

UNIVERSIDAD PARA TODOS

# Conozcamos el mar



PRECIO 2.00

# Í N D I C E

## INTRODUCCIÓN / 2

### EL ARCHIPIÉLAGO CUBANO / 2

- Testimonios de la vida en el mar / 3
- Micromundo marino / 4
- Vegetación marina y costera / 5

### INVERTEBRADOS MARINOS / 7

- Poríferos (Esponjas) y Cnidarios (corales, gorgonias y aguas malas) / 7
- Gusanos marinos / 8
- Moluscos (caracoles, ostiones, pulpos y calamares) / 11
- Crustáceos. Equinodermos y Tunicados (ascidias) / 12

### VERTEBRADOS MARINOS / 14

- Peces y tiburones / 14
- Enfermedades de los organismos acuáticos / 18
- Reptiles del mar / 18
- Aves marinas y costeras / 19
- Carismáticos mamíferos marinos / 22

### OTROS RECURSOS MARINOS / 27

- Organismos marinos peligrosos / 27
- Otros importantes recursos del mar y las costas / 28
- Usos y abusos en la zona costera / 31
- Reflexiones y acciones / 31

nos y costeros, uno de éstos fue *Un viaje al mundo del Mar* serie diseñada y dirigida principalmente para niños. Luego, el curso *El Mar y sus Recursos* en el espacio educativo transmitió valiosa información acerca del llamado «Mundo Azul» ofreciendo la oportunidad de que, prestigiosos especialistas de las ciencias marinas en Cuba, aportaran a la población su caudal de conocimientos.

Contribuir al conocimiento popular acerca de los mares y las costas, seguirá siendo una responsabilidad de la comunidad científica y educativa nacional vinculada al tema. Al igual que los precedentes, el curso *Conozcamos el Mar*, que se desarrolla desde hace más de 10 años como programa educativo integral, se incorpora a Universidad para Todos con el propósito de transmitir, ampliar y diversificar la información necesaria, y propiciar, que cada ciudadano, sin distinción de edad y nivel técnico y cultural, se convierta en promotor para conocer, amar y proteger los recursos marinos y costeros.

Al hablar del archipiélago cubano y sus recursos naturales, sobresale el concepto de zona costera, recurso, que por su vinculación con el hombre en su proceso evolutivo, impone su papel socio-económico y cultural. Hoy se exigen formas de pensar y acciones para lograr la conciencia en el uso y manejo sostenible de la zona costera, o lo que es lo mismo, «utilizarla hoy sin poner en peligro el mañana».

Los ecosistemas marinos y costeros del archipiélago cubano, se distribuyen a lo largo de más de 6 000 km de costa; a estos se asocia una maravillosa y exuberante diversidad biológica de gran valor de uso, como parte del desarrollo del país, la cual requiere especial atención para mantener estables sus poblaciones silvestres y los distintos ecosistemas.

En manos de todos está la responsabilidad de usar racional e inteligentemente los recursos marinos y costeros. Es deber de todos, educar y ser educados para identificar los problemas ambientales y buscar soluciones.

Las acciones precisas, los resultados científicos y la voluntad integral del país, han sido sensibles a los principales problemas ambientales que afectan a los mares y costas. En todos los casos existen estrategias, acciones y planes de mitigación para que las generaciones venideras disfruten también de las riquezas naturales del archipiélago cubano. (Fig. 1).

### EL ARCHIPIÉLAGO CUBANO

El archipiélago cubano funciona como frontera física entre el mar Caribe, el golfo de México y el océano Atlántico

#### COORDINACIÓN GENERAL

Lic. Maida A. Montolio Fernández,  
vicedirectora Educación y Mamíferos Marinos.  
Investigador Auxiliar. Acuario Nacional de Cuba.

Lic. María de los Ángeles Serrano Jerez, especialista principal.  
Dpto. Educación Ambiental. Acuario Nacional de Cuba.

#### AUTORES Y PROFESORES

Lic. Diana Ibarzabal Bombalier  
MSc. María Victoria Orozco Llerena  
MSc. Lourdes Pastor Gutiérrez  
MSc. Hansel Caballero Aragón  
MSc. Rolando Cortéz Vico  
Lic. Raúl Igor Corrada  
MSc. Alexis Fernández Osoria  
MSc. Pedro P. Chevalier Monteagudo  
Lic. Ronar López Cañizares  
Lic. Rita Ortiz Estévez  
Lic. Nirka López León  
Dra. Liena Sánchez Martínez  
Lic. Antonio Cárdenas Enríquez  
Luz M Rodríguez Aguilera  
Lic. Juliette Piloto Cubero  
Lic. Guillermo García Montero  
Dra. Laima Sánchez Campos  
Dra. Celia Guevara March  
Lic. Maida Montolio Fernández

#### COLABORADORES

MSc. Elena Gutiérrez  
de los Reyes  
Dr. Danilo Cruz Martínez  
MSc. Grisel Bravo González  
Ma. Angeles Ginori Wilkes  
Mercedes Viñas Morejón  
Bertha Simón Cordoví  
Aurelio Mulkay Requejo

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial ha despertado gran interés la protección de los recursos naturales y con ello, la introducción de la educación ambiental y la popularización de los resultados científicos y tecnológicos, como herramienta indiscutible para la formación del ciudadano. Los programas educativos en Cuba, como parte del desarrollo de la cultura general integral del pueblo, han dedicado importantes espacios para tales fines dentro de la programación de Universidad para Todos, y nuevamente el archipiélago cubano surge como protagonista y en particular, los mares y las costas

Cursos anteriores han presentado importantes temas relacionados con el conocimiento de los recursos mari-

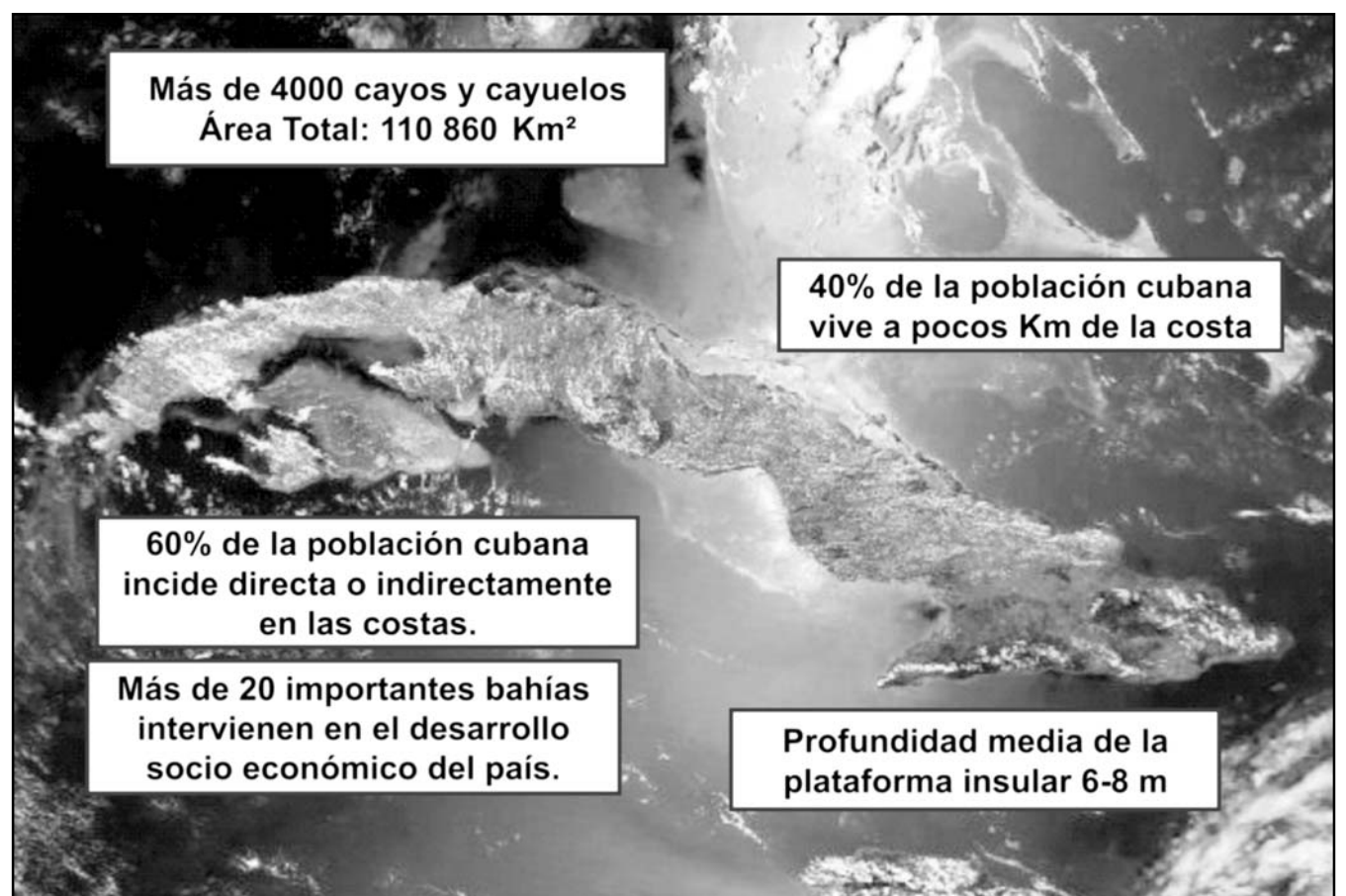


Fig. 1. Mapa general del archipiélago cubano. Datos generales de interés.

### GRUPO DE EDICIÓN EDITORIAL ACADEMIA



Edición: Lic. Noelia Garrido Rodríguez  
Diseño y tratamiento de imágenes: Marlene Sardiña Prado  
Corrección editorial: Caridad Ferrales Avín  
2006, Año de la Revolución Energética en Cuba.

y está integrado por la isla de Cuba, la isla de la Juventud y más de 4 000 cayos y cayuelos, que abarca un área total estimada de 110 860 km<sup>2</sup>.

La isla de Cuba tiene una longitud de aproximadamente 1 200 km y un ancho mínimo y máximo de 31 y 191 km. El punto más alejado del mar está a 90 km, por esta razón, el espacio costero es prácticamente toda la isla y en consecuencia toda la población es costera.

Sobresale en el archipiélago una plataforma insular de aguas someras, con profundidad promedio entre 6 y 8 m. Muy importantes son los accidentes geográficos, entre estos los ríos, las cuencas hidrográficas y bahías, que constituyen también valiosos recursos naturales.

En el archipiélago cubano se destacan «los humedales» e importantes ecosistemas marinos y costeros como los arrecifes coralinos, que abarcan alrededor de 3 200 km. Los más importantes son los del archipiélago Sabana-Camagüey, costa norte de la porción centro-occidental, y las formaciones coralinas en la región suroccidental y suroriental de Cuba, la isla grande.

Los manglares ocupan 4,8 % de la superficie terrestre, más de 5 300 km<sup>2</sup> en una línea de costa de cerca de 5 500 km. Resultan muy importantes en la protección y estabilidad de las áreas costeras y el funcionamiento de los ecosistemas vecinos, los arrecifes coralinos y los pastos marinos, debido a la estrecha interrelación entre estos, y constituyen también áreas de reproducción y cría de especies.

Los pastizales (o pastos) marinos se caracterizan porque en sus fondos predominan las hierbas marinas y algas, vía principal de entrada de energía al sistema, imprescindible para garantizar la productividad biológica y pesquera de la plataforma cubana.

En la zona costera del archipiélago cubano existen alrededor de 300 playas de arena, repartidas a lo largo de más de 1 000 km de línea de costa. Por sus magníficas condiciones físicas y ambientales, se han convertido en recursos naturales de gran valor para el desarrollo socio-económico del país.

Las estadísticas nacionales reportan que la población cubana alcanza un promedio de 11,5 millones de habitantes. De estos 40 % vive a pocos kilómetros de la costa y 60 % incide directa o indirectamente en ella, por esto, la necesidad de fortalecer y perfeccionar el trabajo educativo ambiental dirigido a toda la sociedad.

La problemática ambiental del archipiélago no alcanza en ningún caso categoría nacional, no obstante, es motivo de específica y rigurosa atención; en esto favorece de modo determinante, el nivel escolar de la población cubana; el desarrollo científico alcanzado en temas ambientales; el sistema nacional imperante de las instituciones de salud y de las organizaciones sociales; el desarrollo planificado de la economía y la existencia de una estrategia nacional dirigida al medio ambiente y como parte de ésta, los programas de educación ambiental.

Sobre criterios científicos debidamente sustentados, el manejo de la zona costera del archipiélago cubano cuenta con:

- Personal con alto grado de calificación técnica-profesional.
- Apoyo y participación directa de los sectores económicos, administrativos y políticos, a niveles territorial y nacional.
- Órganos de integración ejecutiva y de coordinación con alcance atribuciones y funciones bien definidas.
- Instrumentos legales, administrativos y/o jurídicos que facilitan el ejercicio de atribuciones del poder en las zonas costeras.
- Garantía de un proceso de seguimiento y evaluación sistemática de las actividades, proyectos y programas territoriales y nacionales.
- Estrecha vinculación entre las ciencias naturales, sociales y económicas.
- Concepción y aplicación de un Plan de Educación Ambiental que abarca todos los niveles y sectores de la sociedad.

### Testimonios de la vida en el mar

Hace más de 4 500 millones de años se formó el planeta Tierra y un millón de años después, de complejos procesos y transformaciones, aparecieron las primeras formas de vida. Las condiciones ambientales eran, por supuesto, muy distintas a las actuales, el planeta era muy primitivo y atravesaba por su primera etapa de vida.

Inicialmente, fuertes y sistemáticas descargas eléctricas y erupciones volcánicas caracterizaban la superficie del planeta, siendo así imposible que hubiera vida, ya que las impresionantes fuentes y emanaciones de calor, destruían todo posible signo vital. Solo un evento haría posible la vida sobre la Tierra: la circulación de las aguas.

### Nacieron los mares y océanos

Los océanos nacieron hace más de 4 400 millones de años, cuando se conformaban las primeras grandes cuencas por los impactos de enormes meteoritos y éstas comenzaron a llenarse de agua.

La ciencia asume varias teorías para explicar la procedencia del agua:

- El interior de la Tierra proporcionaba importantes cantidades de vapor de agua.
- Los numerosos meteoritos y asteroides que chocaban con la superficie terrestre, aunque rocosos, contenían una porción de agua.
- Los cometas que también colisionaban con el nuestro, son enormes cuerpos formados principalmente por hielo, es decir, agua en estado sólido.

En toda explosión volcánica, junto con el magma contiene alrededor de 10 % de vapor de agua y en la medida en que la corteza terrestre se enfriaba, se liberaba también vapor de agua por las rocas en formación. La persistente acción volcánica del planeta, provocaba que esas cantidades de vapor generaran nubes de gran espesor, con ello una saturación de la atmósfera primitiva que indujo, en determinado momento, la caída de las primeras y muy intensas lluvias.

Al inicio, las altas temperaturas de la primitiva corteza terrestre, incidían en que el agua que sobre ella caía se evaporara instantáneamente, sobresaturando aún más a la naciente atmósfera. No obstante, por la persistencia de las lluvias comenzó un enfriamiento de la corteza terrestre y el agua que no se transformaba en vapor, quedaba en estado líquido, llenando las primeras cuencas y grietas existentes; así se formaron los ríos y los mares.

### Hipótesis sobre el origen de la vida

Los científicos han elaborado numerosas teorías para explicar la existencia de la vida en el planeta Tierra, entre las que han predominado dos de ellas, el origen extraterrestre y el terrestre.

La primera es una teoría «un tanto cuestionada», se basa en que la vida nació de moléculas presentes en las nubes galácticas y que éstas, llegaron por la acción de cometas que se estrellaban en la superficie del planeta. Esta teoría se apoya en la identificación de agua con microorganismos vivos en el interior de cometas caídos sobre el planeta. Sin embargo, la ciencia ha demostrado que el enorme calor desprendido de estas colisiones, hacía imposible el desarrollo de las moléculas primitivas.

La segunda teoría, conocida como «la sopa nutritiva» ha sido más aceptada por la ciencia. Fue formulada por Alexander Oparin, bioquímico soviético con amplios conocimientos de astronomía, geología y química. Oparin sustentó en 1922 su hipótesis sobre la evolución química que dio origen a la vida en el planeta. Planteó que los gases de carbono, hidrógeno y nitrógeno presentes en la atmósfera primitiva, estaban sometidos a continuas descargas eléctricas producto de las tormentas. Debido a estas condiciones se formaron las primeras moléculas orgánicas o aminoácidos. Con la atmósfera saturada de vapor de agua y el comienzo de las intensas lluvias, estas moléculas se diseminaron y las proteínas se acumularon en los grandes volúmenes de agua. Las moléculas

se combinaban y recombinaban llevándose a cabo un proceso complejo y multiplicador con todos los ingredientes necesarios para originar las primeras formas de vida o Protobiontes, denominados por Oparin como «coacervados» capaces de asumir funciones metabólicas incluyendo la reproducción. Esta hipótesis fue ignorada por los científicos de las primeras décadas del siglo XX.

En 1953, Stanley L. Miller, estudiante de la Universidad de Chicago, basó su tesis doctoral en la hipótesis de Oparin y diseñó un experimento práctico a escala de laboratorio, donde reprodujo condiciones similares a la de la Tierra hace miles de millones de años. Miller llegó a obtener en su experimento, aquellos aminoácidos identificados como coacervados.

Las primeras células (Procariotas) eran anaeróbicas, es decir, no requerían de oxígeno para sus funciones vitales y dependían de las descargas eléctricas para obtener su energía, se piensa que eran similares a las actuales bacterias anaeróbicas. Tendría el planeta más de 3 000 millones de años, cuando apareció el oxígeno, y comenzaron a desarrollarse y diversificarse aquellos organismos vivos, capaces de fotosintetizar, las llamadas cianobacterias o algas verde-azules; surgieron así las Procariotas aeróbicas (requerían de oxígeno para sus funciones vitales). Los testimonios de los fósiles encontrados en Australia ratifican las hipótesis referidas al identificar en los mismos la presencia de las bacterias anaeróbicas.

Durante cientos de millones de años la vida continuó su evolución microscópica en los depósitos de agua, mares y océanos de la Tierra primitiva y las células procarióticas dieron paso a las células eucarióticas, con núcleos organizados que contenían el ADN que aporta los caracteres de origen a las nuevas células. A partir de éstas, se originaron los protozoos y los metazoos con funciones de locomoción y reproducción, continuando el proceso evolutivo de la vida hasta los complejos animales y plantas de hoy.

### De la biodiversidad primitiva a la actual

Hace más de 570 millones de años nació la vida en los mares primitivos del planeta, y en esos momentos comenzaban a diferenciarse los primeros grupos de invertebrados, alguno de ellos ya desaparecidos. Sin embargo, nuevamente los fósiles encontrados en rocas de diferentes latitudes han dado fe de su existencia. Entre ellos, los fósiles de medusas que fueron hallados en 1947 en Australia, y constituye la evidencia más antigua de la vida primitiva.

Un paso importante en la evolución fue el momento en que los primitivos organismos adquirieron la capacidad de formar tejidos duros que sostuvieran y protegieran sus cuerpos: fueron los primeros esqueletos. Al principio eran externos (exoesqueletos), hoy conocidos «como conchas, carapachos, caparazones». Junto a estos, a las medusas, esponjas y los gusanos segmentados, también convivieron los corales, crustáceos, equinodermos, moluscos, braquiópodos, briozoos y trilobites. Estos últimos, al parecer fueron los más abundantes, por la cantidad de fósiles encontrados. (Fig. 2).

Los fósiles de vertebrados reportan que estos aparecieron 70 millones de años después, pero aún hoy, existen discrepancias entre los investigadores del tema. Al parecer, el grupo más especializado fueron los equinodermos de cuerpo plano y cubierto de placas. peces más primitivos (30 cm de talla media) fueron los «Ostracodermos», tenían una cabeza grande cubierta de placas óseas, una cola y carecían de aletas por lo que debían nadar poco y solo desplazarse por el fondo. Presentaban endoesqueleto en forma de una columna vertebral cartilaginosa, carácter importante y novedoso en la evolución, de ellos estuvieron poblados los mares hace 400 millones de años.

Pasaron millones de años y durante estos, los peces se diversificaban; surgieron otros más evolucionados, los «placodermos» algunos de gran talla que dieron paso a los peces actuales: los esqueletos cartilaginosos; tiburones y rayas, y los de esqueletos óseos, como el pargo, el atún, el jurel, etc. En esta evolución desaparecieron las pesadas corazas externas y se desarrollaron las aletas laterales y dorsales, las cuales mejoraron su capacidad para nadar.



Fig. 2. Fósil de un organismo marino.

### Evidencias del proceso evolutivo

La vida tuvo origen a lo largo de millones de años, tuvo como cuna los mares primitivos que cubrían, como hoy los mares y océanos, la mayor parte del planeta y las porciones «terrestres» estaban constituidas por zonas emergidas denominada Pangea, la cual se fragmentó en los actuales continentes. En todos estos habitats comenzó a desarrollarse la amplia biodiversidad primitiva hasta la actual. El mar Caribe y sus islas por supuesto, estuvieron involucrados en este complejo proceso, y el archipiélago cubano sumergido inicialmente, fue emergiendo paulatinamente hasta llegar a la estructura actual. Como siempre, los testimonios de los fósiles y rocas en este caso los de la península de Yucatán, encontrados en la Sierra de los Órganos, Pinar del Río, en la Isla de la Juventud y en la provincia de Cienfuegos sustentan las definiciones científicas. Las pruebas más contundentes del surgimiento, desarrollo y evolución de los seres vivos en el planeta, la han aportado los restos fósiles hallados en diferentes partes del mundo, gracias a la Paleontología, ciencia que los estudia, y ha demostrado que la evolución ha sido un fenómeno continuo.

La ciencia vela por la conservación de estos fósiles en colecciones científicas y en los museos de ciencias naturales, como elemento clave de su desarrollo. Las colecciones atesoran los ejemplares clasificados con sus nombres científicos y comunes y los ordena en los diferentes grupos zoológicos y botánicos (ver fig. 3). Están acompañados de los datos ecológicos del lugar donde fueron colectados, la fecha y el nombre del científico que colectó y llevó a cabo su clasificación. Además, se establecen catálogos y tarjeteros, y con las modernas técnicas automatizadas, las valiosas bases de datos, siempre disponibles para la comunidad científica mundial.



Fig. 3. Colecciones marinas conformadas en el Instituto de Oceanología, hoy atesoradas en el Acuario Nacional de Cuba.

Así los científicos pueden distinguir una especie de otras, comprender el comportamiento de los ecosistemas donde viven y ratificar hipótesis y alternativas, pero más importante, tomar medidas para evitar las amenazas que afectan o ponen en peligro la diversidad biológica.

Como parte del manejo de las colecciones, se incluye la preservación de los ejemplares TIPO (los utilizados por el científico para describir por primera vez una especie).

Cuando los ejemplares se colectan, se estudian y se comparan minuciosamente con otras especies, los especialistas los describen, les dan nombres y publican sus referencias en revistas y libros especializados para que la comunidad científica conozca de su descubrimiento. Los ejemplares son guardados con gran celo en las Colecciones TIPO, patrimonio científico del país y orgullo de la institución que las posee.

