caspio en la URSS), etc. En Latinoamérica ha comenzado a usarse el método de las marcaciones en diversas áreas (vbg. en la pesquería de merluza y la cacería de ballenas de Chile), pero su difusión es aún insuficiente.

2. LA DINAMICA DE LAS POBLACIONES EXPLOTABLES

Entran en juego en la dinámica de una población numerosos componentes. Ellos son, entre otros: la tasa de mortalidad natural y por pesca, la abundancia numérica de los distintos grupos de edad que estructuran la población, la disponibilidad de alimento y las exigencias alimentarias en distintas etapas del ciclo vital de los individuos, el mayor o menor desarrollo de enemigos depredadores, el número y la edad de los reproductores, las condiciones ambientales determinantes del desove, la supervivencia de huevos y larvas y con ello, el reclutamiento anual de jóvenes de talla comercial, etc. Todos estos factores son cambiantes de año en año y dependen en su mayor parte de las condiciones oceanográficas y meteorológicas reinantes en el área de distribución de la población. Su estudio es de fundamental importancia para la interpretación de las fluctuaciones cuantitativas que van experimentando las poblaciones y para el pronóstico del rendimiento de su pesca, a corto y largo plazos. Una observación permanente de la estructura de las poblaciones y de sus reacciones frente a los cambios ambientales y frente al esfuerzo pesquero nos acerca progresivamente a la solución del problema clave de determinar la intensidad óptima de pesca para cada población.

De importancia básica para este enfoque dinámico del estudio de las poblaciones son: el conocimiento de su ciclo vital y de sus parámetros biológicos más importantes; el estudio de sus fluctuaciones por causas naturales y el estudio del efecto de la pesca sobre ellas.

a) *Ciclo vital y parámetros biológicos*

Interesan especialmente los aspectos bioecológicos fundamentales propios de cada una de las fases de vida de las especies de importancia económica. Figuran aquí, entre otros:

a.1.— Análisis del ciclo sexual de machos y hembras con miras a obtener antecedentes sobre:

— Talla o edad a la primera madurez sexual, de importancia para la estimación del potencial reproductor de la población y para los efectos prácticos de la reglamentación pesquera.

— La fecundidad de la especie, determinada por el número de huevos de la hembra a distintas edades.

— Epocas de madurez sexual, las que suelen ser de variada duración para cada especie. Hay especies que desovan varias veces al año y puede haber diferencias en la época de desove de los integrantes de distintas clases de edad.

— Las zonas de desove, cuya localización es generalmente el resultado de migraciones genéticas de los reproductores y su concentración en zonas de características oceanográficas favorables a la realización del desove.

a.2.— Estudio de las fases de desarrollo, destinados a proporcionar antecedentes sobre:

— Su identidad específica, a través del estudio descriptivo de las formas embrionarias, larvarias y juveniles, sin el conocimiento de las cuales no sería posible la identificación de las especies que interesan al biólogo pesquero entre las numerosas formas afines presentes en la comuni-

dad zooplanctónica. El procedimiento más seguro para la solución de este problema, básicamente de naturaleza taxonómica, consiste en la fecundación artificial de huevos procedentes de hembras en madurez sexual y su incubación en el laboratorio. De este modo, se logra la descripción precisa de todas las fases embrionarias y generalmente, de las primeras larvarias. La serie de estadios larvales más avanzados puede completarse con material obtenido por las pescas planctónicas.

— Su distribución en el espacio marino, variable en profundidad y posición geográfica con el paso de un estadio a otro. En numerosas especies animales, especialmente en aquellas de la fauna bentónica o demersal, estos cambios culminan durante el proceso de la metamorfosis, el que trae consigo importantes modificaciones en el modo de vida del individuo. Estas informaciones se obtienen a través de pescas planctónicas practicadas de acuerdo a un plan periódico.

— Su resistencia frente a cambios de las condiciones ambientales, tanto en la naturaleza como en condiciones experimentales. A través de muestreos periódicos debe llegarse a la determinación de la tasa anual de mortalidad de huevos y larvas de la población.

a.3.— Estudio sobre crecimiento y edad, a objeto de conocer:

— La estructura de la población determinada por la abundancia relativa de los diferentes grupos de edad que la componen.

— El reclutamiento anual de jóvenes de talla comercial.

— La tasa de crecimiento para los distintos grupos de edad.

— La tasa de mortalidad natural, y por efecto de pesca para estos grupos.

Estos estudios se realizan sobre muestras representativas de la población y a través de marcaciones de ejemplares en distintos puntos de la distribución geográfica de la población.

a.4.— Estudios sobre nutrición, factor de gran importancia práctica, puesto que influye decisivamente en los desplazamientos de las poblaciones y, por ende, en su asequibilidad a la pesca. Muchas veces hay migraciones tróficas de carácter estacional perfectamente predecibles. Es por lo tanto necesario estudiar, no sólo la naturaleza, sino también la distribución y abundancia estacional de alimento de las especies de importancia económica. A través del examen del contenido estomacal se logra una respuesta al primero de estos puntos. El segundo podrá ser abordado por investigaciones planctológicas en el caso de tratarse de especies planctófagas y por medio de investigaciones bentológicas y pescas exploratorias en otros casos. Además, es de importancia el estudio de la fluctuación estacional del contenido graso de las especies, más bajo por lo general en el período de desove y más alto, en cambio, en la época de reposo sexual, con las consiguientes repercusiones sobre la elaboración industrial de la especie.

