

EL OCÉANO Y SUS RECURSOS. I. PANORAMA OCEÁNICO

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

- COMITÉ DE SELECCIÓN
- EDICIONES
- PRÓLOGO
- INTRODUCCIÓN
- NOTA
- I. LAS MARAVILLAS DEL MAR
- II. LAS DIMENSIONES DEL OCÉANO.
.....DIFERENTES TIPOS DE MARES
- III. EL MAR TRIDIMENSIONAL
- IV. LA FECUNDIDAD EN EL OCÉANO.
AFLUENCIA DE LA VIDA Y MANSIÓN DE BELLEZA
- V. LOS RAROS HABITANTES DE OCÉANO.
MONSTRUOS Y DIOSES DEL MAR. FANTASÍAS Y REALIDADES
- VI. INVASIÓN DE LOS OCÉANOS POR EL HOMBRE.
DEL REMO A LA ENERGÍA ATÓMICA
- VII. HISTORIA DEL ESTUDIO DE LOS OCÉANOS.
DEL HOMBRE PRIMITIVO AL RENACIMIENTO
- VIII. LAS GRANDES APLICACIONES OCEÁNICAS DE LOS SIGLOS XVIII Y XIX
- IX. LA ERA ACTUAL. SIGLO XX
- X. INQUIETUD DEL HOMBRE POR LA EXPLORACIÓN SUBMARINA.
PENETRACIÓN DEL HOMBRE EN EL MUNDO SUBMARINO
- XI. LA REVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA EN LA INVESTIGACIÓN SUBMARINA
- XII. LA EXPLORACIÓN SUBMARINA EN LA BÚSQUEDA DE TESOROS Y PIEZAS ARQUEOLÓGICAS
- XIII. LAS CIENCIAS DEL MAR Y EL ESTUDIO ACTUAL DE LOS OCÉANOS
- APÉNDICE
- GLOSARIO
- BIBLIOGRAFÍA

COMITÉ DE SELECCIÓN

Dr. Antonio Alonso

Dr. Gerardo Cabañas

Dr. Juan Ramón de la Fuente

Dr. Jorge Flores Valdés

Dr. Leopoldo García-Colín Scherer

Dr. Tomás Garza

Dr. Gonzalo Halffter

Dr. Raúl Herrera

Dr. Jaime Martuscelli

Dr. Héctor Nava Jaimes

Dr. Manuel Peimbert

Dr. Juan José Rivaud

Dr. Julio Rubio Oca

Dr. José Sarukhán

Dr. Guillermo Soberón

Coordinadora:

María del Carmen Farías

EDICIONES

la **ciencia/2** para todos

Primera edición (La Ciencia desde México), 1986

Cuarta reimpresión, 1996

Segunda edición (La Ciencia para Todos), 1997

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

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

D. R. © 1997 FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

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

ISBN 968-16-5256-8

Impreso en México

PRÓLOGO

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

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

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

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

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

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

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

ENRIQUE BELTRÁN

INTRODUCCIÓN

Tanto el cuerpo de los vegetales como el de los animales, incluyendo el del hombre, contienen una gran proporción de agua. Todo organismo vivo incluye agua en su estructura. El agua procede del mar. La vida proviene del mar. ¡Conozcamos el mar!

En esta obra se pretende dar información, en forma amena y sencilla, que despierte el interés por el mar en sus múltiples facetas: como portentosa fuente de inspiración; como gala de grandeza y majestad de la naturaleza; como productor de las más hermosas mitologías desde los tiempos remotos y desde las fuentes de todas las culturas; como escaparate inacabable de bellezas; como origen y poseedor de una inmensa y deslumbrante flora y de una variadísima fauna; como misterioso guardián de secretos; como inspirador de mágicas fantasías, de sentimientos religiosos, de supersticioso temor, de gran respeto, de profundo reconocimiento por sus innumerables dones y beneficios, de profundo amor.

Trataremos así de entonar un himno de esperanza y optimismo para el aprovechamiento racional de los recursos oceánicos, con el fin de mejorar la vida de nuestros pueblos, concentrándonos en nuestra realidad objetiva. Si emprendemos el camino mediante el estudio, la organización y el trabajo disciplinado, alcanzaremos tal meta. Seremos iluminados pero a la vez realistas.

Conozcamos el mar! ¡Aceptemos y sepamos aprovechar sus dones! ¡Amemos al mar!

NOTA

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

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

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

LOS AUTORES

I. LAS MARAVILLAS DEL MAR

EL AGUA, elemento vital para el hombre desde la prehistoria, fue determinante para el desarrollo de sus formas de vida. Así, los primeros grupos humanos tuvieron que asentarse en las márgenes de ríos y lagos a fin de asegurar su sobrevivencia

Antes de que se lograra aprovechar en mayor medida los inmensos recursos del mar, el progreso del hombre, siempre limitado, sólo fue posible junto a las concentraciones de agua dulce. Por consiguiente, el grado de adelanto de los pueblos puede conocerse según la calidad del río o del lago que les daba protección y vida.

Así, junto a un río o lago raquíuticos surgieron menores e inestables grados de adelanto, mientras que las fuentes de agua caudalosas, ricas y permanentes, favorecieron la evolución de más elevadas civilizaciones, poseedoras de una cultura que, caprichosamente, podríamos llamar fluvial o lacustre.

Pero el hombre, en su inacabable aspiración de progreso y después de que logró el máximo desarrollo al amparo de ríos y lagos, buscó nuevos medios de adelanto y sólo los obtuvo en la medida en que se valió del mar hasta, en ciertos aspectos, dominarlo; es decir, cuando empezó a practicar la pesca de litoral, cuando empezó a ver al mar no como una limitación, sino como un gran camino hacia todas partes, cuando

encontró en él un nexo de unión y no una barrera de separación, cuando encontró en el monstruo aparente a un poderoso servidor.