Desde el punto de vista marino, para el archipiélago cubano hay reportadas y registradas 7 571 especies de animales y plantas.

En la actualidad existen 814 especies marinas amenazadas de extinción en el mundo, y para el Caribe se reportan 52, entre ellas: la tortuga verde, el carey, tinglado, coral negro, cobo, manatí, corales blancos, caballito de mar, ballena jorobada, orcas, manta raya, meros, guasas, chernas y varias especies de tiburones entre ellas: el tiburón blanco, el tigre, el azul y el tiburón ballena. Otras especies se encuentran en listas regulatorias, es decir, que si bien no están clasificadas como amenazadas, se sigue de cerca el conocimiento del estado de sus poblaciones silvestres, para tomar acciones inmediatas si fuera necesario.

La principal amenaza de la biodiversidad marina es la pesca excesiva e indiscriminada, la destrucción de los ecosistemas donde habitan y la contaminación costera. Los cambios climáticos adversos también inciden en el equilibrio de los ecosistemas marinos y costeros, sin embargo, hasta el momento se recuperar de forma natural siempre y cuando no estén muy estresados por la acción irresponsable del hombre. Por ello, el hombre, es la principal amenaza para los recursos marinos y costeros.

### Responsabilidad en la conservación de la Biodiversidad

La explosión de vida que hubo a lo largo de millones de años, en el planeta Tierra, impone una responsabilidad para los ciudadanos actuales. La evolución ha aportado una exuberante diversidad biológica, términos muy populares. Por ello, la necesidad de conservarla y utilizarla para que sus especies no desaparezcan como lamentablemente ha ocurrido y considerar en la protección el concepto de «patrimonio compartido» entre las diferentes regiones geográficas.

### Micromundo marino

Cuando se habla del mar, generalmente se piensa en los grandes tiburones, peces y hasta los bellísimos arrecifes de coral, pero no solo estos seres habitan en los mares y océanos, también existe, una impresionante diversidad de microorganismos marinos, que incluye las bacterias marinas. Todos en conjunto, forman la llamada «comunidad planctónica».(Fig. 4).



Fig. 4. Muestra de organismos del plancton marino.

El plancton está formado por pequeños organismos vegetales y animales que viven en las aguas dulces, mares y océanos. El plancton fue desconocido para la ciencia hasta la primera mitad del siglo XIX, cuando en 1845, Johannes Müller, eminente científico alemán, utilizó una fina malla filtrante y observó detenidamente al microscopio una masa viviente. A partir de ese momento comenzó el descubrimiento de las distintas especies planctónicas que obligaron a establecer nuevas categorías científicas para su clasificación.

El término «plancton» lo utilizó por primera vez Víctor Hensen en 1887, y significa «errante», por tanto, el plancton es el conjunto de organismos vegetales y animales, adultos y larvarios que viven flotando en las aguas dulces y marinas. Poseen escasos elementos de locomoción y no pueden vencer por sus propios medios, el movimiento y la fuerza de las corrientes.

### Bacterias marinas

Son organismos microscópicos que viven en el plancton y en los sedimentos marinos. A partir de 1890, Fischer fue el primero en estudiar las bacterias que viven en el mar y desde finales del siglo XIX se han multiplicado las investigaciones en el campo de la microbiología marina, gracias al avance de las técnicas de cultivo y técnicas moleculares y tecnologías de avanzada.

Elas participan en la mineralización y transformación de la materia orgánica, para formar nutrientes y en los ciclos de elementos; como el fósforo y el nitrógeno. Las bacterias son muy importantes en la transferencia energética entre los primeros niveles de la cadena trófica.

Las bacterias pertenecen al reino Moneras y ocupan todos los hábitats del planeta. También se encuentran en los sedimentos marinos. Pueden ser autótrofas si fotosintetizan o heterótrofas si utilizan materia orgánica para sus funciones vitales.

Se ha comprobado que la distribución de las bacterias marinas es muy amplia y está determinada por la influencia de factores físicos, químicos y biológicos. En la zona litoral son más abundantes, por la gran cantidad de vida vegetal y animal presente. En su distribución vertical, en la columna de agua, resultan muy abundantes en la superficie, por la incidencia de la iluminación, y llegan hasta las grandes profundidades, donde la intensidad luminosa es menor o incluso nula.

A partir de los 3 000 y hasta 5 000 m de profundidad, se han encontrado bacterias mezcladas con el detritus del fondo y como parte de exuberantes ecosistemas asociados a las fumarolas oceánicas o fuentes hidrotermales profundas. En estos ecosistemas han sido descritas más de 400 especies. Este fue un importante descubrimiento del siglo XX que revolucionó algunos conceptos de la oceanografía, entre ellos, el que refería la no existencia de vida en las grandes profundidades marinas.

Los organismos planctónicos son generalmente microscópicos, varían su tamaño desde 0,2 µm hasta algunos centímetros. Presentan estructuras como zetas, espinas, cilios, estructuras plumosas, éstas aumentan su superficie y con ello su flotabilidad. Algunas especies poseen rudimentarios órganos de locomoción, pero por sus pequeños tamaños, no logran independizar sus movimientos ni vencer las fuerzas de la columna de agua y las corrientes marinas. Los organismos planctónicos se caracterizan por sus colores y contrastes brillantes, transparencia e incluso bioluminiscencia, para protegerse de los depredadores.

El plancton se ha dividido en dos grandes grupos: fitoplancton o plancton vegetal y zooplancton o plancton animal. A éstos se adiciona el ictioplancton que incluye los huevos y larvas de peces, ya que como otros muchos organismos marinos, en sus primeras etapas de vida forman parte de la comunidad planctónica.

### Colecta del plancton

Existen dos métodos fundamentales para colectar el plancton: las botellas oceanográficas y las redes de arrastre. Las primeras se utilizan para colectar fitoplancton que son los organismos de menores tallas. Las redes se em-

plean para coleccionar zooplancton e ictioplancton, en ambos casos las tallas de los organismos son mayores. Las redes tienen diferentes diseños y tamaños de acuerdo los objetivos a investigar y las características de las zonas de trabajo (Fig. 5). En las redes se adicionan equipos importantes para obtener resultados confiables de biomasa y concentración planctónica. Ellos son el flujómetro que mide el volumen de agua filtrado por la red y el registrador de distancia y profundidad que precisa la profundidad y trayectoria exacta que recorre la red en el agua.



Fig. 5. Medios de colecta del plancton marino.

**Fitoplancton:** También llamado plancton vegetal, está distribuido en todos los mares y océanos del planeta y también en aguas dulces y salobres. Incluye a los organismos más abundantes y de menor talla. Su función en el mar se compara con las grandes praderas de hierbas que sostienen la alimentación de los herbívoros en la tierra. La vida marina sería imposible sin su existencia, pues el fitoplancton sintetiza, mediante la fotosíntesis, la materia orgánica, en presencia del anhídrido carbónico, el agua y otras sustancias minerales, sustento de la vida marina. Además, es el responsable de la producción primaria en los océanos.

Las microalgas que lo componen necesitan luz solar en intensidades adecuadas para realizar la fotosíntesis, por ello, prácticamente toda la biomasa viva de estos vegetales se encuentra en las capas superficiales del mar.

La mayor parte de los organismos fitoplanctónicos son autótrofos, es decir, fotosintetizan utilizando la energía solar y el CO<sub>2</sub> disuelto en el agua de mar para finalmente liberar oxígeno, imprescindible para la vida marina. Sus tallas no sobrepasan los 500 micrómetros.

El fitoplancton alcanzan las mayores concentraciones en la primavera, en correspondencia con el incremento de nutrientes. Están distribuidos en la columna de agua hasta los 200 m de profundidad, o lo que es lo mismo en la llamada zona fótica o zona donde hay incidencia de iluminación para realizar la fotosíntesis.

**Diatomeas (Chaetoceros, Rhizosolenia o Nitzschia):** Organismos autótrofos que constituyen el grupo más importante y numeroso dentro del fitoplancton. Viven en todos los acuatorios y en amplio rango de temperatura. Se cultivan fácilmente y muy utilizadas por el hombre para la alimentación de especies comerciales como el camarón.

**Dinoflagelados (Ceratum, Gymnodinium, Noctiluca):** Formados por una sola célula con pigmentos que le da coloración verde, roja, amarillo pardo o azulada. Poseen dos flagelos que les sirve para una reducida locomoción. Son frecuentes y diversos en aguas cálidas y hay aproximadamente 200 especies reportadas. Algunos dinoflagelados son responsables de las llamadas «mareas rojas» que ocasionan grandes mortalidades de peces e invertebrados por los altos niveles de toxinas que producen. En noches oscuras puede observarse fosforescencia en la superficie del mar debido a la presencia de la especie Noctiluca, estos destellos luminosos son aprovechados en estrategias pesqueras.

**Cocolitofóridos:** Realizan fotosíntesis, aunque algunos son capaces de alimentarse capturando pequeños organismos o aprovechando las sustancias orgánicas en descomposición. Abundan en las capas profundas de los mares cálidos y templados y en las capas superficiales de los mares fríos. Se conoce un gran número de especies fósiles y se les utiliza como indicadores de los cambios climáticos que se produjeron hace millones de años en el planeta. Los estudios actuales han indicado que posiblemente los cocolitofóridos fueron los responsables de la formación de yacimientos petrolíferos. Se han descrito alrededor de 250 especies.

**Silicoflagelados (Mesocena, Dictyocha, Distephanus):** Viven en su mayoría en las aguas frías y constituyen el alimento preferido de las larvas planctónicas de las estrellas de mar. Por sus características externas, las células de los silicoflagelados se destruyen con facilidad cuando son colectadas.

**Zooplancton:** Está integrado por un grupo de animales marinos que viven flotando a la deriva y constituye la comunidad animal más amplia y variada en los ecosistemas marinos. Prácticamente todos los grupos zoológicos, desde protozoos hasta los vertebrados en sus estadios larvarios, están representados en el zooplancton. Ellos son los componentes del segundo nivel trófico de la vida en el mar y se clasifican en dos grupos fundamentales: holoplancton, los que viven permanentemente en el zooplancton y meroplancton, aquellos que solo pasan una etapa de su vida en el zooplancton. Pueden ser herbívoros o carnívoros y, en algunos casos, presentan células urticantes que utilizan como defensa ante sus depredadores.

Los organismos zooplanctónicos presentan una diversidad muy amplia de formas y tamaños en sus especies. El primer grupo formado por los protozoarios como los foraminíferos, radiolarios y tintínidos, un segundo grupo que lo integra el microzooplancton, organismos que miden entre 200 y 500 µm como los ciliados y un tercer grupo de animales pluricelulares más evolucionados, representado por grupos zoológicos como los cnidarios, quetognatos, moluscos y crustáceos. El zooplancton es más abundante en las regiones costeras y en aquellas donde se producen afloramientos de aguas profundas con el consecuente aporte de nutrientes. También se encuentran en la columna de agua, desde la superficie hasta el fondo, aunque no de manera uniforme. Esta migración vertical obedece a la búsqueda de alimento que, como en el caso del fitoplancton, es más abundante en las capas superficiales.

**Ictioplancton:** Está compuesto por los huevos y larvas de peces. El conocimiento de su distribución en espacio y tiempo brinda la posibilidad de cuantificar sus concentraciones, caracterizar y evaluar la ictiofauna de una región, definiendo su biomasa desovadora y evaluar con ello las pesquerías y sus rendimientos. Los huevos y larvas de peces no son fácilmente identificables, ya que existen grandes diferencias entre los peces adultos y sus estadios de huevo y etapas larvarias. En el caso de los huevos, la identificación es aún más compleja por el alto grado de similitud entre ellos. Algunos poseen estructuras externas en su membrana, para aumentar la flotabilidad, otros presentan membranas con ornamentos, pero lo más utilizado para su identificación son sus características morfométricas (diámetro del huevo, diámetro de la gota de aceite, posición de ésta, etc).

En el caso de las larvas de peces, si bien hubo avances en las décadas de los años 60, 70 y 80, aún los taxónomos tienen arduas tareas por delante, por cuanto no todas las especies están debida o totalmente identificadas, a pesar de que los estudios de desove inducido y cultivo han propiciado la descripción de un gran número de ellas en sus distintas etapas de desarrollo.

**El plancton, los ecosistemas marinos y el hombre**

El esquema general de la vida en el mar es en esencia, similar al de la tierra. La acción de las bacterias es tan importante que sin ellas no podría existir vida y en la comparación partimos de su propia acción ya que desintegran

los restos orgánicos y sustancias de desecho para liberar materia orgánica y energía, la cual es aprovechada por los vegetales para la fotosíntesis en presencia de luz.

La trama alimentaria en los océanos presenta interacciones entre las bacterias, los vegetales y los pequeños animales, y forman entre ellos los primeros eslabones de la cadena trófica en el mar.

Los estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) sugieren que para proporcionar un nivel nutritivo razonable a la población mundial en el futuro, se requiere duplicar la producción de alimentos y los expertos opinan que la solución está en los mares y los océanos. Por tanto, se debe considerar que existe un límite, a partir del cual se afectarían los ecosistemas marinos y las poblaciones de los distintos recursos marinos y costeros. Por ello, la productividad orgánica marina que se genera de los organismos planctónicos, seguirá desempeñando un papel creciente en la producción final de proteínas e incluso se ha pensado que éstos, puedan convertirse en fuente útil y directa para la alimentación de la población mundial. Con respecto a esto, se tiene en cuenta, el alto valor nutritivo que pudiera generar el plancton, ya que en contenido de proteínas superaría 11 % y de carbohidratos 80 %, además de otros elementos vitamínicos y nutritivos.

En el campo de la microbiología marina, también se esperan resultados vinculados al tratamiento de la contaminación de los mares y los océanos, basados en la acción degradadora de las bacterias sobre los hidrocarburos de petróleo que llegan al mar. Queda mucho por conocer y hacer con este micromundo marino, que a veces molesta, pero que es indispensable para mantener la vida y el equilibrio ecológico del planeta. Un manejo incorrecto de este valioso recurso que es el mar, traería consecuencias realmente desastrosas para la humanidad.

**Vegetación marina y costera**

Está formada por especies que viven permanentemente debajo del mar como: las algas y plantas superiores (fanerógamas), otras que de manera temporal se sumergen en el agua, y por aquellas especies litorales que viven en playas, dunas y zonas rocosas a las que llega el salitre del mar. Asimismo, existe una franja costera muy importante, más alejada llamada manigua costera, la cual se encuentra sometida al influjo marino.

Vegetación en las costas arenosas: Las plantas que viven en esta zona, se encuentran muy bien adaptadas al sustrato sobre el que se desarrollan, pues poseen un sistema de raíces y raicillas muy ramificado, para fijarse y tomar el agua que aquí resulta escasa. Abundan plantas con bulbos o con rizomas, y en la parte más cercana al mar habitan aquellas que toleran la sal (halófilas) y las del tipo rastrera como el boniato de playa, el frijol de playa y el lirio sanjuanero. También se encuentra un arbusto rastrero, conocido como malva blanca de costa.(Fig. 6).

Un poco más alejada de la línea de costa aparecen plantas arbustivas como: el incienso de costa, la cubilla de playa; y son frecuentes los arbustos de pequeño tamaño, a veces rastreros como el romerillo de playa. En la zona más alejada, pero formando una franja arbórea definida aparece la uva caleta, que produce frutos comestibles y muy agradables al paladar, y del que se elabora un delicioso vino casero. Los árboles de uva caleta ofrecen una excelente sombra, para que los bañistas se resguarden del sol, protegen a la vegetación costera y proporcionan alimento a los animales.

Otra planta que se localiza en las costas arenosas es el coco o cocotero. Esta palmera además de proporcionar sombra, tiene un fruto con una rica masa blanca y agua refrescante, de cual se saca el aceite o manteca de coco y de la llamada cáscara del coco, se pueden confeccionar: pulseras, collares, aretes, entre otros.

En la zona supralitoral rocosa se encuentra una vegetación más resistente a condiciones de sequedad y las salpicaduras constantes del mar, la cual aferra sus raíces entre las oquedades de las rocas, como es el caso de las plantas rastreras: yerba de sapo y la verdolaga de costa.



Fig. 6. Vegetación de costa arenosa.

También aparece un arbusto espinoso, conocido como «no me toques», «la pitahaya» o «flor de cáliz», esta última crece en terrenos pedregosos o sobre los árboles y posee hermosas flores blancas, olorosas, que se abren durante la noche y son visitadas por grandes mariposas nocturnas.

Un poco más distante se encuentra la manigua costera, matorral formado por arbustos, palmas y especies espinosas, de hojas pequeñas que generalmente son renovadas estacionalmente. Se caracteriza por estar siempre verde, entre las especies de arbustos más conocidos aparecen el ají y el romero de costa (*Croton*), entre los árboles el yaií, que es uno de los más abundantes en las costas y seborucales; y entre las palmas aparecen los géneros *Thrinax* y *Coccoloba*, dentro de este último es común el guano de costa, una linda palma que produce en sus vainas una lana excelente para la confección de almohadas y sus frutos sirven de alimento a muchos animales.

En dicha manigua abundan las suculentas pertenecientes a la familia de las cactáceas, y algunas arborescentes como las tunas. En Cuba «manigua» es el nombre que recibe la vegetación que crece sobre el diente de perro, y que tiene un predominio de arbustos como son los cactus.

Otro tipo de vegetación que ocupa extensa áreas es la propia de costas cenagosas y desembocaduras de los ríos. En las costas cenagosas, junto a los mangles, existe un estrato arbustivo en el que se encuentra la barrilla, que es una planta propia de todas las costas bajas, también aparece la llamada hierba del vidrio, que al pisar sus tallos y hojas produce un ruido típico de estos lugares. En estas zonas son comunes una especie de helecho y el espartillo de agua, mientras que en la desembocadura de los ríos, se encuentran el llantén de costa, junto al junco y la clavelina de ciénaga, con sus grandes y bellas flores amarillentas y de agradable olor, asimismo aparece el llamado jacinto de agua, que sirve de protección a los animales.

Una de las formaciones más interesantes de las costas, lagunas costeras, estuarios y cayos son los manglares, grupo de especies de árboles y arbustos, con adaptaciones que les permiten colonizar terrenos anegados, sujetos a intrusiones de agua salada.

Los manglares están presentes en casi 70 % de las costas cubanas, por lo que se consideran la primera formación forestal natural. Los árboles del mangle presentan raíces en forma de zancos y proyecciones, entre los cuales queda retenido el sedimento, lo cual permite ganar terreno al mar (ver Fig. 7). En la Ciénaga de Zapata, se localiza el área de manglar más extensa de todo el mediterráneo americano. Los manglares ocupan terrenos donde las plantas de hábitos terrestres no pueden vivir, debido a la gran cantidad de sales.

Las raíces sumergidas de los mangles sirven de sustrato y refugio para las etapas juveniles de numerosos invertebrados (langostas) y peces. En los primeros prevalecen los crustáceos, entre los que se encuentran el llamado guardia civil o marinerita y el cangrejo de tierra, conocido

como pollo sin plumas, que acude al manglar sobre todo en época de reproducción, durante los meses de verano.



Fig. 7. Mangle rojo con sus raíces zancudas.

Las raíces sumergidas de los mangles sirven de sustrato y refugio para las etapas juveniles de numerosos invertebrados (langostas) y peces. En los primeros prevalecen los crustáceos, entre los que se encuentran el llamado guardia civil o marinerita y el cangrejo de tierra, conocido como pollo sin plumas, que acude al manglar sobre todo en época de reproducción, durante los meses de verano.

También aparecen diferentes especies de esponjas, hospederas de numerosos organismos; los moluscos (algunos de ellos comerciales, como el ostión de mangle, el mejillón, y el bello negro maco, que protege las raíces de mangle durante los meses invernales), las ascidias (algunas de importancia para la producción de medicamentos), los celenterados, las algas epífitas y muchas especies de peces, los que en su mayoría forman parte de las pesquerías que se realizan en otros hábitat.

Finalmente, estas raíces sirven de refugio a muchas especies de peces y aves acuáticas, que como será tratado en próximos capítulos, anidan, viven y se protegen en las ramas de los manglares. Este ecosistema aporta energía al hábitat acuático, mediante sus hojas, ramas y raíces, las cuales pasan a formar parte del detrito acumulado en los sedimentos. Los manglares protegen las costas y otros hábitats de la plataforma de la erosión, que provoca el oleaje, los vientos y las corrientes costeras, filtran los contaminantes y evitan que lleguen a los arrecifes coralinos. Aproximadamente 30 % de los manglares de Cuba está siendo afectado por el incremento de la salinidad.

En el país se encuentran 4 especies de mangle: rojo o colorado, mangle prieto, mangle blanco o patabán y mangle botón o yana, los cuales aparecen en este mismo orden en la zonación.

Aunque no exclusivamente, el mangle rojo se encuentra en la parte exterior de la franja costera del manglar, en la desembocadura de los ríos y en los bordes de los esteros o canales y lagunas costeras. Alcanzan una altura de hasta 12 m. Según datos existentes, en la Ciénaga de Zapata, se han encontrado árboles de mangle de 20 m de alto y con un tronco de 48 cm de diámetro. La madera de color rojo pardo es muy fuerte y se utiliza en la construcción de botes, pilotes y sobre todo para carbón.

El mangle prieto es un árbol silvestre, que crece en lagunas y pantanos de las costas y a la orilla del mar, junto al mangle colorado, el patabán y la yana. Es muy abundante y forma bosques densos en los cayos y en las desembocaduras de ríos, penetrando más al interior que el colorado. Alcanza hasta 16 m de altura.

El mangle blanco o patabán es una especie que se eleva hasta más de 12 m de altura. Es abundante en las ciénagas y tembladeras de las costas, donde hay mayor aporte de agua dulce. Las hojas son opuestas, enteras y sin venas. Su madera es dura y compacta, con un color canela claro.

Por último, el mangle botón o yana, es un arbusto o árbol que alcanza hasta 20 m de altura. Sus hojas son lanceoladas o elípticas. Se han observado aislados. Esta especie es muy abundante en algunos cayos como Cayo Largo del Sur.

En el grupo de vegetales que viven permanentemente en el mar, se encuentran las plantas marinas (fanerógamas) y las algas; alrededor de 50 especies, donde la mayoría son tropicales y algunas de aguas templadas. Las fanerógamas marinas son conocidas vulgarmente como zosteráceas o hierbas marinas y constituyen en las aguas litorales poco profundas unas formaciones denominadas a menudo praderas marinas, las cuales delimitan el piso infralitoral.

Uno de los principales factores limitantes para el crecimiento de estas plantas es la luz, por lo que se sitúan generalmente en la parte superior de las plataformas continentales. En las zonas de aguas muy claras ellas pueden alcanzar mayor profundidad, como sucede en el Mar Caribe, el Mar Rojo, etc. Por el contrario, en mares de aguas turbias, alcanzan poca profundidad.

Estas plantas marinas son capaces de polinizar bajo el agua, es este su principal medio de propagación. Sus rizomas se extienden atravesando el sedimento marino, y crean una red dentro del sedimento esencial para su consolidación.

