

EL OCÉANO Y SUS RECURSOS: OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA

Autor: JUAN LUIS CIFUENTES LEMUS, PILAR TORRES-GARCÍA, MARCELA FRÍAS M.

- COMITÉ DE SELECCIÓN
- EDICIONES
- PRÓLOGO
- NOTA
- I. OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA
- II. EL CICLO VITAL EN LOS OCÉANOS
- III. DISTRIBUCIÓN DE LOS ORGANISMOS EN LOS OCÉANOS,
COMO INDICADORES DE LAS GRANDES ZONAS OCEÁNICAS
- V. CARACTERÍSTICAS QUE PRESENTAN LOS ORGANISMOS
PARA VIVIR EN LOS DIFERENTES AMBIENTES OCEÁNICOS
- V. COMPORTAMIENTO DE LOS ORGANISMOS MARINOS
FRENTE
A LA TEMPERATURA Y LA SALINIDAD
- VI. FORMA DE LOS ORGANISMOS MARINOS
- VII. LOS MARAVILLOSOS COLORES DE LOS ORGANISMOS
EN EL OCEÁNO. MIMETISMO
- VIII. ADAPTACIÓN DE LOS ORGANISMOS MARINOS EN
RELACIÓN
CON LA INTENSIDAD LUMINOSA
- IX. LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES MARINOS
EN LAS DIFERENTES PROFUNDIDADES
- X. PROCESOS DE ADAPTACIÓN DE LOS ORGANISMOS
MARINOS
PARA REALIZAR LA RESPIRACIÓN
- XI. PROCESOS DE ADAPTACIÓN DE LOS ORGANISMOS
MARINOS
PARA LA FIJACIÓN Y LA LOCOMOCIÓN
- XII. CAMBIOS ADAPTATIVOS DE LOS ORGANISMOS
MARINOS
PARA LA DEFENSA Y PARA LA CAPTURA DE SUS PRESAS
- XIII. METODOLOGÍA Y ESTUDIO PARA EL EQUIPO DE LA
OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA
- XIV. LA INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN MÉXICO
- APÉNDICE
- GLOSARIO
- BIBLIOGRAFÍA

COMITÉ DE SELECCIÓN

Dr. Antonio Alonso

Dr. Gerardo Cabañas

Dr. Juan Ramón de la Fuente

Dr. Jorge Flores Valdés

Dr. Leopoldo García-Colín Scherer

Dr. Tomás Garza

Dr. Gonzalo Halffter

Dr. Raúl Herrera

Dr. Jaime Martuscelli

Dr. Héctor Nava Jaimes

Dr. Manuel Peimbert

Dr. Juan José Rivaud

Dr. Julio Rubio Oca

Dr. José Sarukhán

Dr. Guillermo Soberón

Coordinadora:

María del Carmen Farías

EDICIONES

la **ciencia/2** para todos

Primera edición (La Ciencia desde México), 1986

Cuarta reimpresión, 1996

Segunda edición (La Ciencia para Todos), 1997

La Ciencia para Todos es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos. Se publica con los auspicios de la Secretaría de Educación Pública y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

D. R. © 1986 FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, S. A. DE C. V.

D. R. © 1997 FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Carretera Picacho-Ajusco 227, 14200 México, D.F.

ISBN 968-16-5256-8

Impreso en México

PRÓLOGO

Fecunda idea es la publicación de *El océano y sus recursos*, primer libro de su índole en México ya que la extensión y variedad de sus costas, bañadas por los dos mayores océanos del planeta, le ofrecen valiosos tesoros, cuyo aprovechamiento total no podrá lograrse sin contarse con un cúmulo de conocimientos científicos sobre el tema.

México, como se ha dicho, ha vivido "de espaldas al mar", dando mínima atención al debido aprovechamiento de sus recursos marinos. Y, desde luego, prácticamente ninguna a la investigación científica de sus variados recursos. Hace apenas seis lustros que se dieron, en 1923 y 1926, los primeros y más modestos pasos al respecto, promovidos por el más brillante biólogo que ha producido México, Alfonso L. Herrera, en la benemérita Dirección de Estudios Biológicos, que había fundado en 1915 y a cuyo frente se encontraba. En tal trabajo participó quien esto escribe, y que posteriormente inició, en 1934, la primera cátedra de hidrobiología y pesca en la Escuela Nacional de Agricultura.

Para entonces ya existían algunos centros de investigación, que paulatinamente fueron creciendo en número. Y también planteles profesionales en que se formaban los nuevos investigadores. Los más activos eran la Facultad de Ciencias (UNAM) y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN).

En la Facultad de Ciencias, desde 1962, el maestro Juan Luis Cifuentes tenía a su cargo — y la tiene aún— una cátedra de zoología de invertebrados, que con sus sólidos conocimientos y dinamismo no tardó en convertirse en polo de atracción para los alumnos que anhelaban formarse bajo las enseñanzas del brillante catedrático, quien en el periodo 1973-1977 fue designado director de la Facultad de Ciencias. Esta institución recibió entonces un notable impulso en sus diversas ramas, en un tiempo que puede ser considerado como la Edad de Oro del Departamento de Biología.

Paralelamente a estos desarrollos, se había ido acumulando una abundante y sólida bibliografía especializada, de gran valor de consulta, para guiar las investigaciones marinas, pero faltaba una obra, escrita por mexicanos, que pudiera servir al lector deseoso de tener una visión panorámica de la materia. *El océano y sus recursos* viene hoy a llenar ese vacío. En esta serie de doce volúmenes, cuidadosamente equilibrados, se enfocan todos los ángulos de las investigaciones oceánicas, con especial referencia a los aspectos biológicos y muy particularmente a la pesca, que cada día va tomando mayor importancia en la economía mexicana.

La solidez y autoridad de la obra la avala el nombre de sus autores: el maestro por antonomasia, Juan Luis Cifuentes, y dos de sus más brillantes discípulas y colaboradoras: la maestra en ciencias María del Pilar Torres García y la bióloga Marcela Frías Mondragón.

Para mí, que he tenido la incomparable oportunidad de ver crecer la biología mexicana desde sus albores hace más de seis décadas, y que di mis primeros pasos de investigador en el campo de la hidrobiología, es una satisfacción y un honor que Juan Luis Cifuentes, mi discípulo de antaño y hoy brillante colega a quien tanto estimo, me haya honrado pidiéndome estas líneas, que con placer he redactado.

ENRIQUE BELTRÁN

NOTA

La presente serie, dividida en doce volúmenes, "El océano y sus recursos", tiene básicamente el propósito de atraer la atención de los jóvenes que cursan la enseñanza media-básica y superior, y dar al público en general una información amena y en lengua clara sobre el maravilloso mundo que representan los océanos. Todo con el fin de despertar su interés por los fenómenos que se producen en la inmensidad de sus aguas, y sobre los recursos que el mar contiene.

En este primer libro se describe, a grandes rasgos, las maravillas del mar; su inmensidad, su asombrosa fecundidad, y sus múltiples y, en numerosas ocasiones, raros habitantes. Cómo el hombre lo ha conquistado poco a poco, al luchar contra quien le parecía un enemigo y convertirlo en un gran colaborador; y lograr que el mar, en un principio considerando una limitación a su expansión, se convirtiera en útil vía de comunicaciones gracias a los barcos: primero, movidos a fuerza de brazo con la ayuda del remo; luego con la del viento y finalmente, con la del vapor, los hidrocarburos y la fisión nuclear.

Asimismo se estudia la historia de los diversos océanos, su evolución, las técnicas de investigación y la penetración del hombre en el mundo submarino. Esta información introductoria permitirá adentrarnos en la ciencias del mar.

LOS AUTORES

I. OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA

LA VIDA en el planeta se inició en el mar hace miles de millones de años: se combinaron ciertos elementos químicos del agua, actuando unos sobre otros, en forma tal que todavía en la actualidad, a pesar de los adelantos científicos y tecnológicos, no ha podido el hombre repetirlos en el laboratorio, y solamente algunos sabios, como el soviético Alexander Ivanovich Oparin, han logrado imitar pasos aislados de estas reacciones químicas, para crear su teoría sobre el origen de la vida.



Figura 1. Alexander I. Oparin con Juan Luis Cifuentes.

De esa recombinación de elementos, entre los que principalmente intervinieron carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, se formaron los primeros organismos, que fueron elementales pero capaces de reproducirse y transmitir sus características a sus descendientes. Se alimentaban, crecían y se reproducían, y algunos de ellos se fueron complicando paulatinamente. En un principio sólo existieron organismos de una célula, pero evolucionaron de manera gradual a otros más complejos, que ya estuvieron estructurados por varias células, como las algas, entre los vegetales, y las esponjas y los corales, entre los animales. Posteriormente aparecieron criaturas todavía más evolucionadas.

En un momento de esta evolución que se presentó hace millones de años, los organismos marinos comenzaron a aventurarse en la tierra, iniciándose otro capítulo de la historia de la vida.

En la era actual se puede observar que en el mar los vegetales tienen pocos representantes, principalmente los grupos menos complejos, como algas microscópicas y macroscópicas, y muy pocas de las plantas que presentan flores, o sea las fanerógamas, como las zosteras marinas que crecen en las zonas poco profundas y en estuarios arenosos fangosos formando los pastizales marinos.

En cambio, todos los grupos de animales tienen especímenes marinos, aunque la mayoría de los seres vivos más evolucionados son animales terrestres, como es el

caso de las aves, los reptiles y los mamíferos, criaturas que respiran aire; sin embargo, hay algunos que se han adaptado a vivir en el agua, por ejemplo varias aves como los pingüinos, reptiles como las tortugas y mamíferos como la ballena y los delfines que pasan la mayor parte del tiempo en el agua y salen a respirar, de cuando en cuando, a la superficie.

Los animales que habitan el océano pertenecen principalmente a los grupos menos evolucionados de seres vivos. Con excepción de los peces, reptiles, aves y los grandes mamíferos antes mencionados, los animales del mar no presentan columna vertebral y por esto se les coloca en el grupo de los invertebrados. Entre ellos se encuentran las esponjas, corales, medusas, almejas y ostras, calamares y pulpos, cangrejos y langostas, estrellas y erizos de mar; es decir, una gran cantidad de criaturas que nadan, se arrastran o permanecen fijas.

La distribución de los seres vivos en el medio oceánico es muy característica, ya que se encuentra poblado en sus tres dimensiones, mientras que en la tierra, la flora y la fauna sólo ocupan, en realidad, la superficie, y sobre ella los insectos y las aves únicamente se elevan en periodos relativamente cortos.

Todavía se sabe muy poco sobre la vida en el mar. Incluso queda mucho por hacer en lo tocante a la identificación y clasificación de los vegetales y animales marinos, y aún más con respecto a su ecología. Se han explorado las costas, sólo se ha pescado en la superficie del océano y en la actualidad se empiezan a explorar sus profundidades.

Sin embargo, se sabe que la vida marina representa un sistema casi completamente entrelazado y que tiene un delicado equilibrio en ese medio, de modo que cada tipo de organismo puede encontrar su propio nicho y su propio suministro seguro de alimento. A veces los hombres de ciencia la llaman "la cadena de la vida", cadena que se extiende desde las criaturas microscópicas hasta los gigantes del océano.

Vale la pena recordar, en líneas generales, el ciclo de la materia orgánica en los medios oceánicos, que, por otra parte, es rigurosamente idéntico al que gobierna la vida en los continentes. En la base de toda la vida se encuentra la aptitud que poseen los vegetales verdes de realizar la síntesis de moléculas orgánicas complejas: glúcidos, lípidos y prótidos, a partir de los compuestos minerales simples: gas carbónico, fosfatos, nitratos y sales amoniacales.

Dicha síntesis exige una energía considerable, que es proporcionada por la radiación solar, cuya utilización está asegurada por un grupo de pigmentos especiales, las clorofilas, que confieren precisamente a estos vegetales su color verde. En el mar, estos vegetales están representados por las algas tanto microscópicas como macroscópicas.

Las materias orgánicas así elaboradas por los vegetales son consumidas por los animales herbívoros, principalmente unos pequeños crustáceos llamados copépodos, que forman el eslabón de consumidores primarios y que a su vez sirven de presa a los animales carnívoros, o consumidores secundarios, eslabón compuesto por invertebrados y larvas de peces. Éstos pueden ser víctimas de otros carnívoros de

mayor tamaño, que son los consumidores terciarios, como por ejemplo los peces, y así sucesivamente.

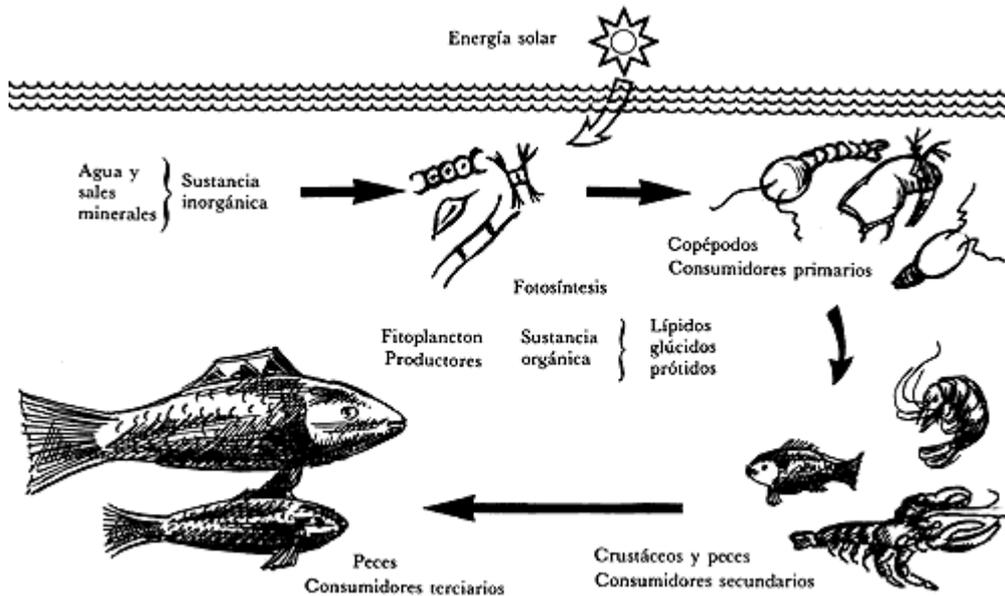


Figura 2. Síntesis de la materia orgánica.

Estas cadenas de alimentación son generalmente muy breves, y pocas veces tienen más de tres eslabones, ya que su rendimiento es bajo y no rebasa un 10 por ciento; esto se debe a que el resto se disipa en forma de energía, como movimiento, calor, etcétera, o se elimina como detritos.

Los copépodos, animales herbívoros, necesitan comer 100 gramos de algas para fabricar 10 gramos de su propia carne, lo que correspondería a un gramo de carne de sardina, pez que se alimenta de tales copépodos, y a 0.1 de gramo de carne de atún, pez que devora a la sardina. Se comprende entonces la perspectiva de alimentar a la humanidad directamente con algas marinas, y así evitar ese despilfarro de energía, pero los problemas de recolección o de cultivo intensivo de esas algas aún no están suficientemente estudiados, y tampoco se ha resuelto la preparación de ese tipo de alimento, para hacerlo agradable al paladar.

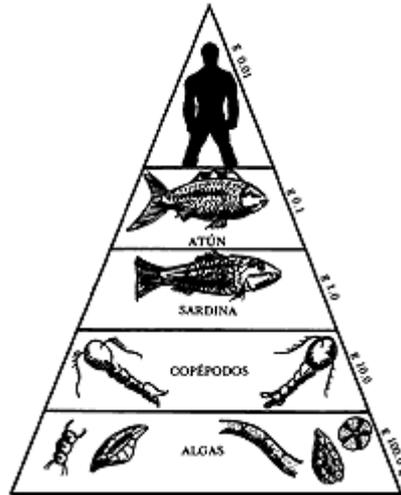


Figura 3. Pirámide de alimentación.

Ernst Haeckel, zoólogo alemán del siglo XIX, dividió la vida marina en dos grupos: el necton (*Nekton*), en el que colocó a los organismos que nadan, y el bentos (*Benthos*), a los que viven sujetos en el fondo o que se arrastran en él.

Más tarde, en 1887, el científico alemán Víctor Hensen agregó el grupo llamado plancton (*Plankton*), "lo que está hecho para vagar; vegetales y animales que derivan con la corriente", por lo que en la actualidad los seres vivos del océano se separan en tres grupos principales. Cada una de estas divisiones tiene sus propios grupos de organismos, pero también cada una influye en las otras, ya que obtiene alimento de ellas o pasa de una a otra en diferentes fases de su ciclo vital.

El grupo planctónico está constituido por seres generalmente microscópicos que van a la deriva, y cuya capacidad natatoria es tan débil que no pueden ir en contra de las corrientes. El plancton comprende muchos grupos de vegetales y animales como las algas microscópicas, vegetales que se encuentran en el mar en cantidades muchísimo mayores que las de las algas macroscópicas, que son las más notorias en el océano. Entre los animales, el grupo de los copépodos domina en número.

El necton lo forman animales mayores, capaces de nadar con fuerza suficiente para oponerse a las corrientes producidas por las masas de agua en las que habitan. Pertenecen al necton casi todos los peces, los calamares, algunos crustáceos, las poderosas ballenas, los delfines, las focas y las tortugas.

El bentos contiene a los organismos que están fijos en el fondo, algunos sujetos a él y otros con parte de su anatomía enterrada en la arena o en el fango; otros más se arrastran en esos fondos y, aunque algunos se desplazan, su vida depende totalmente del suelo marino. Los principales animales bentónicos son: las esponjas, los gusanos de muchas cerdas o poliquetos, los erizos, las estrellas de mar y las rayas, entre otros.

Las razones por las que los organismos se distribuyen en estos tres grandes grupos son estudiadas por los biólogos marinos. Se tiene que determinar todavía, de modo más preciso, la distribución geográfica de innumerables animales y vegetales para conocer los factores a los que responde. Se conoce poco sobre las razones a las que obedece la colocación del bentos en la zona de mareas, aunque es evidente que hay

una relación con los niveles de éstas. Se desconocen muchos aspectos de la vida de los seres del necton, particularmente de su capacidad de desplazarse o de las migraciones periódicas de algunas especies.

Otro tema de gran interés para la biología marina es el estudio de las funciones de los seres del océano. El hecho de estar sumergido constantemente en un líquido cuyo contenido en sal puede ser distinto del de los fluidos del cuerpo es trascendental, lo que hace que las funciones de estos seres marinos sean muy específicas. La excreción, principalmente, se ocupa de mantener el equilibrio de agua de los fluidos del cuerpo. Muchos organismos marinos secretan sustancias orgánicas llamadas ectocrinas o metabolitos externos, que cambian las condiciones del agua que los rodea, de manera que sean favorables para ellos, pero adversas para sus competidores o depredadores.

Todo lo concerniente a la alimentación de los seres que viven en el mar o a las relaciones que presentan entre ellos es tan complejo, que se cuenta con escasos conocimientos al respecto.

De las bacterias, que son tan importantes en el mar como en la tierra por su acción desintegradora de la materia muerta, apenas se ha podido cultivar un uno por ciento. Casi todas las bacterias marinas se mueren en contacto con el agua dulce, por lo que en algunas técnicas se la emplea para colocar en ella alimentos de origen marino con objeto de purificarlos y evitar su contaminación. Estas bacterias viven en comunidad con algas microscópicas, en agregados de materias orgánicas precipitadas, en suspensión en el agua, y su correlación metabólica es muy compleja y, hasta ahora, desconocida.

La oceanografía biológica, también llamada biología marina, comprende diversas disciplinas que corresponden a todos los campos de la biología general. Los conceptos y métodos de esta ciencia están experimentando cambios trascendentales en la actualidad.

Una de las primeras preocupaciones de la biología es tratar de aclarar el origen de la vida. Se considera que ésta se originó en el océano y que en él aparecieron los primeros organismos que han evolucionado durante 3 500 millones de años, hasta adquirir la gran diversidad que presentan hoy día tanto los vegetales como los animales, por lo que los avances en la biología marina han ayudado a aclarar este problema.

Con el adelanto de la microscopía y la incorporación del microscopio electrónico de transmisión y de barrido en las técnicas biológicas, se han incrementado los conocimientos de biofísica, de bioquímica y biología molecular que permiten establecer las nuevas teorías para explicar el origen y la evolución de los seres vivos, y en la actualidad cada vez se estudian más los organismos marinos con este propósito.

Otra actividad de la biología es la identificación y clasificación de los seres vivos, labor lenta realizada a través de muchos años desde que el sueco Carlos Linneo estableció las reglas para hacerlo en la rama de la biología llamada taxonomía o sistemática.

En el caso de los organismos que viven en el océano, aunque se han identificado infinidad de géneros y especies, se considera que todavía falta una gran cantidad por describir, sobre todo aquellos que viven en los fondos oceánicos, y de otros se tiene que aclarar su colocación dentro de los grupos taxonómicos.

También se han logrado importantes avances en el conocimiento de los seres vivos que habitan el océano, gracias a la utilización de los aparatos electrónicos como el radar, la ecosonda y los sensores remotos que permiten evaluar las poblaciones y conocer la distribución de los organismos marinos, principalmente los peces, reptiles y mamíferos, por su tamaño.

Con el adelanto en el diseño de los aparatos para llegar a las profundidades, se empieza a conocer la biología de tan interesante medio marino; por ejemplo, los desconcertantes organismos que fueron encontrados junto a las chimeneas en las fallas oceánicas, que soportan temperaturas y presiones inesperadas y presentan tamaños descomunales.

Con la colaboración de otras ramas de la oceanografía, la biología marina ha incorporado a su metodología nuevas técnicas que permiten el estudio de los fenómenos biológicos en el medio marino. Para poder conocer la actividad fotosintetizadora del fitoplancton, por ejemplo, se emplean isótopos radiactivos como el carbono 14; y para conocer los intercambios energéticos en el océano se hace necesario estudiar a las bacterias, lo que se ha logrado al aplicar técnicas análogas a las empleadas en hidrografía para obtener las muestras.

Sin embargo, son muchos los conocimientos que esta ciencia tiene que manejar en áreas tan diversas de la biología general como la taxonomía, fisiología, dinámica de poblaciones, genética, comportamiento animal, etcétera, por lo que se han creado ramas de la biología marina como la microbiología marina, la botánica y la zoología marinas y la ecología marina, entre otras. Además, los conocimientos que aporta la biología marina son básicos para el estudio de la biología pesquera.

La investigación de la biología del océano es un reto, ya que los seres vivos no permanecen estáticos en su medio, y este, a su vez, también se mueve, lo que hace que presente una dinámica especial; para estudiar esta dinámica hay que atacar gran cantidad de problemas científicos. El desafío es entender la vida en el mar y, como reflejo, la vida en los continentes, y con estos conocimientos procurar que la especie humana viva como ser razonable, en beneficio propio, evitando el despilfarro que muchas ambiciones económicas pueden producir. Los jóvenes biólogos tienen un reto específico: conocer la vida en el océano para conservarla en nuestro planeta.

II. EL CICLO VITAL EN LOS OCÉANOS

LOS ORGANISMOS que habitan el océano establecen el llamado ciclo vital de los océanos por medio de una serie de relaciones que reciben el nombre de *cadena de alimentación*; en ellas utilizan la energía solar, fijada por los pequeños vegetales

verdes que forman el fitoplancton, así como por los vegetales macroscópicos de las aguas poco profundas, los cuales elaboran con esta energía alimento, es decir, materia orgánica: glúcidos o azúcares, lípidos o grasas y prótidos o proteínas.

Estos vegetales verdes forman el primer eslabón de la cadena y proporcionan a los demás organismos del océano el alimento y, por lo tanto, la energía.

Los vegetales verdes son los únicos capaces de incorporar la energía solar a todo el sistema de comunidades vivas del planeta, para que realicen su metabolismo, crezcan y se multipliquen. Requieren, además de la luz del Sol, agua, bióxido de carbono y algunas sales minerales en solución, como fosfatos, nitratos y sales amoniacales. Los animales pueden alimentarse de los vegetales verdes, o bien, de otros animales, pero, en todo caso, la primera fuente de alimento es siempre una planta que absorbe la luz de Sol.

En los continentes, las plantas son los organismos más abundantes y destacados. Se encuentran formando bosques y selvas, y constituyen la base de los ecosistemas, es decir, de todo sistema integrado por los organismos y los factores ambientales con los que interactúan. La distribución y abundancia de estos vegetales terrestres está determinada por la cantidad de luz, por la de agua y sales minerales que existen en el suelo.

En los océanos, los vegetales verdes que se observan son las algas, las hierbas marinas y los manglares que se encuentran en áreas restringidas, como las costas continentales e islas, o en algunas áreas específicas como el Mar de los Sargazos. Sin embargo, la cantidad de estas plantas no explica la gran producción de alimento que se presenta en los mares.

De la productividad de los océanos son responsables unos pequeños, pero abundantes vegetales verdes microscópicos, constituidos por una sola célula, que reciben el nombre de *fitoplancton* y que forman parte del plancton, es decir, de las comunidades vegetales y animales microscópicas que flotan a la deriva o son transportadas principalmente por los movimientos del agua, más que por su propia actividad natatoria.

En este ambiente acuático es más fácil apreciar la productividad de alimentos llamada "productividad primaria", que depende de la cantidad de fitoplancton que exista en el medio; a través del fitoplancton la energía solar entra a las cadenas de alimentación y es la base de su mantenimiento.



Figura 4. Fitoplancton. Dibujo de E. Rioja.

La mayor abundancia de fitoplancton se encuentra en los 100 metros superiores de la superficie de todos los océanos, con excepción de las zonas que están permanentemente cubiertas por hielo en el Ártico y en el Antártico. Se puede considerar que la cantidad de fitoplancton que vive en el océano representa una masa mayor de vida vegetal que la que se localiza sobre los continentes.

Los factores que intervienen en la producción de fitoplancton son la disponibilidad de energía luminosa y los elementos nutritivos inorgánicos que se encuentran en el medio. La penetración vertical de la luz en la superficie de los mares está limitada a una capa de más o menos 200 metros, relativamente delgada, ya que los océanos tienen una profundidad media de 4 000 metros.

Como consecuencia de la necesidad de energía luminosa para la fotosíntesis, la vida vegetal en los océanos está restringida a estas capas iluminadas del agua, en donde cada especie vegetal se encuentra a una cierta profundidad, que depende de la turbidez del agua y de la cantidad y ángulo de incidencia de la luz, y de acuerdo con la época del año y la latitud en que se sitúe.

El otro factor que limita la productividad del fitoplancton es la concentración de elementos nutritivos o *nutrientes*, como el fósforo, que se encuentra en forma de fosfatos, y el nitrógeno, en forma de nitratos.

La producción de alimento en los mares, realizada por estos vegetales verdes, es aprovechada por los organismos animales, a los que se les ha llamado *consumidores*, y que constituyen los siguientes eslabones de la cadena de alimentación, en donde se efectúa la transferencia de energía, que va desde la planta verde productora consumida por un herbívoro, hasta los carnívoros.

Los primeros consumidores se localizan formando parte del *zooplancton*, integrado por representantes de todos los grupos de la escala animal, desde los microscópicos protozoarios hasta los vertebrados en sus formas larvarias o adultos de tallas pequeñas.



Figura 5. Zooplancton. Cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*.

A los animales que toda su existencia presentan vida planctónica se les denomina *holoplancton*, y a los que forman parte del plancton durante un periodo más o menos corto de su vida *meroplancton*, ya que, posteriormente, formarán parte del fondo, es decir del bentos, o de los organismos nadadores del necton.

Dentro de este zooplancton se encuentra un primer grupo de organismos que se alimentan directamente de los vegetales, por lo que se les considera herbívoros y se les denomina "consumidores primarios"; entre ellos destacan los copépodos.

Como siguiente eslabón de la cadena de alimentación se tiene a varios grupos de organismos animales denominados "consumidores secundarios", los cuales son carnívoros, es decir, se alimentan de zooplancton o de restos de animales. Otros grupos son omnívoros: comen tanto vegetales como animales. Dentro de estos consumidores secundarios se pueden destacar algunos que integran cadenas de alimentación importantes para el hombre, como las larvas de gusano, de moluscos y de crustáceos, así como de pequeños peces.

Los siguientes niveles de la cadena de alimentación, "consumidores terciarios", "cuaternarios", etcétera, están representados por adultos de invertebrados como moluscos y crustáceos; de vertebrados tales como los peces, que pueden tomar directamente zooplancton, como es el caso del arenque y la sardina, o bien de manera indirecta como en el caso del atún, el robalo, el bacalao, etcétera. También se puede considerar dentro de estos niveles de la cadena a representantes de los reptiles y de los mamíferos.

Los animales que consumen directamente plancton ingieren un número inmenso de organismos y filtran grandes cantidades de agua; por ejemplo, un arenque consume en 12 horas unos 70 000 individuos del zooplancton. Ciertos tipos de tiburones y ballenas se alimentan por filtración de grandes volúmenes de agua rica en zooplancton: nadan con las fauces abiertas durante largo tiempo llegando a pasar por sus barbas unas 500 toneladas de agua en 24 horas. Se han encontrado alrededor de 40 litros de una masa semisólida de zooplancton en estómagos de algunos tiburones de ocho metros de longitud.

La especie humana resulta en estas cadenas de alimentación oceánicas un consumidor aprovechado, ya que en la actualidad obtiene parte de su energía capturando 76 millones de toneladas por año en especies marinas y se ha calculado que para el año 2000 la captura aumente a 130 millones de toneladas.

Durante este ciclo de alimentación de los organismos en el mar se observa que, durante su metabolismo, los seres tanto vegetales como animales están eliminando sustancias de desecho y que, también como parte final de su ciclo vital, mueren, uniéndose sus restos a dichas sustancias de desecho. Estos materiales son procesados por microorganismos llamados *desintegradores*, entre los que sobresalen las bacterias, que se encargan de producir nuevas sustancias inorgánicas que son llamadas nutrientes, las que llegan a las diferentes zonas oceánicas y quedan disponibles nuevamente para ser usadas por los vegetales verdes; cerrándose, con este hecho, el ciclo biológico del océano.

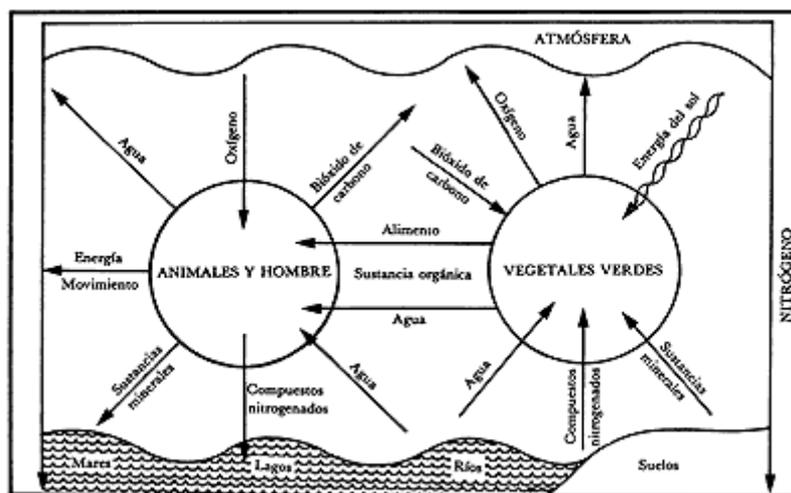


Figura 6. El ciclo vital en los océanos.

Por lo tanto, la misión que tienen los microorganismos en este ciclo es de importancia fundamental, pues sin ellos no podría existir una vida intensa y sostenida en los medios oceánicos, ya que, si las reservas minerales puestas a la disposición de los vegetales verdes sólo procedieran de una aportación mineral continua proveniente de los continentes, serían insuficientes, por lo que se hace indispensable la acción desintegradora realizada por estas bacterias.

De acuerdo con este acto, la transformación de energía dentro de las cadenas de alimentación, desde que fue fijada por los vegetales verdes hasta el uso de los consumidores y el mismo hombre, tiene que hacerse de manera razonable y adecuada para conservar a las especies que habitan el océano, y esto beneficie a la especie humana.

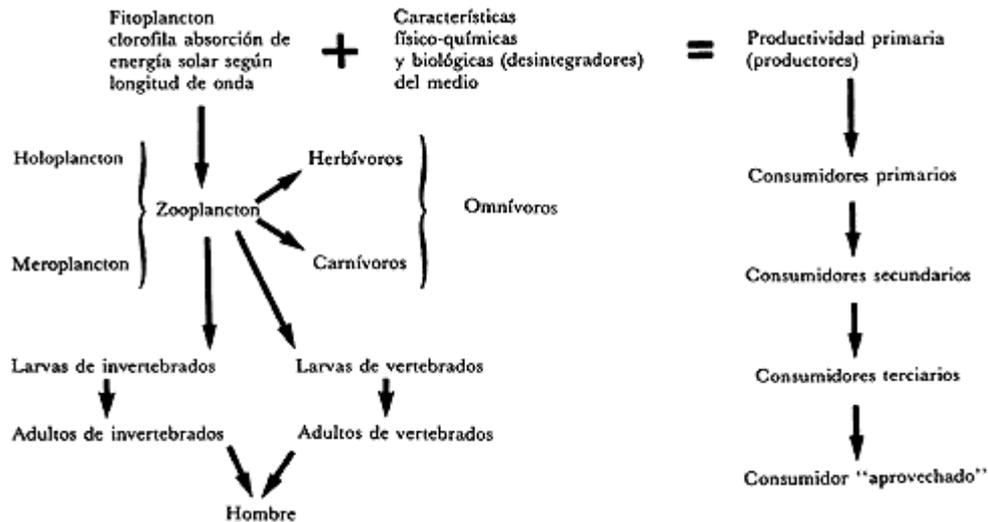


Figura 7. Ciclo de alimentación en el mar.

Por ello, para un aprovechamiento racional de esta energía de los mares, el hombre tiene que seguir realizando investigaciones que le permitan saber "usar" adecuadamente los recursos vivos del océano.

III. DISTRIBUCIÓN DE LOS ORGANISMOS EN LOS OCÉANOS, COMO INDICADORES DE LAS GRANDES ZONAS OCEÁNICAS

LA CARACTERÍSTICA principal del medio oceánico es que se halla poblado en las tres dimensiones del espacio, es decir, a lo largo, a lo ancho y en profundidad, mientras la fauna y la flora terrestre sólo ocupan la superficie de los continentes, lo cual hace que la distribución de los vegetales y animales en el medio oceánico siga pautas muy especiales. La disposición de los organismos caracterizará a diferentes regiones del océano, y se puede observar que la mayor densidad y cantidad de organismos marinos se presenta cerca de los continentes o de las masas insulares, y que, también, varía esta cantidad de seres vivos en relación con su distribución vertical.

La región litoral es un acuario espléndido donde el observador de la naturaleza puede satisfacer su curiosidad, ya que la riqueza y variedad de los animales y plantas costeros compiten en diversidad con los que pueden vivir en otros parajes del mar. Es el litoral un escenario adornado de los más variados colores y matices, cálidos unas veces, suaves otras, y siempre impregnados por los delicados efectos de la iluminación acuática, que se produce al filtrarse los rayos del Sol a través del transparente tamiz de las aguas.

La región litoral es la zona marítima determinada por el nivel extremo de la marea alta o pleamar y el nivel de la bajamar, por lo que también se le conoce como zona intermareal; en ella se inicia la plataforma continental, quedando su piso dividido en

las regiones: supralitoral, Mediolitoral o infralitoral. Pueden encontrarse en esta zona rocas enteras en que la vida se representa por los mil armónicos movimientos de tentáculos policromos de anémonas, pomposos penachos de bellísimos anélidos que viven fijos dentro de tubos, brazos viscosos de pulpos que se esconden en las oquedades de las rocas, espinas aguzadas de erizos y estrellas de mar rojas, amarillas, anaranjadas y azules que se encuentran incrustadas en las grietas y hendiduras de estas rocas.

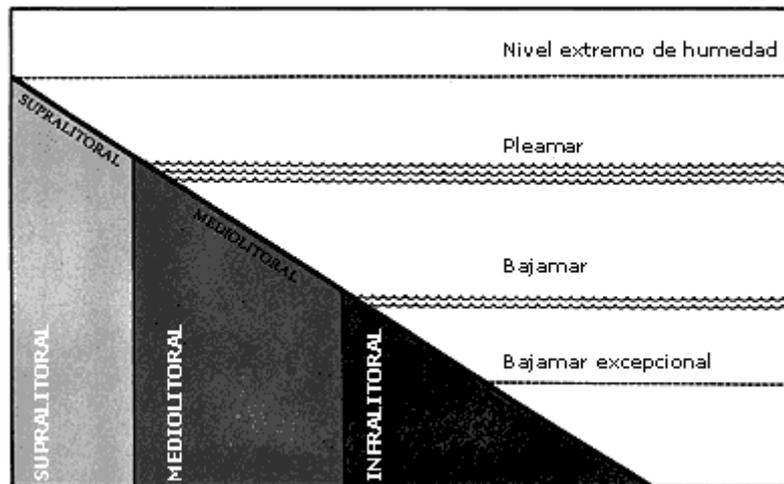


Figura 8. Zona intermareal.

El fondo de la zona litoral se encuentra tapizado por un bosque multicolor de algas que se unen en manojos intrincados, en forma de grandes láminas, o constituyendo frondas complicadamente recortadas, interminables masas gelatinosas o pequeñas esferas huecas; toda una enorme variedad de tipos vegetales que se mueven a la cadencia de los movimientos del mar. Estas algas presentan coloraciones características y se diferencian en tres grupos principales: las algas verdes llamadas clorofíceas, las algas pardas o feofíceas y las algas rojas o rodofíceas.