Cuando descubrió que el mar es un amigo, desde el momento en que pudo trasladarse a todas partes y recibir los beneficios de la naturaleza, cuando supo que el mundo no es una inmensa planicie y cuando encontró que la inmensidad del mar es en mucho sujetable a voluntad, el hombre creció y, de un prisionero en la cárcel de sus montañas y sus mares, se convirtió en un ser libre y dueño del mundo.

El mar reúne en su seno un cúmulo de maravillas que ha sido posible conocer mediante el estudio de los fenómenos geológicos que han sucedido a través del tiempo y que explican el origen y la distribución de los océanos en nuestra gran casa, que es la Tierra. Se hablará de uno de esos maravillosos fenómenos.

Recorriendo millones de kilómetros, la energía de los rayos solares, transmitida en diversos grados y formas según la posición del planeta, en sus variantes de día y de noche, y de estaciones en el año, y por la rotación y translación de la Tierra, produce diversos climas, que varían de acuerdo con las épocas y las zonas. Este conjunto de fuerzas y movimientos ocasiona las mareas, así como corrientes de agua que, según su temperatura, son superficiales o profundas. Algunas de esas corrientes van del área central de la Tierra hacia los polos, otras al contrario, y algunas más bordean los continentes. Estas fuerzas y movimientos provocan también corrientes de aire que, dependiendo de la altura, la temperatura y la velocidad, se presentan como suave brisa, o en forma de demoledores y mortales tifones, huracanes, ciclones y tornados.

La evaporación de las aguas de los mares, producida por el calor del Sol, forma las nubes, que son el atemperante de todos los climas y que llevan su mensaje de vida a manera de lluvias hacia la morada del hombre, que son las tierras.

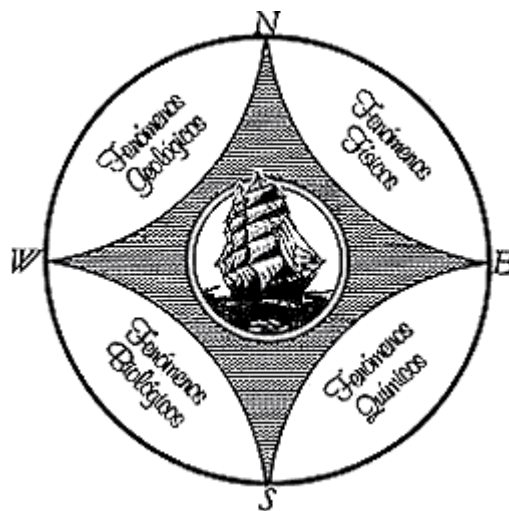


Figura 1.Fenómenos que acontecen en el océano

En las aguas de los mares abundan sustancias de gran utilidad, pero aún falta encontrar la forma práctica de obtenerlas y utilizarlas. Es asombroso, por ejemplo, saber que en una hectárea de mar hay más oro que en una hectárea de una rica mina terrestre. Nuestro amigo gigantesco nos tiene guardados petróleo, piedras preciosas, metales y sustancias químicas muy útiles.

La flora y la fauna del mar forman fantásticos jardines multicolores e integran tanto el prodigioso mundo microscópico, de raras figuras geométricas, como los imponentes colosos, todos de una hermosura incomparable.

Al recordar el aprovechamiento de sus especies, de las cuales el mar es inmenso pero no inagotable productor, se observa el prodigioso orden natural de una escala, o mejor dicho, de una pirámide de seres vivos llamada por los científicos *cadena de alimentación*, la cual está constituida por animales tan pequeños y elementales que parecen encontrarse entre los linderos del mundo vegetal y el animal, y que sin embargo son la base fundamental para la existencia de todos los seres con vida. También los majestuosos ejemplares de muchas toneladas forman esa cadena, que ha permitido estudiar las formas de vida y de lucha entre todas las especies.

Con base en estas cadenas de alimentación, el hombre aprovecha infinidad de productos: esponjas, algas, peces y ostras, entre otros tesoros que el mar le ofrece para su subsistencia, y ha creado la industria pesquera, que cuenta con medios de captura, cultivo, distribución y mercadeo. Estos factores han dado origen al actual desarrollo del área pesquera y han permitido contar con mayores perspectivas de progreso. No obstante, en virtud de que el hombre busca cada vez aprovechar un mayor número de recursos marinos, es preciso advertir que la explotación de los mismos debe realizarse racionalmente para no agotarlos.

En un principio, el hombre aprovechaba sin preocupación alguna los productos de la flora y de la fauna terrestre por medio de la recolección y de la cacería. Sin embargo, conforme han aumentado la población y las necesidades, el aprovechamiento de la flora y la fauna ha tenido que desarrollarse hasta llegar a las más perfeccionadas técnicas de la agricultura y la ganadería, aunque también ha tenido que normarse.

Desgraciadamente, en lo que se refiere al mar, se ha llegado a la captura indiscriminada, a la extracción sin normas. Pero mundialmente se ha entendido ya que es preciso respetar las leyes de la naturaleza para no agotar las especies, y se han fomentado diversos programas de cultivo, tanto de fauna como de flora, a fin de garantizar la supervivencia y el incremento de tales recursos, que, por lo demás, son una importante ayuda en la lucha actual por producir alimentos para todos.