En Cuba, en aguas limpias y claras existen seis especies de fanerógamas, pero la más importante es la conocida como hierba de tortuga (*Talasia*), la cual forma densas praderas, que cubren extensas áreas formando los llamados pastizales marinos, los que están asociados normalmente a los sistemas estuarinos o a los arrecifes de coral.

Además de las fanerógamas, se desarrollan macroalgas y microalgas, que representan entre 10 y 50 % de toda la producción del pastizal. Solo una proporción baja de las fanerógamas y macroalgas es consumida por los organismos herbívoros (peces loros, familia *Scaridae* y peces barberos, familia *Acanthuridae*), por los erizos de mar, las tortugas marinas y los manatíes, el resto de las hojas de las fanerógamas mueren, se descomponen y son consumidas como detrito.

La *talasia* o hierba de tortuga es la más importante de las fanerógamas marinas y la más extendida por el Caribe y el golfo de México. Crece desde pocos centímetros de profundidad, hasta los 22 m aproximadamente en zonas muy claras, donde la luz resulta imprescindible en su crecimiento.

Aparece en lugares donde la salinidad, no es tan alta como en mar abierto ejemplo: esteros, desembocadura de ríos y lagunas.

Tiene un tallo corto, que produce flores solitarias y relativamente pequeñas, puede alcanzar hasta un metro de altura como ocurre en Cayo Flamenco, pero lo normal es que crezca hasta 50 cm de alto.

En estas praderas de *talasia* o seibadal vive una fauna muy diversa, así como gran cantidad de algas, tanto macroalgas, como pequeñas algas (epífitas), que viven pegadas a otros organismos. La langosta espinosa resulta uno de los crustáceos de mayor importancia comercial, que de hecho constituye el primer renglón exportable de todos los recursos pesqueros con que cuenta el país.

Aunque las hojas de la *talasia*, representaban un alimento directo para las especies que viven en ella, la tortuga verde sí se alimenta de ella, de aquí su popular nombre de hierba de tortuga.

La segunda planta marina significativa por su abundancia y que también forma parte de los seibadales, es la conocida como hierba de manatí, la cual crece sobre todo, cuando el fondo es arenoso-fangoso, y se encuentra en pequeños parches, bordeando el área de la *talasia*. Su nombre se debe a que sirve de alimento al carismático manatí, mamífero acuático que vive cerca de la desembocadura de ríos y lagunas costeras.

Junto con las plantas marinas, aparecen en el seibadal, gran cantidad de algas asociadas. Algunas especies, como las algas pardas viven adheridas a rocas sueltas en los claros arenosos. Entre las algas rojas, las más abundantes son dos especies de epífitas, que viven desde la línea inferior de marea hasta 18 m de profundidad.

Otras tres especies de plantas marinas presentes en los mares son el *Halodule*, y dos especies de *Halophila*, no tan abundantes como la hierba de tortuga y la hierba de manatí, con adaptaciones para vivir en condiciones

ambientales menos favorables, desde fuertes corrientes y turbulencias, hasta una menor intensidad de luz.

Existe una especie de planta de agua dulce, que invade las aguas salobres y saladas y llega a soportar salinidades de hasta 60 o/00 (partes por mil), la misma se encuentra en algunas lagunas hipersalinas.

En Cuba, los pastizales marinos, constituyen el biotopo más extendido en la plataforma cubana (50 % más de su superficie), sobre todo en el golfo de Batabanó, el archipiélago de Sabana-Camagüey y la plataforma norte de Pinar del Río.

### Importancia de las plantas marinas o fanerógamas en la biología costera

Como ya se mencionó las plantas marinas, junto con las algas, forman los pastos marinos o seibadales, y constituyen la principal vía de entrada de energía, la cual se exporta a los arrecifes, a través de las especies que se alimentan en ellos. Los seibadales son un importante hábitat para el asentamiento y cría de las etapas juveniles de muchas especies comerciales y un valioso sustrato de pesca.

Los pastos marinos actúan como estabilizadores del fondo, previenen la erosión de los arrecifes, las playas, regulan la concentración de oxígeno y gas carbónico en el mar, y en muchas zonas son formadores de gran parte de las arenas de las playas, gracias a que en ellos habitan las algas calcáreas, uno de los principales productores de arena orgánica, así como muchas especies de moluscos.

Por último, en los pastos marinos o seibadales se asienta una rica biocenosis de gran importancia para las cadenas tróficas costeras. Estas plantas marinas por sí solas, no son una fuente de alimento para ninguna especie, debido a que sus hojas poseen compuestos difíciles de digerir. Sólo algunos vertebrados se han adaptado a alimentarse de ellas, como las tortugas marinas, los marañes y algunas iguanas.

Algunos pastos marinos de Cuba son afectados por la contaminación y la sedimentación proveniente de tierra. Grandes extensiones de las bahías del archipiélago Sabana-Camagüey perdieron sus pastos, debido a los cambios ambientales provocados por las carreteras o pedraplenes, se convirtieron en fondos fangosos, con muy pobre o ninguna vegetación y, por tanto, poco aptos para la vida marina.

**Algas:** Vegetales que necesitan agua para vivir. La gran mayoría son especies marinas, aunque hay algunas que viven en aguas dulces o salobres (Fig. 8). Pueden ser unicelulares o pluricelulares, que se diferencian de las plantas superiores porque carecen de tallos, hojas, raíces, flores, frutos y sistemas vasculares verdaderos. Se fijan al suelo con órganos especiales, llamado «*hapterio* o «*áptero*» que no tienen nada que ver con las raíces de las plantas terrestres y absorben los nutrientes directamente del agua, fabricando su alimento mediante la fotosíntesis.



Fig. 8. Muestra de algas marinas verdes.

En los ecosistemas marinos, las algas constituyen las cadenas tróficas en el mar y sirven de refugio a muchos organismos. Poseen una enorme importancia global por ser productores de oxígeno y consumidores del dióxido de

carbono de la atmósfera, el conocido gas de invernadero, al igual que las plantas terrestres. El esqueleto de las algas calcáreas origina una cantidad sustancial de las arenas de las playas en zonas tropicales como Cuba.

Las algas resultan importantes constituyentes de la flora y logran vivir incluso en ambientes tan extremos como la nieve, arenas del desierto, o incluso en aguas termales cuya temperatura sobrepasa los 80 °C. Sin embargo, donde mejor se han desarrollado y alcanzado su mayor diversidad es en el mar.

Algunas viven flotando en las capas más superficiales del agua (planctónicas), y se emplean como alimento en el cultivo de organismos marinos, en la depuración de aguas residuales, así como en la industria farmacéutica, por sus contenidos de sales minerales y vitaminas.

Otro grupo vive adherido en el fondo del mar, sobre cualquier sustrato, por ejemplo; rocas, piedras, pilotes, otros organismos vivos (bentónicas). Pueden ser utilizadas en la industria alimenticia, farmacéutica, de cosméticos, textil, química, en la agricultura, etcétera.

De acuerdo a la pigmentación que poseen y su coloración, las algas se dividen en grandes grupos, ejemplo: algas verde-azules, muy resistentes a la desecación, se encuentran en la zona supralitoral y lagunas costeras, mezcladas a plantas superiores o adheridas a otras algas y plantas marinas.

Las diatomeas o algas doradas, por los tonos que exhiben como resultado de la combinación de los pigmentos clorofílicos y la fucoxantina; como todos los representantes de este grupo, son unicelulares de vida libre, flotadores o móviles a consecuencia de movimientos internos del citoplasma. Su característica más notable es que las paredes celulares están impregnadas de dióxido de silicio, lo que se manifiesta como ornamentaciones muy llamativas y particulares de cada especie. Viven en agua dulce y marina y muchas especies son consideradas bioindicadores de la calidad del agua.

En el grupo de las algas verdes, con más de 6 000 especies está la mayor diversidad de todo el planeta. En ellas predominan las clorofilas «a y b» contenidas en sus células. Incluyen organismos unicelulares de vida libre, coloniales, filamentosos y formas macroscópicas pluricelulares con variada diferenciación morfológica.

En Cuba se conocen cerca de 180 especies bentónicas. Viven a profundidades donde la luz todavía es abundante, la más común es la «ulva», conocida como «lechuga de mar». Existe otra especie muy llamativa, que tiene forma de racimos de uva, siendo muy abundante en pilotes y perfiles rocosos. Las paredes celulares de estas algas, se componen de celulosa, que en algunas especies marinas pueden estar incrustadas de cal.

Las algas pardas integran un amplio grupo, con más de 1500 especies, en las que predomina el color pardo. Son principalmente marinas y pluricelulares. Entre éstas se encuentran las algas de mayor tamaño, como las flotantes que aparecen en el Mar de los Sargazos. Su color se debe a la presencia del pigmento fucoxantina que enmascara el color verde de la clorofila. Suelen ser grandes (hasta 20 m) o pequeñas (de 30 a 60 cm). Ellas contienen en la pared celular sustancias mucosas (alginatos), utilizadas por el hombre y a menudo sus células contienen abundante yodo.

En las costas cubanas se encuentran desde la zona de las mareas hasta 25 m, de profundidad, dentro de este grupo entre otras, se encuentra el conocido Sargassum. En el país, se han registrado alrededor de 70 especies.

Las algas rojas, con unas 4 000 especies conocidas en todo el mundo (250 reportadas en Cuba), se caracterizan por tener pigmentos ficobilínicos que les confieren el color rojizo, debido a que también enmascaran el color verde de las clorofila, presentan matices de coloración que van desde el rojo brillante, púrpura, pardo-verdosas, amarillentas, hasta negruzco púrpura. Existen especies microscópicas, otras alcanzan varios decímetros.

Estas algas presentan diferentes formas como: filamentosas, ramosas, hasta algas de textura muy rígida y dura, como las coralináceas, que contribuyen al mantenimiento y estabilidad de los arrecifes coralinos, al cementar los espacios o huecos que existen entre los viejos

bloques de coral. Habitan desde la zona de marea hasta profundidades, adonde no llegan otros grupos de algas. Son típicas de sustratos duros, aunque ciertas especies epifitas viven sobre sustratos muertos. Las algas rojas proporcionan una serie de coloides, principalmente «agar-agar y carragenina».

En el cinturón rocoso supralitoral, aparecen algunas especies de algas rojas, junto con especies de verdes, que son resistentes al oleaje, la desecación como a los bruscos cambios de temperatura y salinidad. En algunas charcas, que se mantienen llenas de agua por el oleaje, se encuentran diferentes especies de pequeñas algas tanto pardas, verdes como rojas.

Hay un número considerable de especies de algas que viven exclusivamente en la zona intermareal o sólo penetran muy poco en aguas más profundas. Para evitar que no sean arrastradas por el agua, se auxilian de algunos elementos de fijación u otras estructuras para adherirse al sustrato. Algunas especies viven en el interior de cavidades en las rocas para poder sobrevivir en este tipo de ambiente.

La mayor diversidad de algas pardas se halla en fondos del sublitoral rocoso o con una parte de arena, aunque también aparecen especies de algas verdes y rojas. En el caso de fondos fangosos y arenoso-fangoso, donde se capturan los camarones de interés comercial, también aparecen especies de los tres grupos de algas antes mencionadas.

### Importancia y utilidad de las algas

Las algas marinas eran utilizadas como alimento ya en el siglo IV en el Japón y en el siglo VI en China. Hoy son ingeridas como alimento cotidiano en muchas partes del mundo. Ellas constituyen un recurso prácticamente ilimitado que puede ser utilizado de forma muy favorable, a través de la biotecnología, con el fin de desarrollar productos para la agricultura, compuestos farmacéuticos, materiales de investigación médica y en la industria cosmetológica y alimentaria.

El «carragenano, el alginato y el agar agar», son sustancias espesantes y gelificantes extraídas de las algas. Se emplean para producir compuestos que dan viscosidad a los productos, sin alterar sus características y constituyen la base principal de los usos industriales de las mismas. Tienen gran importancia tanto en la industria farmacológica, como en la alimenticia.

Aunque existe gran diversidad de algas, sobre todo en aguas cubanas, es poca su utilización en la industria, su empleo ha estado limitado a la fabricación de harinas, para la alimentación de aves de corral y a la evaluación de algunas especies productoras de agar-agar, con diversos propósitos en la industria, y por último, la obtención de sustancias de gran poder inmunológico, a partir de dos especies de algas.

Hasta aquí los principales componentes de la vegetación marina, parte esencial de dos ecosistemas litorales. Los manglares y pastizales marinos que junto con los arrecifes coralinos forman un importante complejo, que rodea el archipiélago y constituye la base de los principales procesos vitales del ecosistema marino litoral y, por tanto, de los productos y servicios de su diversidad biológica.

De todo lo anterior se deduce la importancia de proteger y conservar este complejo ecológico, que forman estos tres ecosistemas litorales, por lo que es considerado una de las seis zonas ecológicamente sensibles del país, representadas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba.

## INVERTEBRADOS MARINOS

### Poríferos (esponjas) y Cnidarios (corales, anémonas gorgonias y aguas malas)

**Esponjas:** Componen el Phylum Porifera y son los animales (pluricelulares) más primitivos que existen. No poseen tejidos ni órganos verdaderos y sus células presentan gran independencia. Son sésiles y sus movimientos resultan apenas apreciables. Se conocen 5 000 especies

de esponjas y 150 habitan en agua dulce. Abundan en todos los mares donde quiera que existan rocas, conchas, maderos sumergidos, corales u otros sustratos. Prefieren aguas relativamente someras aunque ciertos grupos viven a gran profundidad.

Algunas presentan simetría radiada, pero la mayoría son irregulares y tienen patrones de crecimiento erecto, masivo o ramificado. Unas especies no sobrepasan el tamaño de un grano de arroz, otras pueden alcanzar más de un metro de diámetro. El crecimiento está subordinado a la naturaleza e inclinación del sustrato, la disponibilidad de espacio y las características de las corrientes, por ello, una misma especie puede adoptar diferentes aspectos según las condiciones ambientales. Tienen coloración variable, algunas son incoloras o pardo grisáceas, pero la mayoría de las especies posee brillantes colores, sobresaliendo tonos verdes, amarillos, anaranjados, rojos y purpúreas. La estructura de las esponjas es única y está formada por un sistema de conductos y canales de agua y ésta pasa directamente a las células.

Las esponjas son organismos filtradores y se alimentan fundamentalmente de partículas microscópicas. Asimilan bacterias, dinoflagelados y cualquier otro tipo de organismo planctónico. Carecen de volúmenes de líquidos internos (como sangre o líquido celómico) y de sistema nervioso.

Tienen reproducción asexual y sexual. La primera es mediante la formación de yemas o conglomerados de células (amebocitos) que se liberan para originar nuevos individuos. La segunda (sexual) asociada a su hermafroditismo. En este caso producen óvulos y espermatozoides, estos abandonan la esponja y entran en otras ayudados por las corrientes de agua. Se introducen en la cámara flagelada y penetra en un coanocito que lo transporta al óvulo, produciéndose la fecundación. Los óvulos fecundados pueden ser liberados a través de los conductos de agua o seguir alojados en el progenitor hasta el estadio de larva. Ésta es flagelada (blástula), sufre una importante reorganización después de fijarse al sustrato.

Las esponjas se dividen en cuatro clases:

**Clase Calcárea:** No son comunes en aguas cubanas, son pequeñas y generalmente blanquecinas o pardo grisáceas. Las espículas son calcáreas.

**Clase Hexactinélida:** Se destacan por su porosidad y presentan una red tabicada característica. Las espículas son hexactinélidas y silíceas. El tamaño oscila entre 10 y 30 cm. Viven generalmente aisladas y en aguas profundas.

**Clase Demospongiae:** Agrupa 95 % de las especies, en su mayoría muy conocidas. Se distribuyen desde aguas someras hasta grandes profundidades. El esqueleto es variable. Pueden tener espículas silíceas, fibras de esponjina o una combinación de ambas.

**Clase Sclerospongiae:** Comprende un pequeño número de especies y se caracterizan porque en su esqueleto interno tienen espículas silíceas y fibras de esponjina y poseen una cubierta de carbonato de calcio.

En el Gran Caribe existen más de 600 especies y en Cuba se han registrado 255 (Fig. 9). En el medio en que viven tienen la función de mantener retenidos en su biomasa elementos biogénicos del ecosistema; brindar refugio y alimento a larvas, juveniles y adultos de gran cantidad de especies del arrecife; son agentes perforantes y juegan un papel importante a la formación de sedimentos y renovación del arrecife. Poseen propiedades analgésicas, antiinflamatorias y de acción sobre el sistema nervioso.

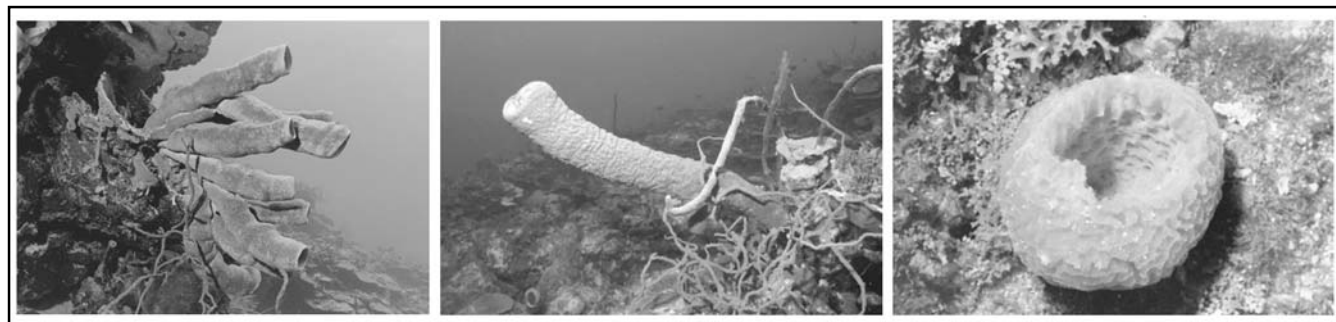


Fig. 9. Diferentes especies de esponjas marinas.

Muchas se explotan como especies comerciales tradicionales.

**Cnidarios:** Comprenden diversos animales simples y muy primitivos, carecen de órganos, de células epiteliales y musculares diferenciadas, de cabeza y sistema nervioso central. Son de diferentes tamaños, formas, hábitos de vida, etc. La principal característica que agrupa a estos organismos es la presencia de cnidocitos o células especializadas que contienen estructuras punzantes denominadas cnidos, que utilizan para inmovilizar a sus presas y como defensa. Dichas células están distribuidas por el cuerpo, sobre todo en los tentáculos. Poseen una cavidad digestiva o gástrica (celenterón) que se extiende a lo largo del animal, ésta tiene forma de saco y se comunica con el exterior por una abertura (boca) rodeada de tentáculos que son prolongaciones de la pared corporal.

El ciclo de vida está formado por dos fases o formas, el pólipo (asexual y sésil) y la medusa (sexual y móvil). El pólipo es un tubo cilíndrico en cuyo extremo oral tiene la boca y los tentáculos, el otro extremo se entierra o fija al sustrato. Pueden ser solitarios o coloniales. Las medusas (formas de campanas o sombrillas) son solitarias y la mayoría pelágicas. Los tentáculos cuelgan del borde de la campana, aunque típicamente, viven con la boca y los tentáculos dirigidos hacia abajo.

Los cnidarios (o celenterados) son diploblásticos (cuerpo formado por dos capas de células), presentan el endodermo (interno) y el ectodermo o epidermis (externo). Entre estas dos capas se encuentra una matriz gelatinosa (mesoglea), fina en estadio larval y en etapa de pólipo y medusa voluminosa. La epidermis se compone de cinco tipos principales de células que asumen diferentes funciones.

Son carnívoros, y se auxilian de sus tentáculos y cnidos para capturar sus presas. Los cnidos (de tres tipos) reaccionan a estímulos táctiles mediante el disparo de una aguja tubular hacia la piel del adversario, inyectando simultáneamente una poderosa toxina, con lo cual ahuyenta al agresor y paraliza a sus presas.

Se alimentan de las presas que tropiezan incidentalmente con sus tentáculos. También pueden absorber nutrientes disueltos en el agua y aprovechar la fuente de alimentación que les proporcionan las algas unicelulares (zooxantelas) que conviven en sus tejidos. Estas algas proporcionan sus productos fotosintéticos, mientras que sus hospederos, les proveen de carbono inorgánico y otros nutrientes necesarios. El intercambio de gases en estos animales ocurre a través de la superficie del cuerpo.

Los músculos de la pared del cuerpo de los cnidarios, actúan posibilitando la extensión y función de los pólipos y la natación en las medusas. El sistema nervioso es completamente primitivo y las células que lo componen, en forma de red, se sitúan debajo de las capas epidérmicas y gastrodémicas. Tienen reproducción sexual y asexual y la mayoría de las especies generan una larva («plánula») ciliada que nada libremente.

Existen 9000 especies de cnidarios, agrupados en cuatro clases, una de ellas incluye las dos terceras partes de las especies reportadas.

**Clase Hydrozoa:** Incluye especies muy primitivas y de tamaños insignificantes, por ello poco conocidas. La mayoría son marinas y entre las de agua dulce se incluyen las «hydras». Presentan estructura polipoide o medusoide, y algunas especies pasan por ambas formas en el transcurso de su ciclo de vida. Las campanas de las hidromedusas tienen una parte superior (exumbrella) y otra inferior (subumbrella) y en su borde una estructura

llamada «velo» característica exclusiva de esta clase. La forma polipoide se considera que surgió, de alguna especie medusoide que pasó por un período de fijación previo al desarrollo de su fase adulta pelágica. Probablemente ésta se reprodujo asexualmente y la continua fijación de yemas, condujo a la aparición de especies polipoideas coloniales, llamadas hydroides, que hoy integran la mayor parte de los hidrozoarios.

**Clase Scyphozoa:** En esta clase se encuentran las conocidas medusas o aguas malas. Son pelágicas y con predominio de la fase medusa en su ciclo vital. Tienen mayor tamaño que las hidromedusas, la forma de la campana es muy variable y carece de velo. Poseen una estructura llamada «manubrio», su mesoglea es celular, el intestino está separado por tabiques, los cnidocitos son gastrodémicos y hay cierto desarrollo de los órganos de los sentidos. Las gónadas son gastrodémicas y los óvulos que salen por la boca, se desarrollan para formar larvas plánulas y dar origen a nuevos organismos.

**Clase Cubozoa:** Comprende las medusas con campanas, formadas por cuatro lados aplanados y bordes simples, con tentáculos umbrelares y con velo. Tienen cnidos especiales, muy potentes y la cavidad gastrovascular parcialmente compartimentada.

**Clase Anthozoa:** Son cnidarios polipoideos y carecen de la fase medusa. Presentan mesoglea celular, cavidad gastrovascular separada por tabiques, cnidocitos en los filamentos gástricos y gónada gastrodémica. Incluye la subclase (alcyonaria) de los octocorales. La organización colonial es característica en ellos y todos sus pólipos están interconectados, mediante una masa compleja de mesoglea y tubos gastrodémicos. A este grupo pertenecen las gorgóneas que presentan además, un esqueleto interno corneo, con espículas calcáreas. Además de los características expuestas, tienen un esqueleto interno corneo, con espículas calcáreas. Otra subclase es la Zoantharia, con un sistema más complejo y simetría hexámera birradial. Se incluyen en esta clase las anémonas (Orden Actiniaria). Son el principal grupo de antozoarios individuales y no poseen esqueleto. Los zoanthideos son similares a las anémonas y muchas de sus especies son coloniales caracterizadas por tener tentáculos diseminados radialmente. Los corales escleractíneos son coloniales casi por completo y son únicos por tener un esqueleto de carbonato de calcio externo. Por último, se destacan los anthipatarios (corales negros) con esqueleto característico, crecen en grandes colonias donde sus pólipos no se encuentran muy unidos. (Fig. 10).