Las algas viven fijas en lugares iluminados y se distribuyen en diferentes estratos según su color. En algunas regiones del océano crecen de manera abundante, como es el caso del sargazo, alga marina que abunda en el Océano Atlántico al sur de las Bermudas, en donde las características topográficas y las corrientes marinas producen una región de calma relativamente estable conocida como el Mar de los Sargazos. Estas algas se desarrollan en cantidad suficiente como para permitir el crecimiento de una comunidad de animales que directa o indirectamente depende de ellas. Algunos de estos animales presentan un parecido asombroso con el color y la forma del sargazo.

Alternando con esta vegetación de algas se encuentran algunas plantas superiores del tipo herbáceo que toleran la salinidad marina, crecen sumergidas y tienen la capacidad de florecer y de intercambiar su polen bajo el agua. Estas plantas se fijan con sus raíces y son capaces de resistir el oleaje. Entre las de más amplia distribución están las zosteras y las talasias, que forman los pastos submarinos en las costas este y oeste de Norteamérica, en las costas atlánticas de Europa y en el este de Asia, Australia y Sudáfrica.

Estas praderas submarinas, formadas por las algas las zosteras y las talasias, contribuyen en gran parte a la producción de sustancias orgánicas en el océano y constituyen un hábitat protector para grupos característicos de animales, como los moluscos sin concha o babosas de mar, llamados nudibranchios, que desplazan su cuerpo blanco moviendo elegantes prolongaciones; por ejemplo: las "liebres del mar", que presentan en su cabeza largos tentáculos que nos recuerdan a las orejas de este roedor.

Entre las raíces de estos vegetales se encajan las fuertes conchas de otros moluscos llamados callo de hacha, por la forma de sus valvas.

Sobre las hojas de estos vegetales se pueden localizar a unos pequeños animales llamados hidrozorios que se reúnen a través de sus propios tejidos para formar colonias, en las que se presenta una división del trabajo que no deja de tener remotas semejanzas con la que ocurre en las asociaciones humanas, en donde los distintos individuos desempeñan oficios o profesiones diferentes. En estas colonias, los pequeños animalitos llamados zooides están arreglados, unos, para poder capturar el alimento: los gastrozoides; otros, para defensa: nematozoides; otros, para la reproducción sexual, gonozoides; etcétera. En fin, las algas son lugar de refugio de vistosísimos crustáceos de formas muy diversas, así como de pececillos policromos herbívoros que se mueven activamente entre los vegetales.

Toda esta población acuática apenas se arriesga fuera de los bosques donde se cobija, y cuando realiza una pequeña correría no se aventura mucho por temor a los peces carnívoros que la acechan merodeando en torno de estas formaciones vegetales. Si alguno de los temidos perseguidores se presenta, puede observarse como la muchedumbre de crustáceos y pequeños peces se desbanda y cada cual busca, lo más pronto posible, el refugio que encuentre más seguro.

Al tomar un puñado de esta vegetación, lo más seguro es que con ella se capturen diversas especies de cangrejos, de cuerpo desgarbado, cuyas patas están especialmente acomodadas para sujetarse a los vegetales marinos y que presentan color verde muy parecido al de las plantas. Asimismo, se encuentran las arañas de mar: otros cangrejos pero de cuerpo pequeño y patas largas y torpes, que el animal mueve como incómodos zancos articulados. Los ágiles camarones, de cuerpo cristalino y transparente, se mueven entre las plantas para escapar de la amenaza continua de los peces.

Algunos lugares de fondo de esta zona litoral están cubiertos de arenas amarillentas o blanquecinas formando los engañosos desiertos de los mares; sin embargo, los animales también se las arreglan para poblar estas regiones, cobijándose y ocultándose de tal manera, que sólo la perspicacia de un naturalista o la astucia de un pescador los descubren. Este ligero manto de arena oculta cangrejos, camarones, pólipos, gusanos, anfioxos y peces como rayas, torpedos, lenguados, etcétera, que al pasar inadvertidos, acechan a sus posibles presas.

Esta zona se halla bajo la influencia de los cambios de la marea, el incesante trabajo del oleaje, las aportaciones de las aguas continentales, y las bruscas variaciones de temperatura y de composición química, por lo que ofrece gran diversidad de

condiciones de vida y propicia que se reúna una enorme riqueza de especies, haciendo al litoral una de las regiones más pobladas y con diferentes tipos de vida del planeta.

Los límites de esta zona son muy difíciles de establecer: se encuentra definida hacia su parte superior por la franja más elevada que la marea alcanza durante la pleamar; sin embargo, se deja sentir la influencia de ésta por el húmedo impulso que llega más arriba de esta franja y los efectos de las salpicaduras del oleaje que alcanzan varios metros por encima de aquella artificiosa limitación. El ambiente húmedo y salino avanza hacia tierra adentro, sobre todo en los países tropicales, por lo que es difícil establecer hasta dónde se detienen los pobladores de los mares, que mandan sus avanzadas muy lejos de la orilla y hasta conviven plenamente con los seres de estirpe terrestre.

En las zonas altas de las costas rocosas viven los balanus o bellotas de mar, que están en el límite superior de la marea y por eso permanecen casi constantemente por encima del nivel de las aguas, lo que obliga a estos organismos a adaptarse a un nuevo género de vida. Estos pequeños crustáceos están encerrados en una especie de caja calcárea formada por varias valvas, que sólo se abre cuando están cubiertos por las aguas, tomando el oxígeno que necesitan para su respiración así como las pequeñas partículas que les sirven de alimento. La estructura del esqueleto calcáreo está tan maravillosamente construida que sus piezas ajustan de manera perfecta, logrando que el agua que capturan se quede en su interior sin que se evapore, y pudiendo, por lo tanto, vivir en lugares donde las aguas no llegan durante varios días.

Esta migración de organismos marinos hacia el continente se encuentra compensada por una en sentido contrario, y así se observa que el litoral es invadido por una vegetación que llega a introducir sus ramas en el agua del mar. En este sentido, nada comparable a la vegetación del manglar, típica de las regiones tropicales; las costas poco batidas por el oleaje, los apacibles estuarios, son invadidos por plantas adaptadas a soportar el régimen de las mareas mediante raíces dispuestas a modo de zancos, las que son refugio de multitud de organismos.



Figura 9. (a) Manglar. Fotografías cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*.



(b)



(c)

Hacia el mar, el límite de la zona litoral no es menos incierto en cuanto a la diversidad de organismos. En general, los oceanógrafos biológicos aceptan que en la pendiente suave que forma la plataforma continental se encuentra la mayor diversidad de vida del océano. El piso de la plataforma continental, que se encuentra ligeramente inclinado hacia alta mar, presenta las regiones llamadas: piso infralitoral y piso circalitoral y llega hasta una profundidad media de 200 metros.

Esta plataforma continental, por presentar organismos característicos tanto vegetales como animales, delimita lo que los biólogos marinos llaman *provincia nerítica*, la que, por su proximidad al continente y por su menor profundidad, muestra condiciones ambientales más variables en el tiempo y en el espacio, permitiendo que se encuentre en ella esta gran diversidad de formas vivas.

La provincia nerítica presenta abundante flora y fauna, ya que sus aguas tienden a ser más ricas, por contar con los nutrientes y porque la luz solar penetra en toda ella.

En esta zona, por la acción del oleaje y las corrientes, se acumula gran cantidad de nutrientes, lo que permite un rico crecimiento de algas, zosteras y otros vegetales, que se refleja en un aumento de la vida animal. Muchas de las especies encontradas aquí no se localizan generalmente en otros lugares del mar o en aguas profundas; incluso el plancton, además de ser abundante, presenta gran diversidad: enjambres de larvas de crustáceos, de moluscos, de peces y de otros animales que constituyen una parte importante del plancton nerítico.

En los fondos de esta plataforma continental abundan los vegetales marinos, que dan refugio a animales como el camarón, la langosta, el abulón y otros, los cuales son de gran importancia para la pesca e inician la formación del llamado dominio bentónico.

En las aguas que cubren a la plataforma continental nadan peces que forman grandes agrupaciones llamadas cardúmenes, como es el caso de la sardina y de la anchoveta; sin embargo, estos organismos que se desplazan nadando pueden pasar de esta provincia nerítica a agua de mayor profundidad.

La plataforma continental termina donde se produce un brusco desnivel que conduce a los grandes fondos, llamado cantil o talud continental, cuyo piso está formado, en primer lugar, por las *regiones batiales y abisales*, las que todavía presentarán organismos que corresponden al dominio bentónico, como, por ejemplo, peces a los que se llama demersales, como la merluza. En segundo lugar, el piso forma la llamada llanura abisal, que se extiende hasta los 5 000 metros de profundidad, con condiciones de vida mínimas y que termina en las fosas y barrancos de los grandes fondos a una profundidad de 11 000 metros, en donde sólo se han encontrado bacterias.

En estas profundidades, las capas de agua actúan como un obstáculo insuperable para el paso de los rayos del Sol, por lo que no podrían existir vegetales, excepto las bacterias. La vida en tinieblas determina que los animales se acomoden a estas nuevas circunstancias. Al no tener quién produzca el alimento, los pobladores de los abismos no tienen otro recurso que devorarse unos a otros con ansia implacable y con cruel naturalidad. No se limitan, sin embargo, a este modo de nutrirse, ya que al desarrollar sus mandíbulas inferiores, formando bocas enormes, pueden recoger restos de organismos, tanto vegetales como animales, que caen desde la superficie, para su alimentación.

Otra característica que llama la atención de estos habitantes de las profundidades oceánicas es que los peces desarrollan ojos de tamaño colosal, pero que no funcionan, y puntos luminosos en su cuerpo, como órganos fosforescentes, que destacan sobre los tonos oscuros y lúgubres de sus coloraciones, lo que les da el aspecto de personajes enlutados y pesimistas.

Sobre estas regiones batiales y abisales se localiza la llamada provincia oceánica en donde se encuentra, principalmente, vida animal con menos diversidad de formas, pero con mayor abundancia de individuos de una especie, formando el llamado

dominio pelágico que presenta como principales zonas: la epipelágica, la batipelágica y la abisopelágica.

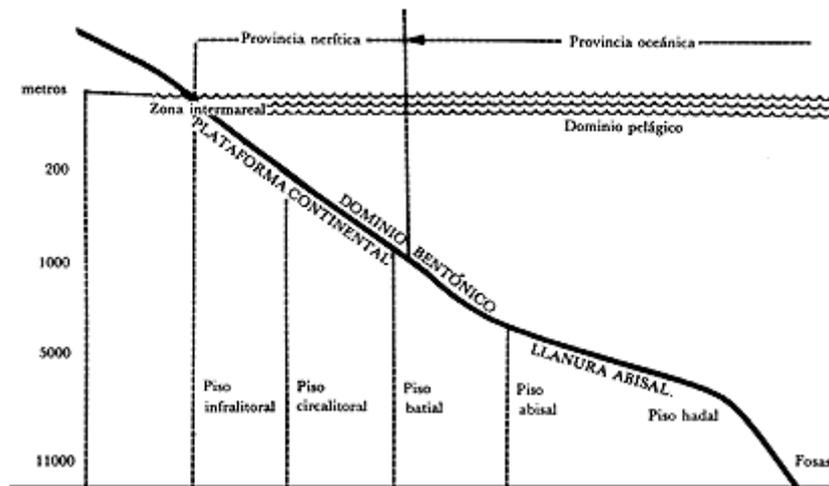


Figura 10. Divisiones del medio oceánico.

En la zona epipelágica se va a distribuir el llamado plancton oceánico, con una diversidad menor de especies que el plancton nerítico, y en este plancton dominan los representantes vegetales. En las otras zonas viven, fundamentalmente, peces que son capaces de trasladarse de un lugar a otro efectuando grandes migraciones y presentando reflejos plateados en la coloración de su cuerpo. También esta región oceánica está habitada por los grandes mamíferos marinos como son los delfines y las ballenas.

Asombrosa es la cantidad de vida que se encuentra en las extensas aguas del mar, así como la distribución de los organismos que caracterizan a las grandes zonas oceánicas. Magnífico espectáculo, maravillosa plétora de vida que el mar encierra; emoción profunda siente el espíritu ante las realidades que la naturaleza brinda. En el hombre de ciencia la emoción se controla y se canaliza, dándole una apariencia de frialdad, hacia cauces que tratan de investigar, valorar y medir de un modo preciso, los fenómenos que se suceden en este maravilloso mundo que es el océano.

IV. CARACTERÍSTICAS QUE PRESENTAN LOS ORGANISMOS PARA VIVIR EN LOS DIFERENTES AMBIENTES OCEÁNICOS

LA VIDA de los organismos depende fundamentalmente de la presencia de agua, oxígeno y bióxido de carbono, que sólo se encuentran en las capas inferiores de la atmósfera y en las aguas.

Los seres vivos que ocupan tanto la atmósfera como los océanos que cubren la corteza de nuestro planeta forman la llamada biósfera o biota.

Los mares son considerados como la cuna de la vida. Los organismos que los pueblan son muy variados, por lo que es difícil proporcionar una visión completa de ellos. La biología marina se ha encargado de estudiar los fenómenos que se presentan en los seres marinos, tratando de generalizarlos para establecer sus leyes, y de investigar las causas que los producen.

Todo organismo habita en un medio ambiente determinado, constituido por el conjunto de seres vivos y por los factores físico-químicos que lo rodean e influyen directa o indirectamente sobre él. Si el organismo se encuentra adaptado al medio realizará de manera normal sus funciones. Todos los seres vivos deben alimentarse, respirar, sintetizar nuevas moléculas orgánicas y eliminar los productos metabólicos no requeridos, así como crecer y reproducirse.

Existe un flujo de materiales dentro y fuera de cada ser vivo. Aún más, los organismos están experimentando sustituciones y cambios evolutivos continuos; por ejemplo, los animales y vegetales de un periodo geológico pueden ser completamente diferentes a los de otro, además, ejercen distintos efectos sobre su medio ambiente y sobre los demás organismos. Por tanto, los seres vivos tienen que estar interaccionando con las condiciones que presente el medio donde habitan.

En la actualidad se considera que la vida se originó a través de una serie progresiva de reacciones de síntesis; combinándose los átomos para formar compuestos simples, y éstos a su vez compuestos más complejos, los cuales se organizaron y estructuraron a las primeras células.

Considerando que la edad del planeta es de 5 000 millones de años y que se cree que las formas primitivas de vida aparecieron hace 3 500 millones de años, se puede concluir que las etapas preparatorias para la aparición de la vida requirieron para desarrollarse de más o menos 1 500 millones de años.

Se piensa que los seres vivos se originaron gracias a las propiedades físicas y químicas que imperaban en la Tierra primitiva, aunque los científicos sólo han podido demostrar parcialmente el proceso. El estudio de los virus, las bacterias y otros organismos poco evolucionados que existen en la actualidad, ha permitido establecer las teorías para tratar de explicar el origen de los seres vivos.

También otras ciencias, como la astronomía, la geología, la física y la química, han colaborado sobre todo proporcionando datos de cómo fueron, posiblemente, las condiciones existentes en la Tierra primitiva. Otra información se ha obtenido por medio de experimentos, como los de A.I. Oparin y S.L. Miller, que han permitido reproducir en el laboratorio algunas etapas de producción de compuestos orgánicos.

Entre los elementos químicos más abundantes de la capa de gas que cubría a la Tierra primitiva se encontraban el carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, y cuando la temperatura disminuyó, probablemente se combinaron y pudieron formar compuestos como el agua, el metano, el amoníaco, el bióxido de carbono y el ácido cianhídrico, así como moléculas de hidrógeno.

Cuando la Tierra siguió enfriándose, algunos gases se licuaron y a su vez algunos líquidos se solidificaron, formándose así el núcleo del planeta, estructurado por

materiales semisólidos y elásticos y a su alrededor una corteza sólida, la cual, a medida que fue engrosando, se arrugaba y plegaba, constituyendo las primeras cadenas de montañas. Rodeando a la corteza terrestre se encontraba la atmósfera, cuyos componentes eran gaseosos.

Posteriormente empezaron las lluvias a partir del enfriamiento del vapor de agua que existía en la atmósfera; al tocar esta agua a la corteza caliente se evaporaba instantáneamente. Las lluvias siguieron cayendo de modo torrencial por cientos de años, y los terrenos bajos, las cuencas y las hondonadas se llenaron de agua, formándose así los océanos, y los ríos empezaron a correr caudalosamente entre las montañas, llegando a los mares primitivos acarreando nuevas sustancias como sales y minerales, hasta alcanzar su salinidad característica, que en épocas posteriores aumentó lentamente.

La formación de grandes masas de agua hizo posible la aparición de vida, ya que es el componente fundamental de la materia viviente, y fue en estos océanos primitivos donde se desarrollaron las condiciones necesarias para ello.

Cuando las radiaciones procedentes del Sol pudieron llegar a la superficie de la Tierra, al disminuir las capas de nubes que debieron impedir el paso de la luz y hacían que la Tierra estuviera en la oscuridad, los rayos ultravioleta, los rayos X y otras radiaciones de alta energía, proporcionaron la energía necesaria para que se realizaran las reacciones entre el metano, el amoníaco, el ácido cianhídrico y el agua, originándose gran variedad de compuestos orgánicos que se fueron acumulando gradualmente en el agua del mar.

Entre estos compuestos debieron aparecer los glúcidos, los lípidos y las proteínas, posteriormente los ácidos nucleicos DNA y RNA y los portadores de energía como el ATP, completándose los ingredientes esenciales para originar las primeras entidades vivientes o células, con lo que la llamada evolución química se consuma y la evolución biológica se inicia. Estas dos evoluciones continuaron simultáneamente por mucho tiempo y en la actualidad todavía existen.

Las células formadas por la acumulación de sustancias orgánicas que existían en los mares primitivos, derivaron una membrana que las limitó, separándolas del medio y de otras células, y a través de la cual absorbían las sustancias que se encontraban en el medio para su nutrición, recuperando las que gastaban por oxidaciones.

Estas células no presentaron, con seguridad, un núcleo, por lo que se piensa que posiblemente se parecían a los actuales organismos procariontes, como son los virus y las bacterias. Después, por procesos complejos, debe haber aparecido la membrana nuclear, limitando a los ácidos nucleicos, estructurándose el núcleo y constituyendo a los primeros organismos eucariontes, como los protistas actuales.

De las primeras formas de nutrición de estos organismos se piensa que fue la heterótrofa, es decir que necesitaron tomar los alimentos del medio, ya sea en forma directa, parasitando otras células o tomando sustancias en descomposición como saprotrofismo. Posteriormente, al escasear cada vez más las sustancias, algunos de aquellos organismos primitivos debieron desarrollar métodos de nutrición del tipo autotrópico, es decir, en los que se puede transformar la sustancia inorgánica en

orgánica, siendo posiblemente primero la quimiosíntesis y después, al formarse la clorofila, los fotosintéticos.

Al aparecer la nutrición autótrofa se empezó a utilizar el bióxido de carbono de la atmósfera primitiva y se liberó oxígeno molecular, gas que se combinó fácilmente con otras sustancias. Los organismos fotosintetizadores deben haber desprendido cada vez cantidades mayores de oxígeno, que del océano pasaba a la atmósfera, iniciándose una profunda y lenta "revolución del oxígeno" en que la atmósfera antigua se transformó en la moderna, que ya no contiene metano, amoníaco ni ácido cianhídrico y por el contrario está formada por vapor de agua, nitrógeno molecular, bióxido de carbono y grandes cantidades de oxígeno.

En las zonas más elevadas de la atmósfera, y posiblemente debido a la intensidad de la radiación cósmica, las moléculas del oxígeno se recombinaron y modificaron dando como resultado la formación de una capa de ozono (O_3), situada a varias centenas de kilómetros de altura y que todavía existe.

El ozono formó una pantalla protectora contra la penetración de radiaciones de alta energía, y con esto los organismos iniciaron su evolución libres de esas radiaciones. Debido a lo anterior, los vegetales y animales actuales no están adaptados a ellas y mueren cuando se les somete incluso a pequeñas dosis. Sin embargo, existen algunos organismos entre los virus, bacterias y protistas, que resisten estas radiaciones.

Con la incorporación del oxígeno a la atmósfera los seres vivos iniciaron la respiración aerobia, es decir, utilizando este gas para liberar la energía, ya que los organismos primitivos lo hacían sin él, y son conocidos como anaerobios.

Estos organismos primitivos iniciaron su evolución formando primero a los protistas, que estructuraron su cuerpo con una sola célula; después debieron aparecer los organismos pluricelulares, organizándose con base en tejidos, después en órganos y por último con sistemas y aparatos, dando origen a los organismos tanto del reino vegetal como del animal, que en la actualidad están representados por aproximadamente más de dos millones de especies, de las cuales el 20 por ciento vive en el mar.

La diversidad tan grande que se observa en los seres vivos en la actualidad es el resultado de la evolución orgánica que se ha presentado desde la aparición de la vida en el planeta, hace millones de años, y se calcula que se inició en el Precámbrico, quedando registrada por las evidencias que aportan los fósiles, lo que ha permitido a los científicos interpretar la historia del planeta, imaginándose cómo era el medio ambiente en aquellas épocas y cuáles organismos posiblemente existieron.

Por los registros fósiles se sabe que los seres vivos iniciaron su evolución en los océanos del Paleozoico y que uno de los desarrollos más significativos de la historia de la vida sobre la Tierra fue la súbita aparición de una gran variedad y abundancia de vida en los fondos de los mares del Cámbrico.

En esta era Paleozoica se han encontrado fósiles de muchos grupos de invertebrados marinos entre los que destacan los radiolarios, foraminíferos, corales, braquiópodos, trilobites y diversos moluscos, entre ellos los cefalopodos; también aparecieron al

final de esta era los peces, los anfibios y algunos reptiles, y los primeros organismos terrestres, que fueron los arácnidos. Entre los vegetales se desarrollaron algas en el mar y helechos en tierra.

Posteriormente, en el Mesozoico la vida marina fue similar, en sus primeras etapas, a la del Paleozoico, pero a la mitad de la era se iniciaron una serie de cambios basados en la desaparición de algunas especies, que al dejar vacíos ciertos nichos ambientales permitieron la aparición de otras.

Las diatomeas surgieron durante el Mesozoico en el medio marino; los cefalópodos se incrementaron, así como los gasterópodos, dentro del grupo de los moluscos; disminuyeron los foraminíferos, los corales y los trilobites; los peces se diversificaron y se originaron los peces óseos; aparecieron las tortugas, pero los reptiles mejor adaptados al medio acuático fueron los ictiosauros marinos, los que se extinguieron al final de esta era.

En la era Cenozoica desaparecieron de los mares algunas especies, como es el caso de los reptiles marinos gigantes y de los moluscos de gran tamaño llamados amonites, apareciendo una multitud de invertebrados, de peces, reptiles y mamíferos que aún perduran. Es notoria la súbita expansión de los mamíferos marinos, como las focas y las ballenas.

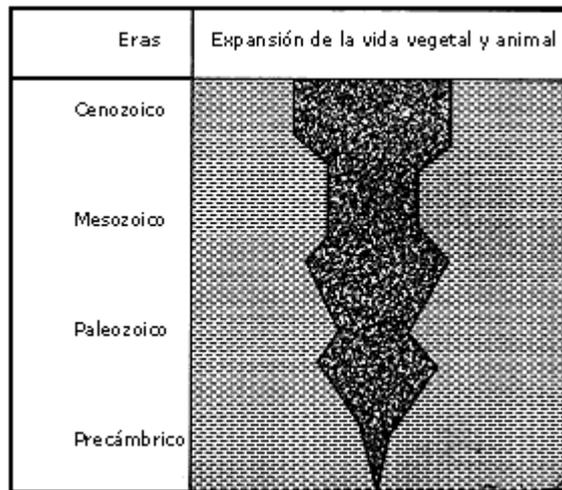


Figura 11. Expansión de la vida en el tiempo.

En la actualidad el medio ambiente, tanto acuático como terrestre, está cambiando a menudo, ya sea de manera temporal o permanente, por lo que los organismos experimentan cambios continuos, algunos de los cuales les permiten adaptarse a los nuevos medios, ya que de no hacerlo migran o perecen.

Los ambientes oceánicos presentan límites que a veces son muy amplios, como las distancias o separaciones geográficas, o muy estrechos, como los que marcan la salinidad, la temperatura, la luz o la presión. Estos límites representan las barreras que establecen la diversidad, la distribución y la abundancia de las especies en el océano.

La gran variedad de vegetales y animales marinos ha sido arreglada dentro de un sistema de clasificación que está basado en las similitudes que presentan en su estructura, sus funciones, así como en sus relaciones evolutivas.

El estudio de las relaciones de los seres vivos marinos con su medio fisicoquímico y biológico constituye la ecología marina. Esta ciencia no sólo se interesa por los organismos individuales, sino también por las *poblaciones*, es decir, por el conjunto de individuos de una especie particular que habita una región especial y, por las *comunidades bióticas*, que son los organismos que habitan un ecosistema común.

Un ecosistema está formado por un conjunto de organismos relacionados entre sí, y que interactúan con los factores ambientales del lugar donde se encuentran. Cada especie de organismo marino ocupa un *nicho ecológico*, o sea, una posición en el ecosistema en relación con las otras especies, que tienen sus propios nichos, pero que son interdependientes ya sea por abrigo, por alimento o por defensa.

Las relaciones entre los organismos se mantienen estables cuando no cambian las condiciones del ambiente, pero si las características fisicoquímicas o biológicas lo hacen, los tipos y tamaños de las poblaciones también se modifican, dando origen al proceso de sucesión ecológica. Si después de romperse el equilibrio de una comunidad éste llega a recuperarse, se desarrolla una comunidad estable conocida como *Comunidad clímax*.

Por lo tanto, dentro de cualquier ecosistema se presentan tres tipos de relaciones: las interacciones entre los miembros de la comunidad biótica, las interacciones entre éstos y su medio fisicoquímico, y las que existen entre los factores de este ambiente fisicoquímico.

En los océanos se encuentra una serie de factores fisicoquímicos, como son la temperatura, la salinidad, el pH y las corrientes marinas, que intervienen en la distribución de los diferentes organismos en sus aguas.

Los mares circulan constantemente llevando, en el ir y venir, sus características fisicoquímicas y su biota. El agua se mueve en ellos como el aire lo hace sobre la Tierra, es decir, realiza desplazamientos verticales de ascenso y descenso, que representan en las aguas superficiales surgencias y hundimientos respectivamente, lo que permite a los seres vivos contar con un medio con cantidades adecuadas de nutrientes, oxígeno y otras condiciones que ellos necesitan, ocasionándose un verdadero florecimiento de organismos.

Además, los océanos que presentan una profundidad media de 4 000 metros constituyen un espacio disponible para la vida marina 300 veces mayor que el que puede ocupar la vida terrestre.

La vida en el mar depende, como la vida en general, de la luz solar. Hasta donde penetra la luz los vegetales son capaces de realizar fotosíntesis, desarrollarse y reproducirse y por esto el mar representa para los demás seres vivos una fábrica en plena actividad. La energía luminosa es almacenada en los compuestos de carbono, que son la estructura y la fuente de energía de todos los organismos. La masa de

materia viva, también llamada biomasa, que se encuentra en el mar es mucho mayor que la que se localiza en la tierra.

Esta biomasa no es evidente en el mar a primera vista debido a que muchos organismos son microscópicos. Si se observa la superficie de los océanos hay muchísimas posibilidades de que sólo se vea agua. Sin embargo, un litro de esta agua contiene aproximadamente 500 000 bacterias, más de un millón de vegetales microscópicos y 150 000 animales de muy pequeños tamaños.

Estos organismos vegetales y animales han adquirido características tanto morfológicas como fisiológicas que les permiten adaptarse a las condiciones de las diferentes zonas oceánicas. Algunos de ellos presentan gran tolerancia a los cambios de intensidad de los factores físico-químicos, y otros no los aceptan; por ello, las zonas de distribución son muy extensas para los primeros y restringidas para los segundos.

Sin embargo, el medio oceánico imprime a los seres que lo pueblan toda una serie de características indispensables para su supervivencia. Los vegetales presentan una gran diversidad de tamaños, formas y colores; los microscópicos son los más numerosos y constituyen el fitoplancton, encontrándose entre ellos las diatomeas, los flagelados fotosintéticos y las algas verde-azuladas. Una característica básica de estos organismos es la de presentar pigmentos depositados en organoides celulares, como los cloroplastos y los cromoplastos, que les permiten realizar procesos fotosintetizadores, y otras es la de arreglar su estructura para presentar mayor superficie de absorción de los rayos solares y para la flotación.

GRUPO TAXÓNIMICO	EJEMPLO	PLANCTON	BENTOS	NECTON
<i>Phylum Cyanophyta</i>	Bacterias, algas verde-azules	X	X	
<i>Phylum Chrysophyta</i>	Diatomeas	X		
<i>Phylum Pyrrophyta</i>	Dinoflagelados	X		
<i>Phylum Chlorophyta</i>	Algas verdes	X		
<i>Phylum Phaeophyta</i>	Algas pardas	X		
<i>Phylum Rhodophyta</i>	Algas rojas	X		

<i>Subreino Embryophyta</i>				
<i>Clase Angiospermae</i>	Pastos: <i>Zostera</i> y <i>Thalassia</i> Manglares: <i>Rhizophora</i> y <i>Avicennia</i>		X X	
<i>Subreino Protozoa</i>	Foraminíferos y radiolarios	X	X	
<i>Phylum Porifera</i>	Esponjas		X	
<i>Phylum Cnidaria</i>	Anémonas, medusas, corales	X	X	
<i>Phylum Platyhelminthes</i>	Planarias		X	

<i>Phylum Mollusca</i>	Caracoles, ostiones, abulones, pulpos, calamares	X	X	X
<i>Phylum Annelida</i>	Gusanos arenícolas y cerdas		X	
<i>Phylum Arthropoda</i>	Camarones, cangrejos, langostas		X	
<i>Phylum Echinodemata</i>	Estrellas, erizos, pepinos de mar		X	
<i>Phylum Chordata</i> <i>Chordat</i>	Tiburones, rayas, atunes, sardinas, tortugas, delfines y ballenas			X

Figura 12- Principales Seres Vivos Marinos

Los vegetales macroscópicos, en su mayoría, pertenecen al grupo de las llamadas algas marinas, que crecen adheridas a firmes sustratos como rocas, conchas, pilotes, etcétera, y que, por lo tanto, están necesariamente confinadas a los continentes e islas, o a zonas superficiales submarinas donde puedan fijarse y tener luz suficiente para realizar la fotosíntesis; tal es el caso de *Macrocystis*, alga café que tiene gran utilidad en la industria.

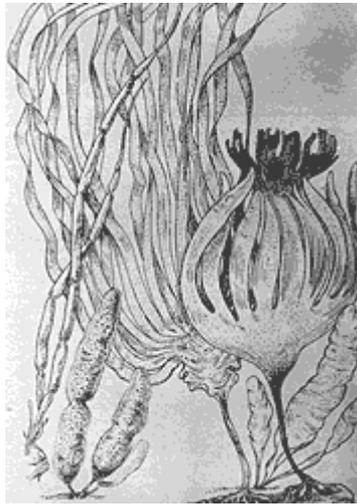


Figura 13. Algas marinas. Cortesía de la Revista Técnica Pesquera.

Las algas flotantes constituyen un hecho excepcional, siendo la más abundante el *Sargassum* o sargazo, que cuenta con estructuras de forma esférica que le permiten esta flotación.

Muy pocas plantas con flor se han adaptado a las condiciones marinas, aunque se encuentran en número relativamente diverso en estuarios y marismas que bordean las lagunas litorales salobres o algunas bahías.

Se consideran dos tipos de estas plantas: las herbáceas, angiospermas que han evolucionado hacia un medio de vida totalmente marino, tolerando la salinidad y creciendo sumergidas con la capacidad de florecer y polinizarse bajo el agua, presentan raíces que las fijan firmemente y adquieren una forma especial que les permite resistir el oleaje y las mareas; como el caso de la *Zostera marina* y *Thalassia*, de aguas tropicales y subtropicales, que forman las llamadas "praderas submarinas", lugares que presentan un hábitat protector para cada grupo característico de animales donde éstos encuentran su alimento. Estos vegetales se encargan, además, de estabilizar los fondos, es decir, que sirven como lugares donde se incrementan los depósitos de sedimento.

El otro grupo de plantas con flor es el que forma los "manglares", que se localizan en las áreas mareales o zonas que quedan cubiertas por las mareas altas, lugares que representan un hábitat único e importante por lo diverso de sus características y su gran productividad orgánica.

Las plantas que habitan en estos manglares pertenecen a muy diferentes familias, predominando las Rhizophoraceae, con el género *Rhizophora*, que agrupa a los distintos tipos de mangle.

Estos vegetales presentan, como principales características, el que de sus troncos salgan unas raíces llamadas adventicias, dándoles el aspecto de trípodes que soportan el resto del árbol. Estas raíces, junto con la formación de una corteza con engrosamientos coriáceos, permiten reducir la transpiración de estos vegetales y así conservar el agua en su cuerpo.

Como se observa, la vegetación oceánica está representada, en su mayoría, por las formas simples unicelulares de talla microscópica, ya que las plantas de mayor tamaño se encuentran confinadas a las franjas litorales y aguas superficiales con un número reducido de especies, las que, en su mayoría, son simples y primitivas, y contrastan mucho con la exuberante variedad y complejidad de vegetales que predominan en la tierra.

La vida animal, por el contrario, es en extremo abundante y variada. Todos los grupos animales están representados en los océanos y algunos son exclusivos del medio marino.

Sin embargo, toda esta diversidad de animales que pueblan el océano tienen también una serie de características indispensables para soportar las condiciones que les impone el medio ambiente. Por ejemplo, los peces y los cetáceos son animales muy distintos, aunque vivan en el mismo ambiente, pues los primeros respiran oxígeno disuelto en el agua, en tanto que los segundos, como la ballena, respiran el oxígeno del aire por medio de pulmones. A pesar de estas diferencias fisiológicas tan especiales, unos y otros nadan, y presentan una forma análoga, la llamada pisciforme, que es la más adecuada desde el punto de vista mecánico, para trasladarse en el seno de las aguas por medio de la natación. Peces y cetáceos poseen generalmente la forma de un huso como la del submarino, y están provistos de aletas estabilizadoras y propulsoras; además, su cuerpo termina en una especie de cola robusta que favorece la impulsión.

Una de las primeras condiciones del medio que va a caracterizar la vida del animal del océano es la abundancia y distribución de alimento representado por materias minerales y orgánicas, lo que permite que algunos de estos animales puedan vivir fijos en objetos sumergidos o flotantes, o en el fondo, sin que efectúen movimientos de translación por periodos más o menos largos de su existencia o por toda su vida, sin que tengan la necesidad de buscar alimento para estar adecuadamente nutridos; a éstos se les llama sedentarios.

En cambio, en el medio terrestre todos los animales están obligados a buscar su sustento desplazándose activamente, cubriendo ya sea áreas reducidas o recorridos considerables, pero siempre moviéndose para no morir de hambre. Cualquier animal terrestre no parásito que permaneciese quieto constantemente en el mismo lugar moriría de inanición.

Las madreporas, los corales, las esponjas, o las ostras viven en las aguas perfectamente sujetas al fondo, sin nadar, ya que su completa quietud no compromete

en nada su nutrición; con el agua reciben sales minerales y alimentos formados principalmente por infinidad de seres microscópicos con lo que atienden sobradamente a su sustento.

Los organismos marinos fijos o sésiles presentan, con frecuencia, formas ramificadas o arborescentes que recuerdan las de los vegetales, como ocurre con las colonias de pólipos o corales, o bien, tienen formas irregulares mal definidas, como las esponjas, lo que les permite que circule por ellas gran cantidad de agua y, por lo tanto, capturen más fácilmente su alimento.

Este fenómeno se puede explicar debido a que en el seno de las aguas viven infinidad de pequeños organismos que son acarreados de un sitio a otro por corrientes y que forman el plancton, del que, como ya se vio, los vegetales del fitoplancton constituyen los productores del alimento; pero también existen animales de este plancton que reciben el nombre de zooplancton: pequeños animales, llamados consumidores primarios, que tienen como característica principal el desarrollar mecanismos para capturar a los vegetales del fitoplancton.

El zooplancton está formado por los protozoos representados por los foraminíferos, radiolarios y tintínidos; por los crustáceos, destacando el abundante grupo de los copépodos; por los Chaetognatha, llamados también gusanos flecha; por las medusas o aguas malas; por muchos grupos de gusanos o anélidos, y por las formas larvarias de moluscos equinodermos y peces.

Estos organismos del plancton tienen la propiedad del constante y lento naufragar, lo que trae como consecuencia que tomen su singular fisonomía, en la que muchos de sus órganos presentan las más artísticas apariencias que realizan el valor estético de estos bellísimos organismos, cuyos cuerpos son, muchas veces, un prodigio de forma.

La diferencia entre la densidad del agua y el peso específico de los seres que en ella flotan es pequeña, y para contrarrestar o disminuir esta diferencia, los organismos desarrollan infinidad de artificios. Los seres planctónicos eliminan de su cuerpo cuanto es posible, se despojan de toda estructura pesada que pudiera ser un obstáculo para lograr su estabilidad en el medio acuático, como sucede en los crustáceos planctónicos, provistos de un sutilísimo caparazón y de patas gráciles y airoas.