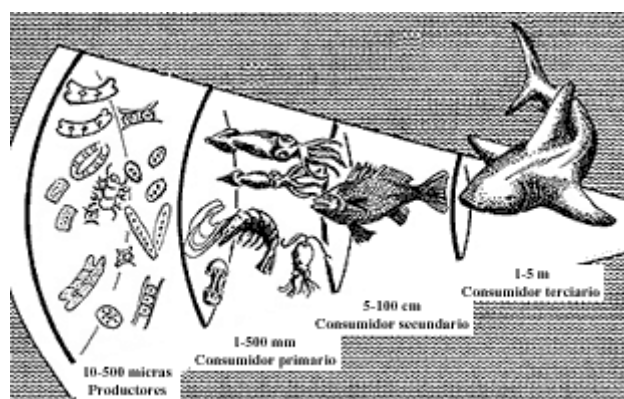


Figura 2. Cadena de alimentación

Durante el desarrollo de la humanidad, el mar ha servido como vía de comunicación, ya que el hombre aprendió a aprovechar las características del océano para mover sus

embarcaciones, lo que trajo como consecuencia el intercambio cultural y comercial entre los pueblos.

El mar nos proporciona también hermosísimos paisajes, y en los lugares del mundo en donde éstos se encuentran se han establecido centros de esparcimientos y de paseo. Además, el mar ha servido de escenario deportivo: en sus aguas se realizan competencias a remo, regatas, veleros y yates, así como variadas y espectaculares pruebas de natación y buceo.

Ante todas esas maravillas marinas ha nacido una visión futurista: el hombre, no conforme con tener al mar solamente como un inmenso vivero y como vía de comunicación, quiere convertirlo en un lugar que pueda ser habitado permanentemente. Con ese propósito se están haciendo ya pruebas y experimentos

Para poder aprovechar todas las riquezas oceánicas debemos conocer y respetar las leyes que las protegen. De esta manera se evitará el rompimiento del orden de la naturaleza, y los recursos seguirán siendo, indefinidamente, fuentes *no agotadas* de alimentos, medicinas, materias primas y de placer para el género humano.

II. LAS DIMENSIONES DEL OCÉANO. DIFERENTES TIPOS DE MARES

LOS océanos, conformados por grandes extensiones de agua salada, cubren las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra.

Para los antiguos habitantes del planeta, el mar fue, durante cientos de años, un lugar impenetrable y hasta cierto punto hostil.

Según la tradición bíblica, Dios empleó barro para crear al hombre, y se supone que, a partir de esta creencia, se le dio el nombre de Tierra al planeta que habitamos.

A lo largo del tiempo, el hombre empezó a conocer el mar conforme se atrevía a realizar cortas navegaciones, motivado por afanes de aventura o por la necesidad de buscar alimento. Así comenzó también a darse cuenta de la verdadera dimensión de los océanos y, años después, descubrió que ocupan una mayor extensión en la Tierra que los continentes.

Lo anterior ha llevado a muchos pensadores a proponer que el nombre Tierra sea cambiado por el de Agua, Mar, Planeta Acuático u Oceanía. Sin embargo, dichas propuestas no han prosperado.

Gracias a la tecnología moderna se pueden apreciar mejor estas proporciones de agua y tierra en nuestro planeta, que ha sido observado desde los satélites artificiales. El comandante Frank Borman, cuando viajaban en la cápsula Apolo VIII, que se encontraba a 380000 kilómetros de distancia del globo, exclamó: "¡La Tierra parece una gema azul sobre seda negra!" Tal expresión se comprende, pues la escena que vio el astronauta estaba dominada por los océanos.

Los continentes, tierras que emergen por su altura, son sumamente pequeños en comparación con las profundas depresiones de la corteza terrestre, que son llenadas por las aguas oceánicas. Se ha dicho que, en los abismos del Océano Pacífico occidental, el fondo del mar se aproxima al núcleo en fusión de nuestro planeta.

Cuando la Tierra se encontraba en formación y toda su materia estaba en estado cambiante, el mar la abarcaba en absoluto y no permitía que sobresaliera ninguna cumbre terrestre; sin embargo, cuando se presentaron fenómenos como las glaciaciones, las aguas se fueron concentrando hasta dejar superficies al descubierto donde quedaron las huellas del oleaje sobre las rocas, depósitos de agua salada y multitud de esqueletos y conchas.

CUADRO 1

Área total del planeta	510 millones Km ²
Continentes	139 millones Km ²
Islas e (± 2500 km)	11 millones Km ²
islotes	150 millones Km ² - 30 %
Océanos (profundidad + 200 m)	332 millones Km ²
Zona costera (Plataforma continental)	28 millones Km ²
	360 millones Km ² - 70 %

Estos continentes emergidos de los mares han llegado a ocupar 139 millones de kilómetros cuadrados que, sumados a los 11 millones constituidos por las islas grandes —que tienen una longitud de más de 2 500 kilómetros— y los islotes de menor dimensión, alcanzan un total de 150 millones de kilómetros cuadrados, que representan el 30 por ciento de la superficie terrestre.

En cambio, los océanos, con profundidades mayores de 200 metros, abarcan 332 millones de kilómetros cuadrados, y el agua que se encuentra sobre la plataforma continental, considerada de cero a 200 metros, cubre 28 millones; o sea que el total de área cubierta por agua marina es de 360 millones de kilómetros cuadrados —de los 510 millones que conforman la totalidad del planeta—, que representan el 70 por ciento de la superficie de la Tierra.

Las aguas oceánicas tienen una profundidad media de 4 kilómetros, y alcanzan hasta 11 kilómetros de profundidad en los grandes abismos del Océano Pacífico, como la Fosa de las Marianas, que tienen una profundidad de 11 034 metros y una longitud de 2 550 kilómetros, y cuya dimensión es superior a las más altas montañas terrestres, como la del Everest, que alcanza 8 800 metros.