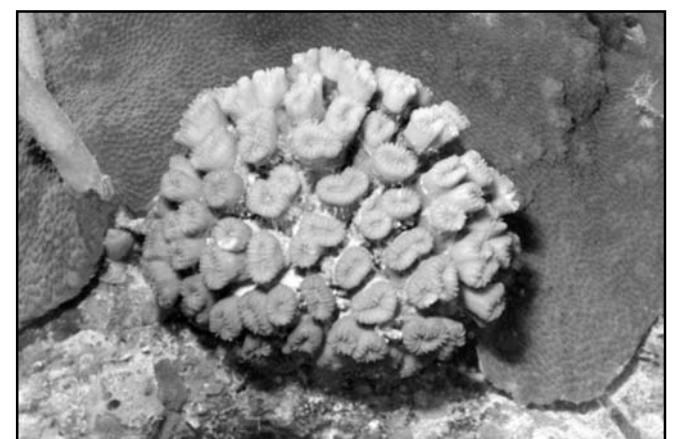


Fig. 10. Coral «Ramillete de novia».

## Gusanos marinos

El término «gusano» agrupa a aquellos invertebrados blandos de forma alargada y sin patas. Son bilaterales, por lo que el cuerpo se puede dividir en dos partes idénticas o similares si se traza una línea a lo largo de su eje longitudinal. Muchos son parásitos, por ello, los más conocidos. Una forma de clasificar los gusanos es la siguiente:

**Platelmintos:** Tienen el cuerpo aplanado y un sistema digestivo incompleto. Carecen de ano y sistema circulatorio. En su mayoría, parásitos (tenia y duela del hígado). Los marinos son de vida libre.

**Asquelmitos:** Son los gusanos cilíndricos con cutícula. El tubo digestivo está completo, no tienen sistema circulatorio. Ej.: gusanos filiformes parásitos como el ascaris.



**Anélidos:** Comprende los gusanos anillados, con el cuerpo dividido en segmentos. Algunas especies viven en el mar (los poliquetos), otras en agua dulce (las sanguijuelas) y en la tierra (las lombrices).

Los gusanos marinos están representados en 12 filos (en latín *Phylum*, que es el nivel sistemático superior del Reino Animal) a partir de él se dividen los ordenes, clases, familias, géneros y especies.

Estos filos se unen para su estudio según la presencia o no de celoma (cavidad del cuerpo que separa la piel de los diferentes órganos del animal). La aparición del celoma fue un importante paso en la evolución animal. Se muestra en algunos grupos de vermes o gusanos marinos. De estos 12 filos se tratarán los tres más representativos: los platelmintos o gusanos planos (sin celoma), los nemátodos o gusanos cilíndricos (pseudocelomados) y los anélidos o gusanos anillados (con celoma).

**Platelmintos o Gusanos Planos:** Conocidos como «planarias», pertenecen al *phylum platyhelminthes*, compuesto por 4 clases; 3 de ellas agrupan organismos parásitos como la tenia y la fasciola del hígado. Solo la clase Turbellaria, presenta organismos de vida libre (dulceacuólicas o marinos).

**Clase Turbellaria:** Pertenecen las conocidas planarias, de forma cintada, discoidal o foliosa, siendo más planos cuanto más ancho sea el animal. **Los turbelarios** tienen tamaño muy variable, entre unos pocos milímetros y centímetros, hasta las especies que alcanzan un metro de longitud. Las más grandes presentan colores bastante llamativos. Son bentónicos, viven sobre las rocas o entre las algas y las más pequeñas entre los granos de arena del fondo. Se alimentan de pequeños organismos o de las algas que crecen sobre las rocas. Cubren y paralizan a sus presas mediante secreciones y la primera digestión es externa. Carecen de aparato circulatorio, el sistema digestivo es incompleto (no poseen ano). Su forma plana con los tejidos próximos a la superficie del cuerpo, junto a los cilios que le rodean, facilitan el intercambio de gases y nutrientes con el medio a través del epitelio.

Tienen dos formas de reproducción asexual: Por yemas y zooides, que originan otro animal que se separa por fisión y por fragmentación del cuerpo de un animal, y la posterior regeneración de las partes que faltan en cada fragmento.

Los turbelarios son hermafroditas con fecundación interna y cruzada. Es decir, ambos animales se fecundan. El aparato masculino consta de dos testículos, un espermaducto, una vesícula seminal (que almacena los espermatozoides durante un tiempo) y un pene final que puede estar armado de un estilete. El femenino consta de dos ovarios, oviductos, un receptáculo seminal, una bolsa copuladora y un gonoporo. La cópula consta de una danza previa y la posterior fecundación.

Observaciones en el laboratorio han hecho posible la «descripción de la inseminación hipodérmica» como la más generalizada. En esta fecundación el pene en forma de estilete, hinca al compañero (lo «apuñalan»), introduciéndole la esperma directamente a través de la piel. En el interior de la cavidad corporal los espermatozoides buscan los oviductos, para fecundar los óvulos guardados en el receptáculo seminal. Se demostró también que, estos animales buscan fecundar y evitan ser fecundados, esto es, actuar como machos y evitar el papel de hembras, ya que en el último caso deberán de sanar las heridas y desarrollar los huevos, mientras que el animal que fecunda solo pasará el esperma a su compañero y una nueva generación con sus genes seguirá su curso sin más esfuerzo.

Los huevos son de gran tamaño. La puesta, se produce en rocas o algas y generalmente los huevos encapsulados poseen un pedúnculo. Presentan larvas nadadoras, que usan unas bandas de cilios y prolongaciones en forma de brazos para nadar; así permanecen varios días en la columna de agua hasta que reabsorben los cilios y los brazos pasando a tener vida bentónica.

Lamentablemente este grupo no se ha estudiado en Cuba, por lo que es uno de los vacíos que existen en la diversidad biológica marina cubana.

**Nemátodos o gusanos cilíndricos:** Pertenecen al *phylum nematoda* y forman el mayor grupo de asquelmintos

o nematelmintos, con 80 000 especies descritas, aunque los investigadores calculan que existen alrededor de un millón de especies.

Son gusanos alargados, redondos, con una cubierta llamada cutícula y un cuerpo mantenido por un fluido bajo presión. Son abundantes, aunque apenas perceptibles, viven en el suelo y en los sedimentos marinos y de agua dulce. En aguas continentales, se encuentran en grandes lagos, charcas temporales, incluso en manantiales con aguas hasta 53 °C y en el agua de plantas epífitas. Algunos nemátodos terrestres parasitan plantas y animales y pueden causar enfermedades graves, por lo que su estudio es de suma importancia para la economía.

**Nemátodos marinos:** Casi todos son de vida libre, se encuentran especialmente en hábitats con intensa descomposición de materia orgánica, por lo que son ideales para detectar contaminación o lugares muy enriquecidos, esto los ha hecho un grupo importante en los estudios ecológicos, de contaminación, remediación ambiental marina, etc. También existen en el mar especies parásitas, que atacan a todos los grupos de plantas y animales.

Habitan desde los polos hasta los trópicos, y desde las costas hasta las profundidades oceánicas. Son bentónicos, viven en los espacios intersticiales creados por los granos de sedimento, entre las algas y en las pequeñas oquedades de las rocas. Generalmente pertenecen a la meiofauna donde conforman el taxón más diverso y abundante, tanto en sustratos duros como blandos. Se alimentan de diatomeas, algas, hongos y bacterias.

A pesar de sus formas de vida tan diversas, conservan una asombrosa uniformidad estructural, a simple vista todos son iguales. El cuerpo es alargado, filiforme y de sección circular. Por lo general, son transparentes con superficie brillante. No hay cabeza diferenciada. Algunas especies de vida libre poseen prolongaciones de fijación que aparecen en forma más o menos constante en el extremo anterior del cuerpo. Muchos son microscópicos. Miden desde 0,2 mm hasta casi 1 cm de longitud, aunque la mayoría de las especies de vida libre miden menos de 2,5 mm.

Nadan intermitentemente en distancias cortas, pero se desplazan por el fondo marino. Algunas especies pueden reptar, con estructuras en forma de espinas o flechas en su cutícula se agarran al sustrato y contraen y alargan el cuerpo, desplazándose de esta forma. En otros casos se mueven como un látigo, para esto usan la fijación temporal con una estructura de gancho que tienen en la cola.

La reproducción es sexual y la fecundación interna. Son de sexos separados. En la mayoría de los casos el macho es menor que la hembra y la sujeta con un gancho que posee en el extremo posterior del cuerpo. Las hembras de algunas especies producen una feromona que atrae a los machos. Los huevos son pequeños, generalmente alargados y rodeados por envolturas muy duras, que les permiten esperar la aparición de condiciones ambientales adecuadas para eclosionar y que se desarrolle el nuevo individuo.

En Cuba el estudio de los nemátodos ha registrado cerca de 100 especies en diferentes zonas de la plataforma, pero es seguro que en un grupo de tan alta diversidad y abundancia, numerosas especies estén aún sin registrar e incluso sin describir para la ciencia.

**Anélidos o gusanos anillados:** Incluye 15 000 especies, entre las que se encuentran las lombrices terrestres, sanguijuelas y gusanos marinos segmentados.

La principal característica del cuerpo es la segmentación o metamerismo. Este carácter, se considera una ventaja para la especialización y formación de regiones en el cuerpo. Se plantea que esta segmentación apareció como una estrategia para cavar galerías y túneles en sustratos blandos de los fondos marinos primitivos. En el interior de cada segmento la cavidad celomática llena de líquido, se deforma por la acción de la musculatura externa del cuerpo, y así se logra alargar o ensancharlo para penetrar en el sustrato.

**Poliquetos:** Son una Clase del *phylum annelida* formada por 10 000 especies de hábitos marinos principalmente, reunidas en casi 90 familias. La gran diversidad y radiación del grupo ha hecho que se hayan adaptado a gran

variedad de medios y condiciones ecológicas diferentes, incluso aquellas extremas. Su tamaño varía entre menos de un milímetro de las pequeñas especies intersticiales y los 6 m de algunas especies tubícolas y excavadoras, aunque la mayoría mide entre 1 y 10 cm de longitud.(Fig. 11).

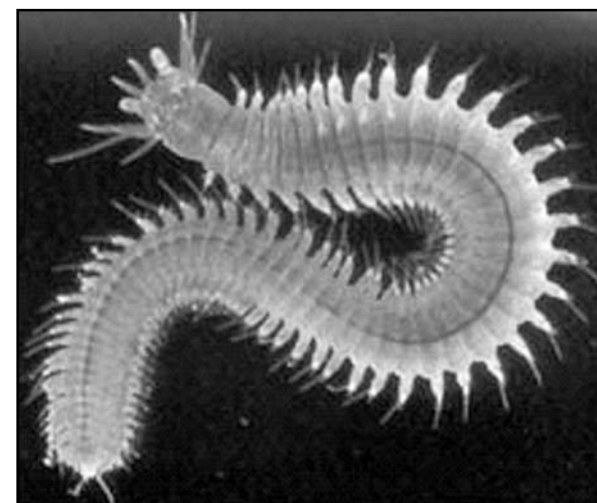


Fig. 11. Poliquetos marinos.

El cuerpo de un poliqueto está rodeado de numerosas «setas» (estructuras espinosas de constitución silíceas) que caracterizan a la clase y le dan nombre. Polychaeta viene del griego «Poly» que significa muchas y «Chaeta» que significa flecha o saeta.

Las diferentes morfologías de las «setas» se vinculan también a variadas funciones (locomoción, natación, excavación, con glándulas venenosas para la defensa, etcétera).

La diversidad de formas y hábitos de vida de los poliquetos conlleva múltiples tipos de alimentación:

**Depredadores:** Las especies de varias familias bentónicas y pelágicas se alimentan de gran variedad de organismos, incluso otros poliquetos. Generalmente tienen una faringe evaginable o proboscis con la que capturan a sus presas. Esta faringe posee en su extremo una serie de mandíbulas y maxilas y se expulsa con rapidez. En ocasiones están acopladas a glándulas venenosas que paralizan a la presa. Los animales viven enterrados en el fondo, en galerías o tubos y detectan a sus presas mediante sus antenas, se dirigen a ellas con cuidado y las atrapan con su faringe. Las presas son capturadas y llevadas bajo el sedimento para consumirlas poco a poco.

**Herbívoros, omnívoros y carroñeros:** Tienen una faringe eversible provista de dos mandíbulas cubiertas de pequeños denticillos o denticulos que emplean para rascar la cobertura de algas de la superficie de las rocas. Se alimentan de algas, detritos y otros invertebrados.

**Sedimentívoros no selectivos:** Se alimentan directamente del sedimento. Viven en tubos o galerías en forma de U en las que el agua entra por una de las aberturas del tubo y sale por la otra; el animal ingiere las partículas que llegan a la boca sin seleccionarlas, tanto las orgánicas de las que se alimenta como las inorgánicas.

**Sedimentívoros selectivos:** Poliquetos sedentarios tubícolas o excavadores que viven en galerías verticales, se alimentan seleccionando las partículas alimenticias del detritus. Poseen unos tentáculos largos que producen una sustancia mucosa. Los tentáculos se arrastran sobre el sustrato por medio de cilios y capturan las partículas de detritos que se adhieren al mucus formando un bolo alimenticio. Estas partículas son conducidas a la boca por medio de un surco ciliado en la base de cada tentáculo.

**Filtradores:** Poliquetos sedentarios en los que la cabeza o segmentos posteriores se transforman en estructuras filtradoras llamadas radiolas, las cuales crean una corriente de agua que lleva numerosas partículas en suspensión que son seleccionadas por hileras de cilios. Las partículas recorren el eje de la radiola por un canal ciliado hasta su base, a la vez que se produce un proceso de selección de las mismas en función del tamaño, es decir, que las más pequeñas circulan por la parte inferior del canal y sirven de alimento, y las más grandes por encima se dedican a la formación del tubo.

Muestran una alta capacidad de «regeneración» pueden regenerar el cuerpo entero desde un único segmento, especialmente en aquellas especies que tienen el cuer-

po indiferenciado. La reproducción asexual por gemación o fragmentación del cuerpo no es muy abundante pero existe en algunos grupos.

Lo más común es la reproducción sexual. Son dioicos, y tienen gónadas diferenciadas. En las familias más primitivas las gónadas se repiten en cada segmento, pero en los grupos más recientes las gónadas aparecen sólo en los segmentos genitales, casi siempre ubicados en la región abdominal del animal. Al alcanzar el gusano la madurez, el celoma está completamente lleno de gametos que dan un color característico al gusano. La expulsión de todos los gametos se realiza por el conducto gonadal, pero en ocasiones, por la rotura del cuerpo, lo que conlleva la muerte del animal.

La fecundación de los huevos se produce en el mar y es característica la presencia de una larva trocófora. Mediante un proceso de metamorfosis, la larva va adquiriendo más segmentos hasta que abandona la vida pelágica y se hace bentónica.

### Importancia de los poliquetos

- Estudios ecológicos: Constituyen el mayor componente en los sedimentos en términos de número de especies e individuos. En algunas zonas geográficas alcanzan diversidades sorprendentes; se han encontrado 800 especies en sólo 10 m<sup>2</sup> de sedimento. En arrecifes coralinos logran densidades de 49 mil poliquetos /m<sup>2</sup>.
- Reciclaje de la materia orgánica: Reciclan gran parte de la materia orgánica de la zona litoral, al utilizar las partículas como alimento, en la formación de tubos donde viven etcétera.
- Modifican el fondo marino: Cambian la concentración de gases disueltos, la mezcla del agua intersticial, la consistencia del sedimento y la dinámica de los contaminantes.
- Indicadores de contaminación: Son útiles para estudiar el efecto de los contaminantes en las comunidades marinas. Al ser sedentarios o tener poca movilidad sus comunidades permiten evaluar diversos grados de perturbación y contaminación del fondo.
- Especies pioneras: Algunas especies se reconocen como indicadores de contaminación. Funcionan como especies pioneras pues son las primeras en colonizar zonas perturbadas.
- Cadena trófica: Ocupan varios niveles en las cadenas alimenticias como presas o depredadores. Constituyen una fuente de alimento importante para diversos organismos que habitan el fondo y la masa de agua y presentan una elevada productividad.
- Importancia económica: Representan una fuente de nutrición balanceada para el cultivo de peces y crustáceos. En las industrias pesquera y deportiva, se usan como carnada viva. Algunas especies se utilizan como animales ornamentales.

**Poliquetos flotantes o pelágicos:** Dentro del zooplancton, los poliquetos de las familias Alciopidae y Tomopteridae son una parte importante de la comunidad, ya sea como habitantes temporales larvas, juveniles y estadios reproductores de poliquetos bénticos, o como habitantes permanentes.

Necesitan ciertas adaptaciones que les permitan flotar y para ello tienen pequeño tamaño y forma esférica, ovalada o lanceolada, con proyecciones que disminuyan la posibilidad de hundimiento. Miden pocos milímetros y son sumamente delgados, como hebras de hilo. Sus parápodos se han modificado a manera de estructuras membranosas. Tienen que defenderse de los depredadores, por ello, son incoloros y con ojos grandes (similares a los de los vertebrados).

Constituyen un alimento primordial para peces de importancia comercial, de ahí su importancia dentro de la cadena trófica. Otras especies son «indicadoras», claves en los estudios oceanográficos.

**Gusanos con escamas:** Pertenecen a las familias Polynoidae, Sigalionidae y Acoetidae. Se les conoce así porque presentan dos hileras de pequeñas escamas llamadas élitros dispuestas sobre el dorso. Éstas son expansiones laminares de la epidermis dispuestas sobre

algunos o todos los segmentos. Pueden ser muy pequeñas y solaparse entre sí cubriendo totalmente el cuerpo como pequeños escudos. Están cubiertos de pequeñas papilas y/o gruesas estructuras endurecidas que les permiten confundirse con el sustrato. De esta manera, constituyen una coraza que les protege de la depredación y facilitan la circulación del agua sobre el dorso.

Por lo general miden unos centímetros, aunque algunas especies son de mayor tamaño y tienen numerosos segmentos. El *Eupoloydotes batabanoensis*, es una especie «tipo» cubana, colectada por primera vez en el Golfo de Batabanó, alcanza los 50 cm de largo y de 1,5 a 2 cm de ancho, está considerada como una de las mayores especies del Caribe.

Tienen vida libre, sobre rocas coralinas y algas, muy frecuentes en los arrecifes. Muchas especies viven asociadas al cuerpo de organismos como pepinos, estrellas de mar y moluscos de donde obtienen refugio y algunos recursos alimenticios.

**Poliquetos con fuertes mandíbulas:** En las familias del orden Eunicia se encuentran desde las especies más pequeñas, con menos de un milímetro, hasta las más grandes que llegan a medir 6 m de longitud con más de un millar de segmentos. Viven enterrados en la arena, en oquedades de rocas coralinas perforadas por ellos mismos, dentro de tubos, o dentro de esponjas, donde forman un tubo apergaminado.

Su complejo aparato maxilar, está constituido por una mandíbula y una serie de maxilas, estructuras mineralizadas con aragonita o calcita. Estas fuertes estructuras mandibulares les permiten ser activos depredadores de los ecosistemas arrecifales y a la vez les permite perforar las rocas calcáreas haciendo largas galerías donde habita.

Algunas especies han sido aprovechadas por el hombre, principalmente como carnada para la pesca, lo que ha dado origen a granjas productoras de poliquetos.

Sin embargo, uno de los usos más interesantes de algunas especies es el que se les da en algunas islas del Pacífico, donde a pesar de su aspecto poco apetecible los pobladores utilizan al poliqueto (género *Palola*) siendo considerado un manjar exquisito. Vive en el arrecife, en oquedades de donde no es fácil de sacar pero en su época reproductiva abandona el refugio y nada libre en grandes cantidades, momento en el cual es capturado, junto con las masas de huevos que se liberan en la columna de agua. Esto es llamado por los nativos «la noche del Palolo».

**Gusanos Espaguetis:** Se les llama así a los miembros de la Familia Terebellidae, debido a sus largos y delgados tentáculos que alcanzan hasta 1m de longitud cuando están totalmente extendidos sobre el suelo marino. Estos tentáculos son usados en la captura del alimento y secretan sustancias mucosas envuelven las partículas que dirigen a través de los canales ciliados presentes en los tentáculos hacia la boca, localizada en el extremo anterior del cuerpo.

Son sedentarios, pasan parte de su vida bajo rocas, dentro de galerías o en el fondo arenoso. Utilizan granos de arena, pedazos de conchas, corales, para construir tubos y les dan consistencia con una sustancia específica para ello. Mediante estos tubos se protegen de los depredadores (principalmente los peces).

Los terebellidos se encuentran principalmente en aguas limpias y oxigenadas, por lo que su presencia en un sitio determinado denota un estado saludable del acuatorio. Son responsables del movimiento y renovación de las partículas de sedimento y arena del sustrato, lo que propicia el reciclaje constante y dinámico del fondo marino. Aunque su apariencia es robusta, son frágiles al tacto.

**Gusanos de Fuego:** Pertenecen a la familia *Amphinomidae* y viven en aguas someras, entre los pastos marinos y los corales. El cuerpo es voluminoso, con setas quebradizas que penetran la piel de los organismos, y dan la sensación de quemadura, de ahí su nombre común. Cuando el animal se siente amenazado se enrolla y dispone todas sus setas como un cinturón de espinas erectas, de esta manera ningún atacante podrá acercarse.

Hay especies voraces depredadores, que tragan enteros a los caracoles pequeños, otros atacan los pólipos de corales duros y blandos y a las anémonas, sobre los cua-

les, mediante enzimas logran digerir parcialmente afueras. Existe un grupo de especies que ataca a los peces en las redes ocasionando pérdidas en las pesquerías.

**Poliquetos de las grandes profundidades:** Las «chimeneas hidrotermales o fumarólas oceánicas» son ambientes submarinos muy particulares que se encuentran a más de 2 000 m de profundidad, semejantes a pequeños volcanes en erupción que lanzan productos muy tóxicos a muy altas temperaturas (hasta 400 °C). Este producto se mezcla con las aguas frías de los abismos oceánicos. En estos ecosistemas predominan los poliquetos con diversidad de especies y tamaños. Fueron identificados con el nombre de «gusanos de Pompeya» (la especie *Alvinella pompejana*) al ser unos de los pocos organismos multicelulares que viven en tan elevadas temperaturas y la resistencia se debe a los millones de bacterias habitantes en su cuerpo encargadas de absorber el calor ambiental externo.

Los poliquetos de mayor tamaño, llamados «Rifitas», viven en las fuentes hidrotermales pueden alcanzar hasta 3 m de largo y se fijan al fondo de las profundidades marinas. De uno de sus extremos sale un penacho rojo que se retrae al sentir algún disturbio. Esta especie fue identificada como un poliqueto 10 años después de su descubrimiento y aún hoy, su reproducción es una incógnita para la ciencia.