b) *Fluctuaciones por causas naturales*

Sobre la base de los antecedentes obtenidos en el curso del estudio hasta aquí señalado, es posible abordar uno de los problemas que afectan en la forma más inmediata el rendimiento de la pesca. Esta puede alterarse, a pesar de un esfuerzo pesquero constante, principalmente por dos ra-

zonas: a) por variaciones en la asequibilidad, y b) por variaciones en la magnitud de la población, aplicándose a este último fenómeno el término "fluctuaciones". En el primer caso puede señalarse, entre otras causas, la desaparición de los cardúmenes de áreas de pesca normalmente ricas, determinada muchas veces por cambios ambientales (características físico-químicas del agua o distribución del alimento), o bien, por la dispersión de los cardúmenes dentro del área de pesca. En el caso de las fluctuaciones, en cambio, juega un importante papel como causa determinante, la riqueza numérica de las nuevas generaciones que se van integrando anualmente a la parte explotable de la población, riqueza que a su vez es condicionada por la cantidad de huevos depositados anualmente por los reproductores y por su mayor o menor tasa de supervivencia en las críticas fases embrionarias y larvarias. Esta supervivencia depende también de las condiciones ambientales y, de este modo, hay años de reclutamiento buenos y malos, que hacen sentir su efecto sobre la magnitud de la población por un mayor o menor número de años, según la edad comercial que alcanza la especie. Otra de las causas codeterminantes de fluctuaciones es la tasa de mortalidad natural y por pesca que afecta al stock comercial de la población. La importancia de las fluctuaciones de una población por causas naturales para los pronósticos de rendimiento de la pesca no debe ser subestimada y su estudio merece la atención preferente del biólogo pesquero.

c) *El efecto de la pesca*

Es una de las tareas más complicadas para el biólogo pesquero encontrar respuesta a la pregunta: hasta qué punto pueden desarrollarse las pesquerías sin causar perjuicios

a la potencialidad biológica de las poblaciones, y cómo puede, por otra parte, llegar a obtenerse el rendimiento máximo de su potencial productivo. La acción del factor pesca, introducido artificialmente en el sistema bioecológico, provoca una alteración del equilibrio natural en que se encontraban los diferentes componentes ya mencionados de la dinámica de una población. Las poblaciones vírgenes pueden, por efecto de la pesca, incrementar su productividad, pues, al bajar la densidad de la población desde el nivel de saturación natural, se obtienen mejores condiciones de alimentación y de crecimiento, y una baja de la cifra de mortalidad natural. Por otra parte, un exceso de pesca incurre en el riesgo de disminuir la rentabilidad de la explotación, al reducir la población a un número insuficiente de individuos para consumir el alimento disponible y convertirlo en carne y, además, en muchas especies de baja fertilidad, para asegurar la producción de una descendencia de adecuada magnitud. En la intensificación gradual del esfuerzo pesquero, van generándose sucesivamente nuevos niveles de equilibrio entre la densidad de la población y el rendimiento pesquero. Este podrá ser incrementado hasta que sea alcanzada la productividad óptima de la población. En etapas más avanzadas de la intensificación de la pesca, el rendimiento termina por disminuir, porque se extrae más de lo que biológicamente se produce. El equilibrio alcanzado a nivel de la productividad óptima permite el *rendimiento máximo sustentable* o *rendimiento de equilibrio*, el cual teóricamente debería mantenerse invariable, pero que en la práctica también está expuesto a alteraciones, debido a las fluctuaciones naturales de la población ya señaladas anteriormente. La productividad óptima difiere, naturalmente, para cada población de acuerdo a su

nivel propio de mortalidad natural y su ritmo de crecimiento y reproducción.

El factor "mortalidad por pesca" dentro de la dinámica de una población ha sido objeto de numerosos y detallados estudios en varias poblaciones de peces explotadas comercialmente. En base a la experiencia obtenida a través de largos años de investigaciones, se han elaborado modelos matemáticos que pretenden expresar las leyes que rigen la interacción de los distintos factores responsables de las fluctuaciones en la magnitud de las poblaciones, y entre ellos, el efecto del factor "pesca". Sobre la base de estos modelos se realizan cálculos del rendimiento de equilibrio y se discuten las medidas de regulación de la pesca. Sin embargo, son aun contados los casos de poblaciones en las cuales el avanzado estado de los estudios permite la obtención de conclusiones definitivas que puedan asegurar a la industria pesquera un rendimiento estable e ininterrumpido.

B. INVESTIGACIONES AMBIENTALES

El conocimiento de las características abióticas y bióticas del agua en las áreas habitadas por recursos pesqueros es, como ya ha sido señalado anteriormente, de gran importancia para la interpretación de los procesos dinámicos que se operan dentro de una población. Nos hemos referido ya en el primer capítulo a la mayor parte de esas investigaciones. Entre ellas se destacan como problemas de especial interés para la biología pesquera las siguientes:

1. DINAMICA DE LAS MASAS DE AGUA

Los organismos marinos dependen en forma directa o indirecta de las características físicas y químicas de las aguas que habitan:

Directamente, por su mayor o menor margen de resistencia durante la fase larval o adulta, a las modificaciones que ocasionalmente pueden sufrir estas características. Entre los factores oceanográficos que pueden afectar los hábitos, la distribución y la abundancia de los organismos marinos figuran principalmente las corrientes con sus características propias de temperatura, salinidad y oxigenación. La adaptabilidad de los organismos a los cambios que en forma individual o conjunta pueden experimentar los factores ambientales, es un carácter netamente específico (particular para cada especie animal). En muchos casos los límites ecológicos son más estrechos para las formas larvales que para los adultos, y muy especialmente lo son para los huevos recién liberados del cuerpo materno. Esto explica el por qué las áreas de desove de muchas especies suelen encontrarse muy bien delimitadas en el espacio marino por sus exigencias ecológicas particulares. Por otra parte, es bien conocida la influencia de los cambios físico-químicos del agua sobre los desplazamientos periódicos, estacionales u ocasionales, de cardúmenes de peces.

Indirectamente, a través de la influencia de los fenómenos dinámicos de las masas de agua sobre las condiciones nutricias regionales. La disponibilidad de alimento en cantidad suficiente, sea en la fase larval o en la adulta, constituye uno de los principales factores limitantes del crecimiento de las poblaciones animales y con ello, de las pesquerías.