El volumen de las tierras emergidas es inferior al de las sumergidas. Si los materiales de las montañas rellenaran los valles y los bajos niveles, la tierra firme alcanzaría solamente una altura uniforme de 700 metros. Si lo mismo sucediera con las tierras sumergidas, si todas ellas se situaran en un nivel uniforme, la profundidad de los mares sería de 3.5 kilómetros.

Si en este momento la superficie de la esfera terrestre se volviera plana y los hielos de los polos se licuaran, la Tierra quedaría totalmente cubierta por una masa de agua de 2.4 kilómetros de profundidad y a la cual se le ha dado el nombre de "nivel medio del planeta".

La distribución actual de la tierra emergida y de los océanos no es regular, ya que, mientras los continentes se adelgazan hacia el sur, los océanos se ensanchan en ese mismo punto. Por lo tanto, los continentes se acumulan principalmente en el Hemisferio Norte —ocupado por toda Europa, una buena parte de África, toda Asia, América del Norte, América Central y una parte de América del Sur—, donde la proporción de tierra es de 40 por ciento, contra 60 por ciento de mar. El Hemisferio Sur, con 80 por ciento de agua, es en consecuencia eminentemente oceánico; el resto de las porciones continentales, como Oceanía, la otra parte de África y de América del Sur, así como todo el Continente Antártico, ocupan sólo el 20 por ciento de dicho hemisferio.

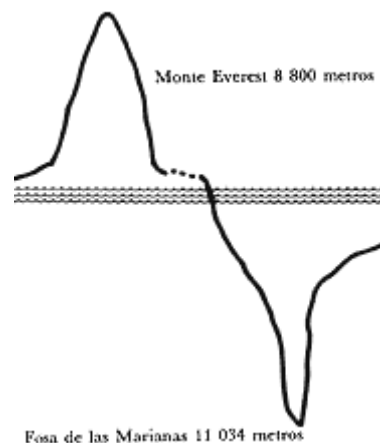


Figura 3. Comparación del Monte Everest con la Fosa de las Marianas.

Los continentes se extienden en dirección norte-sur, con una repartición de tierras y mares completamente irregular. En algunas áreas el mar avanza tierra adentro, semejando grandes laberintos, y en otras se han formado rosarios de islas, algunos de los cuales alcanzan grandes dimensiones, constituyendo los archipiélagos. En otros lugares, son las masas continentales las que invaden cientos de millas en el dominio oceánico formando penínsulas.

CUADRO 2

Hemisferio norte	
Océanos	155 millones Km ² - 60 %
Continentes	100 millones Km ² - 40 %
Hemisferio sur	
Océanos	206 millones Km ² - 80 %
Continentes	49 millones Km ² - 20%

Con esta caprichosa distribución, el océano se ha resguardado en el espacio de su propia grandiosidad, y el hombre, por su pequeñez ante él, se ha visto obligado a dominarlo por etapas. Como con todas las cosas que utiliza, el hombre ha clasificado los océanos valiéndose de límites arbitrarios que le han permitido establecer una jerarquía lógica para el conocimiento y conquista de sus aguas.

Los factores utilizados para definir esa jerarquía son diversos. Entre ellos se pueden nombrar la proximidad de las costas, su aislamiento y su tamaño, así como la distribución y extensión geográfica de las plataformas continentales y de las regiones *abisales*. Esto permite hacer una primera diferenciación entre océanos y mares.

Los términos mar y océano se emplean a menudo como sinónimos para referirse a las extensiones de agua salada. Sin embargo, desde el punto de vista geográfico, un mar es una masa de agua sustancialmente menor que un océano.

En la Antigüedad, antes de que se iniciaran las grandes travesías marítimas, se conocían siete superficies de agua. Convencidos de que no existían otras, los navegantes adoptaron la expresión Siete Mares, que se refiere a los mares conocidos por los mahometanos antes del siglo XV: el Mar Mediterráneo, el Mar Rojo, el Mar de África Occidental, el Mar Africano Oriental, el Mar de China, el Golfo Pérsico y el Océano Índico. Esa idea se mantuvo durante mucho tiempo, y comenzó a cambiar cuando se iniciaron las grandes expediciones oceánicas, que fueron descubriendo otras zonas que recibieron nuevos nombres.

Así se fue perdiendo el viejo concepto de los Siete Mares y, en la actualidad, según los datos aportados por la Oficina Hidrográfica Internacional, existen 54 mares distribuidos en cinco grandes océanos.

Los océanos han sido divididos —de manera convencional y utilizando un criterio geográfico que en realidad no existe— en Océano Glacial Ártico, Océano Atlántico, Océano Pacífico, Océano Índico y Océano Glacial Antártico.

Debemos subrayar que el océano, considerado en su conjunto, abarca toda la Tierra como un inmenso manto de agua jamás interrumpido, aunque parecería que los continentes también tratan de hacerlo, pues sus puntas principales avanzan, como son, hacia el sur, el Cabo de Buena Esperanza, en África; el Cabo de Hornos, en Chile, y Tasmania, al sur de Australia; hacia el norte, el Cabo Chelyuskin, en la Unión Soviética; el Cabo Norte, en Noruega, y el Cabo Bathurst, en Canadá. Todas ellas reciben el nombre de finisterres. Estas puntas son menos destacadas en la región antártica, en donde las pocas que existen se encuentran cubiertas por hielo, lo que las hace inaccesibles e inhóspitas. En consecuencia, se puede decir que por todos lados reina el majestuoso océano.