**Flores marinas (Sabellidae y Serpulidae):** Son dos familias de poliquetos tubícolas conocidos como «flores marinas», pues su colorida corona radiolar semeja una flor. Cuando algo los perturba el penacho se oculta rápidamente dentro de su tubo. La brillante corona se ocupa de la respiración y la alimentación del animal.

Sus tubos son calcáreos y en muchos de ellos existe un sistema que funciona como tapón. Los sabélidos son filtradores de material en suspensión y cuentan con una eficiente capacidad para seleccionar partículas para alimentarse, las que dirigen hacia la boca con ayuda de cilios.

**Sabélidos:** Llamados también «gusanos plumero», tienen más de 500 especies (Fig. 12). Se encuentran sobre sustratos duros (rocas y corales), pero pueden ser abundantes en fondos blandos (praderas marinas y fondos fangosos en áreas aledañas a bahías). Algunas han resultado exitosas **especies invasoras**. Su tamaño, abundancia y tasa de filtración pone en peligro el reclutamiento de otros invertebrados locales, ya que capturan las larvas de crustáceos, moluscos y equinodermos e incluso de algunos peces.



Fig. 12. Sabelas o «gusanos plumeros».

**Serpúlidos («pinitos de Navidad»):** Se conocen más de 600 especies, casi todas habitan sustratos duros, pilotes de construcciones marinas, cascos de barcos, etc. Entre ellos existen especies invasoras, las cuales generalmente «viajan» pegadas a los cascos de los barcos como fauna incrustante, y de esta manera son dispersadas en diferentes regiones geográficas. Su impacto negativo se debe a su efecto incrustante que en su abundancia incide en la eficiencia de las embarcaciones. También se han encontrado impresionantes densidades de estos individuos en las tuberías de enfriamiento de las industrias costeras, donde se utiliza el agua de mar, lo que conlleva importantes problemas en el funcionamiento de estos sistemas.

**Poliquetos cubanos:** En Cuba se han registrado hasta el momento alrededor de 500 especies de poliquetos. De

ellas 54 son especies TIPO. Son el grupo dominante en la macrofauna de los sedimentos particulados, con densidades entre 1 500-3 200 ind/m<sup>2</sup>. En los sustratos rocosos son igualmente abundantes, con densidades entre 100-400 ind/l.

Aunque este grupo se considera de los más resistentes a cambios ambientales, las comunidades sufren modificaciones drásticas cuando estos se producen de forma brusca o permanente como el aumento de salinidad, temperatura, contenido de materia orgánica, disminución de oxígeno, degradación del hábitat, etc. En zonas del archipiélago cubano, las comunidades han disminuido en cantidad especies de 82 a 4 y en número de individuos de 458 ind/m<sup>2</sup> a 14 ind/m<sup>2</sup>, al aumentar la salinidad de 36 a 46 o/oo.

**Moluscos (caracoles, ostiones, pulpos y calamares)**

La presencia de los moluscos en la Tierra, según las evidencias fósiles, data de 570-550 millones de años atrás y su posición evolutiva, los sitúa después de los platelmintos y celenterados a partir de la aparición de los animales celomados. Se estima que surgieron de un tronco común que dio origen por un lado a los anélidos y por otro a los moluscos primitivos (sin quedar totalmente esclarecido quién de ambos grupos zoológicos apareció primero), por ello hay rasgos comunes en las fases larvales de ambos grupos. Aún hoy, faltan evidencias fósiles que propiciarían aclarar el rompecabezas de su evolución.

En las aguas someras del planeta, cuando las tierras aún no se habían separado totalmente, surgió y empezó a evolucionar el «molusco primitivo», este se describe hipotéticamente con simetría bilateral, pequeño (no más de 1 cm de largo), de forma oval, cubierto por una concha en forma de escudo, secretada por un tejido especializado llamado «manto». La superficie ventral era aplanada y musculosa y al ejecutar contracciones sucesivas, le permitía reptar por los diferentes tipos de sustratos. La concha protegía el blando cuerpo, pero al ser poco profunda, no le permitía al animal retraerse dentro de ella si era volteado y, por tanto, podía ser muy vulnerable al ataque de los depredadores.

La evolución en el paso de muchos milenios, favoreció la existencia de conchas cada vez más altas y más profundas, en las que el animal podía retraerse con mayor eficiencia. Este perfil cada vez más alto y cónico, si bien le permitía al animal un mejor refugio también tenía el inconveniente de ser poco manejable, este se resolvió con la «espiralización», o «arrollamiento» de la concha sobre la cabeza. Posteriormente, aún pendiente de solidez científica, la concha sufrió una torsión de 180° en sentido contrario, al movimiento de las agujas del reloj, y su perfil quedó más parecido al de hoy.

Estos cambios implicaron nuevos inconvenientes adaptativos, entre otros, la torsión del sistema digestivo en forma de «U», provocó la eliminación de los desechos metabólicos por encima de la cabeza y que el caracol se arrollara en forma plana (como una manguera en el suelo) y disminuyó su capacidad de protección. Con la evolución estos problemas fueron solucionándose, pues el animal pudo cambiar su morfología para crear corrientes de agua en su interior, las cuales, al salir, arrastraba los desechos. También la forma de arrollarse cambió, concentrándose alrededor de una estructura central que los fortalece sobre un perfil cónico. La hipótesis de la torsión de 180° se consolidó cuando se conoció que las larvas de los gasterópodos actuales vivientes, que tienen simetría bilateral en un principio, en su desarrollo, repentinamente se tuerce en forma de «U» como resultado del crecimiento asimétrico de dos músculos retractores.

La palabra Moluscos proviene del latín «mollus», significa cuerpo blando, son invertebrados y en la mayoría de las especies, su cuerpo está protegido por una concha calcárea externa. Los moluscos se dividen en siete clases, aparentemente, muy diferentes entre sí, pero con una organización que sigue un mismo esquema y con una embriología y desarrollo larval semejantes. Para llegar a su clasificación, los científicos recorrieron varios siglos y si hoy es uno de los grupos más estudiados y

conocidos, se debe al auge adquirido por las Ciencias y las Colecciones Naturales como entretenimiento entre los siglos XVIII y XIX.

La diversidad de especies de moluscos, está entre las más altas de todos los animales, sólo superada por los artrópodos, y continúa incrementándose. En 1985 se estimaba al nivel mundial la existencia de 100 000 especies de moluscos de todas las clases, la cual creció hasta 130 000 en 1993. Tendencia presente en Cuba, debido a que de 1501 especies de moluscos marinos, registrados hasta 1995, se incrementaron en más de un centenar hasta el presente.

**Clase Aplacophora:** Son moluscos de aspecto vermiforme, sin concha, con «rábula». Viven en su mayoría enterrados en el fango o reptando sobre corales, la cabeza es poco desarrollada, y el aspecto vermiforme se debe al enrollamiento ventral del manto. La biología ha sido poco estudiada, por tanto, no se sabe con certeza, ni el grado de especialización que tiene ni cuán primitivo es.

**Clase Monoplacophora:** Se pensaba que todos los individuos de esta clase fueran fósiles, sin embargo, en 1952 se encontraron ejemplares vivos. Como el nombre de la clase indica, poseen una sola concha, simétrica, con una forma que va de un escudo plano hasta la de un cono corto de algo más de 2,5 cm, en cuyo interior es característico las cicatrices de 6 pares de músculos. La superficie ventral del animal vivo se parece a un quitón, la cabeza tiene talla pequeña y un amplio pie aplanado. Son dioicos con fertilización externa. Su descripción es prácticamente idéntica a la del molusco primitivo.

**Clase Poliplacophora:** Este nombre significa muchas placas, debido a que la concha está dividida en 8 placas convexas transversales que se sobrelapan. Se consideran los moluscos más primitivos, por ciertas características de su anatomía interna y de su embriología, sin embargo, en otros aspectos son realmente especializados. Presentan una cabeza pequeña, un pie amplio y musculoso que le permite fijarse fuertemente en las rocas del diente de perro donde habita y es azotado por el oleaje. Su cuerpo tiene simetría bilateral, es ovoide y muy aplanado dorsoventralmente, su locomoción es muy lenta, y son vegetarianos.

**Clase Gastropoda:** Es la clase con más especies y mayor irradiación adaptativa, incluye especies terrestres y pulmonadas. Sus principales características son: un pie ventral musculoso, con forma de suela, que utiliza para reptar prácticamente sobre cualquier sustrato; mayor cefalización que el resto de las clases, exceptuando a los cefalópodos; una concha espiral asimétrica, que puede estar ornamentada y coloreada de muchas formas. Esta última característica, es la que los ha hecho tan populares, y son objeto de colecciones desde la antigüedad lo que propicia el amplio conocimiento que se tiene sobre esta clase. Pueden ser dioicos, hermafroditas o protándricos. La fecundación es interna y ponen huevos, con desarrollo directo o larval. (Fig. 12).

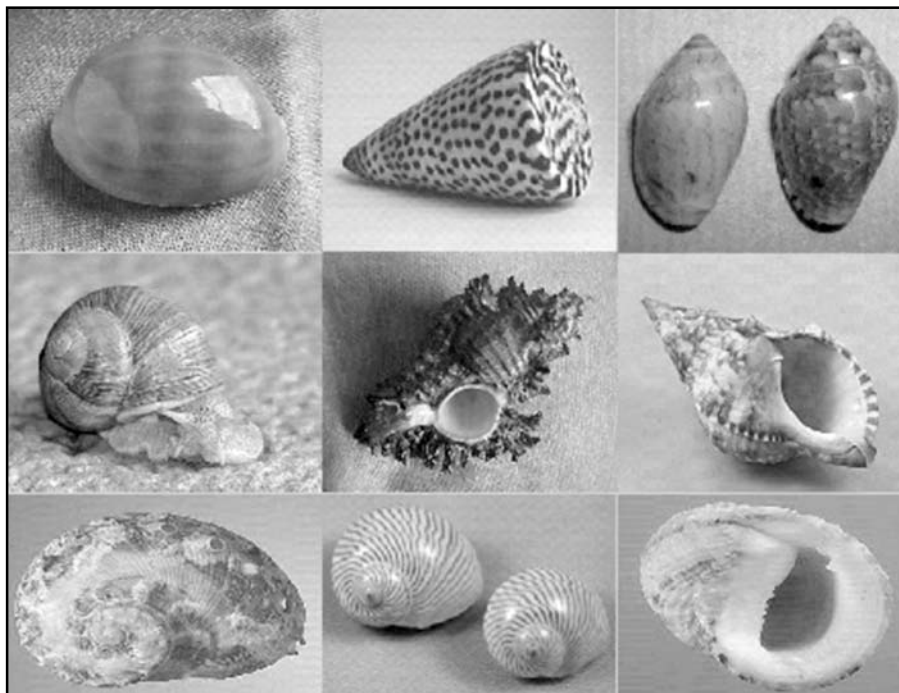


Fig. 13. Molusco gasterópodo.

**Clase Bivalvia (Fig. 14):** También nombrada Pelecypoda, por el pie en forma de hacha, y Lamelibranchia por las branquias en forma de láminas o lamelas. Su característica más sobresaliente es la concha dividida en dos valvas similares, comprimidas lateralmente y que se unen mediante un mecanismo llamado «charnela». Tienen una cabeza pequeña, la cavidad del manto es la mayor entre todas las clases, y las grandes branquias tienen de la función respiratoria y de recolectar alimentos. El mecanismo o charnela, mediante el cual abren y cierran las valvas, consiste en un ligamento formado por una proteína elástica y dos grandes músculos aductores adheridos a la concha, con lo cual logran un fuerte cierre. Las conchas pueden exhibir gran variedad de formas, ornamentaciones y colores, donde sobresalen los llamativos nacarados. Estas características morfológicas, les pueden ayudar en la tracción, protección, o reforzamiento de las conchas. La mayor parte de los bivalvos viven enterrados en sedimentos blandos con un nivel de traslación limitado, o fijos a sustratos diferentes.

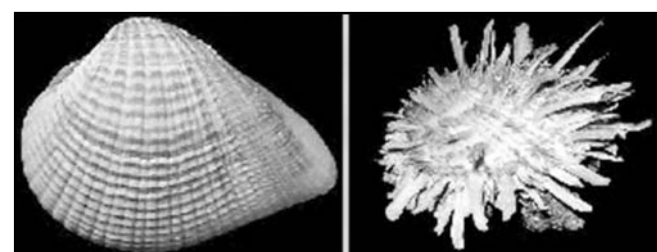


Fig. 14. Molusco bivalvo.

**Clase Scaphopoda:** Conocidos popularmente como colmillos de elefante, por su forma ligeramente alargada y curva, la parte cóncava del animal es su dorso. Son pequeños (de 3 a 6 cm), aunque existe una especie en Japón que puede alcanzar una talla de 15 cm. Se caracteriza por su concha tubular abierta por ambos extremos. En ocasiones muestra una forma semejante a un pepino. Los más parecidos a colmillos de elefante presentan un diámetro mayor en la parte enterrada, por esta abertura sale su pie de forma cónica y la pequeña cabeza, la parte más estrecha de la concha asoma ligeramente del sedimento blando donde viven enterrados en forma diagonal, a través de él entra y sale el agua con oxígeno o desechos. No tienen branquias y realizan el intercambio gaseoso a través de la superficie del manto. Se alimenta de organismos intersticiales como diatomeas. Son dioicos con fecundación externa.

**Clase Cephalopoda:** Es notable el alto grado de cefalización de este grupo. Son los moluscos más especializados y elevada organización, están adaptados en su totalidad a la vida libre con hábitos natatorios. Sus hábitos alimentarios los hacen depredadores por excelencia, cuentan con un par de ojos de considerable tamaño y notablemente parecidos a los de los vertebrados, así como unas poderosas mandíbulas en forma de pico. Cambia de color y escapa de quien los ataca expulsando una nube de tinta por el ano, la cual confunde al atacante.

Algunos cefalópodos pueden tener glándulas de veneno para paralizar a sus víctimas. Por la presencia de la concha se divide en tres grupos: lo de concha externa (Nautilus y Argo-nauta); los de concha interna, reducida notablemente (jibias y calamares) y los que han perdido totalmente la concha (los pulpos; ver figura 15)

**Alimentación:** Tienen todos los tipos de alimentación. El órgano especializado para esto es la rádula, con pequeños dientes serrados para raspar semejante a lo que llamamos «guayo». La forma de los dientes radulares es muy propia de cada especie. Los carnívoros como: los cefalópodos, múrex, polinices, opistobranquios, cassis, etc., se alimentan de peces, erizos, y otros moluscos. Para ello, poseen dientes transforma-

dos. Los herbívoros se alimentan de las hojas de la *thalassia*, o raspando la fina película de algas que se forma sobre las rocas, como son los cobos y quitones; entre los carroñeros se encuentran algunos nassarios y múrex, que además de ser carnívoros pueden alimentarse de animales muertos. Los detritívoros, se alimentan de las pequeñas diatomeas que viven en el detrito, ejemplo: columbellas, los *ceratium*s y los *modulus*; y por último, aparecen los parásitos que extraen los fluidos corporales del parasitado.

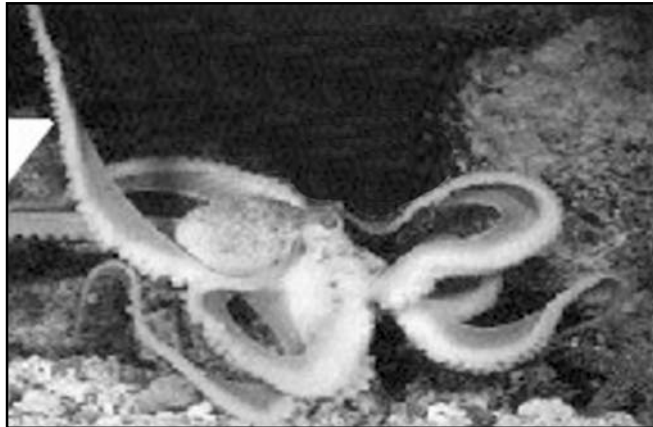


Fig. 15. Pulpo: Molusco cephalopodo.

**Locomoción:** Existen moluscos de vida sésil (*spondilus*, ostiones), otros son capaces de trasladarse mediante un pie ventral musculoso (*gasterópodos* y quitones) o por medio de un opérculo convertido en una uña (los cobos). Otros moluscos expulsan chorros de agua a presión que los impulsan (la lima), y en el caso de los pulpos se trasladan contorsionando los brazos.

**Reproducción:** Algunos moluscos son hermafroditas, otros protándricos (primero son machos y después hembras). Pueden ser dioicos con dimorfismo sexual. La cópula se efectúa con fecundación mutua. Los huevos de algunas especies son planctónicos, de los cuales sale una larva nadadora llamada «velíger». Mientras que otras especies realizan puestas de huevos.

**Crecimiento:** En los *gasterópodos* la concha es producida por glándulas especializadas presentes en el borde del manto, y el pie es con frecuencia la fuente del material de la concha. En algunas especies, este manto cubre todo el caracol, creando continuamente material coloreado y muy brillante sobre toda la superficie. El crecimiento se produce en algunas especies durante toda la vida, mientras que en otras se detiene cuando alcanzan la madurez sexual. El color de sus conchas se produce durante el crecimiento, por dos bandas de células, una de ellas muy especializada ubicada en el borde del manto que funciona alternadamente, produciendo disímiles patrones de banda sobre un fondo de color constante. En el caso de los Bivalvos, las dos conchas son producidas por el manto, que envuelve al animal como las tapas de un libro. En algunas especies el manto está libre, y solamente fijado a la concha en su margen posterior, sin embargo, en otras se encuentra fusionado a todo el margen de ambas conchas. La concha calcárea externa de todos los moluscos tiene tres capas (interna, media y externa) y periostraco quitinoso externo. Una parte de la concha es depositada por el borde engrosado del manto, mientras que una pequeña parte especializada del manto produce la superficie nacarada o perlada.

**Tamaño:** La talla de los moluscos es variable. Los hay microscópicos, y también gigantes como la *Tridacna gigas*, bivalvo sésil de las barreras coralinas del Océano Pacífico que llega a pesar 550 libras y medir 1,3 m de ancho, o los calamares gigantes (género *Architeuthis*), el mayor de los invertebrados vivos, de 18 m de largo. En muchas especies la talla de la hembra puede sobrepasar de 5 a 10 veces la del macho. Además de las características de cada especie, la talla de los moluscos, depende de las condiciones ambientales y de la alimentación.

**Edad:** Algunos moluscos pueden vivir unos 2 años, sin embargo, existen especies como el cobo y el *cassis* que alcanzan los 25. El caso más notable es el de la especie *Tridacna gigas*, que se estima llega a 100.

### Importancia de los moluscos

En Cuba, los restos de sus conchas son una fracción importante de los sedimentos arenosos del fondo marino, además, resultan un componente significativo de la dieta de otras especies marinas y del hombre.

Los moluscos y el hombre se han visto estrechamente ligados desde mucho antes del nacimiento de las civilizaciones, ya que el hombre los ha utilizado como alimento, o implementos como armas y diferentes herramientas, ornamentos, instrumentos musicales y hasta dinero, muchos de estos usos ha continuado hasta la actualidad. En algunas islas coralinas como Barbados, por ejemplo, donde no existían abundancia de piedras casi todos los utensilios domésticos, incluyendo cuchillos y hachas eran fabricadas con las conchas de moluscos. En la medida que las civilizaciones avanzaron en su desarrollo y se hicieron más complejas, se incrementó la especialización en el uso de ellos, y su intercambio, el cual se produjo desde lugares muy remotos. En 1895, en una tumba de un hombre de cromañón, en una cueva en Francia, se encontró un caracol llamado Casco Rojo cuyo origen es el Océano Indo-Pacífico; este caso no fue único, en Inglaterra también se encontraron dos especies diferentes de cypreas procedentes del mar Rojo y del Indo-Pacífico.

Alrededor de 1500 años los fenicios traían a Roma desde el Líbano, grandes cargamentos del molusco llamado púrpura. Los romanos le extraían un tinte de color violáceo, para teñir sus togas en dependencia del abolengo de cada miembro. Por esa época también comenzaron los romanos el cultivo artificial de ostras, plato muypreciado en sus mesas. El cultivo de bivalvos se ha incrementado con el paso de los años, y se ha convertido en una industria importante en muchos países como: España, Francia y diferentes países asiáticos, encabezados por Japón. En la industria ostrícola ocupa un lugar particular el cultivo de ostras perleras.

Los moluscos son objeto de pesquerías directas, como las de los calamares y los pulpos, las cuales suman más de 1,7 millones de toneladas anuales alrededor de todo del planeta, para ser consumidas frescas. Además, constituyen materia prima de una industria de conservas diversas. La industria de botones de nácar es muy antigua y aún existe a pesar de la fuerte competencia de la industria del plástico.

No todos los moluscos son beneficiosos al hombre, los hay que taladran pilotes de muelles (litófaga) y los cascos de las embarcaciones de madera (teredos) con el consiguiente deterioro y gasto por reparaciones. Otros se alimentan de bivalvos, y se convierten en plagas en los cultivos de éstos. Los hay muy venenosos como los conos del Pacífico que pueden matar a una persona si es pinchada por él. Los moluscos han sido más útiles al hombre que dañinos, sin embargo, el hombre no ha tenido en cuenta que esta relación ancestral tan beneficiosa, puede ser dañada por su agresión al medio ambiente, por efecto de la contaminación con petróleo, aguas albañales, sin tratamiento previo, o por metales pesados.

En ocasiones, especies de moluscos de gran talla y crecimiento lento, son extraídas de las poblaciones silvestres, sin conocer exactamente su ciclo de vida, limitando su reproducción, este fue el caso del cobo cuyas poblaciones fueron muy sobre explotadas poniendo en riesgo su existencia, lo que hizo necesario su protección. Las ferias de productos artesanales afectan las poblaciones naturales, si no se establecen regulaciones y controles específicos. Se piensa que la muerte de calamares gigantes (el mayor invertebrado del planeta) se debe, entre otras causas, a maniobras militares que perturban su hábitat en las profundidades marinas. Ningún esfuerzo es en vano para evitar que, la ancestral relación hombre-molusco se dañe por acciones indebidamente controladas.

### Crustáceos. Equinodermos y Tunicados (ascidias)

**Crustáceos (langosta, camarones, cangrejos):** El más amplio y exitoso grupo taxonómico del planeta es el *Phylum* de los artrópodos, y comprende alrededor de un

millón de especies de insectos, crustáceos y arácnidos, entre otros. Sólo los crustáceos habitan en el mar y en agua dulce e incluso sobre tierra firme. Se conocen más de 10 000 especies de crustáceos, de las cuales más de 1 000 están presentes en las aguas cubanas (Fig. 16). Al igual que los insectos predominan en la tierra, se considera que los crustáceos predominan en el mar.



Fig. 16. Crustáceo: Langosta.