2. EVALUACION DE LA PRODUCCION PLANCTONICA

La importancia práctica de la medición de la producción planctónica y de la estimación del activo en organismos del fito y zooplancton (ver capítulo I), se comprende fácilmente si se piensa que el proceso de la bioproducción en el mar tiene, al igual que en otros ambientes de nuestro planeta, el carácter de una reacción en cadena. Muchos peces de importancia comercial

son planctófagos (anchoveta) y otros, a su vez, son depredadores de organismos planctófagos. Al problema de la evaluación de la producción planctónica se suma la necesidad de conocer la selectividad que caracteriza los hábitos alimentarios de los devoradores del plancton, que prefieren determinadas especies de organismos cuya presencia y abundancia regional puede llegar a ser determinante para la posición y concentración de sus cardúmenes.

3. PROSPECCION FISICA Y BIOLOGICA DE LOS FONDOS MARINOS ASEQUIBLES A LA EXPLOTACION COMERCIAL

Estos estudios tienen especial importancia en aquellas áreas que albergan especies bentónicas o demersales (nadadoras que habitan las proximidades del fondo) de importancia económica, cuyos ciclos biológicos están en estrecha dependencia de las características físicas y biológicas del fondo marino. Este es especialmente el caso en una amplia extensión de la plataforma continental asequible a la pesca de arrastre y de línea. Los accidentes topográficos del suelo, así como la naturaleza del sustrato, son de decisiva importancia para la elección del método de pesca. Al igual que en las aguas del mar abierto existe también en el fondo una producción biótica, que constituye la base alimentaria para un buen número de especies de valor económico. Sin embargo, a diferencia de las comunidades planctónicas, la vida bentónica se caracteriza por una producción primaria mucho menos desarrollada —a excepción de la faja litoral rica en algas— puesto que está integrada casi exclusivamente por organismos animales que representan etapas intermedias en la cadena alimentaria. Los factores que influyen la bioproducción bentónica son principalmente la riqueza en materia orgánica de los fondos, la naturaleza del sustrato, las corrientes marinas y sus características físico-químicas, etc. La prospección bentológica comprende principalmente el levantamiento de cartas batilitológicas sobre la base de los datos

de profundidad y naturaleza del sustrato, y mapas bionómicos en los cuales se registra la distribución, abundancia y composición de la fauna que habita los diferentes tipos de sustrato.

III. LA OCEANOLOGIA EN LATINOAMERICA

El interés por los estudios oceanológicos en Latinoamérica se ha despertado sólo en las últimas dos décadas de nuestro siglo. Sin duda, este hecho se debe en gran parte al rango subordinado que siempre ha ocupado el campo de las Ciencias Naturales en nuestro ambiente científico. La Biología tuvo su mayor desarrollo en las escuelas universitarias profesionales, adaptándose preeminentemente a las necesidades de las ciencias médicas. Esto no significa, sin embargo, que nada se haya hecho en materia de Ciencias Naturales en los países latinoamericanos, y sería injusto no destacar debidamente los magníficos trabajos que grandes pioneros naturalistas como Molina, Gay, Philippi, Porter y otros han realizado, por ejemplo, en Chile. Pero desgraciadamente la escuela naturalista no encontró entre nosotros la resonancia y el apoyo suficientes para encauzar sus actividades en un programa sistemático y continuado.

Los primeros trabajos oceanológicos (aún no bien diferenciados como tales dentro de las Ciencias Naturales), de carácter esencialmente taxonómico, fueron emprendidos con miras a obtener catálogos faunísticos y mapas biogeográficos. La mayor parte de ellos fue realizada por expediciones extranjeras que cubrieron extensas áreas de los océanos, llegando también hasta las costas atlánticas o pacíficas de Latinoamérica. Por este motivo, la mayor parte de los ejemplares tipo que sirvieron de base a la descripción de especies nuevas se encuentran actualmente en museos de Europa y Norteamérica. Paralelamente a la exploración biogeográfica, estas expediciones llevaron a cabo los primeros estudios sobre la hidrografía, la geomorfología y la producción planctóni-

ca de nuestros mares. El cúmulo de conocimientos oceanológicos y faunísticos que han proporcionado siempre será de valor básico en la programación y ejecución de cualquier estudio regional más intensivo. Frente a las costas pacíficas de nuestro continente han trabajado, entre otras, las expediciones "CHALLENGER, ALBATROSS, DISCOVERY, ALLAN HANCOCK, LUND, SHELLBACK, DOWNWIND, VEMA, STEPONE, ELTANIN", etc., y en el Atlántico, "CHALLENGER, METEOR, SIBOGA, ALLAN HANCOCK, DISCOVERY", etc. y muchos cruceros emprendidos especialmente por instituciones norteamericanas en el Mar Caribe.

Recientemente varios países latinoamericanos han comenzado a su vez con expediciones de mayor envergadura frente a sus costas, como Chile (expediciones organizadas con participación de las Universidades, el Departamento de Pesca y Caza, la Armada de Chile, etc.), Perú (cruceros del Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas, Instituto del Mar), Argentina (Expediciones del Servicio Nacional de Hidrografía de la Secretaría de Marina y el Instituto de Biología Marina del Mar del Plata), y Brasil (campañas del Instituto Oceanográfico de Sao Paulo y la División Estatal de Pesca). Con la creación de importantes centros oceanológicos que disponen de los medios humanos y materiales para realizar estas expediciones, Latinoamérica comienza a tomar parte en las investigaciones oceanológica dinámicas. Trabajan ya en forma más o menos intensiva en problemas de dinámica de masas de agua (planctología y bentología) algunos Institutos de importancia en Brasil, Argentina, Chile, Perú, Venezuela, Ecuador, México y Cuba, la mayor parte de los cuales es de reciente creación. El aspecto científico básico de la Oceanología ha sido objeto de la preocupación de muchas Universidades latinoamericanas y este interés ha sido fomentado por la ayuda técnica y financiera de UNESCO, institución que ha actuado además como organismo coordinador internacional. Pero, sin duda, uno de los mayores estímulos para el desarrollo de las actividades de investigación oceanológica en