Otros organismos, para contrarrestar el hundimiento, desarrollan unas boyas de flotación muy pomposas y hasta coloreadas, las que pueden dilatarse o contraerse con el fin de que el animal flote o se hunda según las necesidades de su vida, como es el caso de la *Physalia* o "fragata portuguesa".

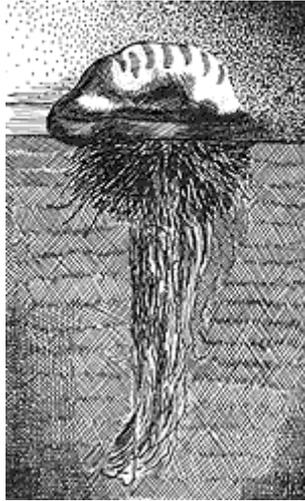


Figura 14. Fragata portuguesa.

Entre los animales marinos también se encuentra un número grande que se mueve para obtener su alimento, como, por ejemplo, los peces que recorren un campo de algas para conseguir su sustento, o un tiburón que se lanza velozmente sobre un pez para devorarlo.

El desplazamiento de los animales en el seno de las aguas determina en ellos, con frecuencia, la adquisición forma peculiar más o menos adecuada para poderse mover en el seno de un fluido que tiene mayor densidad que el aire.

Esta forma de huso o pisciforme que les permite vencer la resistencia del agua, se repite en todos los animales que se desplazan en el océano, dándoles una arquitectura característica de los peces que son buenos nadadores. En estos peces, la forma alcanza mayor sobriedad y perfección de línea. En el tiburón y en la macarela, el cuerpo está elegantemente adelgazado hacia atrás, en tanto que su extremo anterior es más ancho y se prolonga en forma de punta o rostro, que le permite cortar fácilmente el agua.

Además de esta conformación del cuerpo, dichos organismos crean estructuras que les confieren estabilidad y equilibrio y que los dotan de medios de propulsión indispensables para llevar a cabo la natación. Ésta se logra al combinar movimientos armónicos de su cuerpo con la fuerza que imprimen estos órganos de propulsión.

Para desarrollar esta función, en la mayoría de los animales marinos las extremidades toman una forma característica, a manera de alas, recibiendo el nombre de aletas, las cuales son relativamente pequeñas en razón a la masa que desplazan; así, las aletas de una ballena, cachalote o delfín, lo disfrazan de pez, con tal perfección que al mismo hombre llegan a confundir.

Del mismo modo, las focas y las morsas imitan esta forma, aunque con menos perfección, y otro tanto sucede con los calamares y ciertos grupos de gusanos y moluscos.

Sin embargo, algunos peces olvidan la natación o, por lo menos, sus facultades se aminoran. Cuando esto sucede, sus cuerpos se aplanan, deprimen o deforman descansando sobre el fondo del mar, o se esconden en la policromada maraña de arrecifes de coral, o buscan guarida entre las resquebrajaduras de las rocas; tal es el caso de las rayas, los lenguados, los caballitos de mar y las anguilas.

La respiración de los animales acuáticos ofrece modalidades muy peculiares. Hay que distinguir entre los que son realmente de ascendencia oceánica y respiran oxígeno disuelto en el agua, y aquellos otros que son de origen terrestre y han invadido o colonizado el medio acuático, como los escarabajos, los cucarachones en las lagunas litorales y las tortugas y delfines en los mares, que son seres que respiran al modo de los animales terrestres, por lo que, de vez en cuando, se ven obligados a salir a la superficie para tomar el aire atmosférico.

Los órganos respiratorios o branquias de los animales esencialmente acuáticos no corren el riesgo de secarse, ya que están sumergidos en el agua, por eso extienden y forman vistosos penachos, a veces de bellissimo aspecto, como es el caso de los anélidos o gusanos anillados que viven en los corales; otras veces forman borlas o flecos situados a los lados de su cabeza, como en los nudibranquios o babosas de mar; también se encuentran protegidos en cavidades que tienen amplia comunicación con el exterior, como las agallas de los peces; otros organismos los encierran en compartimentos que les permiten guardar el agua por un tiempo, como los cangrejos, que a veces se retiran cientos de metros de las playas.

La densidad o peso del agua es mucho mayor que la del aire, hace que los órganos de propulsión en los animales marinos sean más pequeños y de menor superficie que los de los animales terrestres, ya que su menor potencia está compensada por la mayor resistencia que el medio ofrece; cuando se compara la extensión de la aleta de un pez con el ala de un ave, se puede observar claramente esta desproporción.

Muchos grupos de animales oceánicos tienen especies que alcanzan gran tamaño, como sucede con los calamares gigantes, cuyo cuerpo mide seis metros de longitud y sus brazos llegan a tener hasta 18 metros de largo. Las conchas llamadas tridacnas o taclobos, denominadas también pilas bautismales, son moluscos bivalvos que viven en los mares de las Filipinas y pueden alcanzar hasta dos metros de diámetro con un peso de 200 kilogramos. El cangrejo japonés, con patas hasta de dos metros de largo, es el mayor de todos los artrópodos. El tiburón ballena o tigre del mar, frecuente en el Océano Pacífico, puede medir unos 15 metros de largo y es el mayor de los peces. Finalmente, las ballenas son los verdaderos gigantes del reino animal, su cuerpo alcanza en ocasiones 25 metros de longitud y un peso de 160 toneladas, comparable al de 20 elefantes o 200 bueyes.

Los animales acuáticos pueden ser marinos o de agua dulce; sin embargo, esta distinción no es clara en muchos casos, pues ciertos organismos pueden pasar de unas aguas a otras durante su ciclo vital o frecuentan aquellos lugares donde existen aguas mezcladas, llamadas salobres.

La anguila común, que es un pez de agua dulce, se desplaza desde los lagos donde vive efectuando accidentadas migraciones a lo largo de los cursos de agua, atravesando praderas húmedas durante las noches lluviosas hasta alcanzar grandes

ríos que la llevan al mar, para ahí desovar, es decir, depositar sus huevecillos. Para las anguilas del Atlántico, el lugar de desove son las grandes profundidades del Mar de los Sargazos. De estos huevecillos se originan larvas que se dirigen a las costas en donde alcanzan el estado juvenil, llamándose "anguilas", y que penetran a los ríos, los remontan y terminan su crecimiento para volver nuevamente al mar en época de reproducción.

Los salmones realizan migraciones en sentido inverso, viven en el mar hasta el momento de la reproducción en que penetran a los ríos, nadando contra las corrientes, para ir a depositar sus huevecillos; los juveniles, ayudados por el curso del río, regresan nuevamente al mar.

Tampoco la diferencia entre los organismos marinos y terrestres se halla marcada de un modo perfecto, ya que ciertos animales nacen en el agua y pasan el resto de su vida en la tierra y el aire. Entre los ejemplos más notables de organismos adaptados al cambio de medio están los cangrejos terrestres tropicales, que penetran algunos kilómetros adentro en las selvas húmedas y sólo vuelven al mar en el periodo de reproducción.

Entre los mamíferos acomodados a la vida terrestre hay algunos que han regresado al medio marino de sus antepasados, conservando la respiración pulmonar y otras adaptaciones. Las ballenas, delfines y cachalotes de los océanos actuales son cetáceos que sólo pueden moverse y alimentarse en el mar, para los cuales varar en las playas es un accidente fatal; viven habitualmente cerca de la superficie de las aguas y respiran aire atmosférico por los espiráculos y orificios nasales que llevan en la parte superior de la cabeza, pero como poseen pulmones, en los cuales almacenan considerable cantidad de aire, así como cavidades especiales donde se acumula sangre venosa, es decir, la que tiene bióxido de carbono y desechos, pueden sumergirse a grandes profundidades y permanecer algún tiempo en ellas; sin embargo, tienen forzosamente que volver a la superficie en busca de aire atmosférico.

Las focas, leones marinos, elefantes marinos, morsas, etcétera, son habitantes de las aguas litorales que se arrastran sobre las playas y las rocas, donde pasan una gran parte de su vida descansando al aire y al Sol.

Según las características biológicas que presentan los organismos marinos, se observa que pueden vivir en diferentes medios oceánicos; unos lo hacen en el seno de las aguas independientemente del fondo, ya sea flotando de una manera pasiva como las medusas o aguasmalas, o bien impulsados por órganos de locomoción de diferente naturaleza como los peces, todos ellos constituyen el dominio pelágico; otros, en cambio, están íntimamente ligados al fondo, ya sea al iluminado o al abisal, pudiéndose encontrar fijos o anclados al fondo, a las rocas, a las arenas u otros objetos sumergidos como las esponjas y corales; o bien porque caminan y se arrastran sobre ellos, como los caracoles, los gusanos, los cangrejos y ciertos peces, por ejemplo: las rayas y lenguados, que de continuo descansan en los fondos arenosos.

Éstas son algunas de las principales características biológicas de los organismos marinos que representan tesoros de vida en las impacientes aguas del océano y muestran infinitos recursos de que la naturaleza se vale para subrayar la enorme variabilidad de su obra en el océano, lo que ha despertado el interés de la especie

humana para aprovechar algunas de ellas durante el desarrollo de su vida. Por ejemplo, si se observa la forma de un submarino o de un dirigible, se verá que son, simplemente, una réplica de la descrita para los peces.

Revistas, libros, monografías detalladísimas, publicaciones sin cuento, algunas de ellas alardes de buen gusto, están dedicadas a dar a conocer la extraordinaria y maravillosa vida de los mares. Cientos de investigadores han dedicado su esfuerzo a escudriñar los más remotos rincones del océano, para tratar de entender los fenómenos biológicos que se presentan en sus aguas.

V. COMPORTAMIENTO DE LOS ORGANISMOS MARINOS FRENTE A LA TEMPERATURA Y LA SALINIDAD

LA SAGAZ observación de los científicos ha determinado que los seres que se agitan y se mueven en el seno de las aguas del mar, o son arrastrados por sus vaivenes y corrientes, son de muy distinta índole y aspecto que aquellos otros que reposan en el fondo, se arraigan y se fijan en él, o caminan o nadan a poca distancia del suelo submarino. Estos cambios que sufren los organismos marinos tanto en su estructura como en sus funciones representan una respuesta a estar sometidos a condiciones fisicoquímicas diversas, y, en ocasiones, hasta antagónicas, en las distintas regiones del océano.

Estas condiciones fisicoquímicas a las que también se les llama hidrográficas, determinan la diversidad de los organismos que viven en las aguas del mar.

En aquellas zonas del océano donde las condiciones del medio, principalmente la temperatura y la salinidad, son relativamente constantes, pero extremas, el número de especies es generalmente bajo y las que toleran estas condiciones pueden aumentar notablemente en número de individuos y hacerse dominantes, por ejemplo: las grandes cantidades de bacalao que se encuentran en los mares fríos de Noruega.

Lo contrario que se observa en las zonas oceánicas donde las condiciones hidrográficas no son extremas, como en muchos mares tropicales, en los que existe mayor diversidad de especies, pero su número de individuos no alcanza grandes agregaciones, por lo que ninguna de ellas será dominante, como se observa en el Mar Caribe, donde existe una multitud tan variada de especies de peces, corales, moluscos, etcétera.

La salinidad de los océanos influye directamente en las características de estructura y funcionamiento de los organismos que viven en ellos. La composición química del agua del mar en cuanto a la cantidad de sales disueltas, es casi la misma que se presenta en los fluidos orgánicos de los seres del reino animal, ya que estos dos medios solamente estarán separados por membranas y tejidos semipermeables que permitirán la entrada y salida de agua según la cantidad de sales, fenómeno que se conoce con el nombre de *intercambio osmótico*.

El mantenimiento de igual concentración dentro del animal y en el medio acuático que lo rodea es condición indispensable para los seres que viven en el océano, ya que si el organismo tiene mayor concentración de sales, entrarán cantidades de agua que en un momento llegarán a sus células hasta hacerlas explotar; en caso contrario, es decir, que el medio tenga más sales, el agua saldrá del organismo, destruyéndose también sus células.

De acuerdo con este comportamiento de los organismos frente a la cantidad de sales que se encuentran en el agua se puede entender por qué los peces de agua dulce no pueden vivir en el mar y a su vez los del mar no se pueden colocar en acuarios de agua dulce. Sin embargo, existen algunas excepciones, como es el caso de las anguilas que viven en aguas dulces y van a tener sus crías al mar, y el de los salmones que viven en el océano y se reproducen en los ríos; a este tipo de peces se les llama anádromos.

El mantenimiento de una concentración igual o isotónica entre la sangre y el agua del medio se produce en estos animales marinos por la acción de los riñones, que retienen o expulsan el agua; así como de otras estructuras de osmorregulación, por ejemplo: en algunos peces, sus láminas branquiales tienen unas células capaces de producir cloro, que facilitan la incorporación de cloruros a la sangre y la elevación consiguiente de su concentración salina.

Otros organismos que viven en los océanos, como los tiburones y las rayas, tienen gran cantidad de urea en la sangre, lo que ayuda a que aumenten su salinidad y así se mantenga igual a la del mar.

Los invertebrados marinos tienen en su cuerpo, normalmente, líquidos orgánicos de igual concentración de sales que el agua del mar en la que viven, y poseen la capacidad de variar y regular su concentración salina de acuerdo con los cambios que se presentan en el agua ambiente y poblar diferentes medios marinos. En otros organismos, esta regulación no se presenta y, al cambiar el medio, tienen que emigrar, o de lo contrario mueren.

De acuerdo con estas circunstancias existen dos tipos de animales marinos: aquéllos dotados de mecanismos para regular la concentración salina de su cuerpo, de acuerdo con las características de su medio, lo que les permite acomodar las sales de sus fluidos orgánicos a las necesidades requeridas por las condiciones del agua del mar; es decir, los que resisten perfectamente los cambios de salinidad del medio, llamados *eurihalinos*. Estos organismos viven en las zonas de mezcla de aguas dulces con las marinas, tales como estuarios, ríos, zonas marinas próximas a las desembocaduras de los ríos, o en aquellas que, como en las lagunas litorales con comunicación precaria con el mar, la salinidad de sus aguas alcanza valores muy variados. Pueden ser ejemplo de estas especies, los ostiones entre los moluscos, las lisas y los pejerreyes entre los peces.

Otro tipo de animales marinos carecen de tales mecanismos de regulación y no pueden acomodarse a cambios de salinidad del medio; a éstos se les llama *estenohalinos*, y es el caso de las sardinas y de los atunes que viven en aguas oceánicas. Sin embargo, no puede hablarse, en realidad, de la existencia de especies totalmente estenohalinas, pues siempre hay un cierto grado de tolerancia a cambios.

La mayoría de este tipo de animales habita normalmente en las zonas alejadas de la costa y de los lugares de mezcla con aguas dulces son en general seres pelágicos y oceánicos.

El carácter de eurihalinidad o de estenohalinidad de una especie determinada es uno de los factores que intervienen en las migraciones de los peces, bien porque las condiciones del agua en que en determinado momento viva un pez cambien, obligándole a dejarlas en busca de otras, o bien porque, sin que cambie la salinidad del agua, sea su sangre la que varíe en concentración de acuerdo con su ciclo vital, y por ello debe emigrar y buscar el medio adecuado.



Figura 15. Ostiones, organismos que resisten los cambios de salinidad del agua.

Cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*.

La temperatura del agua del mar tiene además una influencia decisiva en la vida y por lo tanto en la distribución de los animales marinos, ya que interviene de manera directa en sus procesos fisiológicos, o sea, en su propio funcionamiento, como es el caso del metabolismo, la reproducción, etcétera. También lo hace indirectamente por la influencia que tiene la temperatura sobre otros factores del medio ambiente, como la salinidad o la concentración de gases disueltos en el agua del mar.

En cuanto a la temperatura se refiere, los organismos marinos son clasificados en dos formas diferentes, que si bien bajo ciertos aspectos coinciden, no equivalen exactamente.

La primera clasificación está en relación con la temperatura del cuerpo del animal; existen los organismos que mantienen la temperatura constante, a los que se les llama *homeotermos*, como es el caso de los mamíferos marinos: si en su medio aumenta o disminuye la temperatura, esto no influye en la de su cuerpo, que siempre será la misma.

Otros son los organismos de temperatura variable llamados *poiquilotermos*, que cambian la temperatura del cuerpo de acuerdo con las variaciones de la del agua; esto es característico de la mayoría de los peces.

La segunda clasificación es la de aquellos organismos que resisten perfectamente los cambios de temperatura en el medio ambiente, aunque sean muy amplios, los *euritermos*; y los que no resisten esos cambios, los *estenotermos*. Estos últimos no lo son en el sentido absoluto, puesto que siempre existe un cierto grado de tolerancia a dichos cambios.

Los seres que no se adaptan a los cambios de temperatura suelen ir unidos a los que no lo hacen a las variaciones de salinidad, y los que los toleran van con los que soportan cambios en la temperatura.

Aunque no sea regla absoluta, el hecho es fácil de comprender, ya que precisamente aquellas zonas marinas en las que son posibles o frecuentes los cambios de salinidad son las que simultáneamente experimentan variaciones paralelas en el régimen térmico. Por lo tanto, los animales que sí admiten cambios en la temperatura del agua suelen habitar las zonas costeras de desembocaduras de ríos o de lagunas litorales y los que no soportan dichos cambios están localizados generalmente en las áreas pelágicas u oceánicas.

En el caso de los organismos euritermos, que como es lógico pertenecen siempre al grupo de los poiquilotermos o de temperatura variable, no se presentan mecanismos de termorregulación, ni adaptaciones especiales para mantener la temperatura constante; como tampoco existen en aquellos otros animales que, perteneciendo también al grupo de los de temperatura variable, son, sin embargo, de los que no pueden soportar cambios de temperatura del medio ambiente.

Ahora bien, todos los animales marinos que presentan la temperatura de su cuerpo constante, u homeotermos, son estenotermos, como los mamíferos marinos, que para mantener su temperatura necesitan adaptaciones especiales como el mecanismo de la circulación de la sangre, el cual permite que la temperatura aumente en el interior del cuerpo por la contracción de los vasos sanguíneos, lo que hace que la sangre al circular friccioné la pared del vaso produciendo calor, o disminuya por la distensión de los vasos, permitiendo que la sangre circule libremente y no genere calor.

Entre estas adaptaciones se puede destacar la actividad metabólica de los organismos que interviene activamente en la regulación de la temperatura del cuerpo; por ejemplo, los atunes, que son grandes nadadores, son capaces de elevar la temperatura de su cuerpo a un nivel superior de 10° C que la de las aguas en las que nada.

También, para ayudar a conservar la temperatura constante, los organismos presentan sistemas de aislamiento del cuerpo en contacto con el agua. En los mamíferos marinos esto se produce por la existencia de grandes y gruesas capas de grasa debajo de su piel, como en la ballena; estas capas de tejido adiposo se complementan con pelajes que aíslan, de forma muy eficaz, el cuerpo del agua, sobre todo por la existencia, debajo de los pelos, de otro pelaje complementario llamado borra; esto ocurre en los pinnípedos, es decir, en las focas y morsas, en los osos blancos y en determinadas especies de nutrias que habitan en el mar.

En las aves marinas la defensa contra la irradiación del calor se verifica también gracias a la existencia de capas de grasa tanto como por la presencia conjunta de

plumas y plumón, que hacen el mismo efecto en estos animales que el que realizan en los mamíferos el pelo y la borra.

En general son a estos dos factores fisicoquímicos del medio oceánico, temperatura y salinidad, a los que corresponden los cambios de estructura, funcionamiento y comportamiento de los seres que habitan los mares, y que determinan su distribución en las aguas oceánicas del planeta.

VI. FORMA DE LOS ORGANISMOS MARINOS

LA GRAN diversidad de seres vivos que tiene el medio oceánico en comparación con la que se encuentra en los continentes ha implicado para los organismos la necesidad de adquirir formas determinadas, sobre todo aquellos que tienen que moverse y desplazarse a través de él, venciendo una resistencia, representada por el peso del agua, mucho mayor que aquella que encuentran los que viven fuera del dominio oceánico. Además, los seres que no se mueven por encontrarse fijos al fondo o flotando tienen que presentar formas que les permitan resistir la dinámica del océano.

En el océano existe una enorme variedad, tanto de vegetales como de animales; cada uno, dentro de sus características heredadas típicas, posee formas peculiares, sin embargo, éstas son similares entre vegetales y animales de un habitat determinado, porque responden a las mismas exigencias generales de la vida en el seno de las aguas y obedecen a pautas relativamente uniformes en sus grandes rasgos.

Esto se debe a que las mismas causas suelen producir los mismos efectos, y por ello, aunque la diversidad en el mar sea muy grande, no es raro que en especies de grupos de animales muy distantes en la escala zoológica se presenten modelos de formas muy similares, aunque nunca idénticos; un claro ejemplo de similitud morfológica existe entre un pez pelágico nadador, como un atún o un tiburón, con un cetáceo del tipo del delfín, o incluso un ave del grupo de los pingüinos o pájaros bobos.



Figura 16. Formas semejante que presentan los organismos marinos.

Los vegetales marinos del océano pueden ser microscópicos, como las diatomeas que presentan una pared celular transparente formada por dos mitades llamadas valvas, cuya forma va desde la oblonga hasta la circular; y los dinoflagelados, que también tienen una cubierta de gran diversidad de formas rodeando su cuerpo que, como en el caso de las diatomeas, le permiten la flotación.

Otros vegetales marinos son los macroscópicos, como los líquenes, las algas y las fanerógamas, que se encuentran localizados, generalmente, en la zona litoral. Los líquenes se arreglan formando manchones irregulares sobre las rocas con coloraciones amarillas o grises cuando se localizan en la región superficial y negras para los de mayor profundidad. Debajo de las franjas de los líquenes se encuentran otros manchones de color azul formados por conjuntos de algas cianofíceas, consideradas como los vegetales marinos más antiguos, calculando que existen desde hace más de 2 000 millones de años.

Las algas son los vegetales en su mayoría microscópicos que predominan en el mar y que pueden medir desde unos cuantos centímetros hasta varios metros de longitud; algunas de ellas cubren las rocas y cuando el agua se retira durante la bajamar, su cuerpo elástico forma una maraña húmeda que protege a un gran número de pequeños animales contra sus depredadores y la desecación.

Las algas son vegetales que no tienen verdaderas raíces, tallos y hojas, además de no producir flores; su cuerpo está formado por una expansión achatada llamada talo, que puede ramificarse constituyendo las denominadas frondas. Presentan una consistencia gelatinosa que las hace flexibles, lo que les permite resistir la fuerza del oleaje. El talo se fija por medio de los llamados rizoides, prolongaciones que se ramifican en el sustrato (que puede ser de roca o el fango del fondo marino). La excepción de éstos son las algas flotantes, como los sargazos, cuyas frondas laminarias presentan una nervadura central con pequeñas vesículas laterales de diversas formas que al llenarse de aire les permiten flotar y así estar más cerca de la superficie con el fin de recibir la luz en mayor cantidad y poder realizar su fotosíntesis. También se encuentran los pigmentos que les proporcionan sus colores característicos; verde a las *Chlorophyceae*, pardo a las *Phaeophyceae* y rojo a las *Rhodophyceae*.

Las frondas presentan gran diversidad de formas según el lugar donde se localicen las algas; por ejemplo, el alga llamada *Ulva* o lechuga de mar es una clorofícea con delicadas frondas laminares de color verde que llegan a medir 30 centímetros tanto de largo como de ancho y vive en lugares protegidos.

Entre las algas pardas o feofíceas, que se considera son las más abundantes en los fondos litorales, se encuentra la mayor diversidad de formas, como en el caso de las laminarias, que tienen sus frondas aplanadas como láminas, algunas terminando en forma achatada como en *Laminaria saccharina* y ramificada como dedos en *Laminaria digitata*. Otras, como *Macrocystis*, alga gigante característica del Océano Pacífico, presenta grandes frondas en forma de espada con flotadores en sus bordes.

La especie *Chorda filum* o alga de cordón tiene más frondas tubulares con 1.5 centímetros de diámetro, achatadas en sus extremos, con la apariencia de largas cuerdas que llegan a medir hasta 20 metros de longitud. Algunos buceadores han quedado atrapados en ellas por lo que se les ha llamado "cuerdas de hombre muerto".

El *Fucus serratus*, que vive comúnmente en las playas, tiene frondas dentadas o aserradas de 1.5 metros de longitud.

Entre las algas rojas o rodofíceas llaman la atención por su forma y consistencia las llamadas algas coralinas de diferentes colores. Sus frondas ramificadas y erguidas están impregnadas por sales de cal y magnesio, lo que las hace muy parecidas a las colonias que forman los corales.

Entre las praderas marinas de la zona litoral las zosteras (*Zostera marina*) y las talasias (*Thalassia*) presentan hojas aceitunadas en forma de espada o lanza que miden medio centímetro de ancho y de 10 a 20 centímetros de longitud, las cuales sirven de refugio o de sustrato para la fijación de infinidad de animales como caracoles, cangrejos, estrellas de mar, hidrozoarios, etcétera.

En cuanto a la forma de los animales marinos, la densidad o peso del agua del mar y la necesidad de moverse en ella son las principales causas que moldean su forma, generalmente la hidrodinámica, llamada pisciforme, que le va a permitir desplazarse con rapidez en el seno de las aguas.

Sin embargo, éstos no son los únicos factores del medio que determinan dicha morfología, sino que intervienen también otros como la presión, las corrientes, el oleaje, la luz, la temperatura, etcétera. Esto se observa en aquellos organismos marinos que no nadan al estar fijos en el fondo o bien al flotar privados de movimientos de natación, en cuyo caso no son necesarias las formas hidrodinámicas pero si otras que aseguren su flotación o su resistencia a las corrientes marinas para quedar fijos.

Estas características especiales del ambiente de las diferentes regiones, zonas o distritos marinos en donde habitan los distintos grupos animales determinan las respectivas morfologías de estos organismos; por ejemplo, el tipo de los fondos sobre los que viven los seres bentónicos interviene en la adopción de una forma determinada; muchas colonias de esponjas se desarrollan tomando la forma de la roca en donde se fijan.

Igualmente, no tendrá la misma forma un organismo que viva por debajo de la región intermareal en zonas de relativa calma, que otro que habite en ella y tenga que estar sometido a la continua acción del oleaje, contra cuyos efectos tendrá que protegerse con la adopción de características morfológicas determinadas.

Las actividades que llevan a cabo los animales marinos para realizar sus funciones están íntimamente relacionadas con su forma. Aquellos que están dotados de movimiento y que son capaces de buscar su alimento, suelen tener la región anterior del cuerpo diferenciada en la llamada región cefálica o cabeza, en la cual además de la boca llevan los centros nerviosos de los que dependen sus órganos sensoriales, con los que localizan el alimento ayudados por sus apéndices locomotores, así como órganos prensores del alimento y masticadores; todos ellos darán una fisonomía propia al animal, como el caso de las langostas.

Los animales sedentarios, y sobre todo los que se fijan en un sustrato y que tienen que aguardar a que su comida pase a su alcance por no poder desplazarse en su busca, no

presentan la formación de esta región cefálica, sin embargo, los órganos sensoriales y de captura del alimento se encuentran repartidos en todos su cuerpo, con el fin de tener mayores probabilidades de conseguir los alimentos, como en las anémonas.

Estas dos formas principales que tienen los animales marinos de vivir, es decir, moviéndose ya sea flotando o impulsados por apéndices especiales o estando fijos en un lugar, van a caracterizar la simetría de su cuerpo. En los animales dotados de medios de locomoción y en los que se va a diferenciar la región anterior para formar la cabeza, la simetría es normalmente bilateral, es decir que sólo se puede dividir al cuerpo del animal en dos mitades semejantes, por medio de un plano sagital que pasa a lo largo de su cuerpo.

Mientras que en los sedentarios o fijos, que no van a diferenciar su región anterior, la simetría es normalmente radial, o sea que se divide su cuerpo en tres o más regiones semejantes por medio de ejes que parten del centro de su cuerpo. La característica de la simetría en relación con su medio de vida, no es absoluta, ya que existen animales fijos con simetría bilateral y otros nadadores con simetría radial.

Estos animales que viven en los fondos marinos, ya sea fijos o dotados de movimientos generalmente lentos, llamados bentónicos, presentan una mayor variabilidad en cuanto a formas. Esta diversidad se debe a que los ambientes bentónicos son distintos, de acuerdo con la diferente forma, estructura y composición de los fondos y con las diversas profundidades que pueden ser pobladas por los organismos, extendiéndose desde las mayores profundidades oceánicas en donde reina la calma, hasta las más someras de la región intermareal, sujeta a la continua acción del oleaje, temporales, mareas, corrientes, etcétera. La enorme diferencia que se encuentra en estas fascies o ambientes bentónicos repercute inmediatamente en igual variedad de las formas de los animales, pudiéndose distinguir las *ramificadas*, *tubulares*, *radiadas*, *globulosas*, *deprimidas*, *comprimidas*, *conoideas*, *vermiformes*, *cancriformes*, y *fusiformes o pisciformes*.

Formas ramificadas son características de animales coloniales, que se constituyen en grupos en donde, al reproducirse los organismos por procesos asexuales muy rápidos, los descendientes no separan. Esto se encuentra, por ejemplo, en las esponjas que estructuran bellísimas colonias arborescentes con coloraciones llamativas; en los hidrarios que presentan colonias fijas, como pequeños arbolitos en los pilotes de los muelles o que forman las elegantes colonias de las acróporas o corales.

Estas formas ramificadas tienen normalmente una gran resistencia a los movimientos del mar y pueden ser flexibles, como el caso de las esponjas, o rígidas cuando presentan esqueletos formados por carbonatos de calcio, como en algunos corales como el llamado cuerno de ciervo.

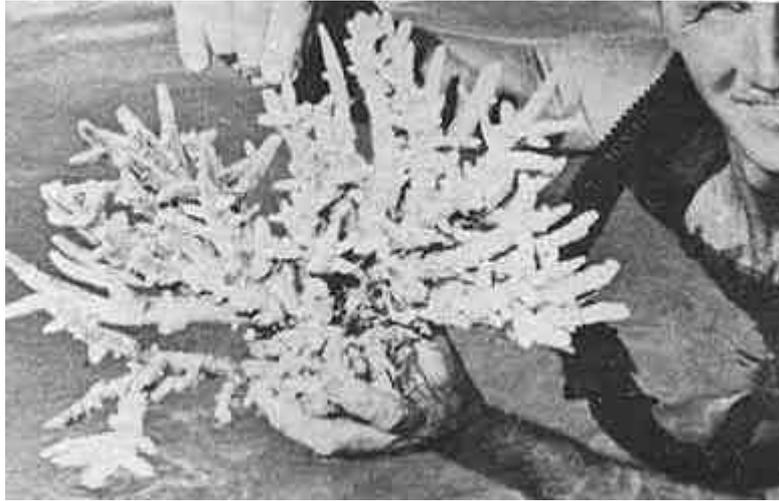


Figura 17. Coral cuerno de ciervo. Cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*.

En estos organismos marinos que constituyen colonias existe un marcado polimorfismo entre los diferentes individuos de la agrupación, debido a un proceso de especialización de cada uno de ellos para poder realizar labores determinadas; por ejemplo, unos se encargan de la captura del alimento, otros de la defensa, otros de la reproducción, etcétera.

Las formas coloniales de los animales marinos pueden ser fijas y encontrarse en los fondos de los mares, como en el caso de los hidrozorios, o ser libres nadadores y vivir en la superficie, como los sifonóforos, que tienen un órgano de flotación.

Muy semejante a estas formas ramificadas resultan las tubulares, que son muy abundantes en los animales bentónicos, y en ocasiones representan la forma fundamental de algunos grupos de animales marinos, como en el caso de las esponjas, que tienen forma cilíndrica con una cavidad central que se comunica con el exterior por medio de un orificio grande, lo que asegura la circulación del agua que entra por pequeños poros a través del cuerpo de la colonia. Estas formas tubulares se pueden complicar posteriormente y transformarse en ramificadas.

Los animales típicamente sedentarios presentan la forma radiada, en la cual se encuentra la boca en el centro de la cara ventral de su cuerpo y alrededor se colocan las otras estructuras, como los brazos, los apéndices locomotores, etcétera. Esta forma la presentan las estrellas de mar llamadas ofiúridos o bailarinas de mar. Existen animales móviles, como las medusas, que son radiados, sin embargo, éstos se originan de individuos sedentarios.

Los animales que tienen formas globulosas presentan un aspecto redondeado más o menos esférico, como en el caso de los llamados erizos de mar, cuyo esqueleto forma una esfera en que los órganos se arreglan de manera radial. La forma de las esponjas de baño puede considerarse también como globulosa.

Las formas deprimidas y comprimidas son características del ambiente bentónico, no litoral, en el que los materiales de los fondos son eminentemente arenosos o fangosos; presentan organismos que pueden tener la facilidad de desplazarse, pero que viven enterrados en estas arenas o fangos como, por ejemplo, las llamadas mantarrayas, los

peces guitarra, los peces torpedo, etcétera. Entre los invertebrados presentan estas características las estrellas y galletas de mar que viven enterradas en la arena.



Figura 18 (a). La mantarraya y las estrellas de mar presentan formas deprimidas.

(Estrella de mar, cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*.)

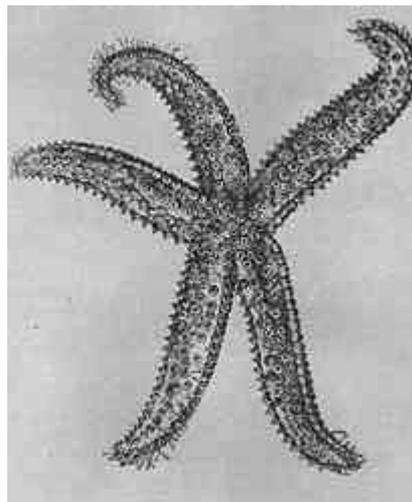


Figura 18(b).

Muchos de los organismos de la región litoral más expuesta al oleaje presentan formas conoides, como las que se encuentran en la concha con la que algunos animales se protegen al vivir fijos a la superficie de las rocas sumergidas, como las lapas, los balanús o bellotas de mar, en donde la base de su esqueleto es muy amplia, mientras la región terminal es muy angosta y forma un cono.

Los gusanos tienen una forma típica llamada vermiforme, característica de los invertebrados como los gusanos anillados o anélidos, entre los que se encuentra a los nereis, gusanos que tienen su cuerpo cubierto por multitud de espinas urticantes. Muchos de estos gusanos protegen su cuerpo por medio de tubos que pueden estar formados por arena o por sales de calcio y reciben el nombre de tubícolas.

Los cangrejos y otros crustáceos presentan una forma característica llamada cancriforme y que consiste en un caparazón grueso que puede estar comprimido como en las jaibas, o ser más o menos cilíndrico, como en las langostas; de este caparazón, que es muy grueso y por eso se les llama crustáceos, salen sus apéndices locomotores formados por varias piezas articuladas.

Los animales que viven nadando o flotando en el seno de las aguas oceánicas, llamados pelágicos, adoptan también diferentes formas, según la manera en que se desplazan; en aquellos que viven solamente flotando la forma se adapta a las necesidades que resultan de su flotación, y es esférica u ovoide, con desarrollo en cámaras de flotación; éste es el caso de la colonia de hidrozoarios llamada "fragata portuguesa".

Los animales pelágicos presentan formas especiales que tienen como fin ofrecer la mínima resistencia al medio, apareciendo una hidrodinámica llamada fusiforme o pisciforme, que es ovoide en sus dos extremos terminados en punta, el anterior más corto que el posterior, y que puede alcanzar los mayores grados de perfección para avanzar más rápido sin causar remolinos y turbulencias que frenen su deslizamiento.

Los órganos propulsores de estos animales pelágicos, presentes frecuentemente en forma de aletas, suelen estar provistos de surcos especiales que les permiten plegarse cuando el animal ha adquirido un cierto impulso y se desliza por el agua por inercia, como se observa con la aleta dorsal de los atunes y de los bonitos.

La morfología pisciforme se presenta no sólo en los peces, sino en muchos grupos zoológicos, experimentando las más variadas modificaciones. La tienen, y muy perfecta, la totalidad de los cetáceos: ballenas, delfines, cachalotes, narvales, etcétera. Con mayor perfección, pero con evidente carácter pisciforme, los pinnípedos, como morsas y focas. Entre las aves, las hay con evidente forma pisciforme, como ocurre con los pájaros bobos, que son eminentemente pelágicos. Entre los invertebrados también se presenta, como en las sagitas, pequeños animales que viven en el plancton, y los moluscos cefalópodos, como los calamares, que para nadar extienden sus tentáculos manifestados ser verdaderamente fusiformes.

Asimismo, las formas de los animales que pueblan el océano están íntimamente relacionadas con las características fisicoquímicas del medio; por ejemplo, la salinidad interviene de manera directa, lo que se observa en *Artemia salina*, que fácilmente se cultiva en acuarios: es un pequeño crustáceo que vive en las lagunas litorales, extremadamente polimorfo de acuerdo con la salinidad; cuando la salinidad es baja presenta un mayor número de apéndices caudales y alcanza mayor talla, mientras que cuando aumenta la salinidad se desarrollan más las branquias y se presenta un descenso en su talla.