El estudio de los crustáceos marinos ha tenido gran trascendencia y atención en el desarrollo de las ciencias, ya que han sido los recursos marinos más notables e importantes en la pesca artesanal e industrial de todos los tiempos. Tal es el caso de los camarones peneidos, que desde el punto de vista económico se han mantenido en primera línea como recurso comercial representando sus capturas aproximadamente 25 % del total nacional. Además de los camarones, las langostas, cangrejos, jaibas, camarones no tradicionales, etc., son los crustáceos con mayor perspectiva pesquera potencial. Ciertas especies del área intermareal, esteros y lagunas costeras son consideradas también recursos pesqueros; algunas se emplean como indicadoras para evaluar el grado de contaminación, otras están ligadas a un hábitat muy específico y funcionan para definir la sucesión ecológica, por último, aquellas que únicamente impactan en la cadena alimentaria.

Los crustáceos están distribuidos en todas las aguas del mundo (continentales y oceánicas), y también en tierra, relegados, fundamentalmente, a lugares húmedos. La mayoría de las especies son pequeñas, pero manifiestan gran variedad de formas, coloraciones y hábitos, como los pertenecientes a la clase que incluye a los invertebrados de mayor tamaño, «la langosta», que puede alcanzar los 60 cm de longitud, y el cangrejo araña japonés, con una longitud sorprendente de 3,6 m de extremo a extremo de sus patas. La mayoría de los crustáceos son de vida libre, pero los cirripodos, entre los que se incluyen las bellotas de mar (*Balanus*), las anatifas (*Lepas*) y los percebes (*Pollicipes*), son de vida sésil (se fijan siempre sobre un determinado sustrato).

Poseen un esqueleto externo que protege a los órganos internos y facilita puntos de inserción a los músculos. Tal exoesqueleto está constituido por quitina (sustancia parecida en su composición y propiedades a la celulosa) endurecida por impregnaciones de yeso. El endurecimiento del exoesqueleto es parte y éxito del proceso evolutivo como se ha visto en capítulos anteriores. En su cuerpo se distinguen dos partes principales: la «cabeza», que resulta de la unión de la zona cefálica con el tórax (cefalotórax), y la «cola» o (abdomen), formado por segmentos que varían en número y forma y en cada uno de ellos se localiza un par de apéndices o «patas» que desarrollan funciones específicas. El abdomen puede estar extendido, como en el caso de los camarones, o doblado debajo del cefalotórax, como en los cangrejos, que termina en tres apéndices que forman la «nadadora caudal».

En la región cefálica poseen los apéndices sensoriales (dos pares de antenas), los ojos, generalmente sostenidos por pedúnculos y los apéndices al servicio de la boca que se abre en la región ventral, constituyendo un par de mandíbulas y dos pares de maxilas. Los apéndices del abdomen intervienen en la reproducción (en el transporte de los huevos y cuidado de las crías).

Toman el oxígeno disuelto en el agua para realizar su respiración, a través de las branquias, localizadas a los lados del cefalotórax. Éstas se modifican para tomar aire

atmosférico, como sucede en los cangrejos que pasan largos periodos fuera del agua. Su aparato digestivo es muy variable, son principalmente carnívoros, aunque en sus fases de larvas y juveniles son herbívoros o filtradores de plancton.

La *reproducción* en los crustáceos es «sexual» y «asexual» y pueden presentar «partenogénesis» (desarrollo de *huevo*s no fecundados, es poco frecuente). En general, tienen sexos separados; no obstante, algunos (los *parásitos* y la mayoría de los percebes) son hermafroditas simultáneos (macho y hembra) y realizan fecundación cruzada, aumentando el número de parejas y la autofecundación como último recurso. Hay crustáceos que cambian de sexo al ir envejeciendo. Muchos manifiestan curiosas conductas de cortejo y los machos pueden hasta pelear por la hembra. Existe un notable dimorfismo sexual en muchas especies (ejemplo el centolla), ya que los machos y las hembras muestran diferencia en tamaño, forma del cuerpo y de las pinzas, etc. En determinados parásitos de copépodos e isópodos, los machos son más pequeños que las hembras.

Algunas especies tienen un desarrollo directo, es decir, del huevo sale un individuo similar al adulto; sin embargo, la mayoría pasa por un estado de *larva* antes de llegar a ser adulto. Los crustáceos marinos, las crías presentan una o más fases larvianas, durante las cuales no se parecen en nada al adulto. Los crustáceos de agua dulce y terrestre carecen de fase larvaria, a excepción de aquellos que regresan al mar para reproducirse. Tras la fecundación los huevos en desarrollo suelen quedar a cargo de la madre hasta que alcanzan la fase larvaria o postlarvaria. Los copépodos presentan un par de bolsas a ambos lados del abdomen, donde depositan los huevos. Las langostas y camarones llevan los huevos unidos a sus apéndices abdominales. Algunos viven en parejas macho y hembra o son gregarios, pero no forman sociedades bien organizadas. Los crustáceos más pequeños viven sólo unos días, pero los más grandes pueden vivir décadas.

La mayoría de los crustáceos, en su crecimiento, desprenden y abandonan el caparazón (muda) que originalmente los cubre, para aumentar el tamaño y forma otro nuevo. Las investigaciones realizadas sobre los ciclos de muda en los crustáceos han permitido descubrir que están regulados por hormonas y que los factores ambientales juegan un importante papel. El período de muda es uno de los momentos en que se registra mayor mortalidad ya que, como se ha visto, desaparece el caparazón, su máxima protección contra los predadores. Desde que se inicia la muda hasta que el nuevo caparazón está totalmente endurecido se convierte en presa fácil. Durante el crecimiento aumenta el período intermuda, es decir, en el primer año de vida sufren muchas mudas, mientras que al llegar a adultas lo hacen pocas veces. Los ejemplares de mayor tamaño frecuentemente presentan en sus caparazones adherencias de otros organismos incrustantes, testimonio de que han llegado al «techo» del crecimiento y que, por tanto, rara vez acontecerá otra muda.

Muchos crustáceos (particularmente los decápodos) poseen la facultad de la autonomía o amputación, y se liberan de sus patas torácicas o quelas cuando la situación así lo requiere.

Resulta familiar el hecho de que algunos crustáceos se asocien con otros animales, tanto invertebrados como vertebrados para obtener beneficios mutuos (la anémona y el cangrejo ermitaño), este fenómeno se conoce como «comensalismo». Con sus tentáculos la anémona defiende al cangrejo de sus depredadores y éste aporta a la anémona posibilidades de desplazamiento así como residuos de su alimento.

Otros crustáceos testimonian el comensalismo con animales vertebrados (el camarón limpiador asociado a determinados peces), el primero se nutre de los parásitos del segundo, obviamente ambos se benefician.

Existen diversas formas de agregación relacionadas con la migración, la protección, la muda, la reproducción y la conducta general entre los organismos. Un ejemplo son las largas procesiones de langostas o los densos grupos de centollas. Muchos crustáceos pelágicos también están sujetos a migraciones verticales, condiciona-

das por el factor «luz». Durante la noche ascienden hacia las aguas más superficiales, ricas en fitoplancton y descienden a capas más profundas durante el día.

Al igual que para otros organismos marinos, el plancton juega un importante papel en los crustáceos, porque aunque algunas especies son consumidas directamente por el hombre, otras indirectamente, como miembros del plancton forman parte de valiosas especies comerciales. Algunas especies de crustáceos han sido objeto de cultivo, el caso más exitoso es el camarón, que se realiza de manera industrial en Japón y a menor escala en España. En México básicamente se ha mejorado el medio donde vive, dragando las bocas de las lagunas litorales y conectando los ríos, con el fin de llevar el agua dulce necesaria para el crecimiento de las fases larvianas que se desarrollan en estos ecosistemas.

### **Equinodermos (erizos, estrellas y pepinos de mar)**

La palabra «equinodermo» de origen griego significa «piel espinosa» y es con la que se designa zoológicamente a las estrellas de mar, los erizos, crinoideos y pepinos de mar. En la actualidad se conocen alrededor de 6 500 especies, las cuales viven desde la zona litoral hasta en las oscuras profundidades marinas. Tienen características tan específicas, que los sitúan completamente a parte de los demás grupos de organismos. Los equinodermos han dejado fósiles que datan su origen en millones de años. A pesar de que la mayoría de los vivientes, en etapa adulta, se distinguen por su simetría penta radial (pueden ser divididos en cinco partes alrededor de un eje), ninguno de ellos guarda relación con los organismos marinos que se distinguen también por este tipo de simetría. Tal disposición parece ser la más idónea para su tipo de vida sobre los fondos del océano, sin embargo, evolucionaron a partir de un ancestro con simetría bilateral.

Anatómicamente, los equinodermos son únicos y bajo su superficie, tienen un esqueleto interno formado por pequeñas placas calcáreas. En los erizos, el esqueleto está integrado por placas rígidas, esculpidas delicadamente y unidas de tal modo que constituyen un sólido y bello caparazón en forma de rosca. En las holoturias, o «pepinos de mar» las placas son muy pequeñas (casi microscópicas), blandas al tacto, y delicadamente esculpidas en diferentes formas, según la especie. Lo anterior sustenta la clasificación de estos animales. En las estrellas de mar las placas están articuladas y se ven como nódulos irregulares.

Los equinodermos poseen un sistema acuífero-ambulacral que funciona a base de agua salada y sirve para varios fines. El más importante es la locomoción. Cuando el animal necesita moverse, induce la presión del agua en dicho sistema y extiende y contrae a los pequeños tubos que tiene a lo largo de la parte inferior del cuerpo, los cuales funcionan como pie. El esfuerzo coordinado de cientos de estas diminutas extremidades, con una especie de ventosa en sus extremos, le permite moverse por el fondo y subir por cualquier superficie.

La vida de estas especies es fascinante, en algunos casos viven exclusivamente sobre el fondo marino y sus movimientos son bastante restringidos, otros son sésiles y pasan casi toda su vida en un mismo lugar. Las estrellas de mar, sin embargo, son grandes viajeros, se desplazan lentamente, pero en sus recorridos por el lecho del océano cubren grandes distancias en busca de alimento. No obstante su belleza e inofensivo aspecto, son quizás los seres marinos más voraces y decididos en sus ataques sobre sus presas, siendo interesante observarlas cuando, moviendo sin descanso sus tubos-pies, avanzan por el fondo venciendo obstáculos.

La reproducción entre machos y hembras produce diminutas larvas nadadoras, muy diferentes a sus padres. Durante algún tiempo las larvas forman parte del plancton y sufren una asombrosa metamorfosis que las convierte en pequeñas réplicas de los adultos, es entonces cuando pasan al fondo marino, donde transcurre el resto de su vida. Por los desplazamientos de las larvas, como parte del plancton, los equinodermos no quedan restringidos a

regiones geográficas específicas, y pueden ser encontrados en todos los mares del mundo, desde las cálidas aguas de los arrecifes de coral hasta las heladas corrientes del Atlántico del Norte. Son tan abundantes que, en ocasiones, cientos de ellos tapizan grandes extensiones del lecho marino.

Los equinodermos tienen sexos separados, o sea, funcionan como macho y hembra para reproducirse, pero algunos lo hacen asexualmente, por el sencillo método de dividirse en dos, aprovechando su poder de regeneración. Este es común en todos los equinodermos, si una estrella de mar pierde un brazo, pronto le crecerá de nuevo. Si una parte del cuerpo se fragmenta, siempre que conserve una porción del disco central, éstas darán origen a un nuevo individuo.

Los equinodermos se dividen en seis clases:

**Clase asteroidea (estrellas de mar):** Tienen un disco central del cual surgen cinco brazos. La boca está en posición central. El movimiento se debe al funcionamiento del sistema acuífero-ambulacral. Al observar una estrella de mar por su parte inferior, se ven pequeñas prolongaciones, son los llamados «pies ambulacrales» que utilizan para desplazarse. Las estrellas de mar son omnívoras; comen: peces, crustáceos, esponjas y algas, incluso a otros equinodermos. Tienen un modo de alimentarse, único en el mundo animal; al carecer de mandíbulas y dientes, cuando encuentran una presa proyecta el estómago hacia fuera del orificio que les sirve de boca, envuelven a su víctima y la digieren viva. El curioso enfrentamiento de una estrella de mar con una ostra es la mejor demostración de la fuerza y habilidad de la primera. Para vencer el poderoso sistema de cierre de las conchas de una ostra (se ha demostrado que se requieren 8 kg de tensión para superarla), la estrella mediante su sistema ambulacral aplica una fuerza continua, hasta que la ostra, cansada despega sus valvas. Hay estrellas de mar que se alimentan de coral: no se comen el esqueleto de carbonato de calcio, sino los pólipos que están en él. Avanzan sobre el coral y, con su estómago extendido, recubren una parte hasta que sus jugos digestivos disuelven a los pólipos; así continúan avanzando, y dejan solamente blanqueado y desnudo el esqueleto de coral.

**Clase echinoidea (erizos de mar):** Tienen el cuerpo redondeado, carecen de brazos o radios y están cubiertos de numerosas espinas móviles (Fig. 17). Constituyen un recurso importante de la industria pesquera, sobre todo, «las huevas» con la que se elabora una nutritiva pasta muy consumida en Japón y otros países orientales. Por sus espinas (largas, cortas o incluso redondeadas) son peligrosos para buceadores y bañistas. La especie conocida como *Diadema*, las púas dorsales alcanzan hasta 30 cm de largo. Tales «alfilereros vivientes» carecen de ojos, pero poseen áreas sensibles a la luz que reciben los efectos de sombras cuando se les acerca un depredador, y proyectan hacia este sus espinas de inmediato. Algunas especies tienen la capacidad de inocular sustancias tóxicas que pueden causar fiebre y otros males al hombre.

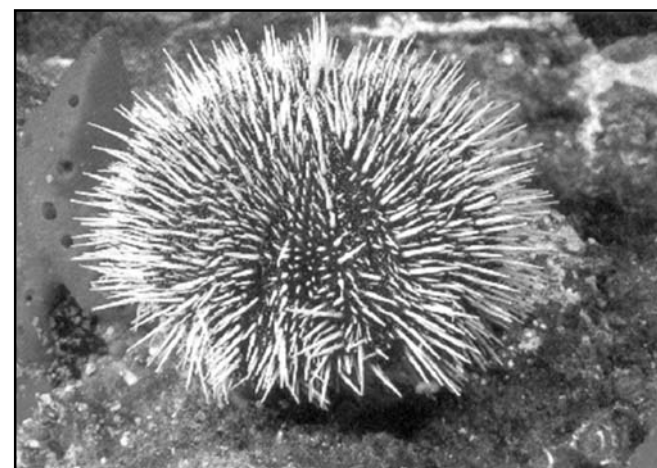


Fig. 17. Equinodermo: Erizo de púas blancas.

Las algas forman la dieta principal de los erizos, por lo que su sistema digestivo es más completo que el de las estrellas de mar. La llamada «linterna de Aristóteles», posee una mandíbula con cinco afilados dientes para

masticar el alimento. Cuando los erizos viven cerca de la superficie o en lugares donde el oleaje golpea fuertemente a las rocas, tienen las espinas más cortas que sus congéneres de zonas tranquilas o que habitan a cierta profundidad. Usan tales espinas para sujetarse en los huecos de las rocas. Otros equinodermos, como los llamados «galletas de mar» y «dólares», viven enterrados en las playas. Se alimentan con los detritos y materia orgánica que encuentran, al hacer pasar los granos de arena por su organismo.

La masiva presencia de estos animales puede indicar una mala calidad del agua, ya que son poco exigentes. No así sus únicos depredadores, las estrellas de mar, que si son muy sensibles a la calidad del agua. El erizo verde, que habita en los pastos marinos, figura como un elemento fundamental en la movilización de la energía acumulada por la vegetación: ellos consumen grandes cantidades de hierba de tortugas o seiba, pero la digieren muy poco, por lo que es defecada semidigerida y pasa a formar parte del almacén de detrito del ecosistema. El erizo negro es un gran consumidor de algas en los arrecifes coralinos, lo que contribuye a evitar el excesivo desarrollo de las mismas.

**Clase holothuroidea** (las holoturias o «pepinos de mar»): Cuerpo semejante al del vegetal que les da el nombre, son alargados en el sentido de su eje oralaboral; y abundantes en todos los mares del mundo. Carecen de un esqueleto externo duro, su cuerpo presenta una consistencia totalmente carnosa ya que está formado por fuertes músculos. En su pared corporal existen unas singulares espículas calcáreas, empotradas bajo la piel, que le sirven de sostén y protección. Se mueven por el fondo del océano (preferiblemente areno-fangoso), lentamente, y se alimentan de materias orgánicas.

Casi no tienen enemigos, pues en la mayoría de los casos sus cuerpos contienen sustancias venenosas. En varios lugares, los nativos aprovechan la toxicidad de estos equinodermos para capturar peces que se ocultan en los huecos del coral y a los que sería difícil atrapar de otra manera. Simplemente toman un «pepino de mar», lo frota en las rocas junto al agujero donde está su presa: el pez al sentir los efectos irritantes de las sustancias que arroja la holoturia, sale de su refugio y es capturado. Además de las sustancias venenosas, las holoturias tienen un mecanismo de defensa singular. Si algo las ataca o las molesta repetidamente, expulsan sus órganos internos (tubo digestivo, aparato respiratorio, órganos reproductores) cuando el desconocido se retira la holoturia regenera en poco tiempo los órganos perdidos.

**Clase ophiuroidea** (estrellas frágiles o serpientes de mar): Son llamados así, por sus largos y movedizos brazos que semejan ofidios al reptar y de los que se desprenden con rapidez cuando se ven en peligro. Son abundantes en los arrecifes de coral y fácil de observar de noche, ya que en el día generalmente permanecen ocultas bajo las rocas. Se distinguen de las estrellas de mar por la acusada demarcación de disco central y por la gran largura de sus brazos. No se desplazan a base de pedicelos sino mediante movimientos musculares de los brazos. En su mayoría se alimentan de detritos y organismos pequeños, pero carecen de intestino y ano, y expelen por la boca los fragmentos indigeribles.

**Clase crinoidea** («lirios de mar»): Se consideran fósiles vivientes, reliquias de un grupo muy antiguo de equinodermos que fueron comunes hace millones de años. Son bellas criaturas, de colores brillantes y delicadas figuras que recuerdan flores. En la mayoría de los crinoideos, sus pedúnculos les permiten vivir fijados al fondo, a las rocas o a objetos flotantes. Poseen brazos plumosos que emplean para capturar el alimento y están libremente expandidos en las aguas. Algunos representantes vivientes carecen de pedúnculo, como la «clavelina de mar», aunque lo tienen durante las primeras etapas de vida, cuando llegan a adultos se hacen nadadores o se arrastran por el fondo. Se alimentan de plancton, al que atrapan con sus plumosos brazos; pero son muy pocos activos.

El grupo de los equinodermos ha permitido a los científicos, conocer fenómenos tan interesantes como la autonomía, la regeneración y la partenogénesis, por lo que su estudio ha tenido gran interés científico.

### Tunicados (ascidias)

Los urocordados (*Subphylum*) adultos, generalmente conocidos como tunicados, se parecen poco a otros cordados. La mayoría son sésiles, y su cuerpo está cubierto por una compleja túnica de secreción (de la cual se deriva el nombre del *Subphylum Tunicata*).

Presentan una faringe perforada muy bien desarrollada, aunque el notocordio y el cordón nervioso están ausentes en el adulto. Solamente la etapa larvaria, en que parece un renacuajo microscópico, posee las características distintivas de los cordados. Los tunicados constan de tres clases: Ascidiacea, Thaliacea y Larvacea. La primera es la que posee el mayor número de especies reportadas (Fig. 18). Las otras dos clases se hallan especializadas para una vida planctónica. Las ascidias son el principal grupo de urocordados. Su tamaño oscila entre 1 mm y 18 cm, que alcanzan las más grandes. Viven en diferentes lugares, muy frecuentes en las aguas someras, donde crecen sobre rocas o estructuras flotantes o incluso sobre sedimento; se encuentran desde aguas poco profundas hasta más de 200 m de profundidad. Básicamente son organismos sésiles filtradores; el agua entra con el alimento por el sifón bucal o inhalante, se introduce en una faringe perforada, en la que queda retenido el alimento y la atraviesa pasando a una cavidad atrial que comunica con el exterior por el sifón atrial o exhalante.



Fig. 18. Tunicados: Ascidias.

Las ascidias de mayor tamaño generalmente son solitarias. Por el contrario las pequeñas, suelen agruparse en colonias que alcanzan gran tamaño. En las colonias más sencillas los individuos o zooides se conectan mediante estolones más o menos largos, que dan un aspecto de racimo a la colonia si son bastante cortos. Otro nivel avanzado de colonia, se observa en la *clavelina*, donde los individuos comparten sus partes basales corporales a través de los estolones. En las colonias más avanzadas, los individuos se disponen en sistemas organizados en los que comparten una abertura atrial común y los zooides se ubican alrededor de la misma y forman colonias aplanadas, de aspecto redondeado o alargado. En cuanto a la pared del cuerpo, la túnica que los recubre tiene como principal componente fibras de carbohidratos y proteínas; y sobre todo un componente sintetizado a base de celulosa llamado tunicina, el cual forma láminas que se disponen unas sobre otras en capas con las fibras orientadas 60° de diferencia; de esta manera consigue elasticidad y resistencia.

La función protectora y de soporte que tiene la túnica, se ve ayudada por sustancias exógenas, como granos de arena y trozos de conchas. En la pared del cuerpo poseen numerosas bandas musculares que producen la contracción del cuerpo y ayudan en la filtración del agua, pues presentan alrededor de los sifones, unos anillos musculares que los abren o cierran, y modifican la cantidad de agua que entra en el animal. Las ascidias adultas son organismos sésiles mientras que sus larvas son planctónicas; entre ambas fases existe una estabilización en el sustrato y una metamorfosis hacia el estado

adulto. En la fase larvaria se desarrollan las estructuras que permiten compararlos con los cordados y a su vez poder entender el origen de la forma adulta.

La larva nada gracias a su cola, en la cual se alojan el notocordio y el tubo neural. Se alimentan de las sustancias que reservan, por lo que la boca, aunque está formada, no se encuentra abierta al exterior. Tras ella hay una faringe que continúa con un asa digestiva doblada a modo de «U» en posición dorsal; la faringe presenta hendiduras que la comunica con la cavidad atrial o atrio. La boca y el atrio no se comunican al exterior, pero durante la metamorfosis cobran una posición abierta al exterior, al formar los sifones inhalante y exhalante respectivamente.

La metamorfosis se inicia con la fijación al sustrato de la larva mediante unas papilas adhesivas que posee en la parte anterior del cuerpo; la cola desaparece y el notocordio y el tubo neural se reabsorben, mientras que la zona situada entre las papilas y la boca experimenta un enorme crecimiento para el alojamiento de las vísceras, y provoca el desplazamiento de los sifones a una posición superior, que giran unos 180° hasta quedar en la zona opuesta a la de fijación. El atrio se expande formando una cavidad que rodea completamente la faringe y alcanza el ano. El número de hendiduras branquiales de la faringe aumenta rápidamente y luego los dos sifones se abren al exterior. Lo último, es la muda del esqueleto externo, la túnica larvaria por la del adulto. El cuerpo del adulto se divide en tres regiones: tórax (faringe y atrio), abdomen (zona digestiva) y post-abdomen (corazón y gónadas). Muchas especies tienen una sola región, el tórax, donde se encuentran todos los órganos del cuerpo.