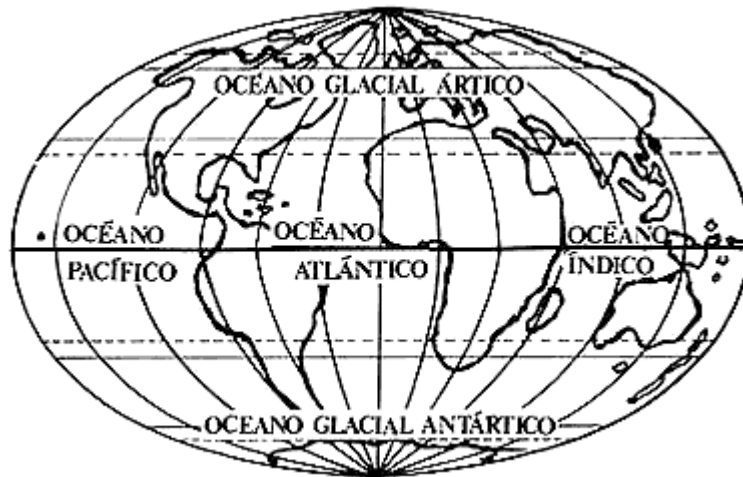


Figura 4. Distribución de los océanos.

La continuidad del océano sólo se ve ligeramente interrumpida por lo cambiante de los climas, que van desde las temperaturas bajas e implacables, que forman los hielos polares —paisajes marmóreos de altas dimensiones—, hasta las templadas de las regiones tropicales, en donde la calma atmosférica deja tersa la superficie del océano, que parece entonces un espejo.



Figura 5. Región antártica.

Al desplazarnos desde los polos hacia el ecuador se va encontrando, sobre cualquier punto del océano que se observe, una gran variedad de climas que lo hacen cambiar de humor, volviéndolo cruel —cuando provoca enormes oleajes— o tierno y lánguido —cuando manifiesta una gran calma—, determinando que sean de diversas características la flora y la fauna que habitan en cada región del océano.

Sin embargo, estos cambios climáticos no son tan fuertes como en los continentes. El océano no tolera saltos bruscos de calor y frío; por ejemplo, la helada penumbra polar es sustituida lentamente por la cegadora luz tropical.

Lo anterior se puede comprobar si observamos que desde el Círculo Polar Antártico, lugar donde abundan los *icebergs* o hielos polares, hasta el Ecuador, existe una distancia de 6 600 kilómetros, y que, sin embargo, el aumento en calor es de sólo 30°C.

Esta uniformidad climática permite que en las islas y en las zonas costeras bañadas por el océano exista una armonía bienhechora entre todos los seres vivos —vegetales, animales y el hombre mismo—, e incluso llega a caracterizar los climas de la tierra cuando se establece la relación océano-atmósfera.

Todo parece inconmensurable en el dominio oceánico. Por ejemplo, las regiones abisales superan en extensión a las plataformas continentales, que no ocupan más del 15 por ciento de la superficie total del fondo. Las costas están normalmente alejadas unas de otras, existen pocas islas, y las dimensiones de los océanos son amplias, como las del Atlántico, que forma una majestuosa avenida de 13 500 kilómetros de largo y 1 080 kilómetros de ancho, desde los mares polares del norte a los del sur.

En esta inmensidad oceánica se encuentran periodos muy largos de calma, pero también se hallan fuertes temporales, que maduran durante los procesos de acumulación de la energía que se produce en todo el planeta. Cuando los temporales llegan a estallar, se puede decir que el océano monta en cólera, tanto en la superficie como en el fondo. Estas perturbaciones reciben nombres muy variados: borrascas, ciclones, tifones, etcétera.

Como se observa, la actividad oceánica está reglamentada por fuerzas sobre las cuales ningún poder humano es capaz de imponerse. Por eso se le ha calificado de Océano Rey.

Los mares son, por otra parte, porciones determinadas en los océanos; tienen dimensiones menores que éstos y, según sus características, han recibido diferentes nombres, aunque tal nomenclatura es completamente arbitraria y se utiliza indistintamente sin gran precisión. Sin embargo, los mares se pueden clasificar en tres grandes grupos:

Mares cerrados o interiores. Se encuentran aislados de los océanos y de otros mares, por lo que están desligados completamente de la vida oceánica. No obstante, por la característica de sus aguas saladas se les considera mares. Su existencia es difícil y se mantiene gracias a los ríos que anfluyen a ellos; están sometidos, pues, a la variación de las crecientes, que les ofrecen su caudal. Su salinidad es muy variable: disminuye durante las lluvias, mientras que en época de secas se incrementa por la evaporación.

Algunos de estos mares llegan a quedar aislados en las altas mesetas continentales, como el Lago Salado de Utah, en Estados Unidos, y el Urmía, en los límites de Armenia, los cuales tienen poca profundidad, además de que sus aguas están situadas a altitudes de 100 metros sobre el nivel del mar.

En cambio, otros mares cerrados, como el Caspio, ubicado entre la Unión Soviética e Irán, y el Muerto, entre Jordania e Israel, tienen sus aguas bajo el nivel del mar —el primero a 26 metros, y el segundo a 394—, por lo que sus aguas se han transformado en grandes depósitos de sales de sodio, bromo y cloro, de tal manera que en sus orillas sólo se encuentra una vegetación muy escasa.

Mares litorales. Se encuentran aislados en el borde de los océanos, formando grandes escotaduras en los costados de los continentes. Sus límites están definidos por puntas avanzadas de las tierras que los rodean, y pueden estar subdivididos en áreas caracterizadas por los accidentes costeros. Reciben el nombre de golfos, bahías y ensenadas, entre otros. El comportamiento de estos mares no es autónomo, pues está determinado por el de los océanos, que los somete a una perpetua servidumbre: les imponen sus mareas, sus calmas y sus furias. También son influenciados por la tierra, que les envía tempestades, así como el caudal de los ríos.

Estos mares son más abundantes en el Hemisferio Norte, como el Mar del Norte, en Europa, y el Mar de Siberia Oriental, en la Unión Soviética.