Las diversas formas de animales marinos hacen del ambiente oceánico un cuadro de belleza incomparable; se pueden recordar los troncos de coral rojo, un bello producto ornamental, la variedad de caracoles que desde épocas remotas la humanidad ha recolectado para hacer fabulosas colecciones. Estas formas, que le permiten a los seres oceánicos realizar al máximo sus funciones y adaptarse a su medio, representan una joya del océano que la naturaleza brinda a los humanos, para satisfacer su frivolidad incorregible.

VII. LOS MARAVILLOSOS COLORES DE LOS ORGANISMOS EN EL OCEÁNO. MIMETISMO

LA COLORACIÓN de los seres vivos marinos presenta una extraordinaria variedad y riqueza que hasta se puede considerar compite ventajosamente con las más bellas y policromas de las especies terrestres que se encuentran en los continentes. Estas coloraciones que tienen los vegetales y animales marinos se deben a los efectos de los fenómenos de reflexión o difracción de la luz y a la presencia de sustancias químicas llamadas pigmentos que se encuentran distribuidas en los tejidos que forman su cuerpo.

En los vegetales marinos las coloraciones se originan principalmente por la presencia de estos pigmentos, aunque pueden encontrarse, en ocasiones, determinados brillos debidos a fenómenos de bioluminiscencia, por la oxidación de algunos compuestos químicos que contienen fósforo, que se encuentra en las células que forman su cuerpo, como en *Noctiluca*, un vegetal microscópico del plancton marino, que cuando abunda hace que el agua brille, sobre todo en las noches oscuras.

Los pigmentos que dan color a las plantas marinas han sido denominados asimiladores, debido a que permiten al vegetal fijar las radiaciones del Sol para transformar la materia inorgánica en orgánica durante la fotosíntesis. Estos pigmentos, que tienen diferentes colores, son: la clorofila, la xantofila, la ficofeína, la ficoeritrina y la ficocianina.

La clorofila se encuentra en las fanerógamas marinas como la talasia y las zosteras de las praderas marinas, por lo que presentan su color verde característico debido a la abundancia de este pigmento, aunque pueden mostrar tonos amarillentos cuando también se encuentra la xantofila. Estos pigmentos se localizan en unos pequeños orgánoides de la célula llamados cromatóforos.

También esta clorofila es el pigmento característico de algunas algas como las verdes o clorofíceas, donde se encuentra sola, por lo que la tonalidad de las frondas va desde un verde pálido como en el caso de la lechuga de mar hasta el intenso como en *Cladophora*.

Las algas azules o cianofíceas, además de la clorofila, llevan una gran cantidad de ficocianina, que les comunica su típico color azul.

Las algas pardas o feofíceas presentan como pigmentos, además de la clorofila, la ficofeína, de color pardo, y la xantofila, amarilla, lo que les da las más variadas tonalidades comprendidas entre el color amarillo y el castaño oscuro, sin faltar las verde-amarillentas; tal es el caso de las laminarias, que presentan color verde olivo.

Las rodofíceas o algas rojas están caracterizadas por la presencia del pigmento rojo ficoeritrina, como en el caso de las algas coralinas, que reciben este nombre por su tonalidad que va desde el rojo pálido al púrpura oscuro, y la consistencia de sus frondas, que son rígidas y erguidas. Algunas veces en estas algas rojas se presenta una intensa acumulación de pigmentos, por lo que toman tonalidades casi negras.

En los animales marinos se va a encontrar también gran diversidad de tonalidades, algunas producidas por pigmentos característicos del reino animal, como la melanina; pero en muchas ocasiones originadas por la reflexión y difracción de la luz, cuando ésta incide sobre las estructuras del organismo produciendo brillos metálicos e irisaciones, o sea, la formación de reflejos de la luz en todos los colores del arco iris o algunos de ellos.

Los pigmentos propios de los animales marinos suelen estar difundidos entre sus tejidos y principalmente en los epiteliales, formando grupos de mayor o menor extensión en unas células pigmentarias especiales llamadas también cromatóforos, como las que existen en los vegetales. En otras ocasiones son la hemoglobina, pigmento rojo de la sangre de los peces, o la hemocianina, pigmento azul de la sangre de los invertebrados, los que comunican su coloración a los organismos, como ocurre en algunos peces como el huauchinango que presenta tonalidades más rojas conforme mayor cantidad de hemoglobina presente; o en el de algunos gusanos que se mueven entre la arena de las playas, cuyo cuerpo transparente se colorea en tonos azulados cuando se acumula su sangre en las regiones periféricas de su cuerpo, como sucede en ciertos poliquetos.

Los cromatóforos se pueden observar fácilmente en algunos animales como los moluscos cefalópodos, a los que pertenecen los calamares, en los que las células pueden contraerse o distenderse produciendo la concentración o dispersión del pigmento, generalmente la melanina, lo que permite cambiar, de manera rapidísima, la coloración que va del gris claro al negro.

La contracción de las células que contienen los cromatóforos se puede originar por diversas causas. La luz por sí misma es capaz de producir un estímulo que pone en movimiento el mecanismo de los cromatóforos; por ejemplo, algunos camarones, al estar expuestos a una iluminación activa, adquieren colores más vivos e intensos porque su circulación se acentúa y los pigmentos se reparten ocupando mayor superficie del cuerpo del animal.

En el caso de los peces, la región dorsal, que está en contacto con mayor cantidad de luz, siempre presenta una coloración más intensa que la zona ventral, que es más clara. Cuando los cromatóforos son policromos, por presentar más de un pigmento, al recibir mayor cantidad de luz estos gránulos pigmentarios se reparten y se concentran en diferentes zonas del animal, produciendo los más variados efectos cromáticos.

En algunos cangrejos, las células de los cromatóforos van a reaccionar, principalmente, por la acción de estímulos transportados por el sistema nervioso que se encuentra ramificado bajo su piel, el cual registra los cambios que se presentan en el medio: cuando identifican alguna presa, cambian rápidamente la pigmentación de su cuerpo, tratando de confundirse con el medio para no ser descubierto y así atraparla.

Los peces, por estados de excitación, pueden sufrir cambios en la coloración y es común ver, sobre todo en los que viven en los arrecifes coralinos, cómo cambian de color al ser estimulados por la presencia de algún organismo de mayor tamaño. Esto también se presenta en los calamares, los que se excitan de una manera extraordinaria, manifestándose esa excitación por cambios intensísimos y muy

rápidos de la coloración, llegando a formar oleadas que recorren su cuerpo de un extremo al otro, como consecuencia de la contracción y expansión rítmica de las células de los cromatóforos de las diferentes regiones del cuerpo.

En otras ocasiones, en los cambios de color intervienen los órganos de los sentidos y respuestas dirigidas por el cerebro, por lo que se les ha llamado voluntarios, y los animales marinos uniforman sus coloraciones con las del medio ambiente que les rodea. Esta propiedad llega a un perfeccionamiento extraordinario, como el famoso caso de los rodaballos, peces de la familia de los lenguados que, colocados sobre un tablero de ajedrez, su cuerpo toma la coloración de los cuadros blancos y negros del tablero con gran perfección y con mayor rapidez cuantas más veces se repita el experimento. La comprobación de que los cambios de coloración son voluntarios se ha hecho cortando a los mismos individuos los nervios ópticos, y observándose que desde ese momento dejan de reproducir los colores del medio sobre el que se encuentran.

En los langostinos, crustáceo común de los ríos, se ha demostrado que en cuanto se seccionan sus pendúnculos oculares se producen disturbios en la actividad de los cromatóforos, dejando de funcionar los rojos, pardos y amarillos, pero siguiendo en actividad aquellos cuyo funcionamiento depende exclusivamente de la acción lumínica directa, por lo que sus coloraciones cambian aún.

Las reflexiones de la luz que producen brillos y las difracciones que causan irisaciones se presentan al incidir la luz sobre determinadas células del cuerpo del animal, llamadas iridocitos, especialmente modificadas y provistas de una sustancia especial muy refringente, la guanina.

En otras ocasiones, estos fenómenos de reflexión y difracción de la luz se producen por la especial disposición de los tegumentos o por la de sus derivados como espinas, barbillas, escamas, etcétera, que producen brillos e irisaciones metálicas de acuerdo con la manera en que inciden sobre ellos los rayos de luz, lo que permite que las coloraciones cambien según se modifique el ángulo de incidencia de la luz. Esto se observa, por ejemplo, en los peces pelágicos, como el atún que presenta su dorso oscuro y los flancos y el vientre claros y plateados.

Infinidad de animales del mar, debido a sus tonalidades y a sus formas, pueden pasar inadvertidos a los ojos de sus enemigos y perseguidores vistiéndose del color más adecuado para confundirse con los objetos que le sirven de fondo, con el fin de disimular su contorno y que su cuerpo no destaque sobre él.

El poder imitativo resulta extraordinario, hasta el extremo de que en muchas ocasiones es realmente difícil distinguir estos animales que han sido llamados maestros de la hipocresía y el engaño; a este fenómeno se le denomina mimetismo y lo han estudiado minuciosamente los biólogos, llegando a registrar casos notables de la manera en que los animales del mar tienen como uno de sus mecanismos defensores la facultad de imitar al medio ambiente que les rodea.

Se puede considerar que muchos de los animales que nadan en las aguas de los océanos, por la cantidad de agua que tienen en su cuerpo, "se disfrazan de agua", valga la frase. Las medusas o aguasmalas y los ctenóforos o farolitos de mar son

completamente transparentes, de tal modo que dentro del agua no son visibles, o sólo se perciben ligeras trazas de su cuerpo. En otras ocasiones estos organismos que flotan en el agua toman un color azul ultramar o violeta con el que imitan el matiz que adquieren las grandes masas líquidas oceánicas.

Un caso curioso es el de las sardinas y las macarelas, cuyo dorso tiene un color azul oscuro y su vientre es intensamente plateado. Este hecho singular se debe a que dichos peces tienen que librarse de dos clases de enemigos: los que los observan por encima y los que los atacan por debajo. La coloración de estos peces trata de engañar a unos y a otros. Los que viven por encima de las aguas, como las aves marinas, son burlados por el color azul del dorso que apenas destaca sobre el azul del mar. Cuando se observa desde el fondo del agua a estos peces, la superficie ventral tiene el aspecto brillante de un espejo, ya que las escamas plateadas del pez son un elemento para reflejar la luz y contribuir de esta forma a que el cuerpo aparezca confundido con los brillantes destellos de la inquieta superficie del mar.

Los animales que se localizan en los fondos arenosos o viven continuamente sobre ellos, como el anfioxus, los peces lenguados, los camarones, los cangrejos y ciertos gusanos, no se conforman con disimularse cubriéndose con arena, recurso sencillo para no ser vistos, sino que su coloración generalmente es gris o amarillenta, unas veces clara y otras más oscura, y su color no es uniforme, ya que se descompone en pequeñísimas manchitas o motitas irregulares y distribuidas sin orden alguno de diversos colores: blancas, grises, amarillas, rojizas, pardas, azules, etcétera, que copian con toda perfección los abigarrados matices de los infinitos granos de arena que forman el fondo marino.

Los moluscos que presentan su concha laminar, como las lapas y los abulones u orejas de mar, y que viven sobre las rocas, tienen por fuera de su concha un color oscuro indefinido que impide que se destaquen sobre la superficie de la roca, dejando las bellezas del brillo y del color para la parte interna de la concha, aquella que por quedar adosada a la roca y cubierta en parte por el animal puede presentar los más ricos matices sin denunciar su presencia.

Entre las algas policromas de los mares viven infinidad de especies marinas, principalmente cangrejos y equinodermos del tipo de los pepinos de mar, en los que la tonalidad de sus cuerpos armoniza perfectamente con la de las algas sobre las que viven, y se necesita la vista sagaz del biólogo para sorprender a tales criaturas, dada su maestría en el arte del disimulo utilizando el "camuflaje" con tanta eficacia y sorprendente resultado.

Cuando se desea convencer de la amplitud de formas y colores que se presentan en el mundo viviente del océano, basta tomar un manojo de algas y colocarlo en un amplio recipiente de vidrio lleno de agua de mar. Cuando las algas comienzan a perder su vigor y ya no constituyen el escondite ideal, una insospechada multitud viviente abandona los vegetales entre los que antes habían pasado totalmente inadvertidas a nuestros ojos y a los depredadores.

En el mar se localizan muchos organismos que cambian de aspecto y de coloración con arte y maestría, de los que no sólo sorprende la expresión que en cada caso adoptan, sino la rapidez con que sus cambios fisionómicos se producen.



Figura 19. El fenómeno del mimetismo se presenta en forma notable en los organismos marinos.

Cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*.

Los pulpos, animales con un aspecto generalmente hosco, pasan la mayor parte de su tiempo ocultos en pequeñas cavernas, desde donde acechan a los diminutos cangrejos o pececillos que puedan servirles de sustento, cambian de color y de aspecto cuando las circunstancias así lo exigen al presentarse algún cambio en el ambiente que los rodea. Tranquilo se deslizan entre las rocas cubiertas por la policroma vegetación submarina; su color es pálido, suave, apacible, pero basta la menor contrariedad o que cualquier peligro los amenace para que su aspecto cambie en pocos segundos: sus brazos se repliegan en actitud defensiva o amenazadora, su coloración se torna oscura y tenebrosa, y todo su cuerpo se eriza de aparentes y terribles agujones, que no son más que inofensivas rugosidades de su piel irritada. El color del animal durante estos estados de irritación no permanece invariable, sino que en él se producen cambios y alteraciones que recorren todo el cuerpo en oleadas cromáticas que contribuyen a acrecentar su aspecto iracundo.

Durante este comportamiento el pulpo da la impresión de que su piel no se encuentra en reposo, ya que está en perpetuo trajín, en continua excitación que se trasluce al exterior por las variaciones de matiz, verdadera gesticulación cromática que revela la turbulenta agitación del pulpo, con la que sin duda pretende atemorizar a su adversario o tal vez expresar con toda sinceridad el temor que le embarga. Un espectáculo curioso es observar cómo el color de este animal se caracteriza con la mayor destreza con los colores de los objetos que le sirven de fondo, disimulando astutamente su presencia, justamente temida por tantos pobladores del mar víctimas de su voracidad.



Figura 20. Los pulpos son los reyes del mimetismo. Aquí se muestra uno con aspecto hosco.

Cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*

Estos fenómenos de mimetismo que presentan los seres que viven en el océano no se limitan a copiar el color de los objetos sobre los que viven o del medio que los rodea. En muchos casos, la ficción alcanza extremos que causan asombro y la imitación no queda limitada a una igualdad o semejanza de colorido, sino que tratan de copiar el aspecto y aun la forma de las rocas sobre las que reposan o de las algas en las que transcurre su vida.

Entre las algas viven las pequeñas "babosas marinas" moluscos del grupo de los nudibranchios, cuyos cuerpos están adornados de apéndices y prolongaciones que imitan la forma de las ramas de los vegetales marinos. En algunos de estos animales la imitación llega a ser muy acentuada, ya que los apéndices de su cuerpo toman la apariencia de pequeñas frondas de algas, lo cual da la impresión de que su cuerpo estuviese revestido de estos vegetales. La semejanza llega hasta modificar la constitución de sus órganos respiratorios, ya que las branquias de muchos de estos animales se disponen de tal modo alrededor del ano que forman como una roseta de apariencia vegetal.

Otro caso se presenta en unos pececillos llamados agujas que viven entre las algas, alargados y flexibles, con aletas sumamente reducidas, de tal modo que parecen una fronda alargada del alga, semejanza a la que contribuye la coloración con que su cuerpo está dotado. Tales pececillos son muy débiles, además de pésimos nadadores, por lo que su defensa no descansa sobre otra cosa que la virtud imitativa que la naturaleza de su estructura corporal le permite; por otra parte, unen a ella una rara habilidad para disimular su cuerpo en las algas, al entrelazarse con mucho arte para no ser vistos.

Uno de los casos de animales marinos que presentan mimetismo y que más llama la atención es el de los caballitos de mar, pececillos que viven en las aguas tropicales confundidos con la vegetación submarina o entre los corales y que tienen el cuerpo de forma extrañísima, adornado por una serie de prolongaciones estratégicamente situadas, cada una de las cuales tiene el mismo contorno que el de ciertas algas pardas

entre las que se esconden. La imitación es perfecta, hasta el punto de que realmente se hace difícil verlos entre la vegetación marina.

Basta lo expuesto sobre las maravillosas coloraciones de los seres vivos que pueblan el océano y de su habilidad para confundirse con su medio, por el fenómeno de mimetismo, para mostrar la cautela que deben tener los estudiosos y los curiosos amantes de la naturaleza, con objeto de no ser despistados por engañosas apariencias que los conduzcan a interpretar falsamente sus observaciones.

VIII. ADAPTACIÓN DE LOS ORGANISMOS MARINOS EN RELACIÓN CON LA INTENSIDAD LUMINOSA

LOS ORGANISMOS, tanto vegetales como animales, que viven en los océanos presentan una serie de cambios adaptativos debidos a la intensidad luminosa que se produce en el área donde viven.

La luz no sólo tiene una influencia directa sobre las distintas tonalidades e intensidades de la coloración de los seres marinos, sino que además influye sobre la morfología, es decir, la forma, y la anatomía o estructura de ellos, ocasionando cambios que les permiten adaptarse y poder ocupar diferentes profundidades; por lo tanto, esta intensidad luminosa también influye en la distribución de los organismos en el agua de los mares.

Los océanos se dividen verticalmente, con base en la profundidad de penetración de la luz, en cuatro regiones principales: en la parte superior se encuentra la llamada *zona eufótica* que llega, más o menos, hasta los 100 metros de profundidad, y en ella penetran las radiaciones rojas y ultravioletas, que son aprovechadas por los vegetales verdes para producir alimento en la función llamada fotosíntesis, por ello, en esta zona se encuentra la mayoría de los organismos productores, así como de los animales consumidores; todos ellos reciben el nombre de *epipelágicos*.

Por debajo de la zona eufótica se localiza la llamada *disfótica*, en la que las profundidades se extienden hasta los 1 000 metros. Esta recibe muy poca y débil iluminación, para que se realice una fotosíntesis efectiva; solamente penetran las radiaciones azules del espectro de la luz. En esta zona disfótica se encuentran pocos vegetales; pero muchos animales se localizan aquí; algunos de ellos son residentes permanentes de ella y otros realizan migraciones diarias o estacionales. A los organismos de esta región disfótica se les llama *mesopelágicos*.

Después de los 1 000 metros de profundidad, la luz ya no alcanza a penetrar, encontrándose la *zona afótica*, que se extiende hasta los 4 000 metros. Los pocos organismos que viven en ella reciben el nombre de *batipelágicos* y todos ellos son animales.

En las grandes profundidades por debajo de los 4 000 metros, y alcanzando hasta los 11 000, se localiza la llamada *zona abisal*, que forma las fosas oceánicas y en ella se han detectado bacterias a las que se denomina *abisopelágicas*, sin encontrarse, hasta la fecha, ninguna otra representación de vida.

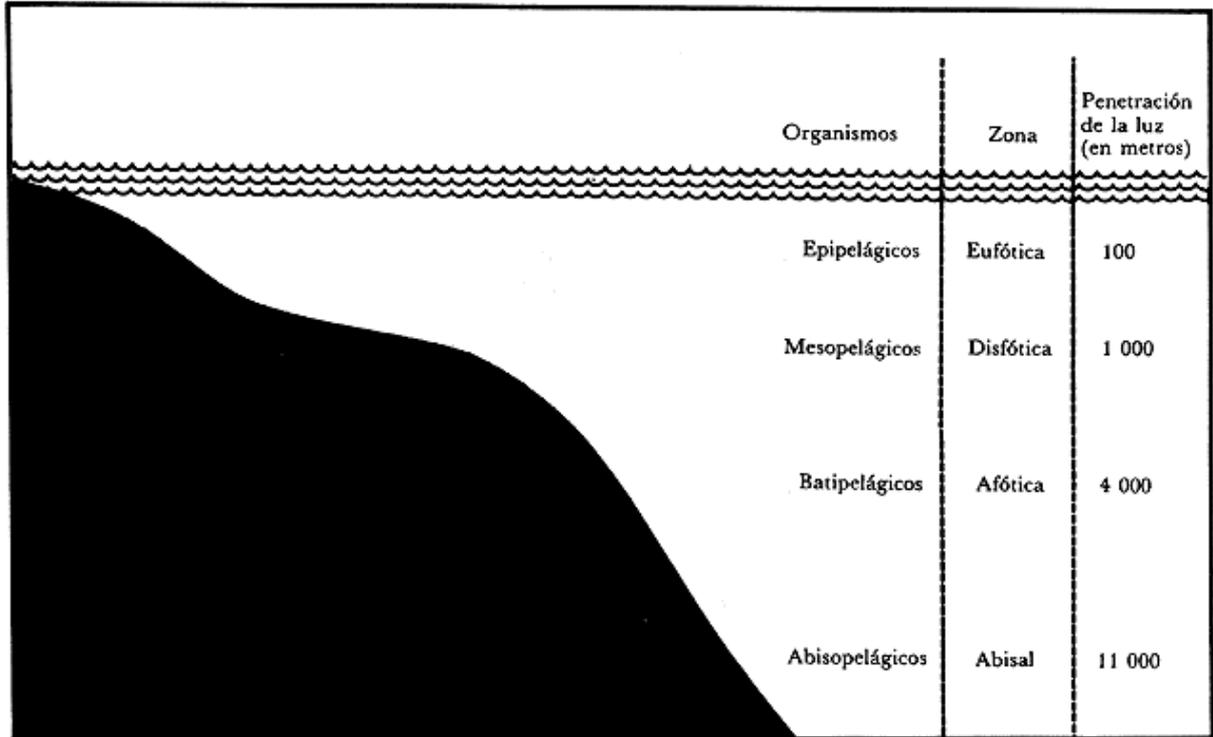


Figura 21. Distribución de los organismos según la intensidad luminosa.

Los vegetales marinos presentan diversas coloraciones de acuerdo con los pigmentos que contienen como adaptación para poblar las diferentes zonas del mar.

Las radiaciones luminosas rojas y anaranjadas son las utilizadas por las plantas para llevar a cabo la fotosíntesis, y se observa que los vegetales verdes y azules, como la talasia y la zosteria, así como las algas verdes y azules, se encuentran siempre en los mismos niveles superiores de las aguas del mar, fijas al fondo o flotando, para así absorber con sus pigmentos estas radiaciones.

Les siguen en profundidad las algas pardas, cuyo pigmento es capaz de realizar fotosíntesis en ausencia de las radiaciones rojas y anaranjadas. En los niveles más profundos hasta donde la luz penetra, se encuentran las algas rojas, que son las únicas capaces, gracias a su pigmento, de realizar fotosíntesis en presencia de las últimas radiaciones verdes y azules que llegan a esas profundidades.

Esta distribución de las algas marinas se observa claramente en los acantilados; sin embargo, existen algunas rodofíceas como *Porphyra* con frondas muy anchas, que crecen en las zonas de playa de poca profundidad, o algunas especies de *Gelidium* que se localizan en charcas de marea.

Algunas feofíceas como *Fucus vesiculosus* tienen en sus frondas vesículas que les sirven de flotadores y que les permiten estar en aguas superficiales bien iluminadas.

Los animales presentan también una serie de adaptaciones en relación con su coloración ante los cambios de intensidad luminosa; se encuentran desde aquellos que, como las medusas o aguasmalas, son casi totalmente transparentes, por lo que su contorno se confunde con el agua del mar, hasta los peces que tienen su región ventral de colores intensos que les permite pasar inadvertidos para quien los busca desde el aire, y su vientre blanco hace difícil que sean vistos desde el fondo.

Otro tipo de adaptaciones en relación con la intensidad luminosa que sufren los animales son los cambios que presentan en el desarrollo de sus órganos visuales, debido a que la penetrabilidad de la luz en el seno de las aguas marinas tiene un límite, sobrepasando el cual reina una absoluta oscuridad.

La visión en los animales marinos no llega a alcanzar la complicación y perfección de los animales terrestres o aéreos, ni siquiera en el caso de los peces, pero tiene, sin embargo, los más diversos grados de desarrollo, que van desde la simple presencia de manchas oculares que son regiones del cuerpo con pigmentos, hasta los complicados ojos de los pulpos, los cangrejos y los peces.

En los reptiles como la tortuga, en las aves como las gaviotas y en los mamíferos como la ballena, que son animales de origen terrestre que viven en los mares, la visión alcanza los más altos grados de perfección, de manera semejante a la de otros animales que habitan en los continentes.

Pese a que la transmisión de la luz no es fácil en el medio acuático, se observa en la escala zoológica marina una evolución de los órganos de los sentidos que se encargan de recoger los estímulos luminosos, relacionada con las dificultades que se les presentan para aprovechar al máximo este recurso. Es frecuente que las máximas complicaciones en la anatomía de estos órganos se encuentre en aquellas especies que viven en las mayores profundidades, ya que en estas tinieblas, por ejemplo, los peces pueden ser completamente ciegos o presentar ojos colosales con extraordinarias dimensiones.

Los órganos fotorreceptores de los animales, independientemente de cuáles sean sus diferencias estructurales, son semejantes a nivel celular, ya que todos ellos poseen sustancias sensibles, que se descomponen en presencia de la luz, llamadas fotopigmentos, y que producen el impulso nervioso en las fibras que inervan a las células del órgano; más tarde los fotopigmentos regresan y quedan listos para recoger nuevos estímulos luminosos.

Muchos grupos de invertebrados marinos presentan células fotosensibles, como en el caso de las medusas, que en el borde de la campana que forma su cuerpo, llamada umbrela tienen localizados los ocelos, que son manchas celulares que les permiten detectar diferentes intensidades de luz.

En las planarias marinas, gusanos planos que se deslizan en la cara inferior de las piedras o sobre las plantas, se localizan en su región anterior los ocelos, que son manchas negras ariñonadas y rodeadas por una porción clara, formadas por células especializadas en forma de copa sensibles a la luz.

Cuando los poliquetos, marinos cuyo cuerpo anillado está cubierto por gran cantidad de cerdas, son errantes, es decir que se mueven libremente en el fondo oceánico, presentan una región cefálica en la que llevan un par de ojos en posición dorsal, provistos de cristalino, lente transparente que permite el enfoque de las imágenes.

En los artrópodos, cuyos representantes marinos son los crustáceos, como los camarones, la langosta y los cangrejos, los ojos frecuentemente son de dos tipos: varios ojos simples formados por una sola faceta, y los ojos compuestos y pedunculados estructurados por un número variable de unidades completas, que pueden llegar a varios cientos. Estas unidades llamadas omatidios llevan su propia lente y sus células fotorreceptoras, y están cubiertas por una membrana transparente dividida en muchas facetas o corneolas cuadrangulares o hexagonales.

En los moluscos, los ojos alcanzan la máxima evolución de los invertebrados: son simples en el caso de los caracoles, y van hasta muy complejos en los cefalópodos, como el pulpo y el calamar, animales que tienen ojos semejantes a los vertebrados, los cuales llevan, además de las lentes, estructuras accesorias como la córnea que es una membrana transparente que permite el enfoque aproximado de la imagen, la pupila y el iris que controlan la cantidad de luz que entra al ojo, y el cristalino que da precisión al enfoque, además de la retina que contiene la capa de células fotorreceptoras.

El ojo de los peces es muy semejante al de los cefalópodos, pero en aquéllos se presenta el curioso fenómeno de que sus ojos aumentan de tamaño, de acuerdo con el aumento en profundidad de la zona en que viven, y esto se puede observar en diferentes especies de una misma familia que habiten a profundidades distintas, como es el caso de los peces de la familia de los sargos.

También, en especies que viven en épocas distintas de su vida a profundidades diferentes, como el caso de las anguilas, mientras están en aguas dulces, que nunca son hondas, los ojos son pequeños, pero cuando van al mar a depositar sus huevecillos en las profundidades del Mar de los Sargazos, experimentan un notable aumento en el tamaño de los ojos paralelo, por cierto, a un ennegrecimiento de su coloración.

En los peces que viven en las grandes profundidades los ojos tienden a atrofiarse, es decir, a disminuir su desarrollo y, por lo tanto, su función, o perderla totalmente; en ellos se presenta un gran desarrollo de la boca, como compensación para una manera más fácil de capturar los alimentos.

En las especies abisales donde existe un aumento en el tamaño de los ojos, éstos se desplazan a los lados de la cabeza y, en algunos casos, se forman prolongaciones laterales de ella llamadas pedúnculos, en cuyos extremos se colocan los ojos, obteniéndose de esta forma un mayor radio de capacidad visual, ya que adquieren, con este pedúnculo, extraordinaria movilidad.

Uno de los casos más curiosos se presenta en las larvas de algunos peces abisales, ya que sus ojos están situados en el extremo de larguísimos pedúnculos formados por los propios nervios ópticos que adquieren tal longitud equivalente, por lo menos, a una cuarta parte del tamaño total de la larva, que es muy larga y delgada.

En otros animales marinos los ojos, al aumentar de tamaño, modifican su morfología, presentándose un enorme desarrollo de sus elementos lenticulares, que al hacerse muy grandes y globulosos dan lugar a lo que se llama "ojos telescópicos". Sus ojos voluminosos con una gran curvatura en su cristalino y en su córnea, estructuras que permiten la entrada de la luz, les dan la característica de ojos de auténtico miope, ya que sólo realizan la visión a muy corta distancia, pero aumentando mucho los detalles, y su retina, lugar donde se forma la imagen, está muy desarrollada y en su superficie se perciben los cambios de intensidad lumínica.

En los ojos de los crustáceos se experimentan similares transformaciones. Los ojos simples se desarrollan más, constituyendo un ojo telescópico que les permite ver los detalles de los objetos aumentados. Los ojos compuestos de estos crustáceos son pedunculados y en cada elemento constitutivo del ojo se presenta una modificación, formándose dos zonas: la basal, con la que registran imágenes aumentadas, y la lateral, destinada a la observación de los objetos situados a mayor distancia y que, en varias ocasiones, son iluminados por órganos especiales luminiscentes que producen luz y que acompañan a los ojos.

Como se ha visto, en el mar la luz solar no llega a las grandes profundidades, por lo que apenas rasga las tinieblas de sus aguas oscuras, hondas y quietas; sin embargo, en estas regiones profundas no reina absoluta oscuridad, por la presencia de multitud de animales capaces de producir por sí mismos en todo su cuerpo o en órganos luminosos determinados una cierta cantidad de luz, fenómeno llamado luminiscencia o bioluminiscencia. Estos animales toman el aspecto de entes extraños y alumbran débilmente las sombras de los abismos oceánicos.

En los animales bioluminiscentes la producción de luz se inicia cuando llegan los impulsos nerviosos a las células especializadas de sus órganos productores; esta luz tiene una longitud de onda del espectro visible por el ojo humano, es decir, roja, amarilla, verde o azul, y en algunos casos pueden ser de estos colores. La intensidad de la luz es muy grande y la bioluminiscencia producida en una pequeña zona del animal supera proporcionalmente en luminosidad a una lámpara fluorescente.

Los seres productores de luz abundan más en el medio oceánico que en el dulceacuícola, el terrestre o el aéreo, haciendo del mar la residencia predilecta de pequeños animales luminosos. No se circunscriben a las regiones profundas, batipelágica y abisal, donde reina la oscuridad, puesto que también se les encuentra a profundidades menores, e incluso en la misma superficie, donde pueden ser extraordinariamente abundantes, como ocurre con muchos de los pequeños organismos que se localizan flotando, formando el plancton.

Son ejemplo de estos organismos planctónicos productores de luz por bioluminiscencia los dinoflagelados, organismos microscópicos dotados de dos filamentos muy largos llamados flagelos, por su aspecto de látigo, y entre los que más abundan están las noctilucas que le dan al agua del mar durante el día un aspecto grasoso, y en la noche, al producir la luz, lo iluminan con su brillo: de aquí el nombre de *Noctiluca*.

Los seres marinos productores de luz pueden dividirse, según la forma y región en que producen la luz, en tres categorías principales:

La primera la constituyen los organismos que producen *bioluminiscencia difusa*, generalmente son vegetales o animales formados por una sola célula, como en el caso de las bacterias bioluminiscentes o "fotobacterias", que han dado lugar a curiosos experimentos, como el de construir focos luminosos llenando globos de vidrio con cultivos que contengan multitud de estas bacterias. La producción de esta luz por las bacterias se verifica a muy diversas temperaturas, y si se mantienen a seis o siete grados centígrados bajo cero, conservan su actividad luminosa por mucho tiempo.

Muchas veces, estas bacterias se asocian con otros organismos del mar haciéndolos participar de su luminosidad, como ocurre con las llamadas "pulgas de mar", que son pequeños crustáceos que viven en las playas.

La segunda forma que los organismos presentan de *bioluminiscencia es la localizada* en determinados puntos del cuerpo, como los ctenóforos o farolillos de mar que la producen en sus órganos locomotores, con forma de pequeños peines, los que durante la oscuridad se iluminan presentando el aspecto de un farol.

En los protocordados, que son los antecesores de los peces, del grupo de los Pirosonomas, también tienen puntos de bioluminiscencia en su cuerpo y reciben este nombre por producir intensas luminiscencias en el agua.

Entre los animales que viven a gran profundidad se localizan algunas estrellas de mar en que la luminiscencia es de carácter *intermitente*, de tal modo que el cuerpo es recorrido por oleadas de luz.

Al tercer grupo caracterizado por la presencia de órganos especiales para la producción de luz, pertenecen los crustáceos, los moluscos y los peces, que presentan órganos productores situados en la superficie ventral y más abundante en su cabeza que en otras regiones del cuerpo, con una estructura compleja que permite que la luz emitida pueda variar no sólo en intensidad sino en color. Estos órganos funcionan por acción motora del sistema nervioso y con frecuencia de manera perfectamente voluntaria, como en el caso de los calamares de aguas profundas.

El procedimiento de la producción de luz, es decir, el origen de la bioluminiscencia, ha sido motivo de multitud de investigaciones que comenzaron con las observaciones del físico Faraday sobre los cocuyos, en los que observó la luminiscencia continua después de la muerte del animal. En la actualidad se sabe que este fenómeno se debe a que existen dos sustancias: una, un fermentador llamado luciferasa, y otra, una sustancia fermentable, es decir, que reacciona químicamente con el fermento, luciferina, y que al presentar su reacción producen la luz, requiriéndose para esto la presencia de oxígeno.

La luciferasa difiere de composición química de acuerdo con las diferentes especies de animales. Cuando estas sustancias son extraídas de las células se pierde la propiedad de producir luz.

Los seres que pueblan el océano revelan grandes bellezas y maravillas de color y forma de acuerdo con la intensidad luminosa que reciben, en ocasiones, gracias a los matices de órganos brillantes de naturaleza delicada que presentan en su cuerpo y que les dan apariencia de estar adornados por una diadema de brillantes gemas.

IX. LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES MARINOS EN LAS DIFERENTES PROFUNDIDADES

EN LOS océanos, la presión que ejerce la atmósfera aumenta en razón de una atmósfera por cada 10 metros de profundidad. Esto supone, como es natural, la existencia de enormes presiones, que llegan a sobrepasar las 1 000 atmósferas en las mayores profundidades oceánicas, que son de 11 000 metros.

La profundidad media de los océanos es de 4 000 metros y está sometida, por lo tanto, a una presión de 400 atmósferas. La presión hasta la que se han encontrado la mayor cantidad de organismos marinos es de 600 atmósferas, es decir, a los 6 000 metros de profundidad, ya que en los fondos mayores, hasta los 11 000 metros, la cantidad disminuye y se localizan principalmente algunos invertebrados y bacterias.

Se había considerado que a tales profundidades no se podía encontrar vida, ya que las presiones, al ser muy grandes, tenderían a aplastar a los organismos, además, no permitirían la existencia de gases disueltos por lo que se dificultaría la respiración al faltar el oxígeno. Sin embargo, conforme se avanzó en el diseño de aparatos para estudios de oceanografía y se pudieron obtener muestras a más de 5 000 metros de profundidad, se fueron desvaneciendo tan erróneas creencias, ya que fueron llegando a las manos de los biólogos investigadores extrañas criaturas de las más raras texturas, y éstos empezaron a contestarse las preguntas que se habían planteado: ¿qué mundo maravilloso encerrarán los abismos oceánicos?, ¿cómo serán los seres vivos de tales profundidades?

Cuando los ingeniosos aparejos de pesca científica traían muestras de este inquietante mundo con apariencia fantasmal, todo un universo desconocido y fantástico aparecía ante sus ojos; peces de formas aberrantes, cangrejos extraordinarios, pólipos bellísimos, seres animados de arcaica estructura semejantes a los que vivieron en otras épocas de la historia de la Tierra, y cuyos vestigios fosilizados han llegado hasta la actualidad para goce de científicos y estudiosos.

Por ejemplo, entre los años de 1950 y 1952, cuando se realizó la expedición del *Galathea*, barco de investigación oceanográfica de la Real Marina Danesa, fueron colectados en las profundas fosas oceánicas del Pacífico, en la costa oriental de Filipinas, anémonas de mar, holotunas o cohombros de mar, bivalvos y poliquetos, a profundidades de más o menos 10 000 metros.

El oceanógrafo suizo Jacques Piccard y el estadounidense Don Walsh, en la fosa Challenger localizada al este de las islas Marianas, observaron desde el batiscafo *Trieste*, un pez plano de 30 centímetros de longitud y un pequeño camarón rojo a casi 11 000 metros de profundidad, lo que ha venido a demostrar que algunos organismos marinos presentan capacidad para adaptarse a las grandes presiones que se producen en estas profundidades.