La reproducción en las ascidias puede ser tanto sexual como asexual. Sólo las ascidias coloniales se reproducen asexualmente. La reproducción asexual se lleva a cabo por gemación, pero el mecanismo es complejo y muy variable. Con algunas excepciones los tunicados son hermafroditas, pero sólo unas pocas especies tienen autofecundación. Normalmente hay un único testículo y un único ovario asociado con el lazo digestivo. Las ascidias solitarias producen huevos pequeños con poco vitelo, mientras que los de las especies coloniales, son más ricos en vitelo. Eclosionan en estado larvario y las larvas abandonan al progenitor, a veces casi todo el desarrollo tiene lugar dentro de la cavidad atrial.

Las otras dos clases de tunicados, Thaliacea y Larvacea, se han especializado en una existencia planctónica de natación libre. Los zooides de los taliáceos se diferencian de las ascidias en que los sifones bucal y atrial se sitúan en los dos extremos del cuerpo. Esta disposición permite que la corriente de agua no solo se utilice para alimentación e intercambio gaseoso sino que sirva también para la propulsión a chorro. Los larváceos reciben este nombre porque los adultos presentan cola y el cuerpo es similar a una larva típica de ascidia aunque doblada en ángulo recto en forma de U. La boca se localiza en la parte anterior del cuerpo, y el intestino abre directamente al exterior de la cara ventral. Solamente existen dos hendiduras branquiales una a cada lado, que abren directamente al exterior. La característica de los larváceos es la «casa» en la que se encierra el cuerpo del animal o a la que está unido. No hay túnica celulósica, sino que la epidermis superficial produce un material gelatinoso delicado que envuelve el cuerpo.

Los tunicados tienen importantes vacíos para la ciencia, lo cual debe ser objeto de atención futura.

## VERTEBRADOS MARINOS

### Peces y tiburones

Los vertebrados son animales que presentan columna vertebral como eje central de su esqueleto, un cerebro con determinada complejidad según la especie, protegido por un cráneo, un corazón muscular formado por tres o cuatro compartimentos y generalmente con corpúsculos rojos en la sangre.

Los peces son animales de sangre fría, casi siempre con el cuerpo cubierto de escamas o modificaciones de éstas, que poseen branquias y aletas. Dependen sobre

todo del agua como medio para vivir. No se incluyen como peces las ballenas y delfines (mamíferos), tortugas y caimanes (reptiles), ni invertebrados como camarones y langostas (crustáceos) o calamares y pulpos (moluscos). La ciencia que los estudia se denomina ictiología.

Los peces constituyen el grupo más numeroso del planeta entre los vertebrados, y representan 48 % de dicho grupo, en contraste con las aves (20,7 %), los anfibios (6 %), los reptiles (14,5 %) y los mamíferos (10,8 %).

### Origen y clasificación de los peces

Los primeros vertebrados que aparecieron en el planeta hace aproximadamente 510 millones de años fueron los peces; 100 millones de años antes que ningún vertebrado y 400 millones de años antes que los ancestros de la raza humana.

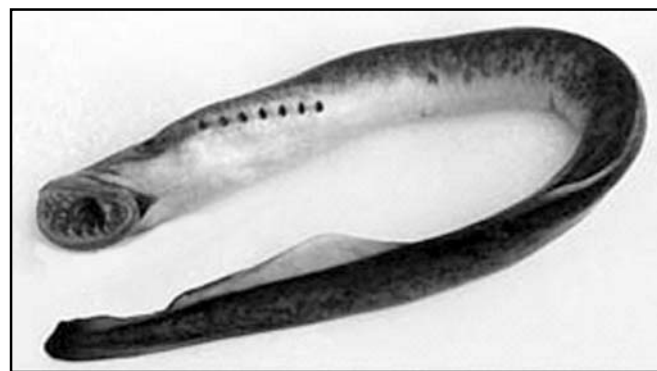


Fig. 19. Agnatos: Peces sin mandíbulas.

Los peces actuales se clasifican en tres grandes grupos o clases. El primero es denominado por los científicos AGNATOS (Fig. 19), debido a que no presentan mandíbulas, y poseen una boca circular que utilizan como ventosa. Estos animales tienen hábitos parásitos ya que se fijan a la piel de otros peces y se alimentan de su sangre y demás líquidos corporales.

El segundo grupo o clase se denomina CONDRICTIOS, agrupa alrededor de 600 especies de tiburones, rayas o mantas y quimeras. Tienen como característica fundamental su esqueleto formado por cartílagos, incluyendo las vértebras de la columna. (Fig. 20).



Fig. 20. Condrictios o peces cartilagosos: Tiburón.

El tercero son los OSTEICTIOS (Fig. 21), el más diverso y numeroso, pues comprende alrededor de 25 000 especies y su característica fundamental es la presencia de un esqueleto óseo.



Fig. 21. Osteictios o peces óseos marinos.

Estas tres clases son las que se encuentran hoy día, pero desde la aparición de los peces han existido y se han extinto cerca de media docena de clases. Se conoce de la existencia en períodos pasados, de otros grupos de peces, así como de la aparición y evolución de las clases actuales gracias nuevamente a los fósiles, que constituyen una fuente invaluable de información.

### Distribución geográfica y hábitat de los peces

Las tres cuartas partes del globo terrestre están cubiertas por agua. Cuando el grupo de los peces se encontraba en su juventud evolutiva, el cubrimiento de agua era mayor porque muchos territorios, ocupados hoy por tierra firme, en aquel entonces constituían parte del fondo del océano. El desarrollo de diversas condiciones de vida propició una acelerada velocidad de especiación en dicho grupo.

Actualmente los peces habitan en casi todos los lugares donde existe agua, tanto en las aguas superficiales del planeta como en las subterráneas conectadas con la superficie. Habitan desde las de la Antártida con temperaturas por debajo del punto de congelación (0 °C), hasta aguas termales que alcanzan los 45 °C, y desde aguas dulces y de baja dureza hasta las tan saladas y densas que un huevo de gallina podría flotar en ellas.

Los peces también habitan en torrentes de zonas montañosas, con corrientes tan fuertes que ningún hombre o animal podría cruzarlos o nadar a través de ellos, y en aguas tan tranquilas, profundas y oscuras que no han sido habitadas por otros vertebrados y prácticamente no han sido exploradas por el hombre.

La distribución vertical de los peces sobrepasa la de cualquier otra forma de vida superior. Se pueden encontrar peces desde lugares como el lago Titicaca en los Andes, a una altura de 5 km sobre el nivel del mar, hasta profundidades de más de 10 km como es el fondo del Océano Pacífico. Pero no todos los peces viven en cualquier parte, de hecho menos de 200 especies se distribuyen por el mundo.

De las 25 000 especies de peces óseos, 40 % se encuentra en agua dulce, mientras que 60 % vive en mares y océanos. A pesar de esto, existen especies capaces de pasar de aguas marinas a aguas dulces y viceversa, por ejemplo el salmón, la anguila, el sábalo y el tiburón toro. La mayoría de los peces marinos habitan cerca de las costas, debido a que estas aguas son extremadamente ricas en nutrientes, gracias a las descargas de los ríos y afloramientos de aguas más profundas. Lo anterior se traduce en mayor disponibilidad de alimento en relación con zonas alejadas de las costas. Además, las aguas costeras son muy ricas en oxígeno por la acción de las olas y procesos de fotosíntesis que llevan a cabo las algas y plantas acuáticas.

### Anatomía de los peces

**Forma:** La más generalizada es la fusiforme (forma de torpedo) ejemplos típicos lo constituyen los atunes, jureles, agujas y tiburones como el dientuso y el blanco. Esta forma les permite una natación veloz, tanto para perseguir y cazar presas como para escapar de los depredadores. A partir de esta forma básica han evolucionado otras, las cuales son adaptaciones a la vida de las diferentes especies.

Esta característica puede variar grandemente, y van desde la forma de globos (pez erizo, pez guanábana, tamboriles), pasando por truncadas (torito, pez cofre), alargadas (trompetero, agujón), serpentinas (anguilas, morenas), hasta las deprimidas lateralmente (parches, angelotes) o deprimidas dorsoventralmente (lenguados, mantas).

**Cubierta del cuerpo:** La piel en los peces cubre todo el cuerpo y continúa con todas las aperturas, es transparente a tal punto que los ojos están cubiertos por ella. En la piel existen células que segregan un mucus que les permite un mejor desplazamiento en el medio acuático y los protege contra microorganismos patógenos y otras sustancias. Dicho mucus da la sensación babosa al tacto, cuando se tocan.

La piel en muchos peces está armada de escamas, las cuales se desarrollan en ella. El tamaño de las escamas es variable, microscópicas o grandes. El grosor va-

ría, son tan finas como una capa de tejido celular o tan gruesa como un plato, logran cubrir una parte o la totalidad del cuerpo, estar osificadas o no y renovarse con periodicidad, o ser permanentes y estar bien sujetas a la piel.

Existen 5 tipos de escamas: las cicloideas tienen forma redondeada, se disponen de manera imbricada, como las losas de un tejado, y el es borde blando. Las escamas ctenoideas son muy parecidas a las cicloideas, la diferencia fundamental radica en que el borde es aserrado o en forma de peineta. Estos dos tipos de escamas son característicos de la mayoría de los peces y ambos pueden aparecer en un mismo animal.

Los tiburones y mantas poseen un tipo de escama denominado placoidea, la cual muestra una estructura semejante a un diente, lo que hace que su piel sea muy rugosa. Estas escamas no aumentan de talla como las anteriores por lo que deben ser adicionadas a medida que el animal crece.

Al igual que el Celacanto y los peces pulmonados, los peces primitivos presentan escamas nombradas cosmoideas. Ellas consisten en una placa ósea, con estructuras como dientes.

El quinto tipo de escamas se denomina ganoidea y se encuentra en peces como el manjuarí. Tienen forma de rombo y se unen para crear una especie de armadura de protección al animal. Las escamas son estructuras importantes a la hora de clasificar los principales grupos de peces; según tipo el de escama, su presencia o ausencia y el número de ellas, en las filas que corren a lo largo del cuerpo o alrededor del mismo.

En muchos peces la coloración está dada por bolsas de pigmento presentes en la piel, las cuales puede contraer o expandir para lograr un cambio de color. Ciertos colores metálicos, plateados o iridiscentes son producidos por el reflejo de la luz en cristales de guanina embebidos en los pigmentos, desde la piel pulida o debido a la superficie estriada de las escamas.

Los peces de arrecife son conocidos por sus exquisitos colores y marcas. Muchas especies presentan diferentes patrones de coloración, durante las distintas fases de sus vidas, e incluso tienen la habilidad de cambiar sus patrones regulares, en pocos segundos aclarándolos u oscureciéndolos a voluntad.

Los colores más brillantes y contrastantes son usados para comunicar disponibilidad reproductiva o agresividad, mientras que las marcas más opacas les proporcionan camuflaje o enmascaramiento. Dicho enmascaramiento lo utilizan para pasar inadvertidos ante los depredadores o para que las presas se aproximen sin alarmarse. Ejemplo de lo anterior es el lenguado, el cual puede desvanecerse ante la vista, a los pocos segundos de asentarse sobre un nuevo fondo. Esto lo logra usando señales visuales, para expandir o contraer sus cromatóforos, y así imitar los colores y patrones del fondo sobre el que descansa.

Algunos peces pelágicos usan la coloración de contrasombra, para encubrir sus movimientos. Cuando son observados desde arriba, sus lomos oscuros se fusionan con las penumbras del fondo, mientras que sus vientres claros, vistos desde abajo tienden a confundirse con la superficie brillante. Casos como estos se pueden apreciar en los atunes, la sierra y el chicharro.

Las rayas horizontales o verticales, en algunas especies que nadan en grandes grupos, ayudan a cada uno de los individuos, a orientarse visualmente a partir de sus vecinos. Al mismo tiempo dificultan a los depredadores, distinguir las presas por separado en tal panorama cambiante de rayas. Especies como el ronco condenado, el jeníguano rayado y la baguala presentan este tipo de coloración y comportamiento.

Los depredadores, rutinariamente, se fijan en los ojos de su presa potencial para evaluar su talla y la posible dirección de escape. Muchas especies presentan barras oscuras que cruzan sobre los ojos y ayudan a esconder la localización de los mismos. También existen los ojos falsos, que consisten en oscuros lunares redondos rodeados por anillos de color contrastante. Éstos típicamente se ubican cerca de la cola, y pueden desviar los ataques lejos de la cabeza, o provocar la mala interpretación de la probable dirección de escape de la posible pre-

sa. Los parches son bien conocidos entre los peces del Caribe por presentar este tipo de marcas.

**Aletas:** Las aletas constituyen los apéndices utilizados por los peces para su locomoción, aunque pueden desempeñar otras funciones. No todos los peces poseen el mismo número de aletas, e incluso algunos carecen de ellas por completo. Las aletas son repliegues dérmicos de la piel, en forma de láminas, las cuales están compuestas por radios, blandos o espinosos (espinas), que en los peces óseos se encuentran unidos por membranas, mientras que en los cartilagosos, dichos radios no presentan membranas entre ellos, y se denominan radios dérmicos, ya que la piel del animal los cubre y los mantiene unidos, haciendo más rígidas las aletas.

Según su número las aletas se clasifican en aletas pares o impares. Las pares, generalmente son estabilizadoras y permiten movimientos de ascenso y descenso, las impares funcionan como quilla y estabilizadores en el plano vertical, así como en la propulsión.

Por su ubicación se clasifican en pectorales, pélvicas, dorsal, anal y caudal. Las pectorales están unidas al cráneo del animal a través de la cintura pectoral, y en la mayoría de los peces se ubican a los lados del cuerpo. Este tipo de aleta puede estar modificada para desarrollar otras funciones, por ejemplo: el pez volador, presenta un gran desarrollo de las pectorales, lo que le permite planear grandes distancias sobre la superficie del agua y así escapar de sus depredadores.

Las aletas pélvicas se encuentran articuladas con la cintura pélvica, la cual está anclada en la musculatura ventral del pez. Respecto a las aletas pectorales su posición varía, lo que le da distintas clasificaciones: abdominales cuando aparecen por detrás de la base de las aletas pectorales, las torácicas se localizan debajo de la base de las pectorales, lo que ocurre en la mayoría de los peces y las yugulares se ubican por delante de la base de las pectorales.

Al igual que las pectorales, las aletas pélvicas pueden aparecer transformadas, para desarrollar otras funciones aparte de la locomoción. Ejemplo de lo anterior se aprecia en los tiburones y mantas, donde dichas aletas cumplen la función de órgano intromitente, en los machos, para permitir la introducción del semen en el interior de la hembra, o como algunos peces pequeños conocidos comúnmente como gobios, donde las aletas pélvicas se han transformado en una especie de ventosa que les permite vivir en la franja de marea sin ser arrastrado por el oleaje.

La aleta dorsal se observan en número de 1, 2 ó 3, en forma de radios blandos, de espinas, o de radios y espinas. La función fundamental de esta aleta es la estabilidad vertical aunque muchos peces la utilizan para impulsarse durante la natación. La aleta dorsal también sufre modificaciones para una mejor adaptación del animal al medio, ejemplos de esto se observa, en la rémora o pez pega, donde la dorsal se ha transformado en una ventosa, que le permite fijarse al cuerpo de animales mayores, para ser transportado y aprovechar los restos de sus alimentos, en el caso del pez pescador la dorsal ha dado lugar a una estructura denominada illicium, que consiste en un filamento que semeja un pequeño gusano y es utilizado para atraer otros peces para comérselos.

La aleta anal recibe este nombre, debido a su ubicación posterior al orificio anal, y su función principal es de estabilización vertical, aunque puede estar transformada en órgano intromitente, en los machos de algunas especies.

La aleta caudal es de gran importancia en la mayoría de los peces, debido a que es la fuente fundamental de empuje cuando nadan; en dependencia de su tamaño, consistencia y forma, los peces pueden ser nadadores rápidos o más lentos, lograr grandes aceleraciones en períodos de tiempos muy cortos. Algunas especies le dan otros usos a la aleta caudal como el tiburón zorro, que la utiliza para golpear cardúmenes de peces, aturdirlos y capturarlos con mayor facilidad.

**Natación:** La mayoría de los peces, nadan por la sucesiva contracción y relajación de los músculos, llamados miómeros, situados a ambos lados del cuerpo, en un movimiento que empieza en la cabeza y llega a la aleta

caudal. Este movimiento presenta su máxima expresión en los peces de cuerpo serpentiformes, como las anguillas y las morenas.

Aunque la que se explicó es la fundamental y más usada, existen diversas formas de natación. Hay peces que se impulsan solamente con las aletas pectorales, como es el caso de las mantas y las rayas, otras lo hacen con las aletas dorsal y anal, entre ellos, el pez cochino y sus parientes, e incluso, algunos solo utilizan la aleta anal, como ocurre con la anguila eléctrica de América del Sur.

Los caballitos de mar se impulsan utilizando su aleta dorsal. En gran parte de los peces óseos, existe un órgano denominado vejiga natatoria o vejiga de los gases, la cual regula la flotabilidad del pez, absorbiendo o liberando gases al sistema sanguíneo, en dependencia de la profundidad y si el movimiento del pez es ascendente o descendente.

En los tiburones no existe vejiga natatoria pero el hígado alcanza gran tamaño y almacena mucha cantidad de aceite, que le ayuda a su flotabilidad.

**Alimentación:** Los peces, como cualquier otro animal, obtienen la energía necesaria para desarrollar sus funciones y reproducirse del alimento que ingieren. Existen diferentes tipos de bocas, según la posición que ocupan, cada una de las cuales está preparada para un tipo de alimentación específica.

La boca terminal, se localiza en el extremo medio anterior del cuerpo del pez, como en los pargos, las chernas y la manta. La boca con posición sub-terminal aparece en los tiburones, en este caso cuando se levanta el hocico, la boca queda en posición terminal, para que el animal se alimente. El macabí aunque no levanta el hocico para comer, se alimenta de invertebrados que viven enterrados y sobre el fondo.

En las rayas, levisas y tembladeras, debido a la forma de su cuerpo y a sus hábitos, de alimentarse de invertebrados que viven en el fondo, la boca aparece en posición ventral o inferior. En otros peces como: los sábalos, el pez zargaso y el pez pescador, la boca se encuentra en posición superior.

Los dientes en los peces, por su forma se pueden clasificar en:

Caninos. Tienen forma alargada y cónica, debido a que su función consiste, en sujetar el alimento, este tipo de dientes se encuentra en el pargo, la cubera y la cherna.

Incisivos. Son de forma rectangular o cuadrangular, cuya función consiste, en cortar o incluso raspar. Este tipo de diente, lo poseen los peces loro y en el pez cochino.

Molares. Tienen forma aplanada con diversas cúspides y son utilizados para fragmentar y moler el alimento. El pez erizo y el bajonao muestran estos dientes.

Villiformes. Son afilados, numerosos y cortos, se utilizan para la sujeción de alimentos de talla pequeña. Pueden estar localizados en las mandíbulas, en el cielo de la boca, en la lengua o la faringe.

Los arcos branquiales son huesos que sirven de sostén a las branquias y presentan unas estructuras denominadas branquiespinas, que en algunos peces funcionan como un filtro, que les permite retener pequeños microorganismos del plancton de los cuales se alimentan.

La composición básica del sistema digestivo en los peces es boca, faringe, esófago, estómago, intestino y ano. El tamaño y las características de cada una de estas partes dependen de los hábitos alimentarios de cada especie. Por ejemplo, en los peces herbívoros, el intestino es muy largo y enrollado, mientras que en los carnívoros es corto y recto. Lo anterior se debe a que la materia de origen vegetal es más difícil de digerir, que la de origen animal. Como glándulas anexas al sistema digestivo se encuentran el hígado y el páncreas, cuyas secreciones son importantes en la digestión y asimilación de los alimentos.

**Respiración:** Los peces, como el resto de los vertebrados, necesitan oxígeno para realizar sus procesos vitales. La mayoría de los peces óseos posee una abertura a cada lado del cuerpo que se comunica con la cavidad bucal, donde aparecen las branquias, que son estructuras con gran número de vasos sanguíneos, encargados de absorber el oxígeno disuelto en el agua, y liberar el

dióxido de carbono resultante de la respiración. En las branquias también se eliminan sustancias de desecho del metabolismo transportadas por la sangre. La abertura branquial se encuentra tapada por una estructura denominada opérculo, el cual las protege. La boca y el opérculo se abren alternadamente, lo que permite que el agua sea bombeada a través de las branquias para facilitar la respiración.

Los tiburones no presentan opérculo, sino que cada branquia se comunica con el exterior, mediante cinco o seis aberturas branquiales (en dependencia de la especie). Al igual que las rayas y mantas, muestran detrás del ojo un orificio llamado espiráculo. Dicho orificio en los tiburones no tiene función respiratoria pero en las rayas constituye la vía de entrada del agua hacia las branquias, ya que la boca no puede desarrollar dicha función por estar pegada al fondo.

La mayoría de los tiburones se mantienen nadando constantemente, para hacer pasar el agua a través de la boca hacia las branquias, debido a que no están capacitados para bombear el agua con la boca, como los peces óseos. No obstante, algunos tiburones como el tigre aprovechan lugares con fuertes corrientes marinas, que les facilitan la respiración para descansar, otros como el tiburón gata si pueden bombear el agua.

Algunos peces presentan cavidades en la zona de la cabeza, que poseen gran irrigación sanguínea y permiten al animal obtener oxígeno del aire, por ejemplo el pez gato, el sábalo. Un caso curioso es el de los peces «pulmonados», donde la vejiga natatoria puede funcionar como un pulmón vascularizado, lo que le permite a dichos animales permanecer enterrados durante las sequías extremas o habitar en aguas con bajos niveles de oxígeno disuelto.

**Circulación:** En los peces la sangre está formada por glóbulos rojos y blancos como en el resto de los vertebrados. Curiosamente existen peces en los cuales la sangre es incolora y presenta sustancias anticongelantes, ya que habitan en aguas árticas a muy bajas temperaturas.

La sangre circula por un sistema tubular más o menos continuo, formado por el corazón y los vasos sanguíneos. El corazón bombea la sangre hacia las branquias, donde se oxigena y descarga sustancias de desecho. Dicha sangre «purificada» recorre los tejidos y órganos del cuerpo, repartiendo oxígeno y sustancias alimenticias, y recogiendo el dióxido de carbono y sustancias de desechos. En los riñones se filtra una parte de los desechos que transporta la sangre. Luego, la sangre cargada de dióxido de carbono regresa al corazón, y comienza de nuevo el recorrido.

**Reproducción:** El ciclo vital de los peces comprende: nacimiento, desarrollo, reproducción y muerte. El dimorfismo sexual no es acentuado en la mayoría de los peces. Aunque generalmente, cada individuo tiene su sexo definido e invariable, en el grupo de los peces está ampliamente difundido el fenómeno del hermafroditismo, manifestación de órganos sexuales de ambos géneros en un mismo individuo. Existen peces hermafroditas secuenciales, los cuales presentan un sexo, ya sea masculino o femenino, durante la primera etapa de su vida, y cambian en la segunda etapa. Algunos individuos presentan ambos sexos al mismo tiempo, lo que se conoce como hermafroditismo sincrónico.