Dentro de la categoría de los golfos, los cuales tienen una dimensión mayor a la de los mares litorales, se pueden citar algunos: el Golfo de California y el Golfo de México, en América; el Golfo Pérsico y el de Bengala, en Asia, y el Golfo de Guinea, en África.

Mares continentales. Poseen características singulares, ya que las tierras no los han podido cerrar por completo. Además, como se encuentran casi aislados, presentan regímenes de salinidad y temperatura muy especiales. Uno de los mares continentales más importantes es el Mediterráneo —limitado por los continentes europeo y africano—, que apenas hace contacto con el Océano Atlántico, por el Estrecho de Gibraltar, formando un sistema, ya que contiene seis diferentes "mares": el de Liguria, el Tirreno, el Adriático, el Jónico, el Egeo y el de Mármara, de modo que uno puede navegar por varios meses en esas aguas sin aventurarse siquiera en el océano.



Figura 6. Mares cerrados.



Figura 7. Mares, litorales y golfos.

Estos mares, aunque son poco influenciados por el océano, tienen largas épocas de calma —de seis meses de duración que se ven interrumpidas repentinamente por tempestades de gran intensidad durante los otros seis meses del año.

Otros mares continentales más pequeños que el Mediterráneo son el Mar Rojo, limitado por África y Asia, y el Mar Negro, por Europa y Asia, en el que se encuentra el minúsculo Mar de Azov.

La inmensidad de las aguas oceánicas constituye un conjunto maravilloso en profundidad y grandeza, el cual posee una fecundidad y hermosura que se traducen en la "afluencia de vida y mansión de belleza"

III. EL MAR TRIDIMENSIONAL

APROXIMADAMENTE hay 300 veces más espacio habitable en el océano que en los continentes e islas. Quienes vivimos en ellos estamos limitados por una delgada capa de atmósfera que apenas tiene unos cuantos metros de grosor.

Toda la gama de la vida terrestre es asombrosamente pequeña, comparada con la que se encuentra en el mar. Estamos distribuidos en un mundo de dos dimensiones, y sólo algunos organismos, como los insectos y las aves, pueden elevarse con sus propios medios, de manera temporal. El hombre, para separarse de la tierra, emplea medios artificiales, como los aeroplanos y los cohetes, aunque lo hace durante poco tiempo, mientras que las criaturas del mar se mueven con libertad en un ambiente que no sólo es ancho y largo, sino increíblemente profundo.



Figura 8. Mares continentales.

Los científicos han estudiado la relación existente entre las diversas zonas donde se aprecian descensos que parten de la costa hacia las profundidades oceánicas. Por ejemplo, observaron que, desde la playa, esos descensos son lentos y llegan a alcanzar los abismos, pero también descubrieron que en toda esta gama de profundidades cambia el tipo y número de seres vivos que las habitan.

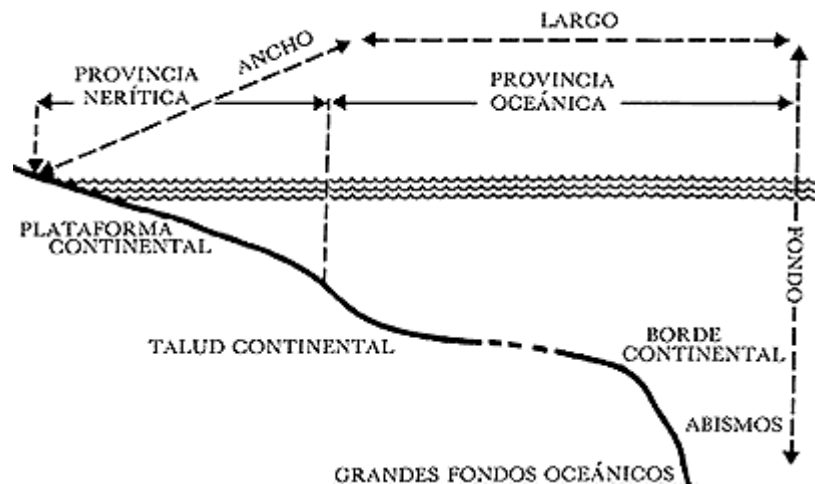


Figura 9. Perfil oceánico.

A partir de esas observaciones, los propios científicos dividieron el fondo del mar en tres zonas: la *plataforma continental*, situada a lo largo de la costa; el declive o *talud continental*, donde el lecho marino declina más rápidamente, y los grandes *fondos oceánicos* o regiones abisales, en donde se forman las fosas y barrancos.

De la costa hacia mar adentro se llega a la *plataforma continental*, que es la orilla de los continentes y está formada por fajas de tierras sumergidas a lo largo de las costas y cubiertas por aguas poco profundas. En este lugar se establece la llamada *provincia nerítica*. La región más elevada de la plataforma continental, llamada *plataforma costera* o litoral, es la zona más próxima a la tierra y está limitada por los niveles máximos y mínimos que alcanzan las mareas, por lo que también ha recibido el nombre de región intermareal. Aquí son más intensos los efectos de la erosión marina

y se produce frecuentemente una superficie más o menos plana, debida a la destrucción lenta provocada por el mar en las orillas de los continentes e islas.

Las aguas de la plataforma continental son penetradas por los rayos del Sol, que crean un favorable ambiente para la vida vegetal y animal. En esa zona poco profunda existe una gran diversidad de seres vivos, por lo que allí se han establecido las mejores zonas pesqueras, como la de los grandes bancos de Terranova y los del Mar de Noruega, ubicados en las frías aguas del hemisferio norte, en donde abundan los enormes bancos de peces; también está la Sonda de Campeche y el Bajo de Yucatán, en las cálidas aguas del Golfo de México, donde existe una gran riqueza en camarones.