Estos hallazgos sobre el vivir submarino fueron un estímulo para que los naturalistas se dedicasen con mayor ahínco al estudio de todos los abismos del océano, y encontraron que las enormes presiones que se presentan en estas profundidades están perfectamente compensadas por la existencia de iguales presiones en los fluidos oceánicos de los seres marinos que viven en ellas, lo que permite un equilibrio al igualarse la presión del medio ambiente y la del medio interno del organismo.

Uno de los problemas que se les presenta a los seres vivos que habitan en estas profundidades es que algunas especies necesitan realizar migraciones o desplazamientos verticales, para llevar a cabo sus funciones o defenderse, por lo que tienen que adecuar la presión de su medio interno a la existencia en los diferentes niveles del océano a que se trasladen. Muchas especies hacen este tipo de migraciones recorriendo hasta 400 metros, lo que equivale a soportar cambios hasta de 40 atmósferas.

Varios son los peces de los abismos que a diario, generalmente por la noche, ascienden hasta la superficie, y aunque se ignora el tiempo que tardan en realizar la ascensión, es indudable que no ha de ser mucho, y que pueden ir adecuando su presión poco a poco.

Cuando la ballena es arponeada, desciende rápidamente hasta 800 metros de profundidad tratando de escapar y, después, si lo logra, sube nuevamente a la superficie para poder respirar.

Estos organismos poseen un mecanismo especial de compensación muy rápido que les permite hacer los cambios sin sufrir las consecuencias que puedan traer las variaciones rápidas de presión en el mar. Basta pensar, para reconocer la velocidad de este mecanismo, que cuando el hombre desciende con escafandras de buzo a profundidades de menos de un centenar de metros, precisa realizar una ascensión muy lenta, con frecuentes y prolongados periodos de descompensación, ¡y se trata de presiones que no llegan a 10 atmósferas!.

Algunos peces que viven en aguas someras y que cambian con alguna frecuencia y rapidez de profundidad dentro de límites no muy grandes presentan transformaciones mínimas en su estructura, conservando el cuerpo su forma pisciforme típica en los buenos nadadores, como es el caso de la merluza y el bacalao, o formando una cubierta protectora del cuerpo para poder esconderse entre las piedras de los fondos, como el mero.

Los peces están dotados de un órgano hidrostático, la vejiga natatoria, que les sirve para equilibrar la presión y para flotar. El pez, cuando necesita subir o bajar en el seno del agua, contrae o dilata la vejiga natatoria, lo que le permite tener mayor o menor flotación y realizar sus movimientos de ascenso y descenso sin utilizar sus órganos locomotores. Al mismo tiempo, como la presión aumenta o disminuye, esta vejiga absorbe las diferencias de presión externa, compensando la presión interna del animal.

Si un pez que es capturado sube rápidamente a la superficie, se observa la acción que la vejiga natatoria ejerce sobre la presión del agua, ya que ésta no tiene tiempo de acomodarse a la disminución de la presión, por lo que se dilata extraordinariamente

comprimiendo las otras vísceras del pez, y hace que su esófago y estómago salgan por la boca y que el contenido estomacal sea expulsado por ella.

Cuando los pescadores quieren mantener vivo uno de estos peces de profundidad, inmediatamente después de sacarlo le pican un costado con una aguja hipodérmica gruesa, para facilitar la salida de los gases de la vejiga, y es común que los peces así tratados puedan seguir viviendo para cultivarlos; esto se hace en las Canarias con los peces llamados corvinas.

Los peces que tienen su esqueleto formado de cartílago ocupan diferentes profundidades en el océano y muestran la tendencia a aplanar su cuerpo; sin embargo, este proceso no se ha realizado bruscamente sino que se han presentado una serie de etapas sucesivas según las zonas del océano que han ocupado sus antecesores durante la historia de su vida.

El primer paso de este largo camino se puede considerar representado por algunos tiburones, cuyo cuerpo presenta la forma pisciforme característica de los animales marinos nadadores, pero que viven en el fondo alimentándose de los animales que allí se localizan sin necesitar desplazarse a grandes distancias y sin realizar ascensos; éste es el caso de los llamados "tiburones dormidos" que viven, principalmente, en fondos arenosos a profundidades comprendidas entre los 10 y 90 metros, permaneciendo inactivos durante el día y cazando en la oscuridad.

Otros parientes de estos tiburones son los que penetran en aguas dulces, manteniéndose permanentemente en este medio. El caso más típico de ellos es la especie que vive en el Lago de Nicaragua.

El segundo estadio en la posible adaptación a la vida en los fondos por parte de los tiburones está representado por los llamados "tiburones cerdo", denominados así porque sus orificios nasales o narinas se colocan laterales a la boca, que es frontal, y su cabeza tiene el aspecto de un cerdo; además, su aleta dorsal presenta una espina conectada con una glándula venenosa característica, que marca una fuerte especialización bentónica, ya que en los peces de fondo se manifiesta esta adaptación de presentar dispositivos punzantes y venenosos para su defensa debido a su pasividad.

Se cree que la especie que ha conseguido la mejor adaptación a las profundidades entre los tiburones es el "tiburón jaspeado", que, además de tener su cuerpo una coloración y textura semejante al fondo del mar, lo que lo hace prácticamente invisible, presenta la región anterior que comprende la cabeza y la primera parte del cuerpo, totalmente aplanada, por lo que se empieza a señalar la forma de las rayas. Los tiburones alfombra pasan la mayor parte de su vida inmóviles sobre los fondos.

El proceso de adaptación a la vida de las profundidades o vida bentónica alcanza su máxima expresión en los peces cartilaginosos como las rayas y sus afines, por ejemplo, el pez guitarra y los torpedos. Las rayas tienen su cuerpo aplanado de la región dorsal a la ventral y nadan exclusivamente ondulando sus grandes aletas pectorales, de tal forma que la cola no interviene. Algunos de ellos desarrollan un largo aguijón venenoso en la región anterior a la cola, que puede ser movido en todas

direcciones para repeler cualquier tipo de ataque en acción de defensa. Viven en los fondos de grava, arena o fango.

Los peces planos cartilagosos rubrican sus dotes de adaptación con la llamada "mantarraya gigante", uno de los animales más grandes del mar, que puede llegar a medir hasta 18 metros de punta a punta de sus "alas" o aletas pectorales y pesar hasta 2 000 kilogramos, siendo muy abundante en los mares subtropicales y templados. En contraste con su extraordinario y aterrador porte, esta mantarraya es un tranquilo comedor de los pequeños organismos que flotan, formadores del plancton. Aunque generalmente se encuentra posado sobre el fondo, es capaz de dar grandes saltos fuera del agua produciendo un fuerte sonido al caer, y posiblemente lo hace para eliminar los parásitos de la superficie del cuerpo.



Figura 22. Mantarraya gigante. Cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*

Los peces que viven a grandes profundidades también van complicando su estructura de manera gradual. Un primer ejemplo que apenas manifiesta ligeras variaciones sería la merluza, que presenta largas aletas dorsales y que vive en las zonas areno-fangosas hasta 800 metros de profundidad. Al contrario de lo que sucede con otros peces de fondo, la merluza es muy activa. También en estos lugares se encuentran los meros, las chernas y sus afines que habitan, sobre todo, los grandes fondos de los mares tropicales, presentando su cuerpo coloraciones rojo oscuro.

Uno de los grupos de peces óseos que exhiben las transformaciones más acentuadas, considerados como los de mayor adaptación entre ellos a la vida de las profundidades, son los lenguados y platijas, en los que el cuerpo sufre un aplanamiento tomando la forma de una lámina posada sobre el fondo del mar, y sus ojos y la abertura branquial se desplazan hacia la cara del cuerpo que queda dirigida a la superficie del mar, por lo que parece que sólo tienen estas estructuras en uno de los lados de su cuerpo, mientras el otro es de color pálido y no presenta órganos de la vista o la respiración; por ello también se les llama "peces uno".

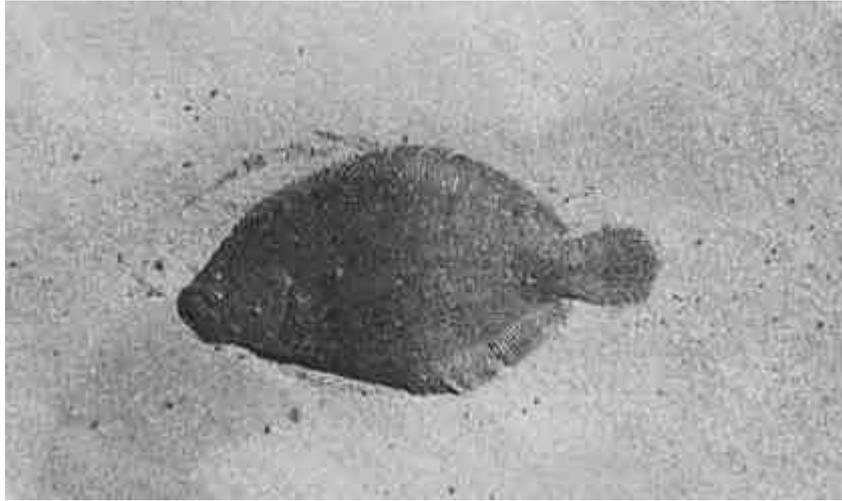


Figura 23. Lenguado cuyo cuerpo se aplana hasta formar una lámina.

Estos peces colocan sus huevos en la superficie del agua y de ellos sale la cría con aspecto de un pez con simetría bilateral, el cual, después de un mes, coloca la cara izquierda de su cuerpo sobre el fondo, e inicia los cambios adaptativos. Primero se observa que el ojo y la agalla o branquia del lado izquierdo se trasladan hasta colocarse junto al ojo y la agalla derechos; la pigmentación desaparece en la cara inferior, mientras en la superior se acentúa pudiendo cambiar según el tipo de fondo en el que vive, y se alimenta de los gusanos, crustáceos y moluscos que ahí se encuentran.

Otro tipo de arquitectura del cuerpo de los peces que parece haber obtenido un gran éxito en la adaptación a la vida de los fondos en donde se tiene que soportar grandes presiones atmosféricas es el que se ha llamado "anguili-forme", representado, sobre todo, por las llamadas morenas, formidables depredadores que tienen un aspecto serpentiforme.

Muchos grupos de peces óseos han logrado una perfecta adaptación a la vida de los fondos oceánicos. La diversidad de estos originales peces es inmensa; por ejemplo, se encuentra a los simpáticos "peces erizo", que tienen su cuerpo cubierto por protuberancias espinosas y son capaces de hincharlo cual globos vivientes para defenderse.

La mayoría de los peces de las zonas profundas del océano son relativamente pequeños, mientras que los invertebrados que se localizan en los fondos presentan tamaños más grandes que los de aguas someras.

Esto se ha observado, por ejemplo, con las anémonas colectadas en las fosas del Océano Pacífico, que han llegado a medir hasta dos metros, en lugar de unos cuantos centímetros que tienen las de la zona costera.

Los calamares gigantes del género *Architeuthis* son los mayores invertebrados que se encuentran en las grandes profundidades oceánicas, por lo que son poco conocidos por los investigadores y sólo se han podido estudiar los que varan accidentalmente en las costas. El de mayor tamaño que se ha reportado es uno que llegó a la costa

neozelandesa, en el año de 1886, que medía 18 metros de longitud total, correspondiendo a sus tentáculos solamente 12 metros.

En las mayores profundidades del océano, la misma presión puede resultar una ventaja, ya que los seres marinos se acomodan a ella utilizando varios aspectos de su ciclo vital, como la alimentación. Los seres abisales suelen alimentarse de detritos, es decir, restos vegetales y animales en descomposición, que les caen de niveles más altos. Estos detritos tienen un peso que los obliga a descender; su caída es más rápida cuanto más aumenta la presión, ya que ésta contrae al cuerpo de los restos, lo que los hace más pesados y por esto se hunden.

Una de las causas que podrían dificultar la vida de los seres marinos de grandes profundidades es la carencia de los gases respiratorios, como el oxígeno; sin embargo, se ha demostrado que este gas se reparte de manera uniforme en el agua del mar de acuerdo con sus movimientos, oleaje, mareas y corrientes. Esto hace que la respiración de estos organismos se pueda realizar a cualquier profundidad, en las mismas circunstancias que en la superficie.

El hombre, para explorar las grandes profundidades del océano, no se ha conformado con obtener sólo sus muestras sino que ha tratado de llegar a ellas; sin embargo, tiene que tomar una serie de precauciones, por lo que ha diseñado una gran cantidad de instrumentos para tratar de lograrlo.

Uno de ellos es la escafandra autónoma, elaborada por el famoso comandante Cousteau, que tiene depósitos de aire comprimido de 200 atmósferas equivalentes a una profundidad de 2 000 metros en el mar. Cuando el buzo va bajando a diferentes regiones y soportando la presión del interior de su cuerpo con la del medio ambiente, puede descender sin peligro alguno. Pero tendrá que hacer el retorno a la superficie con la lentitud necesaria, realizando periodos de parada que permitan la descompresión, ya que, de no hacerlo así y subir rápidamente, se producirían burbujas en la sangre capaces de provocar la muerte.

La tranquilidad y el reposo de las aguas de los profundos abismos del mar hace que los seres abisales no tengan que contrarrestar la acción de las corrientes y, mucho menos, la del oleaje, que no se dejan sentir. Sin embargo, tienen que adaptarse a la acción de las grandes presiones que ahí se encuentran, lo que ha hecho que su cuerpo se aplane y que su morfología se acomode para que los animales puedan desarrollar sus funciones; haciendo más diversa la forma de su cuerpo y las características de sus estructuras.

El estudio de estos fenómenos que se presentan en los animales de los fondos marinos de acuerdo con las presiones que soportan, permitirá al hombre satisfacer su anhelo de contemplar este maravilloso mundo introduciéndose en él, para gozar del espectáculo de las aguas profundas, de los paisajes sin luz de los abismos impresionantes y de los animales condenados, de por vida, a no saber lo que es el Sol.

Se puede asegurar que se está muy cerca de que se pueda bajar, en viajes de turismo, hasta unos cuantos miles de metros de profundidad, para observar la diversidad de seres vivos que se han adaptado a vivir en las profundidades.

X. PROCESOS DE ADAPTACIÓN DE LOS ORGANISMOS MARINOS PARA REALIZAR LA RESPIRACIÓN

LOS SERES VIVOS, al igual que las máquinas, necesitan energía para funcionar, la cual toman del exterior con los alimentos que ingieren. Pero esa energía acumulada en los alimentos se encuentra en ellos en forma de energía potencial, por lo que tiene que liberarse para poder ser aprovechada.

Este proceso se lleva a cabo por medio de la respiración, fenómeno en el que, por acción del oxígeno, se desdobra la materia orgánica dejando libre la energía para que el organismo la utilice en todas sus funciones, originándose, además, bióxido de carbono y agua, que se eliminan.

El fenómeno respiratorio se realiza dentro de cada una de las células que constituyen al individuo, al llegar el oxígeno a ellas desde el medio ambiente que rodea al organismo, a través de los llamados aparatos respiratorios. Este mecanismo comprende tres fases diferentes: la del intercambio de gases entre el medio ambiente y el organismo; el intercambio de dichos gases con las células del organismo, y las reacciones químicas que se desarrollan en estas células.

Para la segunda fase no se precisan estructuras especiales, ya que el oxígeno entra a las células a través de su membrana por un fenómeno llamado difusión; el bióxido de carbono y el agua que se desprenden en la respiración salen de la célula por el mismo procedimiento.

Para la primera fase sí son necesarias las adaptaciones especiales en su morfología, que son diferentes de unos organismos a otros. Estas estructuras en los seres marinos tienen que permitir la entrada del oxígeno que se encuentra disuelto en el agua y regresar el bióxido de carbono a ella. También del aire respiran utilizando el oxígeno atmosférico.

Las diferencias entre los organismos que toman el oxígeno del agua y los que lo hacen del que se encuentra en la atmósfera se manifiestan desde el punto de vista anatómico, de forma muy señalada, por la diferente procedencia del oxígeno respirable y por la distinta cantidad del mismo de que puede disponerse en el medio aéreo y en el acuático.

En los océanos, como en el medio terrestre, se encuentran seres capaces de liberar su energía en medios que contienen oxígeno, es decir, de respiración anaerobia, como las bacterias que obtienen la energía que necesitan de las reacciones químicas que producen en las sustancias orgánicas sobre las que viven, aunque también existen bacterias marinas aerobias que precisan del oxígeno en cantidades muy grandes, incluso mayores que otros organismos marinos.

Casi todos los vegetales y animales marinos son aerobios, sin embargo, la cantidad de oxígeno de que disponen es mucho menor que aquella de que disfrutan los que viven

sobre los continentes, puesto que hay menos oxígeno disuelto en el agua del mar por unidad de volumen que el que se encuentra en forma mezclada en el aire. En la atmósfera existe el 21 por ciento, aproximadamente, de oxígeno, es decir, unos 210 centímetros cúbicos por litro de aire. En el agua del mar, en cambio, la cantidad máxima posible es de 9cc por litro y depende de manera muy directa de la temperatura, descendiendo notablemente su solubilidad al aumentar aquélla.

La respiración en los vegetales marinos se hace en presencia de oxígeno y la forma en que éste se absorbe es muy variable. En los microscópicos que forman parte del fitoplancton, como las diatomeas y los dinoflagelados, al tener su cuerpo formado por una célula, es decir, ser unicelulares, los gases, oxígeno y bióxido de carbono pasan a través de las membranas que limitan su cuerpo.



Figura 24. Dinoflagelado.

Las algas y las fanerógamas que viven en el mar y que se localizan en la zona litoral en donde el oxígeno es más abundante por la acción del oleaje, toman este gas del que se encuentra difundido o disuelto en el agua, efectuándose el intercambio de gases a través de toda la superficie exterior de la planta, y éstos circulan en su interior a través de tejidos especiales que poseen lagunas aéreas. En algunas de las fanerógamas marinas existen además órganos especializados para el intercambio de gases, éstos son los estomas, formados por dos células en forma de riñón que al estar unidas por sus extremos dejan un espacio entre ellas, llamado ostiolo, para la circulación de los gases.

En los animales marinos unicelulares microscópicos, como los foraminíferos y tintínidos, se realiza el intercambio gaseoso a través de su membrana. En las esponjas, su cuerpo está recorrido en su interior por un sistema de canales vibrátiles a través de los cuales circula una corriente de agua que lleva el oxígeno necesario para la respiración, el que penetra a través de las células de todo el cuerpo, y es expulsado también directamente al agua el bióxido de carbono. Algunas esponjas, como las de baño, son recorridas en cada centímetro cúbico de su cuerpo por 22 litros de agua al día; estas corrientes sustituyen la función de la sangre de otros animales.

Las anémonas intercambian los gases respiratorios directamente por la pared de su cuerpo, por lo que se las localiza en áreas donde las corrientes aumentan la cantidad

de estos gases. Es de hacer notar que todos los celenterados cnidaria, a los que pertenecen las anémonas, consumen pequeñas cantidades de oxígeno debido a la escasísima materia orgánica que contiene su cuerpo. Existen animales de este grupo, como las medusas, en los que la cantidad de agua alcanza hasta el 98 por ciento de su peso y sólo contienen un dos por ciento de materia orgánica. Estos animales consumen cinco centésimas de centímetro cúbico por gramo de peso por hora de oxígeno.

En algunos celenterados la respiración se ve favorecida por las algas verdes o zooclorelas que viven en sus tejidos, que al realizar su fotosíntesis desprenden oxígeno de continuo.

Los demás grupos de animales marinos ya presentan órganos especializados para realizar su intercambio de gases con el medio y sus necesidades respiratorias están íntimamente relacionadas con la temperatura de su cuerpo.

En los organismos de temperatura variable o poiquiloterms, en los que su temperatura cambia de acuerdo con la del medio, las necesidades de oxígeno son menores, ya que la mayoría de ellos lo toma del disuelto en el agua; para esto, el intercambio de gases se realiza a través de la pared del cuerpo, siendo cutánea como en el caso de muchos invertebrados, o de órganos especializados llamados branquias, como en el de los peces, y sólo toman el oxígeno atmosférico los reptiles marinos que tienen pulmones.

En los poiquiloterms, para aprovechar la pequeña cantidad de gas de que se dispone en el mar, la superficie respiratoria, es decir, la de contacto entre el órgano respiratorio y el medio ambiente, es proporcionalmente más grande que en los terrestres, y es tanto mayor esa superficie cuanto más intensa es la actividad fisiológica, lo que se pone de manifiesto en los diferentes tipos de organismos, como ocurre por ejemplo con los peces, en los que el desarrollo de las branquias es mayor en los que hacen vida activa pelágica como los atunes, que en los que hacen vida bentónica sedentaria, como los lenguados.

En el caso de los animales marinos homeoterms, es decir, los que tienen temperatura constante en su cuerpo independientemente de las variaciones externas, como los pinnípedos, los cetáceos y las aves marinas, se presenta la necesidad de una mayor actividad respiratoria para mantener su temperatura, y se encuentran como órganos respiratorios los pulmones, que permiten fijar mayor cantidad del oxígeno atmosférico existente.

Se puede considerar que el modo típico de respiración en los animales marinos es el llamado branquial, que se lleva a cabo por medio de órganos adaptados para el intercambio de gases dentro del agua, llamados *branquias*. Éstas se encuentran en grupos como en los anélidos y otros gusanos marinos, en los moluscos, en los artrópodos y en los peces.

Las branquias son expansiones membranosas que se forman a expensas de los tegumentos del animal y cuyo aspecto es laminar, arborescente o filamentosos. Algunas branquias son externas y están implantadas en las porciones terminales del cuerpo o sobre las extremidades del animal. Las branquias están revestidas por

membranas muy delgadas a través de las cuales se efectúa el intercambio de gases entre el agua y la sangre, en el caso de los peces, y la hemolinfa en el de los invertebrados, que circulan en forma constante por los órganos citados y llevan el oxígeno a todos los tejidos del organismo.

Los animales de respiración branquial mueren al poco tiempo fuera del agua, pero existen algunos, como ciertos peces y cangrejos, que pueden vivir mucho tiempo en contacto con la atmósfera a condición de que sus branquias se conserven húmedas y debidamente protegidas de la desecación. Esto se observa en los animales como las lapas que habitan los charcos de marea: al presentarse la bajamar quedan sin agua que les cubra, por lo que se pegan totalmente a la roca para evitar que sus branquias se sequen.



Figura 25. Branquias en forma de abanico de un sabélido.

En los anélidos poliquetos las branquias pueden ser de dos tipos. En los sedentarios que viven frecuentemente en tubos éstas son filamentosas como las de *Terebella*, que se desarrollan en forma ramificada en la región anterior del cuerpo. En *Sabella* las branquias se desarrollan en forma de abanico extendido, están situadas en la región cefálica y las sacan de su tubo moviéndolas intensamente para el intercambio gaseoso, y cuando algún objeto u organismo hace contacto con ellas, el animal contrae su cuerpo y las introduce en su tubo. En los anélidos poliquetos errantes, como *Nereis*, las branquias son expansiones laminares o ramificadas, colocadas en sus falsos pies o parápodos que están a los lados de cada anillo de su cuerpo en las regiones media y posterior.

En los crustáceos, las branquias tienen forma de hoja, es decir, son foliáceas y dependen de los diferentes tipos de patas en donde se colocan: torácicas y abdominales; también existen las cefálicas.

En los crustáceos superiores como los malacostráceos, entre los que se encuentran los cangrejos, las branquias también dependen de los apéndices cefalotorácicos y están protegidos en el interior de verdaderas cámaras branquiales, a través de las que circula el agua, ayudadas por estos apéndices o por otros de los que dependen. En otros crustáceos pueden existir diversas clases de branquias, dependiendo de su situación y origen.

En los escasos arácnidos marinos existentes, como *Limulus*, también llamados cangrejos cacerola, se presentan branquias formadas por expansiones laminares dependientes de las patas abdominales, que cumplen simultáneamente una función locomotora, de natación, e intervienen en la respiración.

En los moluscos, las branquias están situadas en el seno de una cavidad que las protege, la llamada cavidad paleal, formada por la unión de los bordes del manto, comunicándose con el exterior por diversos procedimientos, pero frecuentemente por la existencia de tubos denominados sifones por los que entra y sale el agua.

En los gasterópodos, llamados comúnmente caracoles de mar, las branquias están situadas de manera diferente en la cavidad paleal. Cuando están por delante del saco visceral, en cuyo caso son dos y simétricas en relación con el eje central del cuerpo, los gasterópodos reciben el nombre de posobranquios, como las cipseas y los conos. Cuando están situadas detrás del saco visceral y existe sólo una, reciben el nombre de opistobranquios, siendo entonces menor la cavidad paleal, como sucede en las denominadas liebres de mar.

En los lamelibranquios, que son otro tipo de moluscos también llamados bivalvos, como el ostión y las almejas, su nombre indica que las branquias son laminares y están en número de dos pares, a cada lado del pie; cada lámina está formada por numerosos filamentos ciliares verticales y longitudinales, determinándose la corriente de agua por acción de los cilios. Entre los filamentos branquiales existen numerosos orificios que comunican la cavidad paleal con el interior de las branquias y a su vez ésta con el exterior, por uno de ellos penetra el agua con el oxígeno, llamado branquial, y por el otro, el cloacal, sale el agua.

En el calamar y los pulpos, moluscos cefalópodos, las branquias son laminares; existe un par colocado en la cavidad paleal, en la región ventral por delante del saco de la tinta, y el intercambio de gases lo hacen gracias a las corrientes de agua que recorren su cuerpo durante la locomoción.

En los peces cartilagosos, como los tiburones y las rayas, las branquias están sostenidas por tabiques interbranquiales, llamados arcos branquiales, que son rectos y separan las cámaras que comunican al exterior por medio de aberturas colocadas a los lados de la cabeza, por detrás de los ojos. El número de branquias y, por lo tanto, de aberturas, es normalmente de cinco, pero puede ser, excepcionalmente, de seis o siete.

En los peces óseos como los atunes, las branquias están situadas en una cavidad llamada "agalla" que comunica con el exterior por una abertura: el opérculo. El número de branquias no pasa nunca de cinco, y puede reducirse a cuatro como consecuencia de la extensión del opérculo. Las branquias de los peces están conectadas con la región bucofaringea y el agua con oxígeno entra por la boca, saliendo la que contiene bióxido de carbono por las aberturas branquiales o por los opérculos.

Los animales de respiración pulmonar que viven en el océano son los reptiles marinos, principalmente tortugas, aunque muy escasos, y los mamíferos del grupo de los cetáceos, sirenios y pinnípedos.

En los reptiles que viven en el mar no hay modificaciones en cuanto se refiere a los pulmones, por lo que pueden vivir fácilmente en tierra.

En los sirenios como los manatíes y pinnípedos como las focas, tampoco son grandes las modificaciones pulmonares, salvo que se forman los llamados sacos aéreos, que les permiten almacenar aire.

Los cambios se presentan principalmente en los cetáceos, tan unidos con el medio acuático que no pueden subsistir fuera del agua, ya que han adaptado su morfología a este tipo de vida.

En primer lugar, independizan las vías respiratorias de la digestiva por medio de válvulas especiales que cierran las aberturas nasales durante la inmersión. En segundo, los pulmones son muy amplios y dilatables, y el volumen está amplificado, como en las aves, por la presencia de sacos aéreos, lo que permite que una ballena pueda estar, sin esfuerzo, media hora bajo el agua sin renovar aire de sus pulmones y, si hace falta, permanece así hasta una hora, lo que se facilita por una reducción de la actividad respiratoria celular durante las inmersiones. Al almacenamiento del aire en estos animales ayuda la gran cantidad de sangre contenida en el sistema vascular.

Para facilitar el intercambio de gases respiratorios, sin que el animal tenga que salir mucho a la superficie, las aberturas nasales se han desplazado de su posición normal en los mamíferos, de la región anterior del rostro hacia la porción superior de la cabeza, donde se abren formando los espiráculos que se cierran en la inmersión por medio de esfínteres y válvulas especiales.

En las ballenas y rorcuales existen dos espiráculos, mientras que en los cachalotes y delfines sólo hay uno, por la unión de las fosas nasales en una sola.

Como hemos visto, esta función respiratoria con la que los organismos liberan energía necesaria para desarrollar todas sus actividades, alcanza una gran diversificación en el maravilloso mundo marino.

XI. PROCESOS DE ADAPTACIÓN DE LOS ORGANISMOS MARINOS PARA LA FIJACIÓN Y LA LOCOMOCIÓN

EN LOS seres oceánicos, tanto vegetales como animales, se presentan distintos tipos de adaptaciones para poder vivir fijos en un lugar o para realizar movimientos de locomoción en el mar. Estos cambios de adaptación que manifiestan en la organización de su cuerpo dependen, de manera directa, del tipo de vida que adoptan unos y otros, según se trate de seres simplemente flotantes, como los que integran el fitoplancton; de los pelágicos que realizan sus desplazamientos nadando; o de bentónicos fijos o que se trasladen reptando o nadando.

La gran mayoría de los vegetales marinos viven fijos, y sus estructuras de fijación están poco desarrolladas. Sólo se encuentran órganos de locomoción en los vegetales microscópicos como flagelos, y de flotación en algunas algas que viven en la superficie del agua.

Las fanerógamas marinas, por las características de sus estructuras y funcionamiento, siempre se localizan fijas al fondo por medio de sus raíces y carecen, por lo tanto, de medio de locomoción. Las raíces de la talasia que cubre los suelos areno-fangosos de la zona litoral son del tipo de las llamadas fibrosas. Como el tallo es pequeño, da la apariencia de que de él salen las hojas; además de fijarla resistiendo la acción del oleaje, esta raíz le sirve para tomar las sustancias nutritivas que se encuentran en el sedimento de este fondo a través de pelos absorbentes ramificados.

Muchas algas microscópicas del tipo de las clorofíceas, la mayoría de las feofíceas y las rodofíceas se localizan fijas al fondo de las zonas litorales o a las rocas sumergidas en el agua por medio de unos órganos semejantes a raíces, llamados rizoides, con los que también absorben las sustancias nutritivas.

Otras de estas algas microscópicas hacen vida pelágica, y al no presentar movimientos propios, suelen tener órganos especiales de flotación, como ocurre, por ejemplo, con los sargazos: entre sus frondas de color moreno claro existen unos pequeños órganos esféricos que les permiten flotar al capricho de las corrientes y del oleaje. Cuando se presentan temporales en el mar, es común encontrar grandes cantidades de sargazo depositadas en la playa.

Otras algas, aunque están fijas por rizoides, tienen que contar con órganos de flotación como la feofita llamada *Macrocystis*, que es el vegetal marino de mayor longitud que se conoce, pues alcanza hasta 300 centímetros de largo; está dotada de flotadores especiales para mantenerse en la superficie y poder fijar la luz para su funcionamiento; abunda en la costa occidental de Baja California en México.

Para hacer vida pelágica y poder flotar, en los vegetales unicelulares que forman el fitoplancton se manifiestan diversas adaptaciones en su estructura. En primer lugar, el pequeño tamaño de su célula hace que el peso específico de su cuerpo sea menor que el del agua, lo que impide su inmersión; en segundo lugar, estos pequeños vegetales presentan superficies laminares, pelos, prolongaciones supernumerarias, que extendidas horizontalmente dificultan su hundimiento en el agua; finalmente, estas plantas del plancton disminuyen su peso o densidad al producir gotas de grasa, burbujas de aire, etcétera, con las que aumentan su flotación.

En cuanto a la locomoción, en las algas unicelulares fitoplanctónicas se produce por unos filamentos en forma de látigo llamados flagelos con los que golpean el agua y alcanzan cortos desplazamientos; esto se puede observar en los conocidos dinoflagelados que se caracterizan por presentar dos flagelos, uno que sale en el extremo anterior de la célula del vegetal con el que produce los movimientos de avance y otro que lo rodea, con el que dirige el rumbo del movimiento.

En los organismos animales que pueblan el océano, tanto las adaptaciones para la fijación como para la locomoción presentan gran diversidad, dependiendo, fundamentalmente, de la zona marina donde se encuentren, de las características de su

estructura corporal, así como de sus requerimientos alimenticios, de respiración, reproducción, etcétera.

En el caso de los organismos bentónicos, la mayoría viven fijos de manera permanente y se les llama sésiles; frecuentemente son de tipo colonial como el caso de algunos protozoarios, esponjas, hidrozorios, anémonas, corales, etcétera; los movimientos de locomoción son innecesarios debido a que los desplazamientos del agua les proporcionan alimento.

Entre los protozoarios se encuentra el grupo de los peritricos que presentan su cuerpo en forma de campana y tienen un pedúnculo con el que se fijan a objetos sumergidos que pueden ser otros organismos como caracoles, cangrejos o plantas.

Las esponjas que habitan los fondos desde la zona de mareas hasta profundidades de 7 000 metros se fijan al fondo por medio de un disco, en el caso de las calcáreas y las córneas como la llamada "esponja de baño", mientras que la "regadera de Filipinas" y otras esponjas silíceas lo hacen por medio de penachos de fibras.

En los celenterados, la forma pólipo que presentan las anémonas y otros organismos de este grupo es fija y se sujeta a los objetos sumergidos por medio de un ensanchamiento llamado disco basal, el que hace las veces de una ventosa. Algunas especies tienen un pólipo formando colonias que tienen aspectos plumosos como las "plumas de mar" o arborescentes como los corales o los gorgonáceos o abanicos de mar; estas colonias se fijan por una estructura ramificada denominada hidrorriza, de la que se eleva el tallo o hidrocaule sobre el que se implantan los pequeños pólipos o zooides.

En otros seres bentónicos, la fijación sobre el fondo determina la aparición de una serie de formas características y, en algunos casos, la formación de aparatos o sistemas diferentes para la fijación, como las ventosas ventrales de algunos peces como los góbidos, o los filamentos de fijación o biso que desarrollan algunos moluscos como los mejillones, y los tubos de diferente estructura en los que se guarecen diversos gusanos.

En cuanto a la forma, se observa que algunos de los organismos bentónicos, como los peces batiales, rayas, lenguados, etcétera, se hacen planos y se ensanchan lateralmente; en otros animales, como los pantópodos, crustáceos que viven en los fondos fangosos, los apéndices locomotores se alargan desmesuradamente y su cuerpo resulta muy pequeño en relación con ellos, por lo que su nombre de "todo patas" está perfectamente aplicado. Este alargamiento de las patas les permite mantenerse sobre el fondo fangoso sin hundirse.

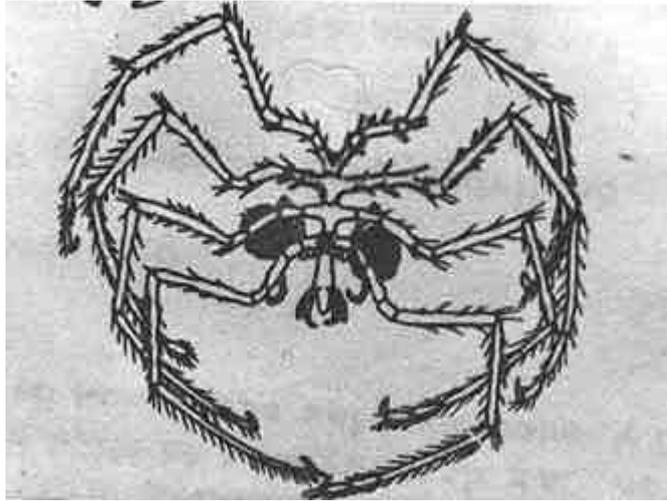


Figura 26. Cangrejo llamado "todo patas"

Cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*

En los metazoarios bentónicos la flotabilidad no constituye un gran problema, ni siquiera para los que no están fijos en el fondo y no tienen más que una determinada capacidad de locomoción, bien sea nadadora o marchadora, puesto que, siendo mínimas sus necesidades de movimientos y muy próxima su densidad a la del agua, la flotabilidad necesaria la obtienen por medio de un ligero esfuerzo muscular, como consecuencia de su propia dinámica. Para estos seres bentónicos que no viven fijos al fondo, la falta de flotabilidad es incluso una ventaja, debido a que su relación con los soportes sumergidos se hace mayor y les permite apoyarse para realizar su movimiento.

Los seres que viven en la superficie de los océanos, o pelágicos, resuelven sus problemas de flotación de muy diversas maneras.

En cuanto se refiere a los protozoarios, frecuentemente pertenecientes al zooplancton, la flotación se realiza por estructuras que los organismos desarrollan en su célula como en el caso de los foraminíferos llamados globigerinas, que tienen las cámaras de su concha esféricas, lo que les ayuda a flotar al hacerse este esqueleto muy ligero por la neumatización al entrar aire en las cámaras.

Estos protozoarios pueden hacer desplazamientos utilizando organoides de locomoción. Algunos se mueven por medio de prolongaciones de su cuerpo que no presentan forma y posición definida, llamados pseudópodos; otros lo hacen por medio de los flagelos, que son prolongaciones largas dotadas de un movimiento ondulatorio; y otros más por las denominadas pestañas o cilios vibrátiles, que son pequeños filamentos que rodean al cuerpo del animal.

En algunos celenterados como las colonias de sifonóforos, aparecen flotadores especiales que tienen la apariencia de un globo inflado, de los cuales cuelgan largos filamentos en donde se fijan los individuos que constituyen la colonia.