La fecundación puede ser interna o externa, aunque la más generalizada es la segunda, la cual ocurre en el agua, cuando los óvulos y el esperma son liberados por la hembra y el macho respectivamente. En este caso el desarrollo embrionario y el nacimiento ocurren fuera del cuerpo de la hembra. En los tiburones, los machos están capacitados para introducir el esperma en el interior de la hembra, la fecundación es interna.

De esta forma en determinadas especies la reproducción es vivípara (cuando la cría se desarrolla en el vientre de la madre y nace ya formado). En algunos tiburones existe una estructura análoga a la placenta de los mamíferos, aunque no con la misma estructura y origen, de la cual la cría se alimenta, para después nacer completamente formada. La ovovivípara, es cuando la cría sale del huevo dentro del vientre de la madre y permanece allí hasta completar su desarrollo y luego salir al exterior.



La mayoría de los peces desovan grandes cantidades de pequeños huevos, por ejemplo, la trucha puede poner hasta 5 600 huevos, el salmón unos 17 000 y el bacalao, logra poner la enorme cifra de 6 millones de huevos. Esta estrategia les da la posibilidad de mantener la supervivencia de la especie, debido a la gran cantidad de depredadores que acechan a los peces en todas las etapas de sus vidas, sobre todo en la primera, en la que muchos forman parte del plancton.

Hay peces que construyen nidos para desovar y proteger sus huevos, incluso en varias especies, los machos incuban los huevos en la boca, y se mantienen en ayuno hasta el nacimiento. Pero uno de los casos más curiosos dentro de este grupo, es el del caballito de mar, donde la hembra deposita sus huevos en una bolsa que presenta el macho en el vientre, y dentro de ella, ocurre la fecundación, el desarrollo embrionario y la eclosión. Luego de salir de los huevos, los jóvenes caballitos son expulsados de la bolsa, mediante contracciones abdominales del padre en lo que puede denominarse un verdadero parto.

**Olfato:** En los peces los orificios nasales no intervienen en la respiración, su función es completamente olfativa, la cual resulta de gran importancia para ellos, porque les permite detectar alimentos a grandes distancias, aún sin verlos.

**Oído:** Al transmitirse el sonido más rápido y a mayor distancia en el agua que en el aire, para los peces el oído es quizás el medio más importante para detectar señales a grandes distancias. En ellos sólo está presente el oído interno (carecen de oído medio y externo) debido a que las ondas sonoras se transmiten perfectamente a través de los tejidos del cuerpo del pez hasta el oído interno. Este órgano presenta unos pequeños huesos denominados otolitos que desempeñan una función fundamental en su equilibrio y orientación. Algunos utilizan la vejiga natatoria como un amplificador de sonidos. La familia de la carpa y el popular goldfish poseen un sistema conocido como aparato Weberiano donde el oído interno, se conecta mediante una serie de pequeños huesos, con la vejiga natatoria y las ondas sonoras son amplificadas por ella y transmitidas a través de dichos huesecillos al oído del pez.

**Visión:** La visibilidad en el medio acuático es menor que en el terrestre, por ser el primero más denso y tener numerosas partículas en suspensión. La estructura básica de los ojos de los peces, es similar a la de otros animales como pájaros y mamíferos.

Sin embargo, existe una amplia variación adaptativa entre los peces, en cuanto a pequeñas estructuras y capacidad visual de dichos órganos. Dicha variación va desde ojos tan reducidos que causan ceguera (peces ciegos de cuevas), pasando por ojos adaptados a la visión nocturna (cardenales, candil barreado, catalufa), ojos capacitados para ver bien, tanto en el agua como en el medio aéreo, hasta los eficientes ojos de tiburones, como el blanco y el tiburón azul, que logran ver una presa hasta distancias aproximadas de 50 m. En general, los peces no presentan párpados, aunque algunos tiburones poseen una membrana semejante que protege los ojos a la hora de comer.

**Línea lateral:** Es un órgano que solo poseen los peces, y está formado por una hilera de células, provistas de un mucus con terminaciones nerviosas situadas a lo largo del cuerpo. Este órgano detecta pequeños movimientos y vibraciones de baja frecuencia en el agua. En él también aparecen algunas modificaciones adaptativas en grupos particulares, por ejemplo en los tiburones existe un sexto sentido asociado a la línea lateral, denominado ámpulas de Lorenzini. Éstas estructuras en forma de poros, se distribuyen en el hocico y son sensibles a pequeños campos eléctricos y magnéticos. Resulta un sistema tan eficiente que permite a los tiburones detectar una presa enterrada en la arena o en aguas de muy poca visibilidad, e incluso les posibilita orientarse por el campo magnético de la Tierra durante las migraciones.

**Simbiosis:** La simbiosis o vida juntas, hace referencia a una estrecha interrelación entre dos especies. Existen tres tipos básicos de simbiosis que se explicarán a continuación.

**Mutualismo:** Dos especies forman una alianza para beneficio de ambas. Por ejemplo, muchas especies de peces son atacadas por un sinnúmero de parásitos exter-

nos tan pequeños que resultan muy difícil de ver. Dichos parásitos se aferran a la piel e incluso a las agallas y la boca mediante estructuras especializadas. Para mantener estas infestaciones bajo control, los peces invierten cantidades significativas de su tiempo en sitios conocidos como estaciones de limpieza, donde asumen posturas inmóviles, como si estuvieran en trance, mientras peces y camarones comedores de parásitos se alimentan de sus molestos huéspedes. En el proceso, los limpiadores también remueven la piel dañada o muerta e incluso toman alguna que otra mordida de tejido sano.

**Comensalismo:** Una especie se beneficia mientras que la otra no es afectada por la asociación. Ejemplo famoso de este tipo de relación, lo constituyen los peces payasos, quienes son capaces de refugiarse entre los tentáculos urticantes de las anémonas sin que éstas los devoren. Un caso semejante se presenta en los conocidos como pastorcillos, los cuales viven entre los mortales tentáculos de los barquitos portugueses, obteniendo protección de estos, e incluso alimentándose de las sobras de su protector.

**Parasitismo:** Una especie (parásito) se beneficia a expensa de la otra (hospedero), que puede resultar afectada negativamente, aunque, por lo general, se establece un equilibrio que impide que el hospedero sea muerto por el parásito. En los peces existe un caso muy curioso, en el pez pescador de aguas profundas, los machos viven fijamente adheridos al cuerpo de las hembras y son mucho más pequeños que éstas. Aquí los machos se consideran parásitos de las hembras, pues hacen circular la sangre de ellas por su propio cuerpo, y extraen lo necesario para la subsistencia. El significado biológico de esta insólita forma de relación entre ambos sexos, es asegurar que el macho y la hembra se encuentren para la reproducción, ya que, por la escasez de alimentos que existe en las grandes profundidades, los individuos están muy dispersos.

**Mimetismo:** Se puede considerar una categoría especial de simbiosis, debido a que algunas especies imitan los colores, patrones, y en algunos casos, el comportamiento de otras especies para obtener beneficios. Se reconocen dos formas fundamentales de mimetismo: agresivo, cuando una especie (mímico) imita la apariencia o el comportamiento de otra menos agresiva (modelo), para lograr acercarse más a una presa desprevenida, ejemplo de este fenómeno es el grupo de peces nombrados vacas, la mayoría de las especies de dicho grupo imitan los patrones de coloración de otras especies menos agresivas, para poder acercarse y devorar pequeños crustáceos. El otro tipo de mimetismo se denomina batesiano, donde especies menos peligrosas o agresivas, imitan a las depredadoras o peligrosas, para lograr protección.

### Relaciones con el hombre

Los peces se encuentran entre los primeros animales que fueron capturados sistemáticamente desde que surgió el hombre. Esta actividad determinó incluso el asentamiento de pueblos cerca de las costas y ríos. En la actualidad muchas comunidades primitivas del Pacífico y Sur América dependen de los peces para su alimentación.

En muchos países, los peces son parte esencial de la dieta del hombre y se utilizan para la recreación (acuarios, entre otros). Según las estadísticas mundiales, la producción por captura de peces ha superado los 90 millones de toneladas anuales en los últimos años. Las actividades de producción pesquera y acuícola proporcionaron empleo directo e ingresos a más de 38 millones de personas. Continúa creciendo la contribución de la acuicultura al suministro mundial, tanto de pescado como de crustáceos y moluscos, ya que ha aumentado en más de 25 % en los últimos diez años. Este crecimiento ha sido el mayor en comparación con otros sectores de producción de alimento animal.

Sin embargo, al mar llegan también los problemas del mal uso de los recursos naturales. A la conocida contaminación marina por productos tóxicos y los derrames de petróleo mortales para la vida en las zonas afectadas, se suman los efectos de la sobrepesca, la cual se realiza, generalmente, sobre unas pocas especies. El uso de artes de pesca inadecuadas afecta a los adultos y juveni-

les, incluso, perjudican de forma directa o indirecta al resto de las especies de peces, así como de otros grupos animales y vegetales.

Hacia el mar deben dirigirse los esfuerzos mundiales para un desarrollo sostenible, y evitar el desastre ecológico que pretenden justificar solo con el incremento desmedido y no planificado de la población mundial.

### Los organismos marinos también enferman

Los organismos marinos, como todo ser vivo, están sometidos a acciones (directas e indirectas) que pueden acarrear alteraciones de su conducta y fisiología, y desencadenar distintas enfermedades, tanto en el medio natural como en condiciones controladas.

Las enfermedades de los peces son objeto de estudio de una disciplina especial denominada ictiopatología (ictio=pez; pathos=enfermedad y logos=ciencia). La ictiopatología se refiere a los peces, donde la temperatura corporal depende de la temperatura ambiental (poiquiloterms) y a diferencia de los animales de sangre caliente, se estudia como una disciplina aparte, por estar determinado por la particularidad del medio acuático donde ellos viven y se desarrollan. Esta disciplina es fundamental para el manejo de los organismos marinos, principalmente en sistemas de cultivo y en condiciones controladas en general.

Desde hace mucho tiempo, se acumulan datos sobre los parásitos y diversas enfermedades de los organismos acuáticos, principalmente peces, sin embargo, fue a principios del siglo XX que surgió la ictiopatología como ciencia, y en 1904 comenzaron a editarse los primeros trabajos, manuales y libros sobre estas enfermedades, y se integraron los conocimientos sobre el tema.

En Cuba, los primeros trabajos datan de la década de los años 30, momento en que se describieron aspectos relacionados con el parasitismo en los peces de la plataforma. En algunas obras se reportan enfermedades relacionadas con incidencias por helmintos y otras valiosas informaciones.

El agua constituye el medio en el cual viven los peces, por ello se le concede atención especial al estudio de sus componentes (parámetros hidroquímicos). La mayoría de los parámetros químicos y físicos del agua, influyen en el mantenimiento de la homeostasis (proceso de regulación de los organismos vivos), esencial para el crecimiento y reproducción de los peces. Si alguno de ellos se altera más allá de los límites aceptables, puede causar enfermedades. Los factores tales como: la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, determinan la vitalidad del organismo e influyen sobre la intensidad de sus procesos metabólicos. Los peces necesitan agua para respirar, comer, crecer y reproducirse, y ésta es un medio adecuado para la proliferación y vida de numerosos patógenos, por ello, se mantiene siempre de cerca la relación patógeno-huésped-ambiente.

La mayoría de las epizootias (enfermedades) son causadas por agentes infecciosos, pero ello no es una generalidad, también hay muchas provocadas por deficiencia de elementos en la dieta, contaminación por toxinas, y embolia gaseosa; aunque las epizootias infecciosas son, sin duda, las de mayor significación.

**Huésped:** Los organismos acuáticos manipulados, a diferencia de otros animales domésticos, no están beneficiados por la selección genética desarrollada para lograr su adaptación a condiciones de confinamiento. Por ello, estos organismos son en esencia, animales silvestres y cuando las condiciones de cultivo o mantenimiento, no son semejantes a las de su medio natural, tienen que realizar ajustes biológicos, que pueden incidir en su salud. Entre los aspectos que influyen en la predisposición o no, de los peces a las enfermedades, se encuentran: su calidad genética, estado nutricional y la edad de los individuos, relacionada con su estado inmunológico.

**Patógeno:** Cuando la enfermedad es provocada por agentes patógenos, se puede decir que hubo una ruptura del equilibrio huésped-patógeno. Ésta ocurre por el incremento del número de individuos patógenos por huésped, aumento de la virulencia del patógeno, acción de varios agentes patógenos y/o disminución de la resistencia del huésped.

**Ambiente:** En gran medida la calidad del agua, determina la incidencia en la salud de los organismos marinos, en la que interviene, la alteración de los parámetros físicos y químicos tales como: sólidos suspendidos, temperatura, gases disueltos, ph, amonio, alcalinidad y contenido mineral.

- Originado por cualquier acción natural o antrópica (el hombre) el estrés prolongado desencadena enfermedades, causadas por numerosos agentes que provocan mortalidad, afectaciones en la reproducción, crecimiento y comportamiento de los organismos acuáticos. La reacción entonces, ante un evento estresante se divide en tres etapas: percepción del estímulo con la consecuente respuesta biológica; respuesta biológica con cambios de conducta, autonomía, respuestas neuroendocrinas y cambios en las funciones biológicas; como final, el estado prepatológico y/o el desarrollo de la enfermedad.

Son múltiples las acciones para mantener el bienestar de los organismos marinos, siendo las principales:

**Manipulación del ambiente:** El acuario no debe estar sometido a alteraciones externas para poder mantener en equilibrio la biomasa de organismos marinos, los niveles de oxígeno, la fertilidad, la disponibilidad de alimento, etc. Cuando se incrementa la biomasa, aumenta la demanda de mayor capacidad del ecosistema (natural o controlado) y si no se corrigen los efectos negativos, aumenta el riesgo del estrés y se reitera la aparición de enfermedades.

**Evitar la entrada de patógenos:** Consiste en prevenir los vectores que impliquen brote de enfermedades.

**Profilaxis:** Muy tenida en cuenta en los sistemas de manejo controlado de organismos acuáticos, mediante el uso de desinfectantes y quimioterapéuticos dirigidos a eliminar los patógenos del ambiente.

**Inmuno modulación:** Posibilidades de mejorar las condiciones de dietas, uso de favorecedores de respuestas inmunes, etcétera.

**Vacunación:** Fortalecimiento del sistema inmune mediante suministro de antígenos inactivados, esto se lleva a cabo en sistemas controlados por el hombre.

**Quimioterapia:** Práctica tradicional en los cultivadores de organismos acuáticos (principalmente peces) considerada como un componente esencial en el sistema de manejo de salud de los organismos acuáticos. Sin embargo, la aplicación continua y rutinaria puede producir resistencia a las sepsas bacterianas, incluso, daños en los ecosistemas si no se establecen las normas adecuadas.

## Enfermedades en los organismos acuáticos

Las bacterias pueden ser uno de los agentes causantes de enfermedades en los organismos acuáticos. La mayoría de las bacterias (aerobias y heterótrofas), aisladas a partir de casos de enfermedad son, en condiciones naturales, componentes de la bacterioflora normal de los organismos vivos. Cuando los organismos se someten a estrés, se deprime el sistema inmune, favorece la invasión de patógenos y múltiples efectos. Es necesario reflexionar sobre la microflora natural de los organismos acuáticos y el medio ambiente donde se desarrollan, antes de hacer referencia a las enfermedades bacterianas. El conteo bacteriano es mayor durante el verano y en aguas ricas en nutrientes, en invierno o en aguas con déficit de nutrientes, los niveles bacterianos disminuyen.

Las enfermedades son responsables de alta mortalidad en corto tiempo, tanto en poblaciones silvestres como en aquellas donde se lleva a cabo un manejo controlado. La mayoría de las bacterias causantes de enfermedades son «patógenos oportunistas» del ambiente acuático ya que se fortalecen y toman acción ante condiciones ambientales adversas, déficit nutricional y otras causas, lo que conlleva el surgimiento de procesos infecciosos, es decir «epizootias».

El parasitismo es otro agente causante, sin embargo, las enfermedades parasitarias no se manifiestan hasta que las condiciones del medio ambiente y el estado fisiológico del huésped, permitan la proliferación del parásito.

Si bien la parasitosis clínica es escasa en ambientes naturales, en las estaciones de cultivo y acuarios se extienden en la medida en que el hábitat favorezca la transmisión por la presencia de portadores o huéspedes intermedios.

## Reptiles del mar

Los reptiles, como fue referido, aparecieron en nuestro planeta hace unos 220 millones de años, inicialmente con forma de pequeños lagartos y una cubierta corporal queratinizada, logrando mejoras esqueléticas y musculares con respecto a sus antecesores, los anfibios. No obstante, no se ha precisado con exactitud que los anfibios hayan dado origen específico a los reptiles.

Los reptiles sufrieron adaptaciones para subsistir en los distintos tipos de vida, de ahí que algunas especies tengan cuatro extremidades bien desarrolladas como los lagartos y cocodrilos y otras como las tortugas, un importante caparazón. En otras (las serpientes), las extremidades han quedado atrofiadas o desaparecido. Los reptiles están representados por 6000 especies, agrupadas en cuatro órdenes taxonómicos: tortugas (O. Chelonia), cocodrilos (O. Crocodylia), O. Rhynchocephalia (una sola especie, el Tuatara de Nueva Zelanda) y el que agrupa a los saurios, las serpientes y las culebrillas (O. Squamata). Los principales representantes marinos son las tortugas o quelonios, aunque existen también serpientes, iguanas y cocodrilos, en menor proporción.

Son vertebrados de respiración pulmonar adaptados a la vida terrestre y sus cuerpos están recubiertos de escamas córneas o placas dérmicas de origen óseo. Autorregulan la temperatura corporal ante las variaciones del medio en que viven, por ello, seleccionan «microclimas» para garantizar así sus funciones metabólicas. Si las condiciones ambientales varían bruscamente caen «aletargados». Son ovíparos en algunos casos (nacen de huevos) y ovovivíparos en otros (incuban internamente las crías).

En la conquista de la tierra fueron los reptiles los primeros que lograron independizarse del agua y un avance evolutivo fue el desarrollo del huevo amniótico, característico también de las aves y algunos mamíferos. Los anfibios (ranas y sapos), si bien podían moverse y vivir fuera del agua, dependían de ésta para reproducirse y evitar la desecación de sus embriones.

Las partes del huevo amniótico garantizan el desarrollo del embrión. El amnios lo protege de la desecación, el vitelo asegura el alimento, el albumen le proporciona agua y nutrientes, el alantoides el almacenamiento de desechos y la extensión del intestino del embrión. A través de la corteza o «cáscara» se lleva a cabo el intercambio de oxígeno, que es regulado por el corion. La cáscara de carbonato de calcio es rígida y protege al embrión de golpes físicos y además, es impermeable al agua y permeable a los gases.

**Serpientes marinas** (Fig. 25): Existen cerca de 50 especies, la mayoría de aguas costeras, tropicales y subtropicales, predominando en el océano Índico y Pacífico. La serpiente marina de «cola ancha», posee el veneno más activo de todos, alcanza más de 1,5 m de longitud y vive en arrecifes, lagunas interiores y manglares, aunque tiene la capacidad de introducirse en tierra y alejarse a grandes distancias de la costa. Una sola especie está reportada en el continente americano, es venenosa y muestra una poderosa estructura dentaria. En algunos países como Japón, Australia y Filipinas son renglones alimenticios muy cotizados. Se caracterizan por tener la cabeza alargada y los ojos están protegidos por párpados soldados y transparentes. La boca es muy dilatada y poseen dientes, conectados a glándulas venenosas acopladas a una fuerte musculatura que colabora en la expulsión de las toxinas, éstas afectan notablemente el sistema nervioso de las presas, (incluyendo al hombre) lo que provoca paros cardíacos y respiratorios en breve tiempo.

Poseen orificios nasales adaptados a la vida marina, por ello, situados en la parte superior de la cabeza y provistos de una válvula que permite su cierre completo al sumergirse.

Pueden bucear a profundidades entre 6 y 15 m, en dependencia de la estación y las condiciones climáticas. Controlan su respiración hasta 3 horas, y combinan esta función utilizando la piel, mediante la cual obtienen el oxígeno del agua y liberan el anhídrido carbónico. La piel es altamente cotizada por su diseño y coloración. Nadan en la superficie ondulando su cuerpo y colabora en este movimiento su fuerte cola que actúa como remo. Tienen la capacidad de moverse con rapidez y de lograr flotar, enfrentándose a las corrientes marinas.



Fig. 25. Ejemplar de serpiente marina.

Son carnívoras y los peces predominan en su dieta. La alimentación se produce en horas del día, cazan sus presas inoculándoles el veneno e ingiriéndolas enteras. Durante la noche descansan sobre el lecho marino, y ocasionalmente suben a la superficie para respirar.

Las hembras alcanzan 1,5 m de longitud y los machos menos de 1 m. Se reproducen en la superficie del agua, cuando se eleva la temperatura del mar. Forman grandes agregaciones en época de reproducción, donde la relación entre hembras y machos es variable, y puede superar los miles de ejemplares. Son ovovivíparas (incuban a sus hijos internamente) durante un tiempo de gestación de 5 a 6 meses. Nacen hasta 10 crías que miden entre 220 y 260 mm, las cuales se desarrollan en las lagunas poco profundas de los arrecifes.

**Cocodrilos marinos:** La mayoría de los saurios son terrestres, pero existen también especies acuáticas, dulceacuícolas o de aguas salobres. Son típicos de zonas costeras y tienen la capacidad de vivir en el mar esporádicamente. Aunque pocas, existen especies de lagartos marinos, una de ellas, habita en el sudeste asiático, Indonesia, Papua-Nueva Guinea y Australia, es de gran tamaño y se conoce comúnmente como Cocodrilo poroso, marino o de agua salada. Sobrepasa los 7 m y se han reportado tallas superiores a los 10 m, por ello los populares relatos acerca de interacciones agresivas con el hombre. Navegan grandes distancias y en ocasiones, se dejan arrastrar por las corrientes marinas. Pueden adentrarse en tierra y alejarse a más 300 km de la costa. Aunque su agresividad no es frecuente, cuando se producen es fatal.

Para reproducirse, hacen nidos de hojas, hierbas y tierra que alcanzan los 2 m de diámetro y 1 m de altura. La madre puede depositar hasta 90 huevos, luego permanece cerca para incubarlos y proteger el nido hasta 90 días. Se alimentan de peces, aves, tortugas, cangrejos, lagartos y mamíferos (en ocasiones búfalos, monos y personas). Abundan historias de grandes masacres de seres humanos cometidas por esta especie durante la Segunda Guerra Mundial.

Los cocodrilos de agua salada están amenazados de extinción, debido a la caza incentivada por su valiosa piel, y a la degradación sus hábitats, no obstante, existen programas de cría y medidas de conservación. Otra especie marina es el Caimán de Costa, Caimán de Orinoco o Cocodrilo americano (fig. 26), lamentablemente hoy incorporado a la Lista Roja de especies en peligro de extinción. Alcanza hasta 6 m de longitud y vive en las islas del mar Caribe y en América Latina. También está distribuido en las costas del Pacífico americano.

La cabeza de estos animales es estrecha y larga, con hocico ligeramente curvo, del que sobresalen los dientes cuando la boca está cerrada. Las escamas son claras, cortas en las extremidades y desarrolladas en la cola.