Latinoamérica ha sido en los últimos años la creciente importancia de la industria pesquera, si bien esta última sólo en contados casos ha tenido conciencia de la necesidad de fomentar los trabajos de Biología Pesquera. Han sido especialmente los gobiernos nacionales y entidades internacionales como la FAO los promotores de las investigaciones propiamente pesqueras, principalmente a través de la creación de Institutos especiales dedicados a este fin. La preocupación de los gobiernos por obtener nuevas fuentes de ingreso a través del aprovechamiento integral de recursos marinos latentes o insuficientemente explotados, se ha traducido en general en una política pesquera destinada a aumentar la producción. Para obtener una idea de la importancia regional de la producción pesquera y de las fluctuaciones cuantitativas que ésta ha experimentado en el curso de los últimos años, basta examinar los datos de producción pesquera de los países latinoamericanos aparecidos en los últimos volúmenes del Anuario Estadístico de Pesca de la FAO (último volumen publicado: 1963).

Llama la atención a primera vista la desproporcionada magnitud que ha alcanzado, en relación a otros países, la pesca peruana, la que al bordear en 1963 los siete millones de toneladas anuales ha colocado a este país no sólo a la cabeza de América en el rubro pesquero, sino además en el segundo lugar entre las naciones pesqueras del mundo (en 1964, Perú pasó a ocupar el primer lugar). Fuera del Perú, hay en Latinoamérica un solo país con una producción mayor de quinientas mil toneladas anuales: Chile (762.800 ton.), y tres otros con producciones superiores a las 100.000 toneladas: Brasil (379.400*), México (244.300), y Argentina (124.000). Con más de 50.000 toneladas figuran Venezuela (97.200) y Ecuador (52.200). Finalmente, tienen una producción pesquera inferior a las 50.000 toneladas: Colombia

*Datos de 1962.

(47.400), el conjunto de naciones isleñas pertenecientes a las grandes y pequeñas Antillas, haciendo abstracción de Cuba, nación que consideraremos aparte, ya que aporta por sí sola el 42% a la producción total de esas islas (49.400), Cuba (35.600), el conjunto de naciones de Centroamérica continental (31.400*), las tres Guayanas (aprox. 12.500) y Uruguay (3.400).

La mayor parte de la producción arriba señalada corresponde a las pesquerías marítimas, ya que son contados los países latinoamericanos que han desarrollado actividades pesqueras continentales (de agua dulce) de consideración. Estos son principalmente: Perú (80.000 toneladas anuales), Brasil (63.500 ton.*), Colombia (22.500 ton.), Venezuela (13.200 ton.), Argentina (11.800 ton.), y México (4.300 ton.). Sobre la pesca continental de Ecuador y Bolivia, desgraciadamente, no tenemos datos. En todos los casos la producción pesquera continental es, sin embargo, muy inferior a la marítima.

Una vez analizada la magnitud de la producción pesquera de los países latinoamericanos, es de interés comparar los valores de 1963 con aquellos de los años anteriores (desde 1957), a fin de conocer el grado de crecimiento o de disminución que la producción ha experimentado en ese período. De esta comparación se desprende que existen grandes diferencias entre los países en lo que respecta a la evolución de su producción pesquera. En efecto, el ritmo de aumento no siempre guarda relación directa con la importancia que tienen los países en base a su producción pesquera actual. Al catalogar los países latinoamericanos de acuerdo a su evolución pesquera reciente, se obtiene un orden de secuencia bastante distinto de aquel que habíamos dado anteriormente sobre la base de su producción de 1963. Si tomamos como base de comparación el aumento o la disminución de la producción pesquera en 1963 con respecto a 1957, obtenemos el siguiente cuadro: 1^o) más de

*Datos de 1962.

1.000% de aumento: Perú (1.328%); 2º) más de 100% de aumento: Chile (256%), el conjunto de naciones de Centroamérica continental (151%*), las Guayanas (126%*) y México (107,9%); 3º) entre 50 y 100% de aumento: Ecuador (97,7%), Brasil (78,8%*), el conjunto de naciones isleñas del Caribe, exceptuando a Cuba (76,4%), Cuba (61,8%), Colombia (57,7%) y Argentina (52%); 4º) menos de 50% de aumento: Venezuela (16,2%), y 5º) disminución de la producción: Uruguay (-50,8%). Estas cifras, si bien proporcionan una idea de la evolución de la producción pesquera de las naciones latinoamericanas, nada nos dicen sobre la estructura pesquera regional. Dentro de cada área se han ido diferenciando en forma natural pesquerías, de acuerdo a las condiciones especiales que se ofrecen al desarrollo pesquero. Esas condiciones están dadas principalmente por la abundancia de determinadas especies, cuya pesca requiere de métodos propios, por la topografía costera y submarina, por el desarrollo socioeconómico de la población y por el valor comercial de las especies explotadas. Hay pesquerías que descansan principalmente sobre una sola especie, dando ésta el nombre a la pesquería (pesquería de anchoveta del Perú); en otras, varias especies son de gran importancia para una misma pesquería, la cual suele denominarse entonces por el método o arte de pesca empleado (pesquería de arrastre del sur del Brasil). Puede decirse en términos generales, que la diversificación y especialización de la actividad pesquera conducente al establecimiento de pesquerías está íntimamente ligada al desarrollo industrial de cada área. Además de las pesquerías propiamente tales existen en muchas áreas actividades pesqueras de carácter muy heterogéneo, tanto en lo que se refiere a las especies explotadas, como a los métodos y artes empleados. Tal es el caso, por ejemplo, de muchas actividades de pesca artesanal costera, que explotan

*Datos de 1962.

gran variedad de especies, sin que predomine, dentro de éstas, ninguna forma especial.