En la forma medusa que presentan algunos celenterados, la flotación la realizan por medio de un flotador en forma de campana como un paracaídas o sombrilla, llamado

umbrella, y sus movimientos para avanzar lo efectúan por contracción rítmica de esta umbrella. Los curiosos ctenóforos o farolillos de mar tienen su cuerpo de forma esférica o acintada y, como su contenido de agua alcanza el 90 por ciento, flotan fácilmente.

En los moluscos cefalópodos, como los calamares, cuya densidad es muy similar a la del agua, la flotabilidad se refuerza por la presencia de un esqueleto interno extraordinariamente neummatizado como es la "pluma".

En los crustáceos que hacen vida pelágica no existen órganos especiales para la flotación; su densidad es muy pequeña y únicamente se advierte la adopción de una forma laminar y un aplanamiento extraordinario de sus apéndices, que han de actuar como remos, pero que también aumentan la superficie horizontal del animal y favorecen, por lo tanto, su flotación. En los crustáceos que se desplazan cerca del fondo, como los camarones, la flotabilidad es mínima y se adquiere con un ligero esfuerzo muscular de propulsión.

En los peces es frecuente que la flotabilidad se obtenga solamente como efecto de la propulsión, pero también por la vejiga natatoria que se puede considerar como órgano hidrostático especial que, además de ayudar a la flotación, permite que ésta se produzca en diferentes niveles.

En algunos peces se dan también adaptaciones muy especiales para facilitar su flotación, como ocurre, por ejemplo, en los llamados peces globo o pez erizo, que cuando necesitan hacerlo inflan extraordinariamente su región ventral, adquiriendo la forma de una pelota, y entonces se da la curiosa circunstancia de que, al desplazarse el centro de gravedad a la región dorsal, flotan invertidos con el vientre hacia arriba y el dorso hacia abajo.

Las aves marinas flotan debido a que su cuerpo tiene muy poco peso en relación con su talla, por la presencia de una gran masa de plumas, la grasa existente en sus músculos, la neummatización de su esqueleto, formado por huesos huecos o esponjosos, y por el gran volumen de su aparato respiratorio, incrementado por la existencia de los llamados sacos aéreos que presentan en su tórax.

En los mamíferos marinos la relación entre el peso y el tamaño de su cuerpo, es decir, su densidad, es solamente un poco superior a la del agua del mar, a lo que contribuye la presencia de una gran cantidad de grasa en el cuerpo, principalmente en los músculos, y que su esqueleto está formado por huesos del tipo esponjoso que permiten la circulación de aire entre sus células, siendo por lo tanto, neummatizados, y al mismo tiempo tienen gran capacidad de acumular aire en su sistema respiratorio. Además, se debe agregar a estas adaptaciones para la flotación, el esfuerzo propulsor que también la ayuda.

En lo que concierne a la locomoción, son también muy diversos los procedimientos que utilizan los organismos marinos.

La locomoción por medio de cilios o pestañas vibrátiles que tienen los protozoarios está muy generalizada, y se la encuentra como único y típico medio locomotor de

multitud de larvas de animales, las cuales, al llegar al estado adulto, adoptarán diferentes procedimientos de natación.

En los ctenóforos o farolitos de mar adultos, los cilios suelen agruparse formando bandas longitudinales o circulares que poseen unas peinetas ciliadas a lo largo de su cuerpo; es ejemplo de este grupo de animales el "cinturón de venus".

Las larvas de las esponjas denominadas plánulas están rodeadas por hileras de pequeños flagelos o cilios; la larva trocófora de los anélidos, llamada así por su semejanza a un trompo, posee dos coronas de cilios. Los moluscos marinos tienen la larva nadadora denominada veliger, que se considera derivada de la trocófora, por lo que presenta cilios.

En los animales marinos adultos, los sistemas de locomoción pueden presentarse según las siguientes modalidades: la propulsión, la reptación, la natación por ondulación del cuerpo, la marcha y la natación por la acción de apéndices especiales.

La natación por propulsión consiste en el movimiento de avance o de retroceso por la reacción ante la expulsión violenta y rápida de chorros de agua. Este tipo de locomoción es característico de algunos moluscos, las vieiras o las almejas voladoras, que provocan la rápida salida de agua contenida entre las dos valvas que forman su concha, por un rapidísimo abrir y cerrar de las mismas, lo que les permite avanzar con facilidad y rapidez.

Con este tipo de natación son, sin duda, los moluscos cefalópodos quienes poseen una capacidad de movimiento de propulsión más amplia y perfecta y los que, mediante la misma, nadan hábil y rápidamente.

Los movimientos de reptación los poseen, en general, los animales de cuerpo blando que carecen de esqueleto interno o externo o aquellos que, como los moluscos, poseen un pie muscular que tiene estas características, con el que se desplazan.

En los gusanos anillados o anélidos las contracciones y dilataciones del cuerpo están provocadas por la existencia de series de fibras musculares extendidas a lo largo de su cuerpo, y otras en forma de bandas circulares que permiten el alargamiento y acortamiento sucesivos del cuerpo, que de esta forma bien puede deslizarse sobre los fondos o bien puede nadar en las aguas. Este movimiento lo muestran los anélidos poliquetos marinos errantes, que además, para reptar, tienen unos órganos llamados parápodos que contribuyen en la locomoción.

La natación por ondulaciones del cuerpo se presenta en animales que tienen un esqueleto interno, como en el caso de los peces, de los reptiles y de los mamíferos marinos del grupo de los cetáceos.

El cuerpo de los peces está constituido por una serie de segmentos musculares que se insertan en el esqueleto axial típico de estos animales. La presencia de este esqueleto no permite el alargamiento o acortamiento del cuerpo, por lo que solamente pueden producirse ondulaciones del mismo de derecha a izquierda o viceversa. Estas ondulaciones se suceden sin interrupción, recorriendo el cuerpo de la región anterior a

la posterior, y con frecuencia varían de unas especies a otras, pudiendo ser de 54 por minuto, como en la petirroja, hasta 170 por minuto, como en la caballa, lo que permite una velocidad de natación de 28 centímetros por segundo en la primera especie y de 43 centímetros por segundo, velocidad considerable, en la segunda.

La superficie del cuerpo de los peces que hace contacto con el agua durante el movimiento ondulatorio está aumentada por la presencia de una serie de aletas que son órganos laminares de dos tipos; el primero, las "impares", como la dorsal, la caudal y la anal, extendidas en el plano medio del cuerpo; y el segundo, las "pares", que son las pectorales y las pélvicas, colocadas en planos a los lados del pez.

Las aletas impares intervienen más activamente en la propulsión, sobre todo la caudal, ya que sirven de punto de apoyo para el pez sobre el agua, con el fin de que su esfuerzo se traduzca en un movimiento de avance y no en un desplazamiento lateral. Se ha demostrado que un 40 por ciento del movimiento de los peces se debe a la aleta caudal. Las aletas también funcionan como timones estabilizadores: las impares para mantener al pez derecho, las pares pueden actuar como frenos o para mantener al animal en un nivel determinado, permitiendo que ascienda o descienda según el caso.

Entre los reptiles se encuentran las serpientes, que nadan rápidamente por movimientos ondulatorios laterales de su cuerpo, sin contar con aletas y sólo algunas, como las que viven en arrecifes coralinos, aplanan la parte final de su cuerpo utilizándola como una aleta caudal. En las tortugas marinas, como las de carey, sus patas están adaptadas para nadar y toman el aspecto de paletas.

La natación de los mamíferos del grupo de los cetáceos es muy parecida, en principio, a la de los peces. La forma de estos animales es también fusiforme, hidrodinámica, por lo que la propulsión se verifica por ondulaciones alternativas del cuerpo y principalmente de la región caudal, cuya superficie está también ampliada por la existencia de una gran aleta caudal. La diferencia fundamental entre la natación de los cetáceos y la de los peces consiste en que en estos últimos los movimientos ondulatorios del cuerpo son laterales, mientras que en los cetáceos son de arriba hacia abajo y viceversa, para lo cual la aleta caudal está extendida horizontalmente.

Las aves marinas tienen formas distintas de nadar. La más común es la que se debe a la acción de las patas palmeadas que actúan como paletas en movimiento alternado de adelante hacia atrás, con las que consiguen velocidades de propulsión muy reducidas. La otra forma de desplazarse se presenta en las auténticas aves marinas, como pájaros bobos o pingüinos, en donde la natación se debe a las alas, órganos locomotores en este grupo de vertebrados.

Cuando existe un esqueleto externo, son imposibles las ondulaciones laterales o verticales del cuerpo, salvo el caso de que el esqueleto no sea continuo y esté articulado, como ocurre en los crustáceos nadadores como el camarón, en donde la natación está producida por la acción de los apéndices que se modifican en órganos nadadores o marchadores según la especie. En la natación de estos animales intervienen también desplazamientos rápidos por la acción de la región caudal en pleno, que tiene un apéndice en forma de remo, el telson, al que se le une un par de patas formando la nadadera caudal, con la que baten el agua bruscamente de arriba a abajo.

Muchos grupos de seres vivos se van a diferenciar por su fijación o su locomoción, y presentan características adaptativas que les permiten poblar los diferentes ambientes del océano.

XII. CAMBIOS ADAPTATIVOS DE LOS ORGANISMOS MARINOS PARA LA DEFENSA Y PARA LA CAPTURA DE SUS PRESAS

DEBIDO a que las condiciones fisicoquímicas del medio marino son muy especiales y que en él existe una enorme población de seres vivos, la vida en su seno es extraordinariamente difícil, y entre los organismos que lo habitan se entabla una enconada lucha para conseguir la supervivencia, difícil de alcanzar. Se podría considerar que la muerte por competencia en el mar se presenta como natural entre las especies, por lo que la longevidad es muy rara en estos organismos del océano.

Ante la gran diversidad de medios que circunstancialmente pueden presentarse a los seres marinos, y cuando ellos carecen de mecanismos de adaptación, pueden reaccionar defensivamente bajo dos aspectos diferentes: primero, mediante la migración, que los aleja del medio hostil, cuando están dotados de estructuras de locomoción; y segundo, adoptando formas de vida latente, cuando carecen de esos elementos como ocurre en la mayoría de los protozoarios que se pueden enquistar, o en metazoarios como los rotíferos que presentan formas de resistencia llamadas huevos de invierno, perfectamente protegidos y provistos de gran cantidad de vitelo nutritivo que les permite sobrevivir durante toda la estación fría, para dar lugar en la primavera a nuevos organismos.

Estas adaptaciones de defensa, aunque permiten subsistir al organismo en particular, están encaminadas principalmente a la perpetuación de la especie. Sin embargo, la defensa de la misma no se limita a aquellos aspectos principalmente morfológicos, ofreciéndose otros muy interesantes y con frecuencia activos en su fisiología especial, que suelen relacionarse con el mecanismo y las modalidades de la reproducción.

La presencia de una fecundidad extraordinaria es una manifestación primordial de la lucha por la supervivencia de las especies. En cierto sentido, la reproducción prevé y compensa la muerte individual e implica la capacidad de desarrollo de la descendencia, permitiendo la posibilidad de adaptación de los organismos en relación con los cambios ambientales.

En el caso de las especies que nacen en condiciones precarias, las posibilidades de alcanzar la fase adulta son muy escasas. Por ejemplo, las ostras van a producir 16 millones de huevos y en ocasiones hasta 60 millones en su fase de máxima fertilidad, debido a que la probabilidad de sobrevivir que tienen los huevos y larvas de esta especie es de una por millón.

Lo anterior explica los números fabulosos de huevos que ponen multitud de especies de organismos marinos, así como su distribución amplia en el medio oceánico. Una

hembra de arenque puede producir de 20 000 a 50 000 huevos y una de bacalao de seis a siete millones.

En aquellos animales en que el número de descendientes es pequeño, los individuos nacen ya en condiciones de valerse por sí mismos. Su defensa consiste en que las crías están dotadas para estos fines, ya que el huevo contiene grandes cantidades de vitelo nutritivo y de cubiertas protectoras que aseguran su integridad durante el periodo de incubación, lo cual hace que no sea necesaria la existencia de una fase larvaria. Además, en estos animales ovíparos es muy frecuente que durante la fase juvenil estén protegidos por la tutela de los padres que, de manera muy diversa, se dedican al cuidado de la prole.

La máxima especialización en este aspecto la presentan los animales ovovivíparos, o sea, los que se desarrollan dentro de un huevo que se incuba en el aparato genital femenino, y sobre todo en los vivíparos, que al dar origen a hijos que nacen ya perfectamente conformados y preparados para subsistir, los generan en un número muy reducido; éstos, en su fase embrionaria, están ligados a la madre a través de una placenta y el cordón umbilical, como ocurre, dentro de los animales marinos, con los mamíferos del grupo de los cetáceos.

Durante el proceso de reproducción en el océano, la mayoría de los organismos liberan las células reproductoras en el agua, en donde se localizan por atracción producida por sustancias químicas. Sin embargo, el desarrollo de mecanismos para que los individuos machos y hembras se encuentren se puede considerar como una manifestación particular en la defensa de la especie, como, por ejemplo, los órganos bioluminiscentes de los animales abisales. Ahí donde la luz falta completamente y donde la densidad de las poblaciones es pequeña, el encuentro de los animales de distinto sexo en los procesos reproductores parece asegurarse por medio de la acción de estos órganos que los facilitan.

Además de los procesos reproductivos en esta lucha por subsistir, se observa que la actitud de la especie en conjunto puede ser pasiva; en cambio, para asegurar su existencia, la del individuo siempre es activa, y se pone en práctica, en muchas ocasiones, el hecho de que la mejor defensa es el ataque; entonces, algunas de estas adaptaciones son utilizadas tanto para defenderse como para atacar y no difieren más que en la forma de ser utilizadas, dependiendo de las circunstancias del momento.

El pez llamado torpedo emplea indistintamente sus órganos eléctricos para defenderse de un agresor o para agredir a una presa que intente capturar. También se puede considerar como un procedimiento de defensa el que el animal tome una forma o una coloración mimética para pasar inadvertido ante sus depredadores con objeto de que no lo ataquen, aunque también la utiliza para no ser visto ante la presencia de una presa que se acerca y así poder lanzarse sobre ella en el momento más propicio. Tal carácter ambivalente está en las enormes denticiones de muchos peces, de ataque para destrozarse con ellas a sus presas, como de defensa ante el temor que imponen a sus presuntos agresores.

Las modalidades de las adaptaciones para la defensa y el ataque en los organismos marinos pueden ser de tipos muy diversos, pero las principales son las que presentan en su morfología, las de sus coloraciones, y el desarrollo de otras estructuras.

Las adaptaciones morfológicas para la defensa y el ataque consisten en cambios en la forma de los organismos pelágicos y bentónicos nadadores para lograr un rápido desplazamiento en el agua; o, en el caso de los seres que carecen o tienen lentos movimientos, se presentan los cambios llamados miméticos, por ejemplo, la forma deprimida que toman los lenguados y las rayas, que fácilmente pasan inadvertidos al confundirse tanto por su forma como por consistencia con el medio en el que se desarrollan su vida.

Las adaptaciones en las coloraciones se manifiestan por la presencia de una tonalidad mimética permanente, como los dorsos oscuros y regiones ventrales claras de los típicos animales pelágicos nadadores. Asimismo, se presentan estas adaptaciones en color en aquellos animales que pueden cambiar la tonalidad de sus coloraciones como respuesta frente a modificaciones en el medio externo; esto se observa en algunas formas pelágicas de cefalópodos, pero principalmente lo presentan los organismos bentónicos, como las babosas de mar o nudibranchios, que tienen coloraciones muy parecidas a las de las algas sobre las que se desplazan.

El desarrollo de otras estructuras suele manifestarse con la presencia de órganos, aparatos o formaciones especiales, como las mandíbulas y denticiones poderosas de muchos peces depredadores, la mayor sensibilidad en los órganos de los sentidos y, muy frecuentemente, por la existencia de formaciones exoesqueléticas, a veces extraordinariamente resistentes.

Tienen evidente carácter defensivo los esqueletos externos de los equinodermos, que, en algunos casos, pueden ser inermes o prácticamente inermes, como en las estrellas de mar o en los ofiúridos o bailarinas de mar; o perfectamente armados de agudas y largas púas, como en los erizos de mar que, incluso, llegan a ser tóxicas, como en el género *Diadema*.

También tienen un carácter defensivo los fuertes caparazones de los crustáceos, como en la langosta, donde no sólo es muy grueso, sino que tiene largas y puntiagudas espinas quitinosas.

En el caso de los moluscos, las conchas son de gran espesor y unidas por fuertes músculos, igualmente defensivas.

Los esqueletos dérmicos de peces como los esturiones, los peces cofre o erizo y del tamboril, son verdaderos aparatos de defensa; en ocasiones incluso se refuerzan con la presencia de púas como en el caso del pez erizo.

Aparte de estas manifestaciones defensivas o de ataque de carácter totalmente estructural, hay otras que suelen tener un marcado carácter activo, o sea que los cambios se presentan en las funciones y en el comportamiento del organismo. La presencia de glándulas secretoras de veneno o sustancias urticantes en muchos animales marinos es una representación activa de los mecanismos de defensa.

Muchos organismos, durante su ciclo vital, producen sustancias tóxicas o ponzoñosas que generalmente son usadas para capturar a sus presas o para autodefenderse de sus depredadores.

En los microorganismos unicelulares estas sustancias reciben el nombre de toxinas, generalmente producidas por células especializadas que forman glándulas constituidas por una célula dotada de organoides celulares, con los que inyectan en su presa estas toxinas paralizándola, facilitando su captura.

Los animales pluricelulares presentan glándulas de veneno formadas por varias células, en donde producen las sustancias tóxicas que pueden clasificarse en dos tipos: los organismos activamente venenosos que inyectan el veneno mediante diversas estructuras que producen heridas por las que penetra; y los pasivamente venenosos, que tienen sus glándulas y los conductos, pero carecen de los medios para inyectarlos.

Los venenos son sustancias químicas complejas formadas principalmente por proteínas no celulares, que pueden tener propiedades tóxicas y generalmente actúan sobre el sistema nervioso, por lo que son llamadas neurotoxinas, paralizando los músculos respiratorios al fallar su activación nerviosa; o propiedades enzimáticas, que desempeñan un papel importante en la digestión de los tejidos de la presa como, por ejemplo, los que producen la destrucción de los glóbulos rojos de la sangre de la víctima, provocando su muerte.

Estas sustancias venenosas en ocasiones son de gran utilidad para el animal que las produce, no sólo en las capturas de sus presas o en su defensa, sino complementando algunas de sus funciones, como en las serpientes, en que parte del veneno es utilizado para digerir su alimento.

Llama la atención el caso del "gusano marino verde", *Bonellia viridis*, perteneciente al grupo de los Echiurida, que vive alojado en las oquedades de las rocas de la zona costera; presenta larvas potencialmente bisexuales que nadan libremente, y cuando se asientan en un lugar determinado llegan al estado adulto. Si se posa en el fondo del mar, en lugares con una baja concentración de bióxido de carbono, el organismo se transforma en una gruesa hembra con forma de salchicha de cinco centímetros de longitud; pero si a la piel de esta hembra se adhieren otras larvas, se produce una sustancia que en algunos animales es venenosa, y que influye ayudándolas para transformarse en machos de uno a tres milímetros de tamaño; éste es el caso de feminismo más marcado que existe en la naturaleza.

También es interesante señalar el hecho de que algunos organismos pueden presentar inmunidad, tanto natural como adquirida, a los venenos de otros animales; éste es el caso del cangrejo ermitaño o bernardo, *Pagurus*, que vive dentro de una concha de caracol sobre la cual se adhieren una o dos anémonas *Adamsia*, animales que producen sustancias tóxicas muy urticantes del tipo de las que secretan las medusas o aguas malas, y que utilizan para capturar su alimento.

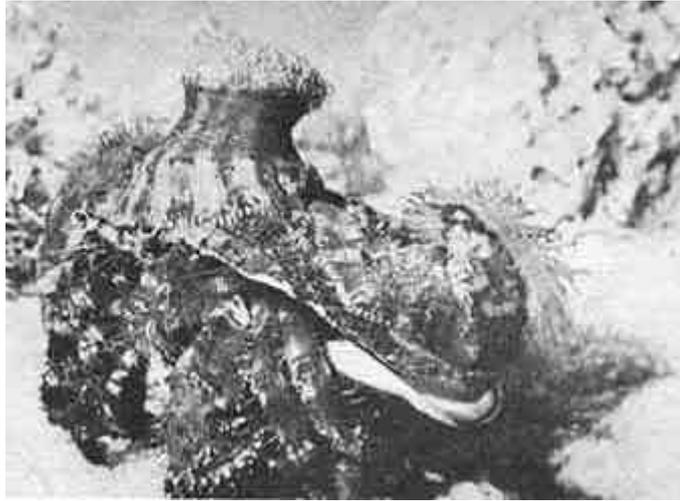


Figura 27. Cangrejo ermitaño con sus anémonas.

Cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*.

El cangrejo no nace inmune a las toxinas de las anémonas, ya que si se les inyectan a cangrejos jóvenes, éstos mueren; en realidad va adquiriendo inmunidad conforme pasa el tiempo durante su asociación con ellas.

En la abundante fauna marina son relativamente pocos los ejemplos de animales venenosos, y en muchas ocasiones se exagera al respecto y se cuentan más leyendas que realidades.

Entre los protozoarios se encuentran los dinoflagelados, que son organismos de enorme interés biológico porque forman parte del primer eslabón de las cadenas de alimentación acuáticas e intervienen en la productividad de los mares como alimento de las especies comerciales. Se caracterizan por presentar dos largos flagelos, que utilizan para trasladarse, actuando uno como hélice y el otro como timón.

Estos protozoarios abundan en el plancton marino y algunos presentan como sustancias de reserva lípidos o grasas que al oxidarse producen bioluminiscencia, y que por su cantidad le dan al agua un aspecto de "sopa de tapioca", como en el caso de *Noctiluca miliaris*, cuya acción se observa en las noches oscuras durante las cuales el mar brilla recibiendo el nombre de "erdentia" o "ardor de mar", y en ellas se incrementa la pesca.

Otros dinoflagelados tienen en su cuerpo pigmentos rojos que son los responsables de que el mar tome esta coloración cuando la población aumenta, a lo que se denomina "hematotalasia" o también "purga de mar", por la creencia de los pescadores y marinos de que cuando esto sucede el mar se purga o menstrúa, y de esta manera elimina sus heces y humores malignos.

Los que ocasionan esta "marea roja" producen una o varias sustancias tóxicas que tienen acción irritante sobre las mucosas, sobre todo el aparato respiratorio de los animales, provocando la asfixia y la muerte. Principalmente se ven afectados los sedentarios que están fijos y los otros bentónicos con movimiento muy restringido, ya que los de mayor capacidad de desplazamiento se alejan rápidamente. Flotando o

arrojados a la costa se observa una gran cantidad de peces, holoturias, crustáceos, etcétera.

El hombre también es dañado por la acción de estas toxinas, que le producen congestiones nasales y de la conjuntiva cuando hace contacto con el agua. Se han reportado muertes de personas que han comido animales capturados en zonas de marea roja.

Otro grupo de animales marinos venenosos que llama la atención es el de los cnidaria, también llamados celenterados o pólipos, conocidos y estudiados desde épocas remotas. Aristóteles los designó con el nombre de "akalephe", que se traduce como "ortiga de mar", y con el de "cnidos" que también significa ortiga, debido al escozor que producen en la piel humana cuando se pone en contacto con ellos.

Los nombres comunes que se aplican a estos animales son muy variados, pero la mayoría se relacionan con la acción urticante que producen sobre la piel. Así se puede mencionar el de ortigas de mar para las anémonas o actinias, el de aguasmalas para las medusas, y el de "corales de fuego" para ciertas especies coloniales que viven en los arrecifes madreporicos de mares tropicales.

Entre las células de los tejidos que estructuran la pared del cuerpo de estos animales existen unos pequeñísimos organoides formados por una célula, para cuya observación se tiene que utilizar el microscopio, los cuales producen sustancias tóxicas urticantes que emplean para capturar sus presas y defenderse.

Estos organoides, denominados nematocisto o cnidocisto, tienen una cápsula esférica con un filamento tubular hueco que actúa como dardo ponzoñoso con el cual se inyecta la sustancia tóxica. Su número es grande y están dispuestos en grupos muy densos que se pueden comparar a verdaderas baterías, localizadas en los tentáculos que rodean a la boca. Cuando el organismo dispara, los filamentos se clavan en el cuerpo de la presa o del atacante introduciendo toxinas; posteriormente, el cnidocisto se pierde o queda produciendo otros nuevos y en número suficiente.

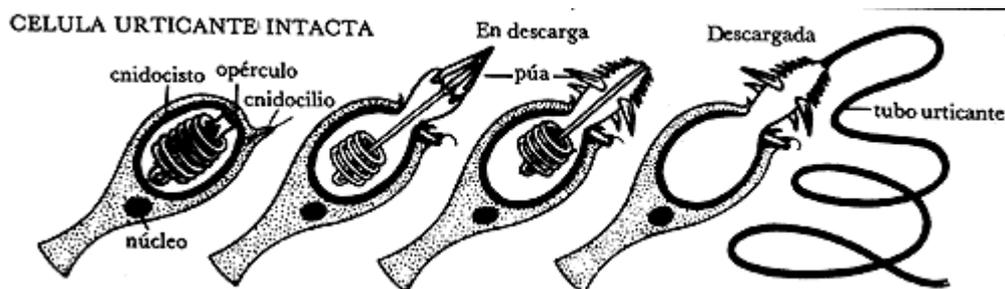


Figura 28. Nematocisto.

Los filamentos están armados con espinas y ganchos, estructuras que contribuyen a que su acción sea más eficaz. Las toxinas son sustancias químicas del tipo de las proteínas, que reciben el nombre de acuerdo con la acción que producen; unas causan parálisis en la presa, por lo que se llaman hipnotoxinas, y otras, por su acción irritante, son llamadas actinocongestinas.

Los corales de fuego que pertenecen a dicho grupo de animales reciben este nombre por el gran escozor que producen; sus pólipos están protegidos por un exoesqueleto calcáreo parecido al que presentan los verdaderos corales, de color amarillo brillante y con pequeños poros por donde salen los organismos armados de gran cantidad de células urticantes. Estos falsos corales son frecuentes en los arrecifes madreporicos del Golfo de México, como los de Veracruz, litoral del Caribe y Antillas, así como en el del Atlántico Americano Tropical.

Los "sifonóforos", sorprendentes celenterados coloniales flotantes, nadan en las aguas del mar debido a pausados y elegantes movimientos y a la acción que el viento ejerce sobre su vistoso flotador, que emite reflejos rojos y azules, del cual cuelga la colonia de organismos. Entre los más notables de este grupo se encuentran las fisalias, carabelas o fragatas portuguesas, que llaman la atención por su pomposo flotador provisto de airosa cresta membranosa en forma de vela de barco. Los pólipos de la colonia presentan un filamento pescador muy largo cargado de células urticantes que producen escozor intenso en la piel humana, el cual aumenta a medida que pasa el tiempo, pudiendo causar molestias en el aparato respiratorio y en algunas ocasiones parálisis.

Las fisalias navegan orientando su cresta membranosa oblicuamente a la dirección del viento, con sus tentáculos extendidos listos para capturar sus presas, que principalmente son pececillos a los que paralizan los pólipos que abren sus bocas y empiezan a digerirlos. Es asombroso que, a pesar de ser tan tóxicos estos animales, viva con ellos un pequeño pez llamado nomeos o payaso, el cual es inmune al veneno de la fisalia; se alimenta de los restos de su alimentación y además obtiene protección.

Otro tipo de celenterados llamativos por el poder de su veneno es el de los Acalefos o Escifozoos, en el que no se incluyen las medusas, que por su tamaño son las más conocidas por la gente de mar. Su cuerpo tiene la forma de una sombrilla, denominada umbrela, con la boca en la región inferior rodeada de tentáculos con una gran cantidad de células urticantes. El 95 por ciento del peso de estos animales está formado por agua, por lo que son transparentes, y debido a esta característica y a su poder urticante se les ha llamado aguasmalas. Es interesante conocer el caso de la medusa avispa, que el año de 1984 mató a 65 personas en el norte de Australia.



Figura 29. Medusa avispa.

Cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*

El tamaño de estos animales, que nadan por contracciones rítmicas de la umbrela, es generalmente de 5 a 15 centímetros, aunque algunas llegan a 60 centímetros; excepcionalmente miden dos metros de diámetro y sus tentáculos varios metros de longitud, como las cianeas, en especial las del Artico, que llegan a pesar una tonelada y sus tentáculos miden 3 metros.

Las medusas se alimentan de animales planctónicos, principalmente huevos y larvas de peces, que inmovilizan con gran habilidad; son muy voraces y engullen un número extraordinario de ellos. Ellas son atacadas por tortugas y algunos crustáceos.

El último tipo de celenterados son los Antozoos, que comprenden especies que se presentan exclusivamente con forma de pólipos de bellísimos colores, que pueden vivir solitarios o formar colonias de dimensiones sorprendentes. A este grupo pertenecen las anémonas o flores de mar, los corales blandos o plumas de mar, y los corales pétreos o madréporas que forman los llamados arrecifes.

Todos los antozoarios presentan células urticantes, pero son sin duda las anémonas o actinias las que se distinguen por su poder urticante. Estos animales son muy conocidos en las costas de todo el mundo, específicamente en los mares cálidos donde viven especies muy vistosas, ya sea a poca profundidad o alcanzando las grandes fosas oceánicas, como las que se encuentran en las aguas de Filipinas, a 10 000 metros.

Cuando las anémonas localizan una presa, extienden sus temibles tentáculos cargados de células urticantes, que disparan, y la paralizan para posteriormente llevarla a su boca e introducirla extendiendo su cuerpo, que toma una forma esférica. Digieren su alimento y expulsan después los restos, que en ocasiones son comidos por peces o crustáceos asociados a ellas.

Son muchas las especies de anémonas que se pueden admirar en todas las costas del mundo. En fondos fangosos, a pocos metros de profundidad extienden sus tentáculos vistosos y delicados los grandes "ceriantos", que están al acecho para cualquier presa que quede a su alcance. En las costas rocosas es común la "actinia pasionaria", de color rojo o púrpura, que llama la atención por esos colores y su tamaño.

Son muy interesantes por su comportamiento, ya que algunas anémonas viven asociadas a los cangrejos ermitaños, como las "adamsias", que se fijan en la concha habitada por este crustáceo que pasea orgulloso dos o tres de ellas con sus tentáculos extendidos y que le brindan protección por el poder urticante de sus toxinas.

Sin embargo, a pesar del poder tóxico de las células urticantes de las anémonas, dentro de la lucha por la existencia, también son conocidas por otros organismos que, aunque son pocos, se atreven a acercarse a ellas, como es el caso curioso del "nudibranquio moteado", pequeño molusco que carece de concha, que no sólo está inmunizado contra la toxina de la anémona, sino que la come sin sentir el efecto de los nematocistos.

El siguiente grupo de animales de interés por presentar veneno es el de los anélidos llamados también "gusanos anillados", por tener su cuerpo dividido transversalmente por surcos.

Entre los anélidos marinos se encuentra el grupo de los poliquetos, que reciben este nombre porque su cuerpo está cubierto por cerdas quitinosas que en ocasiones son urticantes. Su movimiento lo pueden hacer por ondulaciones de su cuerpo, apoyados en las cerdas o nadando con asombrosa soltura.

Unos poliquetos se alimentan de organismos microscópicos, otros de sustancias en descomposición que se encuentran en el fango donde viven; también pueden comer presas de gran tamaño en relación con su cuerpo, como otros gusanos, moluscos, artrópodos, etcétera.

Para capturar a sus presas algunos están dotados por glándulas venenosas en la base de sus mandíbulas o en los ganchos bucales, por lo que la presa no sólo sufre los efectos de la mordida, sino también el de la ponzoña; ejemplo de esto es el "gusano glicera"

Entre los poliquetos urticantes se encuentran los "gusanos arponeadores" o "gusanos de cerdas de banderillas", que son pobladores frecuentes de mareas tropicales, localizándose en menor proporción en las templadas y frías. Su cuerpo está recubierto por cerdas quebradizas, hialinas o translúcidas, largas y dentadas como un arpón. Cuando el animal se siente amenazado, las yergue y las deja clavadas en los tejidos blandos de los atacantes, inoculando la secreción irritante que hace muy dolorosas las heridas, lo cual es un eficaz modo de defenderse.

Los moluscos constituyen un grupo del reino animal muy importante, y uno de los mejor conocidos, no sólo por los zoólogos sino también por aficionados a coleccionar sus conchas o por aquellos que los utilizan como alimento.

Dentro del grupo de los moluscos se encuentran los "conos", que son de los caracoles más bellos de los mares cálidos y tropicales, y se reconocen fácilmente por la forma cónica de su concha, la que está hermosamente decorada con dibujos policromos de aspectos muy diferentes de una especie a otra. Esta característica hace que la concha de estos animales sea muy apreciada por los coleccionistas, al grado de que el caracol llamado *Gloria maris* alcanza como precio más de mil dólares.

Si los conos son interesantes por su concha, también lo son por presentar veneno, lo que ha permitido que los coleccionistas imprudentes que atrapan al animal y lo colocan en sus bolsas sin tomar precauciones se vean intoxicados por el veneno de estos caracoles, que puede ser mortal.

En los conos, algunos de los dientes de la rádula se transforman en dardos venenosos huecos y terminados en arpón, en cuya base se encuentra la glándula de veneno, un saco muscular bulboso que al contraer sus paredes impulsa el veneno hacia el tubo de los dardos. El veneno es extraordinariamente tóxico, aunque los conos de los mares del Océano Atlántico son menos venenosos que los del Pacífico Tropical y los del Índico.

El grupo de los equinodermos comprende animales marinos de forma estrellada, como los lirios de mar, los ofiúridos, las estrellas, los erizos de mar y las holoturias, que tienen su cuerpo rodeado de brazos o tentáculos colocados alrededor del eje del cuerpo. Son animales sésiles que viven en el fondo de los mares, desde la costa hasta grandes profundidades, ocupando zonas arenosas, oquedades de las rocas, zonas de vegetación, etcétera.

La protección de los equinodermos la proporciona un número grande de placas o escudos calizos que, a veces, forman un verdadero esqueleto. Sobre las placas se implantan espinas, como en los erizos, o cortos agujones, en las estrellas, carácter que da el nombre de equinodermos. Los erizos combinan la protección de las espinas con la producción de sustancias venenosas que inyectan en la presa por medio de unos extraños órganos que parecen diminutas pinzas de tres ramas, llamados pelicularios, los cuales en algunas especies están relacionados con su glándula tóxica, productora del veneno que inyectan a la presa.

Los erizos venenosos o "diademas" que viven en el trópico, presentan largas y esbeltas espinas huecas y quebradizas que son muy difíciles de extraer cuando se clavan y producen un moco irritante que hace que las heridas sean muy dolorosas.

Los elasmobranquios o peces cartilaginosos son organismos fundamentalmente marinos, con aberturas branquiales en forma de hendiduras, en los que la piel carece de escamas y en su lugar tienen dentículos dérmicos; a este grupo pertenecen los tiburones, las tintorerías, las rayas, etcétera.

En las "rayas", "mantarrayas" o "diablo de mar", se observa que su cuerpo está formado por la fusión de la cabeza, el tronco y el primer par de aletas, tomando un aspecto romboidal aplastado, y de este cuerpo sale una cola en forma de látigo muy flexible y que termina en punta.

En la base de la cola, y colocado dorsalmente, se encuentra un agujón o espina cuyos bordes son dentados, el cual puede causar heridas muy graves, ya que con él inyecta sustancias tóxicas.

Otro de los grupos de vertebrados es el de los peces, caracterizados por tener un esqueleto óseo, piel cubierta por escamas, y branquias dentro de dos cavidades. Viven en aguas dulces y saladas y algunos son venenosos, como es el caso del "pez piedra", que tiene su región dorsal cubierta por espinas que inoculan sustancias tóxicas muy venenosas; estos peces se confunden muy fácilmente con pequeñas piedras del fondo marino y cuando se tocan extienden sus espinas para defenderse. Sobre todo resulta peligroso el agujón que tienen en la base de la aleta dorsal.

Otro ejemplo es el "pez escorpión" o "pez mariposa", que vive en los arrecifes coralinos formando parte del bello paisaje que en ellos se encuentra: sus aletas dorsales están armadas con espinas, en algunos casos 18, que inyectan un veneno sumamente tóxico para el hombre, aunque sólo recurre a este medio defensivo cuando se ve atacado.

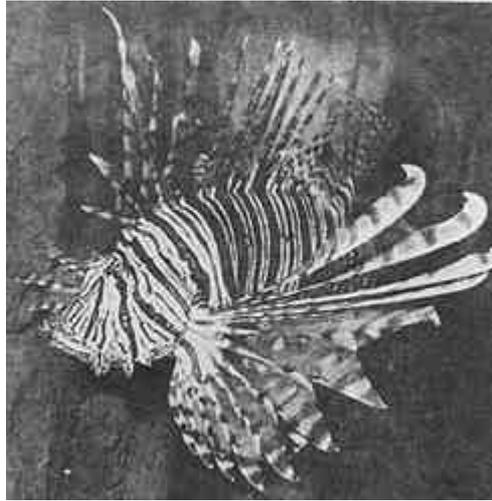


Figura 30. Pez mariposa.

Cortesía de la *Revista Técnica Pesquera*.