Casi toda la pesca comercial en el mundo se realiza en las aguas de las plataformas continentales, lo que justifica la importancia pesquera y alimentaria de las mismas. En dichas zonas también existen grandes reservas de energéticos, como el petróleo, así como numerosos recursos que son utilizados para la fabricación de medicamentos, razón por la cual esas aguas tienen un amplio significado político y socioeconómico para los países.

La extensión y características de la plataforma continental en cada lugar de la Tierra son muy diversas. Por regla general, las plataformas continentales del mundo se inclinan mar adentro con suavidad y descienden aproximadamente un metro por cada milla náutica —1 m—, o sea que, si alguna de ellas se extiende 200 millas de la playa, el agua tendrá una profundidad aproximada de 200 metros.

A propósito de lo anterior, es importante aclarar lo siguiente: Se ha establecido que una plataforma continental termina precisamente hasta 200 metros mar adentro. Sin embargo, ese límite —llamado límite batimétrico— es puramente convencional, pues recientes estudios han permitido comprobar que es muy variable. Por ejemplo, frente al delta de Mississippi, la plataforma termina a 100 metros de profundidad, mientras que en las costas de Florida concluye hasta los 700 metros. Por ello, la medida de 200 metros no puede tomarse como un criterio para definir su límite.

Hay regiones, como en las aguas de las costas de California o en la acantilada costa cantábrica, en las que prácticamente no hay plataforma y la tierra desciende a las profundidades del mar con una rapidez sorprendente. No obstante, en la mayor parte de las costas las plataformas tienen sólo de 60 a 80 kilómetros de anchura y sí alcanzan profundidades de unos 200 metros.

En otros lugares, la superficie de estas plataformas se prolonga en grandes distancias. Un ejemplo, típico es el de Rusia. Allí, a lo largo de la costa del Océano Ártico, la plataforma se extiende 1 200 kilómetros, y es casi tan grande a lo largo de las costas de China y Siberia, en el Pacífico. En la costa del Sahara hay regiones en las que es preciso navegar más de 120 kilómetros para pasar de 50 a 100 metros de profundidad.

La pretendida forma plana que se le ha dado a cada plataforma continental es el resultado de estudios superficiales del problema. Las numerosas medidas batimétricas con que se cuentan han demostrado que en esas zonas existen relieves muy accidentados, como cuencas intermedias que forman depresiones muy profundas, además de cañones submarinos de paredes verticales o inclinadas.

Los cañones submarinos, ubicados casi siempre con dirección perpendicular a la costa, tienen profundidades muy variables, de entre 80 o 90 metros, descendiendo hasta los 1 500 o 2 000 metros. Su trazado es ligeramente sinuoso, y sus perfiles longitudinal y transversal son extraordinariamente abruptos.

La extensión de las plataformas continentales de todo el mundo es de aproximadamente 30 millones de kilómetros cuadrados, y ocupan entre el 7.6 y 8.3 por ciento de la superficie total del fondo marino, cuya dimensión es de 352.7 millones de kilómetros cuadrados.

Cuadro 3. Extensión de los océanos

Océano Ártico	14 500 000 Km ²
Océano Atlántico	50 000 000Km ²
Océano Índico	42 000 000Km ²
Océano Antártico	85 000 000Km ²
Océano Pacífico	127 000 000Km ²
Mares mediterráneos	34 200 000Km ²
Total	352 700 000Km ²

El punto de descenso a los abismos se inicia de manera repentina al final de cada plataforma continental, es decir, el suave declive se convierte en un descenso sorprendentemente brusco: la profundidad del agua aumenta instantáneamente, la vida vegetal desaparece en forma gradual debido a que la luz del Sol no llega a simas tan profundas, y los animales sobreviven a base del alimento que les cae desde las aguas superficiales.

Esta zona del declive recibe el nombre de *talud continental*; al estudiar con detalle su perfil longitudinal, se comprueba que su pendiente no es continua, sino que existe una serie de escalones a distintas profundidades. Por ejemplo, el talud continental de la costa de Gibraltar desciende bruscamente formando escalones a 550, 700, 1 500 y 3 800 metros.

En el área donde se inician los taludes continentales, que constituyen las grandes paredes del fondo marino, el agua tiene una profundidad de sólo 200 metros, pero unos cuantos kilómetros mar adentro, ésta se incrementa a 3 000, 6 000 y aun a 9 000 metros.

Algunos taludes descienden casi en línea recta, de tal manera que la profundidad del mar aumenta todavía más bruscamente. A lo largo de las costas de Florida, en el Golfo de México, el declive es tan pronunciado que el fondo se encuentra a un kilómetro y medio, tan sólo a 3 kilómetros de distancia horizontal. En otros sitios, la proporción del descenso es de un kilómetro y medio por cada 6 u 8 kilómetros mar

adentro. A sólo 200 kilómetros de la costa, el talud puede alcanzar profundidades de más de 700 metros antes de llegar a los abismos.

Los taludes continentales marcan los verdaderos límites entre los dominios terrestres y marinos. Se puede considerar, pues, que allí termina la tierra y comienza la zona oceánica. Más allá de esos taludes está el profundo reino de los abismos, frío, oscuro y habitado por extrañísimos seres que viven en condiciones desconocidas para el hombre.

Esa gran profundidad marina empieza en el *borde continental*, que se encuentra situado en la parte inferior de los taludes y marca el principio del dominio oceánico.

Desde el punto de vista morfológico, es difícil definir el borde, pues en algunos casos tienen la forma de un surco muy profundo que limita tajantemente al talud —como una fosa que se encuentra en Puerto Rico y que alcanza 8 000 metros de hondura—, y en otros se presenta como una saliente poco inclinada, llamada *glacis*, que da continuidad al talud y lo enlaza con las llanuras abisales.