Las actividades pesqueras han alcanzado muy diversos niveles de desarrollo en los diferentes países latinoamericanos y este desarrollo no ha sido necesariamente proporcional a sus respectivas potencialidades pesqueras naturales. En grandes sectores de la costa, tanto atlántica como pacífica, aún no se han logrado establecer pesquerías industriales; en otras, en cambio, existen pesquerías que han alcanzado un desarrollo considerable. Este carácter heterogéneo del desarrollo pesquero latinoamericano se manifiesta además en el grado de diversificación y especialización de las actividades extractivas y de elaboración industrial, existiendo países (Brasil, México, Chile, etc.), con mayor variedad de pesquerías a nivel productivo y por otra parte otros (Perú) en que una sola pesquería constituye la base de la producción pesquera nacional. Puede decirse en términos generales que los países latinoamericanos, aun aquellos que han desarrollado grandes pesquerías industriales, están todavía lejos de alcanzar el nivel óptimo de aprovechamiento de sus recursos marinos, si se piensa en las posibilidades de diversificación de las actividades pesqueras. Un claro ejemplo de esto se nos presenta en la producción pesquera del Perú, nación que como ya se había dicho más arriba, pasó a ocupar recientemente el primer lugar entre las naciones pesqueras del mundo, en lo que respecta a la magnitud de la producción. Sin embargo, más del 99% de la producción pesquera peruana es el producto de la explotación de una sola especie, la anchoveta, de cuya disponibilidad regular y en cantidad suficiente depende prácticamente en su totalidad la actividad pesquera peruana; las demás especies comestibles aún no se explotan en forma intensiva. La planificación de políticas pesqueras nacionales realistas y bien fundamentadas es una de las necesidades básicas de los países latinoamericanos, y esta planificación no debe circunscribirse, como

ha sucedido en varios casos (por ejemplo en la pesquería de anchoveta del norte de Chile que este año está atravesando por un grave período de crisis) a criterios exclusivamente comerciales. Las grandes pesquerías no pueden improvisarse; es preciso consolidar científicamente las bases para su desarrollo normal, tanto en el campo biológico como en los aspectos tecnológico y económico.

Haciendo abstracción de algunas pesquerías altamente desarrolladas, que posiblemente estén próximas a alcanzar el rendimiento óptimo de equilibrio (pesquería de anchoveta del Perú, pesquería de camarones de México, pesquería de merluza de Chile central) no cabe duda de que existen aún buenas posibilidades de desarrollo para la mayor parte de las pesquerías establecidas en las costas latinoamericanas y para surgimiento de otras nuevas, sobre la base de recursos hoy escasamente explotados o latentes. ¿Hasta qué punto será posible incrementar la producción pesquera regional? Esta es una pregunta difícil de contestar en la actualidad, si bien se han aplicado cálculos modelos a varias pesquerías latinoamericanas a fin de obtener siquiera valores aproximados de producción futura. Sólo la investigación oceanológica y pesquera, debidamente correlacionada con la pesca comercial, estará en condiciones de encontrar respuesta a esta interrogante básica que encierra en sí el problema de llegar a una explotación racional y continuada de los recursos pesqueros.

Estas consideraciones nos llevan a la pregunta: ¿Qué se está haciendo actualmente en Latinoamérica para ampliar los conocimientos sobre los recursos marinos explotados? En el caso de gran parte de las pesquerías latinoamericanas las investigaciones se han limitado a la clasificación taxonómica de las especies explotadas y existen aún muchas que no han sido objeto de investigación alguna. En lo que respecta al problema de la identificación y delimitación geográfica de poblaciones explotables, éste ha sido abordado recientemente en el estudio de varias pesquerías impor-

tantes. Se están realizando además pescas exploratorias más o menos intensivas en el Norte y Centro de Chile, en Perú, en el Sur del Brasil, Cuba, Venezuela y Nordeste de Brasil. Entre los estudios sobre ciclos biológicos de especies explotables figuran trabajos de importancia directa para varias pesquerías (cacería de ballena de Perú y Chile, pesquerías de merluza y anchoveta de Chile, pesquerías de camarones y langostas de Ecuador, pesquería de arrastre costero de Argentina, pesca artesanal en lagunas salobres del sur del Brasil, etc.). Finalmente, en algunos programas de investigación se ha logrado abarcar los aspectos de fluctuación de las poblaciones (pesquería de anchoveta del Perú y del Norte de Chile, pesquería de moluscos de México, pesquería de langostas del nordeste de Brasil, pesquerías de camarones del Centro y Sur del Brasil, pesquería de arrastre de altura de Argentina, pesquería de merluza de Chile). Por otra parte, se han iniciado en varias áreas de pesca las investigaciones ambientales, si bien muchas veces un tanto desligadas de los estudios pesqueros propiamente tales.

Pero todos estos trabajos que acabamos de mencionar constituyen sólo un primer esfuerzo que Latinoamérica está realizando para fundamentar científicamente sus actividades pesqueras. Podemos decir estimativamente que el porcentaje de pesquerías que son objeto de investigaciones integrales no supera el 20% de su número total. Puede señalarse como principales obstáculos a una labor más eficiente de investigación pesquera de Latinoamérica, los siguientes: 1) insuficiencia de fondos para emprender investigaciones de tipo integral; 2) falta de estabilidad en la estructura de muchas instituciones y con ello, de continuidad de sus programas de investigación; 3) notoria desconexión entre las actividades de investigación y de pesca comercial; 4) insuficiente coordinación de programas en áreas vecinas y aun dentro de cada área; 5) dificultades técnicas en la formación de personal capacitado para la investigación pesquera.