Entre los reptiles existen algunas serpientes venenosas que han regresado a vivir en el mar, aunque para respirar tengan que sacar la cabeza para tomar el aire de la atmósfera. Tal es el caso de las llamadas "serpientes marinas" que pertenecen a varios géneros y especies, con organismos hasta de 1.50 metros de largo localizadas en el estrecho de Málaga, que separa Sumatra de Singapur, y cuyo veneno es 10 veces más tóxico que el de las serpientes terrestres.

Como otro tipo de adaptación de defensa se puede mencionar la presencia de órganos eléctricos, auténticas pilas o acumuladores capaces de producir descargas que matan o inmovilizan a los agresores o a las presuntas presas. Se encuentran en el cuerpo de algunos peces que tienen la forma de una anguila, es decir, su cuerpo es cilíndrico y termina plano, estando sus aletas muy reducidas.

Los organismos marinos pueden presentar adaptaciones a otros tipos de vida que se consideran especiales, como aquellos que viven permanentemente enterrados, generalmente de cuerpo blando, como son los gusanos marinos y el protocordado llamado balanogloso; o aquellos que lo hacen transitoria o esporádicamente, como medio de salvación para pasar inadvertidos ante un ataque, bien como forma preparatoria de una acción defensiva, como ocurre por ejemplo con los peces de fondo como los lenguados y rodaballos, o los peces araña, que se entierran dejando solamente los ojos al descubierto para lanzarse sobre la presa que se acerca sin verlos.

Son también formas defensivas las diversas manifestaciones de asociaciones biológicas llamadas simbiosis, que pueden ser de varios tipos como el comensalismo e incluso el parasitismo; así sucede con las asociaciones entre los cangrejos ermitaños, las esponjas y las anémonas, en donde un cangrejo que tiene su abdomen desprotegido busca una concha de molusco para protegerlo, y a él se fijan las esponjas y las anémonas que se brindan ayuda mutua.

Otras asociaciones muy interesantes son las que presentan los pececillos "fieraster" con las holoturias o pepinos de mar, en cuyo tubo digestivo se guarece el pez comiendo los restos de alimento del pepino. La de los jureles jóvenes que se

resguardan en el interior de las umbrelas de determinadas medusas, y las de los peces piloto o rémoras que acompañan a los tiburones.

Los organismos marinos desarrollan otros mecanismos para su defensa y para la captura de sus presas entre los que se pueden mencionar los siguientes:

Los moluscos desprovistos de concha externa, como algunos cefalópodos, por ejemplo los pulpos, poseen otros procedimientos muy especializados para capturar a sus presas y huir: tienen la famosa bolsa de la tinta que lanzan por el sifón y difunden en el agua, principalmente cuando se ven atacados, produciendo la más perfecta nube de ocultación que pudiera soñarse para una acción bélica ofensiva y defensiva. Los brazos están dotados de varias series de perfectas ventosas que les sirven para la captura de sus presas, a las que, en ocasiones, pueden paralizar por la inoculación de secreciones venenosas.

Algunos de los crustáceos que se protegen por medio de sus caparazones, a veces de gran consistencia, están dotados con poderosos medios de ataque, como son, por ejemplo, las pinzas o quelas de los decápodos, particularmente notables en el caso de los cangrejos y las fuertes langostas.

Las tortugas, que pertenecen al grupo de los quelonios, se defienden merced a sus duros caparazones bajo los que pueden ocultar la cabeza para mayor seguridad y capturar a sus presas gracias a fuertes picos córneos con los que las destrozan.

Algunas de estas adaptaciones que se presentan los organismos marinos para su defensa y ataque resultan especialmente nocivas para el hombre, ya sea de manera directa, cuando lo atacan, como en el caso de las serpientes marinas cuya mordedura puede ser mortal para él, o de manera indirecta, cuando son utilizados estos seres marinos como alimento; por ejemplo, las glándulas sexuales de los equinodermos, utilizadas como alimento en algunos países como Francia, en donde son muy estimadas las de los erizos, pueden ser venenosas o al menos producir trastornos gastrointestinales en determinados casos.

Los moluscos como las ostras, que se alimentan de materia viva o detrítica en suspensión en el agua, acumulándola en su interior, cuando viven en las cercanías de los desagües de alcantarillas de ciudades pueden transformarse en elementos portadores y transmisores de gérmenes patógenos, como los de la fiebre tifoidea, sobre todo si se consumen en fresco, sin previa depuración.

La carne y los órganos de algunos peces son venenosos para el hombre, como la del pez erizo o la del botete; también lo son los hígados del boquidulce, de las pintarrojas y de los gatos marinos, así como el de los escualos de profundidad, que, como es sabido, pueden llevar hidrocarburos en sus aceites.

En el medio marino existe una diversidad de organismos característicos con comportamiento biológico propio, en el que destaca una lucha justa por la existencia. Los seres que forman esta fauna presentan adaptaciones para defenderse y atacar a otros para poder subsistir. Los organismos no atacan sólo por molestar a sus vecinos, cuando lo hacen tienen un fin: su subsistencia o la conservación de especie.

XIII. METODOLOGÍA Y ESTUDIO PARA EL EQUIPO DE LA OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA

LAS NECESIDADES alimenticias y económicas de un mundo en el que la población crece de manera progresiva y en el que la agricultura y la ganadería, fuentes tradicionales de la alimentación de los pueblos, ya no producen lo suficiente para atender estas necesidades de la población, han llevado a los hombres de ciencia y, en particular, a los biólogos, a incrementar los estudios sobre los recursos vivos del mar, para buscar soluciones a este problema actual de la humanidad. Por ello, en el presente siglo, el estudio de los seres vivos del océano, que representa la llamada oceanografía biológica, ha aumentado considerablemente.

Julio Verne, en su libro *Veinte mil leguas de viaje submarino*, describe que los tripulantes que viven en una estructura submarina se cubren con trajes de buzo y salen, a través de compartimentos estancos intermedios, a recolectar plantas marinas y criar cardúmenes comestibles. Este autor, por ignorar muchas de las verdaderas dificultades de vivir bajo el agua, concibió que era muy fácil que el hombre pudiera hacerlo y supuso que proporcionándole aire adecuado para respirar y trajes para mantenerlo seco podría vivir en el fondo del océano sin tomar en cuenta la profundidad y la presión; factores que, como el frío y la falta de visibilidad, fueron pasados por alto como cosa natural. La realidad ha superado a los sueños que algunas personas tienen de vivir bajo el agua, y actualmente los problemas prácticos se han ido resolviendo uno por uno, de manera que el hombre ha logrado permanecer cada vez más tiempo sumergido y alcanzar mayores profundidades.

Los oceanógrafos biológicos, también llamados biólogos marinos, van a realizar estudios sobre los fenómenos que suceden a los seres vivos tanto vegetales como animales que habitan en el mar. Los estudios principales comprenden temas sobre la morfofisiología de los organismos, es decir, la manera como se estructuran y funcionan, haciendo la correcta identificación taxonómica; su distribución en las diferentes zonas del océano; el entendimiento de su ciclo vital y los problemas de genética, o sea, cómo se transmiten sus caracteres hereditarios, con lo que se llega a obtener, como últimas conclusiones, lo relacionado con su origen y con su evolución, desarrollando para ello el diseño de métodos de colecta y transporte, cultivo, coloración preservación, etcétera.

La investigación sistematizada sobre la historia natural de las costas se inició en el siglo XVIII, cuando el botánico sueco Carl von Linneo estableció el sistema para la clasificación de plantas y animales, el cual fue perfeccionado a través de los tiempos, lo que permitió identificar a los organismos oceánicos, elaborándose una serie de publicaciones, como los catálogos de moluscos, de peces, de organismos que viven en aguas costeras, etcétera.

Dentro de los vegetales, el estudio de las bacterias ha adquirido gran importancia en oceanografía biológica. Ellas son las responsables de intercambios energéticos a muy bajo nivel, ya que pueden reducir sustancias químicas inorgánicas y obtener de ellas el oxígeno que precisan para su supervivencia, oxígeno que entra así a formar parte del ciclo de la vida en el mar; además de realizar estas reducciones, se liberan otras

sustancias como nutrientes, que son aprovechadas principalmente por el fitoplancton, como el sílice que utilizan las diatomeas. También las bacterias contribuyen en la síntesis de vitaminas de los organismos marinos y sobre todo influyen en la formación de la vitamina B12.

Como consecuencia de la misión tan importante que desarrollan las bacterias en el océano, se ha procedido a la preparación de técnicas especiales que permitan obtener muestras de bacterias estériles, ya que la contaminación es un riesgo muy difícil de evitar.

Para la obtención de estas muestras se utilizan modelos especiales de botellas oceanográficas, modificadas de las Nansen, las cuales es necesario esterilizar antes de introducirías en el agua. Una vez que se obtiene el agua, se hacen las diluciones que se siembran en medio de cultivos adecuados como son los preparados con caldos nutritivos, que se solidifican con base en gelatina o agar, y que contienen gran cantidad de nutrientes, lo que permite que las bacterias se desarrollen.

Una vez cultivadas las bacterias, se procede a identificarlas, utilizando técnicas especializadas de tinción; a su recuento; a la estimación de su actividad, y a conocer su significado en los ciclos biológicos que se llevan a cabo en los mares.

Para una mayor comprensión y conocimiento de estos ciclos y de los seres que viven en los océanos son muy necesarios los estudios que se realizan sobre el plancton, que pueden ser cualitativos, o sea, la identificación, observación y dibujo de las diferentes especies que lo forman, o cuantitativos, que permiten calcular la abundancia de estas especies.

La presencia de un mayor o menor número de organismos en el plancton proporciona datos indirectos sobre los demás pobladores de los mares y sobre las características mismas del agua, puesto que, por ejemplo, una buena cantidad de plancton significa mayor abundancia de alimento para los peces que de él se nutren; asimismo, un predominio de algas verdes es indicio de una buena iluminación y oxigenación del agua.

En la investigación del plancton se utilizan, para su colecta, las redes y los tomamuestras, las primeras para el estudio cualitativo y los segundos para el cuantitativo. Su transporte, fijación y conservación se hace en frascos, generalmente de 250 a 500 centímetros cúbicos y de boca ancha. Para su fijación se utilizan soluciones acuosas de formol al cuatro por ciento, preparado con agua de mar y neutralizado con borato de sodio, así como otros fijadores como los preparados con base en yodo y potasio, lugol, que fija y conserva a los organismos coloreándolos al mismo tiempo.

La observación del plancton se hace utilizando al microscopio estereoscópico, que permite distinguir a los organismos de mayor tamaño del plancton como a los copépodos y medusas, así como a los más pequeños, por ejemplo, los radiolarios y los foraminíferos. Para el recuento se emplea el microscopio invertido de Utermohl, que enfoca el fondo de la cámara de vidrio donde los organismos del plancton se han sedimentado, evitando que se mojen las lentes.

Los organismos macroscópicos del océano han llamado la atención de la humanidad durante siglos, desde que aprendió que el mar era una fuente de alimento que podía aprovecharse. Los biólogos no tardaron en sentirse intrigados por la desconcertante variedad de vida que se encuentra a lo largo de las costas, entre los arrecifes de coral, en el mar abierto o en las grandes profundidades del océano.

Pronto los estudios de los seres que habitan en las orillas del mar se convirtieron en una parte tradicional de las ciencias biológicas; sin embargo, la gran masa oceánica sigue siendo, en parte, un reino misterioso y sólo algunos científicos se enfrentaron en realidad a tratar de obtener conocimientos sobre ella.

Para iniciar el estudio de los organismos macroscópicos que se localizan en la orilla del mar, la recolecta de las muestras se hace produciendo un agujero con una pala pequeña hasta llegar al agua subterránea. La arena separada se pasa a través de un tamiz, de diferente abertura, quedando los organismos entre la malla; éstos se llevan rápidamente al laboratorio o se fijan y conservan en formol al 10 por ciento para su estudio posterior.

Cuando se quiere hacer mediciones cuantitativas, se toma la muestra con un tubo de diámetro conocido que se introduce en la arena verticalmente. La columna de arena así recolectada se puede dividir cuidadosamente en discos de grosor variable que se examinarán separadamente, con la lupa o con el microscopio.

En la zona de la costa que está sometida al oleaje, las condiciones de vida son muy características y diversas, por lo que los métodos de colecta y estudio varían según el tipo de costa. En las zonas rocosas viven sobre las piedras y en las oquedades algas y animales cuya colecta se recomienda realizarla durante la marea baja, ya que es cuando muchos organismos quedan al descubierto; se capturan con pinzas y se colocan en tubitos con tapón de corcho. Así se transportan hasta el laboratorio, en donde después se estudian.

Al alejarse de la playa para investigar sobre los organismos que viven en la plataforma continental se hace necesaria la utilización de embarcaciones que van desde lanchas de unos cuantos metros de eslora, hasta los grandes barcos de investigación con un complejo equipo de trabajo.

La investigación en oceanografía biológica se intensificó a finales del siglo XIX, cuando se realizó la campaña del *Challenger*, en que se empleó uno de los primeros barcos equipados específicamente para estudios del mar; las muestras recolectadas han permitido a los científicos publicar miles de trabajos sobre biología marina y, todavía, a algunas de estas muestras les falta ser procesadas.

A partir de aquel momento, el estudio de la biología del mar ha ido a un ritmo creciente, ayudado por muchos barcos oceanográficos y también por laboratorios marítimos en las costas. El progreso ha sido especialmente acelerado a partir de 1930, con el desarrollo de nuevo equipo, tal como las redes para el muestreo rápido a grandes profundidades, las cámaras subacuáticas y los equipos electrónicos.

Para los estudios biológicos en la plataforma continental se han empleado diferentes tipos de redes para la captura de los organismos.

Las redes de arrastre pueden diseñarse de muy diversas maneras, pero siempre se toma en cuenta el lugar donde van a ser utilizadas. Una red de colecta que ofrece magníficos resultados en biología marina es la red de prueba utilizada en la captura del camarón, llamada changuito, que es igual a la red comercial con la que se pesca este crustáceo, pero de dimensiones pequeñas.

Otro tipo de redes de colecta son las que se utilizan a media agua y en la superficie; éstas permiten concentrar, principalmente, a los peces que nadan en estas regiones del océano.

También para recolectar las especies que forman el bentos marino se utilizan las dragas, con el inconveniente de que sólo pueden recoger las muestras de una zona restringida del piso marino.

La mayor parte de los trabajos de biología marina han permitido a los investigadores ir identificando a los organismos para darles un nombre científico y arreglarlos en diferentes grupos llamados taxonómicos, según las semejanzas o afinidades de su morfología, de su funcionamiento y del lugar donde viven, tratando siempre de interpretar sus relaciones evolutivas.

También los biólogos estudian el ciclo de vida para conocer la época de reproducción, la madurez sexual, el apareamiento, el desove y las fases por las que pasa durante su desarrollo; el crecimiento, tanto del individuo como de la población, para entender la dinámica de las mismas, lo que es básico para calcular la abundancia de la especie sobre todo si se desea aprovecharla.

Los biólogos marinos estudian el ciclo energético en el océano, es decir, cómo para la energía expresada en calorías, a través de los diferentes niveles tróficos, para poder calcular la cantidad de materia orgánica fabricada. Esto permite conocer las posibilidades de producción de una determinada región oceánica. A la cantidad total, en peso, de materia orgánica que se encuentra en cada nivel trófico, se le llama *biomasa*, y muchos de los estudios biológicos contemporáneos están enfocados a calcular la biomasa marina en los distintos mares.

Los estudios de ecología marina se han desarrollado a pasos agigantados, interesando cada vez más a los investigadores las relaciones de los organismos con su medio ambiente, no sólo en una forma individual sino también en las poblaciones de comunidades bióticas. Se debe entender por población a un conjunto de individuos de la misma especie que se encuentra en una región particular; y por comunidad biótica, al conjunto de especies que interactúan en su medio ambiente estable o ecosistema.

Las relaciones que se dan en los ecosistemas pueden ser de tres tipos: las que se establecen entre los organismos que la forman, las que se presentan entre estos organismos y el medio ambiente, y las que existen entre los elementos del medio físico. Estas relaciones permanecen iguales mientras las condiciones del ambiente sean estables, pero si cambian, también lo hacen el tipo y número de especies, así como el tamaño de la población, produciéndose las sucesiones ecológicas, que pueden llevar a formar una comunidad estable llamada comunidad clímax.

Los oceanógrafos biológicos están dedicando gran parte de su tiempo a entender la dinámica de los ecosistemas marinos, tratando de elaborar modelos matemáticos que les permitan hacer predicciones, con el fin de aprovechar las especies que en ellos se encuentran y conservarlas.

Una vez identificadas las especies, además de tener entendido cómo se relacionan para formar comunidades, se estudia su distribución en el planeta en relación con los climas, y la evolución que han ido sufriendo las mismas, pudiéndose establecer y registrar los lugares donde han sido encontradas determinadas especies, vegetales o animales, cosa que corresponde a la biogeografía.

El avance de la tecnología en los estudios de la ecología y biogeografía marinas ha progresado y proporcionado adelantos considerables en los últimos 10 años, con la aplicación de las técnicas de la química de masa como la espectrofotometría, colorimetría y cromatografía; las de sensores remotos; la de modelos matemáticos, y la tecnología de computadoras.

Estas investigaciones de los biólogos marinos han permitido establecer las bases para poder cultivar algunas especies, mejorando las condiciones del medio, como es el caso de las que viven en las lagunas litorales, donde los ingenieros realizan obras de dragado y otras, que mejoran dichas condiciones del habitat, permitiendo que las especies alcancen su óptimo de vida.

En el cultivo de especies, los biólogos marinos aportan los fundamentos para realizar las técnicas de acuicultura; ellos indican las épocas de reproducción, los métodos de cruce, el cuidado de las crías, las dietas alimentarias, con el fin de que los industriales las pongan en práctica a nivel comercial.

Asimismo, el estudio de la oceanografía biológica se ha derivado de la práctica de la construcción de acuarios marinos que, como tal, nació a mediados del siglo XIX, aunque los primeros registros sobre el mantenimiento de especies marinas en cautiverio datan del siglo I antes de Cristo, cuando los patricios romanos, cansados de comer peces salados y no queriendo depender de la pesca, empezaron a construir viveros en sus villas situadas en la costa, en donde renovaban sus aguas manteniendo abierta una comunicación con el mar. También aprovecharon para viveros los lugares adecuados entre las rocas, realizando incluso construcciones submarinas con muros de cierre. De ellos quedan muchos vestigios a lo largo de la costa mediterránea.

A finales del siglo XVIII el gran avance de las ciencias, producido al abandonarse las teorías clásicas y nacer el afán de la observación directa de los fenómenos de la naturaleza, desencadenó la necesidad de mantener animales marinos vivos en cautiverio para llegar a saber el cómo y el por qué de sus comportamientos. Los primeros ensayos realizados no fueron del todo satisfactorios, ya que no se utilizó agua que estuviera en continua circulación.

En 1858 el inglés William Lloyd ideó un ingenioso sistema para hacer circular el agua, lo que representó un extraordinario avance; sin embargo, los acuarios se instalaron con preferencia junto al mar, tomando el agua directamente de él.

En la actualidad, estos acuarios proliferan por todas partes, junto al mar o lejos de él, puesto que las técnicas modernas ponen al alcance del hombre los medios para regenerar el agua cuando ello es indispensable. Incluso parece que los acuarios han quedado pequeños, ya que se han construido en distintos países grandes "oceanarios", donde viven hasta mamíferos marinos de gran tamaño.

Hoy día se han intensificado los estudios del comportamiento de las especies marinas en cautiverio; por ejemplo, con los tiburones se hacen experimentos para conocer sus hábitos alimenticios, de visión, agresividad, con objeto de entenderlos mejor y proteger al hombre tanto en las playas como en alta mar.

En los mamíferos marinos, los estudios de comportamiento han alcanzado gran desarrollo; a los delfines se les ha entrenado para que vigilen las costas de la entrada de embarcaciones extrañas: cuando el delfín detecta una que no pertenece al puerto, enciende una alarma que avisa a la oficina de control para que investigue. A estos delfines y a las ballenas se les educa para desarrollar actividades en espectáculos públicos en los parques recreativos.

Los acuarios han representado una posibilidad para que los investigadores puedan observar por largo tiempo a los seres vivos del océano, pero también el hombre ha utilizado su ingenio desde la prehistoria para introducirse, de alguna forma, en los grandes espacios submarinos, y para tratar de llegar a las profundidades oceánicas y así estudiar a los organismos. En esta penetración ha utilizado desde el buceo a pulmón libre hasta los batiscafos, submarinos y estaciones fijas que se han situado en el fondo del mar; sin embargo, por los problemas de la presión, para poder explorar los misterios de los abismos eternos y oscuros, actualmente el hombre debe contentarse muchas veces con enviar máquinas que hagan las veces de sus ojos, sus oídos y sus manos, y así observar el fascinante mundo biológico que en estas profundidades existe.

Los adelantos en oceanografía biológica le han permitido aprovechar cada vez mejor los recursos vivos que el mar ofrece; por ejemplo, la bioquímica marina ha sido la base de la industria farmacológica de productos obtenidos de organismos marinos, y el estudio de la dinámica de poblaciones y de las cadenas de alimentación han sido fundamentales para el establecimiento de las pesqueras y para la creación de los métodos de estudio que se aplican en la investigación pesquera.

Si se pudiera predecir el futuro de la humanidad, se vería que posiblemente estará íntimamente relacionado con el aprovechamiento de los recursos renovables marinos, ya sea la flora o la fauna, lo cual hace realidad mediante aceleradas técnicas para la utilización racional de estas riquezas que el mar le proporciona. Los oceanógrafos biológicos cada día aportan nuevos conocimientos sobre los organismos del océano y permiten ir alcanzando una de las metas más prometedoras que la humanidad se haya podido fijar: el total conocimiento y dominio de los seres marinos.

XIV. LA INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN MÉXICO

LA REPÚBLICA MEXICANA cuenta con 10 760 kilómetros de línea de costa, de los cuales 7 939 corresponden al litoral e islas del Océano Pacífico y 2 821 al litoral e islas del Golfo de México y Mar Caribe. Su plataforma continental es de aproximadamente 500 000 kilómetros cuadrados, existiendo en ambas costas 1 562 500 hectáreas de lagunas litorales y esteros, de los que corresponden 892 000 hectáreas al Pacífico, 587 200 al Golfo de México y 83 300 al Mar Caribe.

Su zona económica exclusiva o mar patrimonial es de 200 millas náuticas a partir de la costa, lo que representa un total de 2.8 millones de kilómetros cuadrados de océano, teniendo México el derecho de explotar sus recursos naturales o de expedir permisos, si le conviene, para que otros países los aprovechen. Asimismo, cuenta con 6 500 kilómetros cuadrados de aguas continentales: ríos, lagos, represas, etcétera.

Esta extensión de las costas hace que los recursos no renovables como el petróleo y los bióticos como el camarón sean muy abundantes y que las posibilidades de su utilización en aspectos portuarios, de navegación, pesqueros, turísticos, industriales, etcétera, sean muy amplias.

En México, el conocimiento de los mares data desde las culturas azteca, maya y zapoteca, entre otras; las cuales muestran gran fidelidad en las representaciones animales y vegetales de sus códices, producto de numerosas y bien orientadas observaciones.

La existencia de un amplio vocabulario para designar especies animales, como el que se estableció para los moluscos, indica su competencia en este campo, en el cual también formaron las primeras colecciones de caracoles.

Otra demostración del conocimiento que tenían sobre los animales se expresa en las representaciones que, con motivos religiosos, hacían en sus pinturas y esculturas, y los relatos de Hernán Cortés y Bernal Díaz con respecto a la existencia de colecciones extensas de vegetales y animales en los palacios reales de Moctezuma, formando lo que se puede considerar el primer museo de historia natural, lo que hace evidente el interés y conocimiento que en biología tenían los antiguos mexicanos.

El estudio de la ecología y la etología de los animales permitió perfeccionar las técnicas de caza, aprovechar diversos insectos en la alimentación y domesticar ciertas especies como el guajolote, el perro y la chachalaca, entre otras.

Los conocimientos sobre los organismos marinos y lacustres hicieron posible la realización de una pesca productiva, como en el caso del *íztacmichin* o pescado blanco aprovechado por los aztecas, los cuales llegaron a cultivar también el alga espirulina.

Los españoles señal en sus relatos que en la zona de Chiametla y Culiacán encontraron los territorios bien cultivados, así como las pesquerías muy organizadas, las cuales realizaban su pesca a gran escala en el mar y en numerosos ríos.

También asombra el descubrir que las construcciones que dejaron los mayas en el litoral del Caribe mexicano representaban un sistema de señalamiento para poder realizar, de manera segura, la navegación en estas aguas, lo que indica el conocimiento que deben haber tenido sobre corrientes, vientos, oleaje, mareas y otros fenómenos físicos del mar.

Esta primera etapa había alcanzado altos niveles y estaba en pleno desarrollo, aunque es imposible estimar hasta dónde hubiera podido llegar; sin embargo, la conquista interrumpió todo este movimiento cultural.

Durante los tres siglos de la Colonia, la ciencia y la cultura fueron desarrollándose en el país hasta alcanzar algunos logros como la función de la Real y Pontificia Universidad (1551-1553) y empiezan a destacar los primeros científicos como José Antonio Alzate (1733-1799), considerado el padre de la ciencia mexicana, quien desarrolló sus trabajos buscando el beneficio del hombre.

Después de consumada la Independencia, permanecieron tres instituciones virreinales de importancia: la Universidad, el Colegio o Palacio de Minería, y el Jardín Botánico; se crearon las tres primeras sociedades científicas: la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, en 1833, decana de las mexicanas y posiblemente de América Latina; la Academia Nacional de Medicina, en 1864, y la Sociedad Mexicana de Historia Natural, en 1868, que desde el principio publicó su revista *La Naturaleza*.

Durante la primera etapa de la Independencia se inicia una serie de proyectos para el mejor aprovechamiento de las especies marinas y para incrementar la piscicultura. En 1861 se establece la Secretaría de Fomento, en la cual empiezan de manera formal las investigaciones marinas y, en 1871, se publican los *Lineamientos relativos a la producción y protección de las especies, y a la regulación de las pesquerías*.

Dentro de la Secretaría de Fomento se funda la Oficina de Piscicultura con el objeto de impulsar esta actividad así, en 1884, Esteban Cházari publica, como una edición de la Secretaría, el Libro *Piscicultura de agua dulce*.

En 1915 se creó la Dirección de Estudios Biológicos, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Fomento, integrada por: el Instituto de Biología General y Médica, Museo Nacional de Historia Natural, Departamento de Exploración de Flora y Fauna, Jardín Botánico y Parque Zoológico de Chapultepec, y por la Estación de Biología Marina del Golfo.

En 1923 se organizó la Comisión Mixta de Biología Marina para abordar el estudio de varios problemas de las costas de México, como "la fijación de épocas de veda adecuadas para la explotación de bancos ostrícolas y de peces de importancia comercial". Con esto se inicia la participación directa del Estado en las tareas de investigación sobre recursos pesqueros. En 1926, la Comisión se dividió en dos, una

que abarca la región del Golfo y otra para la del Pacífico, con el objeto de "establecer puntos adecuados, centros permanentes de estudios hidrobiológicos".

Como consecuencia de lo anterior se creó en el puerto de Veracruz la Estación de Biología Marina del Golfo, primero en un modesto local que prestó la Escuela Preparatoria y después en un "amplio y conveniente" en el edificio de faros, en donde no sólo se inician las investigaciones sino también se forman las colecciones con las que se establece un pequeño museo de especies marinas. Como resultado de los trabajos del personal de la Estación se publicó, en 1929, un artículo en las Memorias de la Sociedad Antonio Alzate sobre "La pesca en el Golfo de México" y en 1935, otro sobre "Los peces comerciales de México".

La Dirección de Pesquerías, a la que se concedieron funciones para regular, fomentar y desarrollar la actividad pesquera, estableció las normas para aprovechar y conservar los recursos marinos nacionales, determinando una serie de acciones que tenían como base la investigación, y se emprendió la "planificación científica del territorio nacional, perfeccionando, especialmente, las cartas hidrográficas". También dio inicio al fomento de la pesca deportiva.

En 1934 se crea el Departamento Forestal de Caza y Pesca, en lugar de la Dirección de Pesquerías; así como los Institutos de Enseñanza Superior Forestal y de la Caza y Pesca y el de Investigación Forestal de Caza y Pesca.

En 1939 se establece el Departamento de Marina Nacional y pasan las actividades correspondientes del Departamento Forestal de Caza y Pesca a la recién formada Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. Posteriormente, en 1940, el Departamento de Marina se transforma en Secretaría de Marina, a la cual sigue perteneciendo la Dirección de Pesca, que inicia una estadística pesquera para "desempeñar con criterios técnicos las tareas de conservación, desarrollo, organización, fomento, protección, vigilancia y control de la fauna y flora marítima, fluvial y lacustre".

Anteriormente, en 1910, se reorganizó la Universidad Nacional al reunir las escuelas profesionales que ya existían en la ciudad con la Escuela Nacional Preparatoria, promulgándose su Ley Constitutiva el 26 de mayo de 1910.

Como una de las instituciones que pasó a formar parte de ella se encontraba la Escuela Nacional de Altos Estudios, cuyo propósito fue el de impartir cursos sobre temas avanzados, principalmente en humanidades, reuniendo, además, a un grupo de personas interesadas en el estudio de las ciencias.

En 1925 la Escuela de Altos Estudios se transformó en la Facultad de Filosofía y Letras, iniciándose con esto, de una manera formal, los estudios de grado de la Universidad.

En 1929 la Universidad Nacional se convirtió en Autónoma y ese mismo año se funda el Instituto de Biología, al que se incorporó toda la obra que se venía realizando desde 1888.

Más tarde, en 1930, la Escuela de Filosofía y Letras creó un departamento llamado Sección de Ciencias, organizándose los estudios para obtener grados académicos de Maestro y Doctor en Ciencias Exactas, en Ciencias Físicas y en Ciencias Biológicas, la cual se transformó, en 1939, en la Facultad de Ciencias, estableciéndose la carrera de Biología.

En 1935 fue creado el Instituto Politécnico Nacional, perteneciente a la Secretaría de Educación Pública, incorporándose en 1937 la Escuela de Bacteriología, Parasitología y Fermentaciones, la cual se transformó en 1938 en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, apareciendo la segunda carrera de Biología.

Desde el principio, la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, al nombrar maestros de planta que pudieran realizar docencia e investigación al mismo tiempo, propició que en 1938 apareciera la publicación *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, donde aparecen trabajos sobre el mar y sus recursos.

En las instituciones gubernamentales relacionadas con el estudio y administración de los recursos marinos se empezaron a incorporar biólogos egresados de la Facultad de Ciencias y de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, intensificándose las investigaciones y así, en 1942 se forma la Misión Mixta Pesquera México-Americana, con el objeto de realizar investigación sobre el camarón en el Océano Pacífico, con sede en Guaymas, Sonora.

Esta misión se transforma, dos años después, en el Instituto de Pesca del Pacífico en el puerto de Guaymas, contando con una pequeña embarcación llamada *Antonio G. García*.

En 1955 la Secretaría de Marina funda, a través de su Dirección General de Pesca, la Estación de Biología Marina en el puerto de Mazatlán y, en 1957, se establece en el puerto de Veracruz la Estación de Biología Marina, en la que se desarrolla investigación y docencia, con la carrera de Técnico Pesquero, que después se transformó en el Instituto Tecnológico de Pesca de Veracruz.

La Universidad Nacional Autónoma de México continúa su desarrollo y en 1939, principalmente en el Instituto de Biología, se inicia la investigación marina con trabajos de tipo biológico; a partir del año de 1955, como una consecuencia del Congreso Geológico Internacional y del Año Geofísico Internacional, se incrementan los trabajos de investigación marina en los Institutos de Geología y Geofísica, desarrollándose la oceanografía geológica y la oceanografía física.

Estos esfuerzos establecieron las bases para el desarrollo de las ciencias del mar en la UNAM y, por consiguiente, en el país. Por esta razón, en 1973 se funda el Centro de Ciencias del Mar y Limnología, al cual se incorporan los recursos humanos y materiales dedicados a la investigación marina de las distintas dependencias universitarias. Para ese entonces, en el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias se crean la maestría y el doctorado en biología marina.

En el año de 1975, la Universidad organizó la Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Posgrado del Colegio de Ciencias y Humanidades, ofreciendo la especialización, la maestría y el doctorado en ciencias del mar, con cuatro

orientaciones: oceanografía física, oceanografía química, oceanografía geológica y oceanografía biológica y pesquera.

El Centro se transforma en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en 1981, y cuenta actualmente con más de cien investigadores. Dispone de instalaciones en Ciudad Universitaria, D.F.; en la Estación Mazatlán de Mazatlán, Sinaloa; en la Estación El Carmen en Ciudad del Carmen, Campeche, y en la Estación Puerto Morelos en Quintana Roo.

Además, el Instituto tiene los barcos oceanográficos: B/O *El Puma*, con base en Mazatlán, Sinaloa, y el B/O *Justo Sierra*, con base en Tuxpan, Veracruz, ambos de 50 metros de eslora y un radio de acción de 9 000 millas náuticas; sus laboratorios son confortables y funcionales. Los barcos cuentan con equipo científico y de navegación modernos como los instrumentos de registro de cómputo, las ecosondas y el sonar; las sondas de salinidad, temperatura, oxígeno y profundidad (CTD), que registran con precisión estos parámetros hasta 2 000 metros de profundidad; fotómetros submarinos; analizadores químicos; redes para la captura de organismos, y navegador por satélite, entre otros.

Además del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, se hace investigación de estas disciplinas en los Institutos de Biología, de Geología, de Geografía, de Investigación de Matemáticas Aplicadas y Sistemas, de Geofísica, de Ingeniería, en la Facultad de Ciencias, en el Centro de Ciencias de la Atmósfera, y en el Centro de Instrumentos.

La publicación de los trabajos de investigación que se han realizado en la UNAM se hace en las revistas de los institutos como: *Anales del Instituto de Ciencias del Mar*, *Publicaciones Especiales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, *Tablas de predicción de mareas para los puertos del Océano Pacífico, del Golfo de México y el Caribe mexicano*, entre otras.

En el Instituto Politécnico Nacional se inauguró en 1959 la Unidad Profesional de Zacatenco, que en 1961 crea el Centro de Investigaciones de Estudios Avanzados (CINVESTAV), en el cual se realiza la investigación científica y tecnológica y se imparten las maestrías y doctorados en ciencias. En 1961 la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas establece sus estudios de grado, con los de maestría y doctorado en ciencias biológicas, donde se incluyen temas marinos. Actualmente en esta institución se realizan investigaciones interdisciplinarias sobre el mar.

El IPN, en 1978, funda el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) en La Paz, B.C.S., en donde ofrece las maestrías en ciencias marinas y ciencias pesqueras. Hoy día cuenta con instalaciones adecuadas en la Playa del Conchalito, además de un barco de ferrocemento, el *Juan de Dios Bátiz*.

Actualmente, en el Instituto Politécnico Nacional, además de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del CICIMAR y del CINVESTAV, se realizan actividades marinas en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura.

En el campo de la enseñanza de la biología fue hasta 1952 cuando se realizó el primer esfuerzo para fundar la carrera en la provincia, y en la ciudad de Monterrey se crea el Instituto de Investigaciones Científicas y, posteriormente, la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, iniciándose la licenciatura en el mismo año y la maestría en 1977.

Posteriormente se han incrementado las carreras de biología, así como maestrías y doctorados tanto en el Distrito Federal como en diferentes estados; en la actualidad existen 32 licenciaturas, 11 maestrías y 5 doctorados en biología.

En cuanto a la formación de profesionales a nivel licenciatura para el estudio del mar, en 1960 se crea la Escuela Superior de Ciencias Marinas en la Universidad Autónoma de Baja California, con la carrera de oceanólogo, que ha tenido buenos resultados y que en la actualidad ha alcanzado un magnífico nivel, dando origen al Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Ambos se encuentran en el puerto de Ensenada, B.C.N.

En 1966 se organiza una estación de investigación marina en Puerto Peñasco, Sonora, dependiente del Centro de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad de Sonora; en el mismo año se funda la Unidad Guaymas, dependiente del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, con la Escuela de Ciencias Marítimas y Tecnología de Alimentos.

En 1970 se funda en el puerto de Mazatlán, Sinaloa, la Escuela de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa, con la carrera de biología pesquera.

En 1971 la Universidad de Guerrero crea la Escuela Superior de Ecología Marina en el puerto de Acapulco. En ese mismo año, la Universidad Autónoma de Nayarit establece, en el puerto de San Blas, la carrera de ingeniería pesquera que en la actualidad ha logrado llegar a producir su propio presupuesto, gracias a las actividades de su personal académico y de sus alumnos; esta escuela cuenta con dos barcos pesqueros muy modernos, el *Matanchén* y el *Chipano*.

En 1972 se establece la Dirección General de Educación Tecnológica Pesquera dependiente de la Secretaría de Educación Pública, que en 1973 se transforma en Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar y atiende el nivel medio con 32 escuelas técnicas pesqueras; el nivel medio superior con 24 centros de Estudios tecnológicos, y el nivel superior con dos institutos. En septiembre de 1984 se iniciaron los cursos de la maestría en ingeniería pesquera en Mazatlán. La Dirección cuenta con 37 embarcaciones para la docencia y la investigación.

En 1973 se crea en Ensenada, Baja California, el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) en el que se realiza investigación en oceanografía, geofísica y física aplicada; se imparte desde ese año la maestría en oceanografía física y a partir de 1980 la de ecología marina.