El creciente interés por la investigación pesquera en varios países latinoamericanos constituye un buen estímulo para la intensificación de los estudios en nuestro país. Es de esperar que a través de una decidida acción de fomento por parte de los gobiernos y organismos internacionales vinculados con la pesca, la investigación pesquera latinoamericana alcance pronto el nivel que le corresponde por la importancia de las actividades pesqueras del continente.

IV. LA UNIVERSIDAD Y LA OCEANOLOGIA

En los últimos 20 años se han desarrollado en Latinoamérica una serie de instituciones relacionadas directa o indirectamente con la investigación oceanológica. Figuran entre ellas Universidades, institutos estatales de Investigación Pesquera, institutos particulares no universitarios e instituciones de Fomento Pesquero. Sin embargo, en la práctica estas diferentes instituciones no siempre están claramente diferenciadas en cuanto a sus funciones específicas, más bien suele tratarse de entidades de funciones mixtas. En general, puede observarse que aquellos países que han desarrollado pesquerías industriales de cierta importancia poseen al mismo tiempo institutos de investigación oceanológica. Entre los países latinoamericanos que poseen centros bien desarrollados se encuentran actualmente Brasil (Instituto Oceanográfico de Sao Paulo dependiente de la Universidad de Sao Paulo), Chile (Estación de Biología Marina de la Universidad de Chile, Instituto de Fomento Pesquero, gubernamental administrado por la FAO), Argentina (Instituto de Biología Marina del Mar del Plata dependiente de tres Universidades, Servicio de Hidrografía de la Secretaría de Marina), Venezuela (Instituto Oceanográfico de Cumaná de la Universidad de Oriente), Perú (Instituto de Investigaciones de los Recursos Marinos, creado por la FAO y dependiente actual-

mente de la Marina), Ecuador (Instituto Nacional de Pesca, gubernamental, creado por la FAO), etc.

Entre las instituciones citadas, varias son de carácter universitario, y existen muchas otras de menor desarrollo que no hemos mencionado. Por lo tanto, no cabe duda de que las Universidades latinoamericanas han demostrado interés por el campo oceanológico. Pero es necesario analizar un poco más detenidamente la participación de la Universidad en el campo de la Oceanología y la forma en que ella puede contribuir mejor al desarrollo de esta ciencia en Latinoamérica.

Se tropieza a menudo con la dificultad de diferenciar claramente lo que debe llamarse "Oceanología pura" y "Oceanología aplicada". A nuestro juicio, es ésta una división de carácter artificial, pues la investigación científica utiliza, en cualquiera de sus campos de actividad, el mismo método racional para descubrir relaciones de causa y efecto y para conocer la organización de unidades y sistemas que integran el mundo en que vivimos. No deberíamos hablar de ciencia aplicada, sino más bien de aplicaciones de las ciencias, aspectos que son de interés práctico para el hombre. Muy pocos son los campos de las ciencias que no han encontrado, tarde o temprano, alguna aplicación práctica. Este hecho es especialmente palpable en el caso de la Oceanología, en la cual la complementación de distintas líneas de trabajo es indispensable para llegar a comprender en forma integral la compleja interacción de factores que caracteriza a cualquier fenómeno oceánico que desea estudiarse. La investigación pesquera, si bien se concentra en el estudio de poblaciones explotables comercialmente, tampoco puede desentenderse de esta premisa básica. No debe olvidarse que las poblaciones explotables representan por lo general los últimos eslabones de una larga cadena alimentaria, la que no puede ser tratada parcialmente en los programas de investigación. Existen áreas geográficas en las cuales la investigación oceanológica se ha estado practicando durante más de 50 años (Mar del Norte, por

ejemplo) y los estudios especializados de Biología Pesquera pueden fundarse en un cúmulo de conocimientos básicos ya existentes. Nuestra ciencia oceanológica latinoamericana, en cambio, es joven y nuestra biología pesquera deberá ir diferenciándose paulatinamente como especialidad, pero sin perder el contacto con las ramas básicas de la Oceanología.

El acento del trabajo de investigación universitario estará siempre sobre problemas de importancia básica, pero la Universidad no puede por otra parte permanecer ajena a los agudos problemas nacionales cuya solución integral requiere del concurso de la investigación científica. Así lo han comprendido muchos de los Institutos Oceanológicos Universitarios de Latinoamérica que, junto con abordar el estudio de problemas que no tienen interés económico inmediato, han aportado también importantes trabajos en el campo de la biología pesquera. La Universidad debe velar para que la orientación práctica, aplicada a las investigaciones oceanológicas, no se desvincule de la investigación básica general del ambiente marino. Debe evitarse que las investigaciones aplicadas a problemas prácticos degeneren, a través del establecimiento de determinados criterios y métodos unilaterales, en un estéril tecnicismo rutinario.

Pero, sin duda, es aún mayor la responsabilidad que recae sobre la Universidad en el problema de la formación de personal capacitado, tanto para las funciones docentes, como para la investigación básica y pesquera. La importancia de esta función debe ser destacada especialmente en Latinoamérica, donde la actividad pesquera se encuentra en pleno desarrollo, y la investigación oceanológica, en cambio, no ha sobrepasado por lo general las fases iniciales. La eficacia del programa de investigación continuado a través de largos períodos depende de la disponibilidad de personal *nacional* especializado. La progresiva creación de más y mayores centros de investigación oceanológica ha producido ya en varios países, así por ejemplo en el nuestro, una demanda de personal especializado que no puede ser satisfecha en la actualidad. Latino-

américa necesita urgentemente preparar un mayor número de especialistas en Oceanología (incluyendo biología pesquera), tecnología pesquera y economía pesquera. Analicemos brevemente qué tipo de preparación básica y especializada se requiere en estos campos.

1º *Oceanólogos*. A nuestro juicio, es indispensable diferenciar claramente dos etapas en la formación de este personal: una primera de carácter básico y otra especializada, orientada hacia diferentes líneas de investigación.

Los estudios básicos deben ser comunes para las especialidades de las Ciencias Naturales y Exactas, aun cuando ellas no estén relacionadas con problemas oceanológicos. No deberían estar subordinados a criterios profesionales. La creación de carreras profesionales paralelas a este nivel básico multiplica inútilmente las necesidades de personal docente y de medios de enseñanza; por otra parte, expone a los estudiantes a sufrir limitaciones en sus bases científicas generales y a encontrarse desde un comienzo formalmente encasillados en una determinada línea de especialización, que no siempre es fácil de cambiar por otra después de algunos años de estudio. Finalmente, si bien la demanda de oceanólogos es grande en la actualidad, ello no es garantía para el empleo de un número anual regular de nuevos profesionales en el futuro. Las Facultades de Ciencias Naturales y Exactas son los núcleos más indicados para proporcionar a todos los demás sectores de la Universidad la formación básica adecuada. Esta debe incluir tanto los ramos físico-matemáticos como los biológicos, pudiendo darse mayor importancia a unos o a otros, según los intereses de los estudiantes. Pero es muy discutible la conveniencia de impartir en esta primera etapa una orientación más especializada si se quiere evitar el enfoque unilateral de los problemas oceanológicos desde un ángulo de especialidad técnica un tanto desvinculada de los problemas globales. La culminación de los estudios básicos en un grado acadé-

mico (Licenciatura en Ciencias Biológicas o Naturales, por ejemplo) daría a los interesados en problemas oceanológicos las mejores posibilidades para continuar sus estudios a nivel más especializado en la misma o en otras Universidades. Muchas de las Universidades latinoamericanas que no poseen elementos suficientes para impartir docencia en los campos especializados de la Oceanología, cumplirían de este modo una función importante en la preparación de personal capacitado para especializarse en un corto plazo en esas materias, ya sea en otra Universidad del mismo país o en el extranjero. En la actualidad, sin embargo, la falta de Facultades de Ciencias Básicas o Naturales en muchas Universidades latinoamericanas, organizadas exclusivamente sobre la base de escuelas profesionales, obliga a los egresados de carreras biológicas orientadas hacia otras finalidades a ocuparse de los problemas de investigación oceanológica, en desmedro de su propia formación especializada.

Los estudios especializados, de carácter más bien profesional, comprenden varias asignaturas propias de la Oceanología, en las que se imparte docencia más o menos intensiva según la orientación especializada de los estudiantes hacia una u otra de sus ramas principales. En esta etapa se puede pensar en la formación de biólogos pesqueros. Gran parte en las Universidades latinoamericanas no está aún en condiciones de abordar en forma satisfactoria y con elementos propios esta etapa, si bien se están haciendo esfuerzos en ese sentido en varios países como Brasil, Argentina, Chile, Venezuela, México y Perú. Las posibilidades de especialización en investigación oceanológica propiamente tal para el estudiante latinoamericano, aún dependen en gran parte de sus posibilidades de obtener becas de estudio en el extranjero. Existe un plan de UNESCO para coordinar estos esfuerzos a través de la creación de Centros de Capacitación en Oceanología en los cuatro primeros de los países nombrados, bien dotados de personal docente y de medios de enseñanza, a fin de dar así a los estudiantes latinoame-

icanos mejores oportunidades para agotar las posibilidades de formación en Oceanología dentro de Latinoamérica, antes de continuar sus estudios en países de otros continentes.

2º *Tecnólogos pesqueros.* Se necesita personal de muy diversa formación y es más difícil reconocer en ellos un carácter profesional común.

Las investigaciones sobre el mejoramiento de artes y métodos de pesca requieren de conocimientos sólidos sobre ciertos aspectos de la Biología Pesquera (en especial de hábitos ecológicos de cardúmenes de peces) y sobre materiales y técnicas utilizados en la fase extractiva de la pesca comercial.

Las investigaciones sobre procesos de industrialización de productos pesqueros presuponen conocimientos en Química Orgánica, Bromatología, Bacteriología, técnicas de elaboración industrial, conocimiento de la Bioquímica de especies de importancia comercial, etc.

Finalmente, los estudios sobre el mejoramiento de las condiciones sanitarias en la producción pesquera, necesitan de conocimientos en Higiene Pesquera, Bacteriología, Química, Bromatología, Parasitología, Toxicología y otras asignaturas, especializadas en su aplicación a los productos pesqueros.

Varias Universidades latinoamericanas han creado centros de estudio tecnológico-pesqueros, pero en general éstos están todavía lejos de alcanzar un nivel de desarrollo proporcional a la importancia de las actividades pesqueras comerciales de los diferentes países. También aquí, al igual que en el campo de la Biología Pesquera, se ha debido recurrir a menudo a profesionales egresados de carreras universitarias de orientación diferente (Química y Farmacia, Medicina, Veterinaria, etc.), para especializarlos posteriormente en Tecnología Pesquera. Sólo en materia de sanidad de los productos pesqueros, el papel preponderante corresponde al profesional médico veterinario regional. Pero es especialmente

el campo de la elaboración de productos pesqueros el que ha logrado desarrollarse mejor en los centros de formación tecnológico-pesquera. La investigación de la fase extractiva es muy costosa, pues precisa del equipo para realizar pescas experimentales y para construir nuevos modelos de artes de pesca. Los profesionales que se han formado en esa especialidad (en forma muy teórica por la falta de medios de docencia adecuados) no encuentran, por lo demás, fácilmente ocupación en nuestras industrias pesqueras. Se necesita en cambio formar mayor número de prácticos en materia de pesca, vale decir, buenos patrones de pesca, y para ello son mucho más adecuadas que las Universidades, las Escuelas de Pesca al estilo escandinavo, a las cuales pueden ingresar alumnos de escuelas primarias, que aprenden práctica y teóricamente todo lo relacionado con la pesca, junto con sus estudios humanísticos. El escaso número de Escuelas de Pesca existentes en Chile ha realizado una labor excelente, pero limitada debido a que no han recibido el debido apoyo del Estado.