También en 1973 se funda la Universidad Autónoma Metropolitana, que en su Plantel Iztapalapa inicia la especialidad de hidrobiología y en el Plantel Xochimilco actualmente cuenta con programas relacionados con las ciencias del mar, principalmente en pesquerías.

En la Universidad de Tamaulipas se tienen desde 1974 las carreras de licenciado en administración agropecuaria y pesquera, así como la maestría en ingeniería portuaria. En la Universidad Veracruzana se ofrece la carrera de ingeniería naval.

En 1975 la Universidad Autónoma de Baja California Sur, en La Paz, crea el Área de Ciencias del Mar con tres carreras: biología marina, ingeniería en pesquerías y geología marina. En ese mismo año, con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, se establece en ese lugar el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur (CIB), que tiene programas de investigación relacionados con el mar.

La Universidad de Colima funda la Escuela Superior de Ciencias Marinas en Manzanillo, que inicia sus actividades en 1981, y ofrece cuatro carreras profesionales: oceanografía física, oceanografía química, ingeniería oceánica y administración de recursos marinos, y funciona en estrecha colaboración con el Instituto de Manzanillo, de la Secretaría de Marina.

Durante este periodo en el que las instituciones de investigación científica y educación superior se fueron desarrollando y, por lo tanto, lo hicieron los estudios sobre las ciencias del mar, las secretarías de Estado vinculadas con la investigación y aprovechamiento de los recursos oceánicos sufrieron importantes transformaciones.

Se organizó la Secretaría de Industria y Comercio en lugar de la Secretaría de Economía, pasando a ella la Dirección General de Pesca e Industrias Conexas, y creándose también la Comisión Nacional Consultiva de Pesca.

La Dirección General de Pesca funda en 1962 el Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras, en donde se impulsan las investigaciones pesqueras, tratando no sólo de abarcar la parte biológica sino también la tecnológica y la socioeconómica. La Dirección, con el apoyo de la Comisión Nacional Consultiva de Pesca, establece, en 1969, un convenio con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, con ayuda del Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, el cual se firmó el 3 de octubre de 1969 y duró hasta 1982.

La investigación pesquera se inicia utilizando un barco que la Secretaría de Marina acondicionó para ello, el *Altair*; después, la Secretaría de Industria y Comercio empleó dos barcos, el *Yolanda* y el *Graciela*, y cuatro guardapescas que, además de la vigilancia, apoyaron el trabajo de los biólogos. Posteriormente a la firma del programa con la FAO, llegó a principios de 1970 el barco *Antonio Alzate* de 23.74 metros de eslora; a fines de ese año, el *Alejandro de Humboldt* con 42.55 metros, y en 1979, el *Onjuku*, de 36.9 metros. También en esa época se usaron los barcos *Tecnológico* y *Bios* de la Escuela de Veracruz. En estos barcos, además de la investigación pesquera, se realizaron trabajos de oceanografía.

En 1970 la Secretaría de Industria y Comercio crea la Subsecretaría de Pesca, cambiando el nombre del Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras por el de Instituto Nacional de Pesca. Posteriormente se crea el Departamento de Pesca, en donde recibió mayor impulso la investigación pesquera. En enero de 1982 éste se transforma en Secretaría de Pesca y, el 6 de febrero de 1984, el Instituto Nacional de la Pesca fue considerado como un organismo desconcentrado. Para dar a

conocer las investigaciones realizadas en el Instituto, publicó la revista *Ciencia Pesquera*, apareciendo su primer volumen en julio de 1981.

Todo el esfuerzo en investigación pesquera se ha dado a conocer en diferentes revistas, y en el trabajo *La pesca en México: análisis de la producción bibliográfica*, publicado en 1980, que incluye 4 379 fichas bibliográficas; se hace una recopilación de esta obra.

En la Secretaría de Marina las actividades de investigación y de docencia sobre el mar tomaron el mayor impulso, junto con la importante labor de vigilar la soberanía del mar territorial y la zona exclusiva de México.

La Dirección de Educación Naval se encarga de formar a los jefes y oficiales destinados a los mandos navales, que reciben el título de Licenciado en Ciencias Navales. Esta dirección cuenta con el Barco/Escuela *Cuauhtémoc*, de 90.5 metros de eslora, con capacidad para 90 estudiantes y 133 tripulantes.

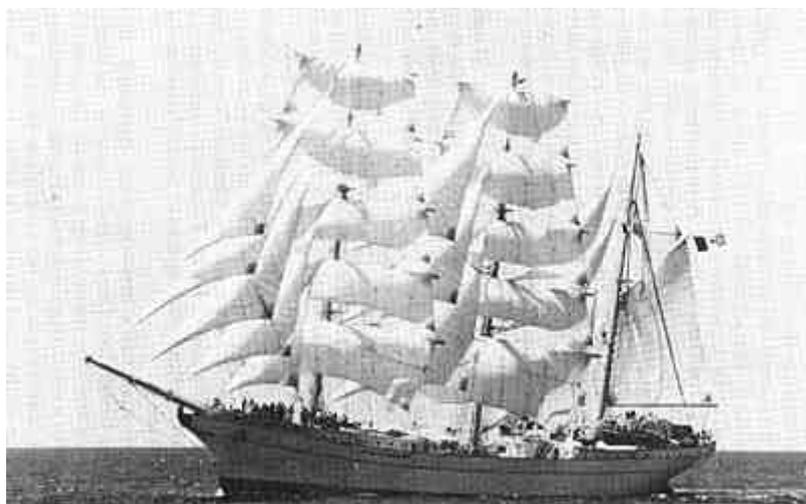


Figura 31. Barco escuela Cuauhtémoc.

Las investigaciones oceanográficas dependen de la Dirección General de Oceanografía, que se encarga de realizar los trabajos topohidrográficos de las costas, islas, puertos y vías navegables; hacer las cartas marítimas; coordinar la investigación oceanográfica; integrar el inventario de los recursos marinos en México, y colaborar en la preservación de estos recursos.

Dependen de esta Dirección General las de Hidrografía, Prevención de la Contaminación Marina, Investigación Oceanográfica y el Instituto Oceanográfico de Manzanillo. Además, cuenta con seis estaciones de investigación en los siguientes puestos: Ensenada, Baja California; Topolobampo, Sinaloa; Salina Cruz, Oaxaca; Tampico, Tamaulipas; Veracruz, Veracruz, y Campeche, Campeche.

Para la investigación oceanográfica, la Secretaría de Marina destinó el barco *Virgilio Uribe* y después se acondicionaron el *Dragaminas 20*, que opera en el Golfo de México y el Mar Caribe con 56 metros de eslora, el *Mariano Matamoros*, con base en el Océano Pacífico, de 68 metros, y el nuevo *Altair*, de 60 metros, y que empezó a operar en 1985 en el Golfo de México y Mar Caribe. Estos barcos han sido de gran

utilidad para las investigaciones y, sobre todo, para la formación de recursos humanos.

Otras Secretarías de Estado que realizan algunas actividades relacionadas con las ciencias del mar son: Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comunicaciones y Transportes; Energía, Minas e Industria Paraestatal; Programación y Presupuesto; Relaciones Exteriores, y Turismo.

Además, se han creado otros organismos descentralizados como la Comisión Federal de Electricidad, el Instituto Mexicano del Petróleo, el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, y Productos Pesqueros Mexicanos, entre otros; así como algunas compañías privadas que llevan a cabo estudios y ofrecen asesorías.

El Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, que se fundó en 1971, estableció en 1973 el Programa Nacional Indicativo para el Aprovechamiento de los Recursos Marinos, con los objetivos de estudiar de manera sistemática la problemática del mar, sus usos y recursos; fomentar el desenvolvimiento de las ciencias del mar; establecer la debida coordinación de los esfuerzos de las instituciones nacionales, y proponer las acciones para optimizar los aspectos de cooperación internacional, entre otros.

Como principal actividad realizada por este programa se puede destacar el Plan Nacional para crear una Infraestructura en Ciencias y Tecnología del Mar, que fue un proyecto conjunto entre el Gobierno de México, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO, con la participación de varias instituciones nacionales, y que permitió formar personal de alto nivel académico.

Los programas desarrollados por las instituciones nacionales han establecido una serie de apoyos logísticos y de infraestructura para la investigación científica y tecnológica del mar, siendo algunos de éstos: datos oceanográficos; comunicación costanera; pronóstico meteorológico; predicción de corrientes; oleaje y mareas; portulanos; cartas hidrográficas; cartas náuticas; cartas pesqueras; vigilancia de la contaminación, etcétera.

Los resultados obtenidos en la investigación en ciencias del mar han permitido realizar los Congresos Nacionales de Oceanografía. Estas reuniones se iniciaron con el Primer Congreso Nacional de Oceanografía, en Chilpancingo, Guerrero, en el año de 1963; el Segundo se realizó en Ensenada en 1965, y en él se propuso la creación del Comité Nacional de Oceanografía con fines de coordinación; el Tercero, en la ciudad de Campeche, en 1967; el Cuarto, en 1969, en el Distrito Federal; el Quinto, en Guaymas, Sonora, en 1974, y el Sexto, en Ensenada, Baja California, en 1978.

Como la idea de coordinar esfuerzos era muy necesaria en el país, se creó la Comisión Intersecretarial de Investigación Oceanográfica (CIIO) en 1978.

En el Cuarto Congreso se propuso formar una Sociedad Nacional de Oceanografía; y no fue sino hasta 1984 que, como consecuencia de la Reunión de Resultados de Actividades Oceanográficas a Nivel Nacional organizada por el (CIIO), Gse logró

esta acción y se constituyó la Asociación Mexicana de Oceanografía y Limnología, A.C.

En el ámbito internacional, relacionado con las ciencias del mar, se ha participado en la presidencia y vicepresidencia de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO; en el Comité Asesor del Director de la FAO en investigaciones Marinas (ACMRRF); y en la Coordinación Internacional para Pesquerías en las Investigaciones Cooperativas del Caribe y Regiones Adyacentes (CICAR), entre otras actividades.

El porvenir de la investigación sobre el océano en el país es muy prometedor y debe estimular a las generaciones jóvenes a trabajar para conocer sus recursos y así poderlos explotar, en forma racional, en beneficio de la mayoría de los mexicanos.

APÉNDICE

ALBERTO I DE MÓNACO (1848-1922)

Honorato Carlos Alberto de Grimaldi nació en París, Francia, perteneciente a una de las familias de más abolengo de la vieja Europa.

Desde muy joven mostró su vocación por el mar, ingresando a la Marina Española. Al lado de oceanógrafos y biólogos franceses comienza sus campañas científicas de investigación oceanográfica, mismas que duraron alrededor de 30 años. Armó cuatro barcos oceanográficos, los *Hirondelle I y II* y los *Princesse-Alice I y II*, haciendo su primer viaje en el *Hirondelle I* y después en el *Princesse-Alice I*. Exploró casi todos los mares del mundo, en particular el Mediterráneo, realizando sus cruceros principales en las aguas de las islas Azores y en el Atlántico.

Hizo contribuciones importantes sobre oceanografía física al estudiar las corrientes marinas, especialmente la Corriente del Golfo, en 1885, considerándolas así todavía en la actualidad.

Mandó construir el célebre y famoso Museo Oceanográfico de Mónaco que se inauguró en 1910, poniendo a su frente al doctor Jules Richard, distinguido oceanógrafo. Posteriormente fundó otras instituciones científicas, como el Instituto Oceanográfico de París y el Instituto de Paleontología Humana de la misma ciudad.

En el primero fue donde exhibió principalmente sus colecciones, que hoy todavía pueden observarse allí.

Los resultados que obtuvo sobre algunos de sus estudios de la *Physalia* vinieron a ser un primer escalón para el descubrimiento de la anafilaxis.

Una de sus mayores aportaciones fue mandar hacer un Atlas general con 24 figuras e ilustraciones formando el Mapa Batimétrico de los Océanos, ayudado por prestigiados cartógrafos, cuya primera edición se publicó en 1905. Éste, junto con los tomos de *Memorias* y *Boletines* donde se encuentran los resultados de sus

investigaciones, constituyen una fuente básica de consulta en la actualidad para los interesados en la oceanografía.

GLOSARIO

abisal. Grandes profundidades que se encuentran en el océano.

acantilado. Costa cortada verticalmente sobre la que rompen las olas.

aerobio. Organismo que realiza su respiración utilizando oxígeno.

agalla. Órgano respiratorio de animales acuáticos, también llamado branquia.

alga. Planta acuática que realiza su fotosíntesis por medio de pigmentos verdes, rojos, amarillos o cafés. Puede estar formada por una o varias células.

anaerobio. Organismo que respira sin utilizar el oxígeno.

anafilaxis. Respuesta de los organismos a ciertas sustancias tóxicas, que les producen varios desórdenes, a veces graves.

anádromo. Peces que llegan a su madurez sexual en el océano y después ascienden por los ríos para desovar en agua dulce; por ejemplo, el salmón.

anchoveta. Pez pelágico, es decir que nada entre la superficie y 50 metros de profundidad; pertenece a la familia de los engráulidos, también le llaman anchoa.

anélido. Animal con el cuerpo cilíndrico alargado y segmentado en forma de anillos.

anémona. Animal marino con apariencia de flor que vive fijo, con su cuerpo en forma de jarrón y la boca rodeada por tentáculos urticantes.

anfibia. Animal que presenta en sus etapas juveniles respiración acuática y de adulto la cambia por aérea.

anfioxo. Animal del grupo de los cefalocordados considerado como el enlace de los invertebrados con los vertebrados.

antozoario. Animal del grupo de los cnidarios que tiene el aspecto de flor, con el cuerpo cilíndrico y la boca rodeada por tentáculos; por ejemplo, los corales.

aplista o liebre de mar. Molusco que presenta dos proyecciones laterales del pie, con aspecto de aletas, que se doblan hacia la región dorsal cuando nadan; producen una tinta color púrpura para poder escapar de sus atacantes.

artrópodo. Animal invertebrado que tiene sus patas articuladas, como los insectos.

arrecife. Agrupación de rocas que se encuentran bajo las aguas del mar. Cuando está formado principalmente por corales se le denomina arrecife de coral.

asexual. Tipo de reproducción en la que no intervienen los gametos.

astronomía. Ciencia que se encarga del estudio de los astros, y especialmente de las leyes que rigen sus movimientos.

atmósfera. Masa de gases que rodea la Tierra; su composición varía según la altura.

átomo. La unidad más pequeña y completa de un elemento químico.

ATP. Trifosfato de adenosina. Compuesto orgánico fosforilado que actúa en la transferencia de energía que se hace dentro de la célula.

autotomía. Propiedad de ciertos organismos de desprenderse de alguna de sus estructuras.

autótrofo. Organismo que transforma la sustancia inorgánica en alimentación orgánica.

bacteria. Organismo unicelular microscópico sin núcleo pero con gránulos de cromatina dispersos en el citoplasma, provistos a veces de organoides de locomoción. Muchas especies viven en aguas dulces o marinas, en el suelo y materia orgánica en putrefacción; otras están asociadas con organismos que pueden ser protozoarios.

bajamar. Descenso máximo de la marea.

balanus. Animal del grupo de los artrópodos que vive fijo en el fondo o en los objetos sumergidos.

batial. Perteneciente a las profundidades oceánicas o al fondo del océano.

batipelágico. Pez que se localiza a considerable profundidad pero desligado completamente del sustrato.

batiscafo. Vehículo libre y tripulado que se utiliza para explorar las profundidades oceánicas.

bentos. Organismos que viven en el fondo de los mares, lagos y ríos.

biogeografía. Ciencia que estudia la distribución de los seres vivos en el planeta.

bioluminiscencia. Propiedad que presentan algunos de los seres vivos que les permite emitir luz propia.

biosfera. Conjunto de organismos tanto vegetales como animales que viven en el planeta.

biota. Relativo o perteneciente a los seres vivos.

biso. Órgano de fijación de algunos moluscos como el callo de hacha.

branquia. Órgano respiratorio de animales acuáticos.

braquiópodo. Animal marino sésil cuyo cuerpo está encerrado en una concha bivalva calcárea. La mayoría de las especies viven a poca profundidad. Se han hallado fósiles.

brizoario. Animal microscópico acuático, principalmente colonial, que crece sobre las plantas sumergidas; su esqueleto está formado de carbonato de calcio, construido con aspecto de pequeños hexágonos.

cadena trófica. Cadena de seres vivos en que cada eslabón se alimenta y obtiene energía del eslabón precedente y a su vez sirve de alimento y proporciona energía al siguiente.

caloría. Unidad de calor. Cantidad de calor que se necesita para elevar en 10^a C la temperatura a 1 kilogramo de agua.

cardumen. Conjunto de peces, también llamado banco.

carnívoro. Que come carne.

cartilaginoso. Que está formado por cartílago, un tejido esquelético de los vertebrados compuesto por células diseminadas en una sustancia fundamental semisólida.

cefalópodo. Clase de moluscos a los que pertenecen el calamar y el pulpo.

ceibadal. Pasto marino.

cerda. Prolongación gruesa, dura y larga que presentan algunos animales en la superficie de su cuerpo.

cetáceo. Orden de los mamíferos que viven en el agua y cuyas extremidades toman la forma de remos o aletas, pero en respiración toman oxígeno del aire; como las ballenas y los delfines.

cilio. Pequeño filamento parecido a pestañas que presentan algunos organismos alrededor de la célula que forma su cuerpo y que les sirve para la locomoción. También puede encontrarse en algunos tejidos y producir corrientes.

clorofila. Pigmento verde que presentan la mayoría de los vegetales y que les permite realizar la fotosíntesis.

cnidaria. Animales invertebrados también llamados celenterados, provistos de una boca rodeada por tentáculos con células urticantes; por ejemplo, las medusas (aguasmalas), y las anémonas de mar.

cnidoblasto. Célula que forma al nematocisto, que es el órgano urticante de los cnidaria, como las medusas o aguasmalas.

códice. Libro antiguo manuscrito de importancia histórica o literaria.

cohombro. Animal del grupo de los equinodermos de cuerpo cilíndrico y suave, llamado también pepino de mar.

comensalismo. Sistema de organismos de diferente especie que viven juntos y ayudándose mutuamente.

comunidad biótica. Conjunto de especies que interactúan en un medio ambiente estable o ecosistema.

copépodo. Animal del grupo de los crustáceos que abunda en el plancton y es alimento de los peces.

córnea. Membrana transparente que permite el enfoque aproximado de la imagen.

crinoideo. Animal del grupo de los equinodermos, de brazos largos y ramificados y plumosos, llamados lirios de mar.

crystalino. Lente transparente que permite el enfoque de las imágenes.

cromatóforo. Cuerpo que contiene un pigmento.

crustáceo. Animal del grupo de los artrópodos, con antenas, patas articuladas, respiración por branquias y cuerpo protegido por una cubierta gruesa como el camarón y la langosta.

ctenóforo. Animal marino de simetría radiobilateral que posee tentáculos sin células urticantes. Farolitos de mar.

cuenca oceánica. Lugar plano del océano rodeado por elevaciones.

decápodo. Animal del grupo de los crustáceos con cinco pares de patas caminadoras. Cangrejos y langostas.

demersal. Organismo acuático que se desplaza cerca del fondo.

DNA. Ácido desoxirribonucleico.

densidad. Relación entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa.

depredador. Organismo que captura a sus presas con violencia.

detritos. Restos orgánicos producidos por la descomposición de vegetales y animales.

diatomea. Vegetal microscópico con su célula cubierta por una pared dividida en dos tapas o valvas formadas por sílice. Integran el fitoplancton

difracción. Desviación de ondas sonoras, luminosas, etcétera, alrededor de algún obstáculo.

difusión. Migración de partículas desde una sustancia más concentrada a otra menos concentrada, tratando de igualar la concentración.

draga. Aparato que se utiliza para coleccionar muestras del fondo en un cuerpo de agua. Barco que tiene una máquina con la que extrae el fango y la arena del fondo marino.

dragado. Acción de excavar el fondo de los puertos, ríos o canales.

ecosistema. Conjunto de organismos de diferentes especies que interactúan entre sí y con el medio en el que viven.

ecosonda. Aparato que utiliza el sonido reflejado o eco y sirve para caracterizar las profundidades del mar y detectar bancos de peces.

elasmobranquio. También llamado pez cartilaginoso. Clase de vertebrados que comprende a los tiburones y rayas. Casi exclusivamente marinos.

elemento químico. Estructura simple en la que se descomponen, por métodos sencillos, los compuestos químicos.

energía potencial. Proporción de tiempo que se requiere para realizar un trabajo.

equinodermo. Animal marino, la mayoría de vida libre, con esqueleto calcáreo y espinas. Su cuerpo está dividido por cinco radios, como estrellas y erizos de mar.

escafandra. Equipo formado por un traje impermeable, un casco de bronce herméticamente cerrado con cristal al frente y tubos para remover el aire. Se utiliza para permanecer y trabajar bajo el agua.

eslora. Longitud de una embarcación, medida de la parte anterior, o proa, a la posterior, o popa.

espícula. Secreción de las células de algunos animales invertebrados con la que forman su endoesqueleto; por ejemplo, en las esponjas y en las holoturias.

esponja. Animal caracterizado por presentar poros en el exterior de su cuerpo, los que comunican el interior por un sistema de canales. Su esqueleto está formado por espículas o fibras elásticas.

espongina. Sustancia formada por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno que forma el esqueleto elástico de algunas esponjas.

estereoscópico. Microscopio que forma su imagen real y derecha; se utiliza para realizar disecciones.

estéril. Que no puede reproducirse sexualmente.

estero. Área donde desemboca un río en el mar, formándose un valle en donde se mueve el agua de la marea.

estolón. Tallo que crece horizontal y produce nuevas raíces en los nudos que hacen contacto con la tierra. En los animales coloniales se llama así al crecimiento horizontal de la agrupación.

estoma. Abertura microscópica formada por dos células, en forma de riñón, que se localiza en la epidermis de las hojas.

etología. Rama de la biología que estudia el comportamiento de los seres vivos.

eucarionte. Célula con el núcleo claramente diferenciado y rodeado por una membrana nuclear.

evolución. Cambios acumulativos de los caracteres de las poblaciones o de los organismos ocurridos en el curso de sucesivas generaciones descendientes.

fanerógama. Planta superior provista de flores. fauna. Conjunto de todos los animales del planeta o en particular los de un medio o zona determinada.

fitoplancton. Vegetales, generalmente microscópicos, que se encuentran flotando en el seno de las aguas dulces o marinas.

flagelo. Organoide delgado y largo que presentan algunos organismos unicelulares como las bacterias y los protozoarios, y células como el espermatozoide.

flora. Conjunto de plantas del planeta o de una región determinada.

foliáceo. Que presenta estructura laminar semejante a las hojas de las plantas.

foraminífero. Animal microscópico perteneciente a los protozoarios, que posee conchas o caparazones calcáreos o silicosos.

fósil. Restos o impresiones de seres vivos que se conservan desde épocas geológicas pasadas.

fotómetro. Instrumento que se utiliza para medir la intensidad de la luz.

fotopigmento. Pigmento que absorbe las radiaciones luminosas.

fotorreceptor. Organoide que percibe la luz.

fotosíntesis. Elaboración de sustancias orgánicas (alimento) a partir de bióxido de carbono y del agua, en presencia de clorofila y utilizando la energía solar; durante el proceso se libera oxígeno.

fragata portuguesa. Colonia flotante de animales del grupo de los cnidaria, que presenta largos tentáculos con células urticantes. El flotador tiene forma de un globo alargado.

fronda. Tipo de hoja que presentan algunas plantas como los helechos.

gasterópodo. Clase de los moluscos que tiene el cuerpo cubierto por una concha enrollada en espiral, como los caracoles.

gastrozoide. Pequeño organismo de una colonia de cnidaria encargado de la alimentación.

glúcido. Compuesto orgánico formado por carbono, hidrógeno y oxígeno, que se encuentra como sustancia energética de vegetales y animales; como la glucosa y el almidón.

góbido. Pez pequeño con aletas abdominales y torácicas ventrales con las que se impulsa sobre la arena; vive en aguas litorales y en salobres.

gonozoide. Pequeño organismo que forma parte de la colonia de cnidarios y que forma los elementos que intervienen en la reproducción sexual.

gorgonia. Animal del grupo de los cnidaria que forma colonias de esqueleto blando, como los abanicos de mar.

hábitat. Lugar con un tipo particular de ambiente en donde se encuentran conjuntos de organismos; por ejemplo, el litoral marino.

helecho. Vegetal del grupo de las pteridofitas con rizoma reptante, tallo erecto y aéreo, con expansiones foliares llamadas pínulas semejantes a las hojas de los vegetales con flor.

hemoglobina. Pigmento respiratorio de los glóbulos rojos de los vertebrados.

hemolinfa. Líquido del aparato circulatorio de algunos animales.

herbívoro. Animal que come vegetales.

heterótrofo. Organismo que tiene que tomar las sustancias orgánicas (alimento) ya formadas por otros seres vivos; por ejemplo, los animales y los hongos.

hidrocaule. Tallo en donde se colocan los pequeños organismos o zooides de las colonias de cnidarios.

hidrorriza. Órgano de fijación de las colonias de cnidarios.

hidrozoario. Clase de los cnidaria que forman colonias y que en su reproducción alterna una generación asexual con una sexual.

holoturia. "Pepino de mar". Animal marino del grupo de los equinodermos, de cuerpo cilíndrico y blando, que vive en las oquedades de las rocas del fondo.

homeotermo. Animal que mantiene la temperatura de su cuerpo constante; característica de aves y mamíferos.

ictiosaurio. Orden de reptiles fósiles que vivieron en el Mesozoico; marinos con aspecto de peces, que probablemente no salieron del agua.

intermareal. Zona en donde cambian las mareas.

invertebrado. Animal que no presenta columna vertebral

iris. Órgano que regula la entrada de luz en el ojo de los vertebrados.

isótopos radiactivos. Una de las varias formas posibles de un elemento químico cargado con radiactividad.

lamelibranquio. Clase de molusco que presenta su cuerpo cubierto por dos valvas; ostión, almejas y mejillones.

lapa. Molusco gasterópodo de concha cónica que vive adherido fuertemente en las rocas de las costas.

lenguado. Pez aplanado que vive en el fondo del mar y sus órganos se desplazan a uno de sus lados.

lípidos. Compuesto orgánico también denominado grasa.

liquen. Organismo formado por la asociación simbiótica de un hongo con un alga.

litorina. Molusco gasterópodo de concha pequeña que abunda en los litorales.

manglar. Área de la zona tropical inundada por las grandes mareas en donde se forman esteros, islas bajas y en donde la vegetación predominante son los mangles.

mar territorial. Mar considerado como una ampliación del continente, en el que los países tienen el derecho sobre la navegación y explotación de los recursos.

mareas. Movimiento periódico y alterno de ascenso y descenso de las aguas del mar, producido por la atracción del Sol y la Luna.

mareas rojas. Concentración de organismos microscópicos, generalmente dinoflagelados, que le dan al agua una coloración roja o pardo rojiza.

medusa. Forma libre nadadora de los animales del grupo de los cnidaria; tiene forma de campana o sombrilla y células urticantes. También se le llama aguamala.

melanina. Pigmento pardo oscuro de los animales al que se debe el color del pelo.

mesopelágico. Porción de la provincia oceánica que se extiende entre los 200 metros y los 1 000 metros de profundidad.

metabolismo. Conjunto de reacciones químicas que se desarrolla en los seres vivos durante sus funciones. Comprende la fase de construcción de materia orgánica o anabolismo y la destrucción o catabolismo.

metazoario. Categoría de organismos compuesta por todos los organismos pluricelulares.

migración. Desplazamiento de los organismos para ocupar nuevas zonas.

mimetismo. Medida de protección de los animales al tomar la forma y coloración del medio o de otros organismos para no ser atacados.

moluscos. Animal de cuerpo blando, no segmentado, generalmente protegido por la concha, como caracoles, ostiones y pulpos.

necton. Animales nadadores de la zona pelágica del mar o de los lagos.

nematocisto. Célula urticante muy especializada que sólo se encuentra en los cnidaria.

nereis. Animal del grupo de los anélidos, que tiene su cuerpo cubierto por cerdas urticantes y que se desplaza reptando sobre el fondo.

neumatizado. Que opera con aire.

neurotoxina. Sustancia química compleja formada por proteínas no celulares que tiene propiedades tóxicas que actúan sobre el sistema nervioso provocando parálisis.

nudibranquio. Animal del grupo de los moluscos que carece de concha externa; liebres de mar.

ocelo. Órgano receptor de estímulos luminosos de muchos invertebrados.

ofiúrido. Animal del grupo de los equinodermos en forma de estrella con brazos largos y delgados, que se rompen fácilmente.

oleaje. Término que se aplica al movimiento de las olas de viento y de marea.

omnívoro. Que come tanto vegetales como animales.

organoide. Estructura celular con función especializada que viene a representar para la célula lo que un órgano para el organismo, por ejemplo, la mitocondria. También se le llama orgánulo.

ovíparo. Animal en el que el embrión se desarrolla dentro de un huevo.

ovovivíparo. Animal en el que el embrión se desarrolla dentro de un huevo y éste se incuba en el interior del organismo materno.

pantópodo. Animal del grupo de los artrópodos que tiene sus apéndices locomotores muy largos, dando el aspecto de que es "todo patas".

parápodo. Apéndice, segmento carnosos de los gusanos poliquetos.

parásito. Organismo que vive sobre o en el interior de un organismo huésped y que es perjudicial para él.

pelágico. Zona oceánica que comprende la altamar de una cuenca oceánica; subdividida en zona nerítica y zona oceánica.

piel ambulacral. Apéndice hueco y extensible de los equinodermos que está en conexión con el aparato acuífero de estos organismos.

pigmento. Sustancia colorante. En los seres vivos se puede encontrar disuelto o formando organoides en sus células.

pinnípedo. Mamífero carnívoro de vida acuática, como las focas y los manatíes.

piscicultura. Técnica para manejar e incrementar la reproducción de los peces. Procedimiento para la repoblación con peces de los ríos, lagos y estanques.

planaria. Animal acuático caracterizado por su cuerpo plano en forma de lámina.

plancton. Organismos pequeños que se encuentran flotando en la región superficial de las aguas dulces y marinas. Pueden presentar movimientos de desplazamiento.

plánula. Larva característica del grupo cnidaria. pluma de mar. Animal del grupo de los cnidaria que forma colonias carnosas en forma de pluma. Marinos.

poiquilotermo. Organismo en el que su temperatura corporal es variable, siendo aproximadamente la misma que la del medio.

polinización. Paso del polen del órgano masculino de las flor o antera al femenino o estigma.

polipidio. Cada uno de los miembros de una colonia de polizoos.

pólipo. Fase fija del ciclo biológico de los cnidaria; anémonas de mar.

poliqueto. Animal del grupo de los anélidos, que vive en los mares y tiene su cuerpo cubierto por cerdas o quetas.

portulano. Colección de planos de varios puertos que forman un atlas.

población. Conjunto de individuos de la misma especie que se encuentra en una región particular.

procarionte. Organismo que no tiene su núcleo delimitado por una membrana, sino que el material nuclear está distribuido en el citoplasma, como las bacterias.

prótido. Compuesto orgánico complejo formado por aminoácidos que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; existe en las estructuras de los seres vivos.

protista. Grupo de organismos de organización biológica sencilla, que pueden ser unicelulares, coloniales o pluricelulares; comprende a las bacterias, las algas, los hongos, los mixomicetos y los protozoarios.

protocordado. Animal del grupo de los cordados que conserva la notocorda, hendiduras branquiales y cordón nervioso dorsal hueco. Se le considera antecesor de los vertebrados; por ejemplo, el anfioxo.

protozooario. Animal que se caracteriza por tener su cuerpo estructurado por una sola célula, pero que realiza todas las funciones de los organismos.

pseudópodo. Expansión citoplásmica temporal de una célula ameboide sirve para la locomoción y la captura del alimento.

pupila. Abertura del iris en la parte anterior del ojo.

queta. Cerda formada principalmente por quitina.

quimiosíntesis. Forma de nutrición autótrofa de ciertas bacterias, en la que por reacciones químicas transforman la sustancia inorgánica en orgánica (alimento).

radiolario. Animal microscópico marino del grupo de los protozoarios que tiene su célula protegida por un esqueleto silicoso.

rádula. Órgano córneo provisto de pequeñas salientes cónicas localizado en la parte anterior del tubo digestivo de la mayoría de los moluscos.

reflexión. Cambio de dirección que sufre un rayo luminoso cuando choca con un cuerpo o con una superficie.

reptil. Animal vertebrado. La mayoría es terrestre. Sólo las tortugas y los cocodrilos son acuáticos. Cuerpo protegido por una piel córnea.

rizoide. Filamento absorbente semejante a las raíces, y que además fija a algunos vegetales como las algas.

rotífero. Tipo de animal microscópico que se caracteriza por presentar quetas móviles alrededor de la boca.

saprotrofismo. Organismo que se alimenta de sustancia orgánica muerta o en descomposición.

sésil. Organismo que vive fijo sobre el sustrato; sedentario.

sifonóforo. Animal del grupo de los cnidaria que forma colonias flotantes, como la fragata portuguesa.

simbiosis. Forma de asociación entre dos organismos de diferente especie como el mutualismo, comensalismo y el parasitismo. También se dice de organismos que se diferencian mutuamente.

simetría. Arreglo de las partes del cuerpo de los organismos en relación con el eje de su cuerpo.

sipuncúlido. Animal marino que vive entre las oquedades de las rocas; tiene su boca rodeada con tentáculos.

sonar. Aparato que sirve para determinar por métodos sónicos la presencia, localización o naturaleza de los objetos en el mar.

sonda. Instrumento para medir la profundidad que tiene el agua debajo de la embarcación.

tamiz. Instrumento provisto de una tela de hilos entrecruzados dejando huecos pequeños. Sirve para separar las partes más pequeñas de las gruesas.

taxonomía. Rama de la biología que se encarga de la clasificación de los seres vivos según sus semejanzas y diferencias.

tintínido. Animal unicelular microscópico de los protozoarios.

topohidrográfico. Características que presenta la superficie del fondo en un cuerpo de agua.

trilobite. Atrópodo marino fósil que existió en el Paleozoico con su cuerpo dividido en tres lóbulos.

umbrella. Órgano en forma de sombrilla que permite a las medusas o aguasmalas flotar.

urea. Compuesto orgánico formado a partir de amoníaco y bióxido de carbono y que representa una sustancia de excreción de los seres vivos.

valva, Cada una de las partes en que se divide una cápsula; por ejemplo, la que cubre la célula de las diatomeas.

varar. Se dice cuando una embarcación se atora en la costa, ya sea en la arena o entre las rocas.

veda. Medida reglamentaria durante la cual no se puede explotar un recurso natural renovable. Se aplica en caza y pesca.

virus. Agente infeccioso específico; considerado como el ser vivo más primitivo; invade vegetales, animales y bacterias. Solamente se multiplica dentro de la célula huésped. Presenta tamaño submicroscópico.

vísceras. Órganos situados en la cavidad abdominal o en otras cavidades corporales de los animales.

vitelo. Sustancia nutritiva, principalmente proteínas y grasas de la mayoría de los óvulos animales.

vivíparo. Organismo cuyo embrión se desarrolla dentro de la madre e intercambia su alimento a través de la placenta.

zooide. Cada uno de los animales que forman una colonia.

zooplancton. Animales, generalmente microscópicos, que forman parte del plancton y que viven flotando cerca de la superficie del agua.

BIBLIOGRAFÍA

Andrewartha, H.G. *Introducción al estudio de poblaciones animales*. Editorial Alhambra, México, 1973.

Anónimo. *Ciencia y tecnología para el aprovechamiento de los recursos marinos*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 1982.

Beltrán, E. *et al. Biología contemporánea*. Editorial ECLAL, México, 1983.

Cloudsley-Thompson, J.L. *Microecología*. Ediciones Omega, Barcelona, 1974.

Cousteau, J.I. *Los secretos del mar*. Tomos I-XI. Ediciones Urbión, España, 1984.

Dawes, C.J. *Marine Botany*. John Wiley and Sons, Nueva York, 1981.

Duvigneaud, P. *La síntesis ecológica*. Editorial Alhambra, México, 1978.

Griffiths, J.F. *Climatología aplicada*. Publicaciones Cultural, 1985.

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. *Buques oceanograficos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1983.

Lazcano-Araujo, A. *El origen de la vida*. Editorial Trillas, México, 1983.

Lazcano-Araujo, A. y A. Barrera. *El origen de la vida*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1983.

Margalef, R. *Ecología*. Ediciones Omega, Barcelona, 1974.

Nason, A. *Biología*. Editorial Limusa, México, 1984.

Odum, P.E. *Ecología*. Editorial Interamericana, México, 1972.

Oparin, A.I. *El origen de la vida*. Editorial Grijalbo, México, 1968.

Péres, J.M. *La vida en el océano*. Ediciones Martínez Roca, Barcelona, 1968.

Phillipson, J. *Ecología energética*. Ediciones Omega, Barcelona, 1975.

Rioja, E., M. Ruiz e I. Larios. *Zoología*. Editorial ECLAL, México, 1979.

Selecciones del Reader's Digest. *Secretos del mar. El fascinante mundo de islas y océanos*. Reader's Digest, México, 1982.

Sumich, J.L. *Biology of Marine Life*. N.C. Brown Company Publ., Iowa, 1980.

Wihaupt, J. *Exploración de los océanos*. Compañía Editorial Continental, México, 1984.