3º *Economistas pesqueros.* De formación muy diferente a aquella de oceanólogos y tecnólogos pesqueros, ellos deberían tener, sin embargo, una buena cultura general en Oceanología y Biología Pesquera y conocimientos básicos en materia de extracción, elaboración industrial y sanidad de productos pesqueros. Sólo el permanente contacto del economista con personal especializado en estos campos será garantía para una política pesquera nacional bien equilibrada.

La visión general que acabamos de exponer sobre las tareas que corresponde desarrollar a la Universidad en el campo de la Oceanología debe incitarnos a pensar hasta qué punto nuestras universidades están en condiciones, en el momento actual, para cumplir satisfactoriamente estas tareas. Es muy difícil generalizar cualquier aseveración al respecto, pues la situación varía considerablemente de una Universidad a otra. Pero no cabe duda de que

es imprescindible un mayor despliegue de actividad y una mejor planificación de las labores docentes y de investigación por parte de la Universidad en el campo oceanológico. Se ve disminuida la efectividad del esfuerzo universitario especialmente por:

a) El criterio profesionalista que caracteriza en muchos casos el ambiente universitario, y que resulta de la estructura de las universidades sobre la base de escuelas profesionales pertenecientes a Facultades bastantes desconectadas entre sí, lo que dificulta la creación de un núcleo común de Ciencias Básicas y una planificación más racional de las actividades científicas y docentes;

b) La dispersión de elementos humanos y materiales provocada frecuentemente por la creación simultánea, en una misma zona, de varios centros de estudio con finalidades similares. Más bien debe insistirse, en atención a la escasez de especialistas latinoamericanos en materia de Oceanología, en la necesidad de concentrar los esfuerzos regionales en institutos verdaderamente funcionales. Estos centros son mucho más eficaces que los pequeños núcleos aislados que tienden a formarse dentro de la mayoría de las instituciones latinoamericanas relacionadas en alguna forma con la formación de personal académico o técnico. Un ejemplo positivo en ese sentido es la Estación de Biología Marina de Mar del Plata, que por su carácter interuniversitario sirve, a nivel especializado, a varias instituciones que desempeñan funciones docentes. Pueden agregarse al problema de la duplicidad institucional y funcional los casos, bastante frecuentes, de un insuficiente aprovechamiento de los medios humanos disponibles para la planificación y ejecución de programas de investigación o docencia oceanológica. Estos deberían discutirse y propagarse ampliamente entre todos los especialistas en la materia antes de ser puestos en marcha, y

c) La escasa coordinación interinstitucional de los programas oceanológicos, que impide una labor más eficiente y un mejor aprovechamiento de los medios humanos y materiales regionales y nacionales. Las contribuciones más importantes en el campo de

la Oceanología siempre han sido producto del aporte coordinado de varias instituciones a un programa común.

Estas y muchas otras deficiencias aún no han sido eliminadas de gran parte de nuestras universidades, a pesar del visible progreso que han experimentado en los últimos decenios. La nueva generación de oceanólogos debe tener conciencia de ellas y dar nuevo vigor y contenido a la Oceanología latinoamericana.

BIBLIOGRAFIA

1. Barnes, H. 1964. *Oceanography and Marine Biology*. George Allen & Unwin Ltd. London.
2. Bruns, H. 1964. *Ozeanologie*. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.
3. Burton, M. 1954. *Margins of the Sea*. Harper & Brothers, New York.
4. Buzzati-Traverso (ed.). 1960. *Perspectives in Marine Biology*. Univ. Calif. Press, Berkeley, Los Angeles.
5. Colman, H. 1900. *El Mar*.
6. Dietrich, G. & Kalle, K. 1957. *Allgemeine Meersskunde*. Gebr. Bornträger, Berlin.
7. FAO. *Anuario Estadístico de Pesca*. (Hasta 1963). FAO, Roma.
8. FAO. *Extractos de la Pesca Mundial*. FAO, Roma.
9. Fischer, W. y Nolff, M. *Estudio de los Recursos Naturales y Planeamiento del Desarrollo Pesquero en América Latina*. (Rev. 1), informe FAO para CEPAL, en elaboración.
10. *Fish and Wildlife Service*. Commercial Fisheries Review, Washington.
11. Harvey, H. W. 1957. *The Chemistry and Fertility of Sea Waters*. Cambridge University Press. Cambridge.
12. Hiatt, R. V. 1963. *World Directory of Hydrobiological and Fisheries Institutions*. American Institute of Biological Sciences, Washington D. C.
13. Marshall, N. B. 1954. *Aspects of deep sea biology*. Hutchinson's Scientific and technical publications.
14. Ommaney, F. D. 1953. *El Océano*. Fondo de Cultura Económica, México—B. Aires.
15. Popovici, Z. & Angelescu, V. 1954. *La Economía del Mar*. Ministerio de Educación de la Nación, Imprenta "Coni". B. Aires.
16. Raymond, J. 1963. *Plankton and Productivity of the Oceans*. MacMillan & Co. New York.
17. Rounsefell, G. A. & Everhart, W. H. 1960. *Fishery Science, its methods and applications*. John Wiley and Sons Inc. New York.
18. Russel, F. S. & Yonge, C. M. 1944. *The Seas*. Frederick Warne & Co. Ltd. London and New York.
19. Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. & Fleming, R. H. 1942. *The Oceans*. Prentice Hall, Inc. New York.
20. UNESCO. 1962. *Directorio de Instituciones Latinoamericanas de Oceanografía*. Montevideo.