En los bordes se mezclan los sedimentos de origen continental, producidos por la acción erosiva del mar y arrastrados a través del talud, con los del océano, que pueden ser tanto orgánicos como inorgánicos.



Figura 10. Cuencas oceánicas. Formas planas.

Como se mencionó ya, al terminar el talud continental se encuentran los *grandes fondos oceánicos*, acerca de los cuales existen numerosas incógnitas, ya que los datos que poseen los científicos sobre estas profundidades son relativamente escasos y aislados.

La topografía de esos abismos es sumamente compleja. Si se pudieran desaguar las cuencas oceánicas, se observaría un terreno tan escabroso como el que domina las regiones montañosas de los continentes. Dichas cuencas —algunas de más de 4000 metros de profundidad—, que abarcan en conjunto la mitad de la superficie de nuestro planeta, están limitadas por cadenas de montañas, surcadas a su vez de profundos valles y fosas abismales.

El maravilloso panorama de las profundidades oceánicas está formado por un variado terreno que presenta llanuras, cordilleras, altas montañas marinas, empinados cañones, asombrosas trincheras y hendiduras.

Para ser estudiadas, las formas submarinas pueden reducirse en tres grandes grupos:

Formas planas, conformadas por la mayor parte de las cuencas oceánicas, como la Cuenca Noroccidental de Australia, la Cuenca del Pacífico Central y las Cuencas Brasileña y Argentina en el Atlántico Sur.

Formas salientes, que pueden ser de dos tipos: unas forman cordilleras de gran extensión y longitud que, según sus características y relieve, se denominan dorsales (*ridges*) o macizos (*rises*). El más espectacular de éstas es el Dorsal Atlántico, que recorre en toda su longitud Océano Atlántico, desde el Ártico hasta el Antártico, formando una gigantesca S con innumerables fracturas transversales y limitada a los lados por numerosas cuencas y fosas.

El otro tipo lo constituyen montañas marinas aisladas que, de acuerdo con su estructura, se les denomina *pitones* o picos submarinos. Estas formas son de origen volcánico, como los pitones de Vema, el Wüst y el Meteor, ubicados en el Océano Atlántico, al sur de África. También están los *Guyots*, montes con forma de cono truncado que alcanzan una altura cercana a los 3 000 metros y cuyas cimas, casi planas, llegan a medir hasta 15 kilómetros de diámetro. Uno de los temas al que se le presta mayor atención en la investigación oceanográfica es el origen de los *guyots*. Dos de ellos, el Gran Banco Meteor, localizado frente a las Islas Canarias en el borde Dorsal del Atlántico Central, y el Ob y Lena, en el Océano Índico, son los que más han despertado el interés de los científicos.

Formas deprimidas. Son las menos conocidas. Se trata de accidentes de terreno de características muy distintas, como las fosas, las fallas y los cañones. Entre esas formas destacan las fosas con las mayores profundidades. Son estrechas, largas y generalmente arqueadas. Abundan en el Océano Pacífico, y se concentran principalmente en la región asiática de éste, en donde se encuentra la Fosa de las Marianas, que alcanza 11 034 metros y es considerada por algunos científicos como la mayor del mundo, pues otros aseguran que el fondo de la Trincheras de Mindanao se localiza a 11 500 metros.

En los otros océanos las fosas escasean. En el Índico sólo se halla la de Java, y en el sur del Atlántico las de Puerto Rico y Sandwich.

El fondo del océano está integrado por restos de organismos y de rocas depositados como sedimentos desde tiempos remotos. En determinados lugares esos restos llegan a sobrepasar los 3 500 metros de espesor como resultado de su acumulación constante durante miles de millones de años. Se ha calculado que la velocidad promedio de depósito en los fondos oceánicos es de unos cuantos milímetros cada mil años.

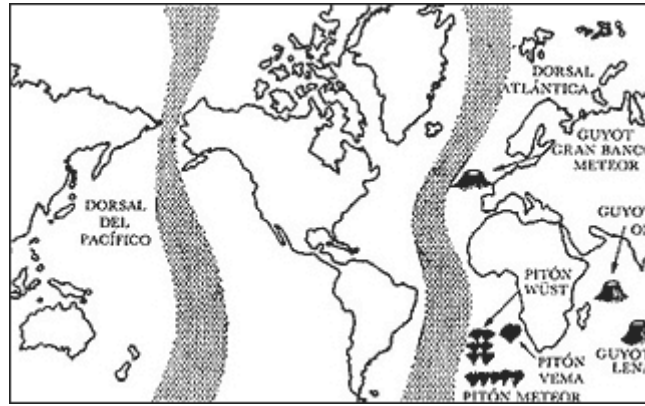


Figura 11. Dorsales, pitones y guyots. Formas salientes.
Cuadro 4. Fosas oceánicas

Fosas	Profundidad (metros)	Longitud (kilómetros)
Marianas	11 034	2 550
Filipinas	10 479	1 400
Japón	10 230	1 500
Puerto Rico	8 385	1 500
Sandwich	8 250	2 200
Java	7 450	4 500

Los documentos donde se describe la constitución de los fondos oceánicos reciben el nombre de *batilitológicas* y forman parte de las cartas oceanográficas que se elaboraron a raíz de la propuesta del príncipe de Mónaco cuando se redactó la Carta Internacional de los Océanos, de lectura indispensable para toda persona que desee trabajar en ellos.

La vida en las profundidades oceánicas es menos abundante que en el resto del mar, pero posee particularidades muy especiales que apenas se están empezando a estudiar y comprender. Seguramente, esta cuestión es uno de los mayores retos al que se enfrentan los estudiosos del océano.

Uno de los últimos descubrimientos en torno a la vida en esos lugares fue el llamado Oasis Viviente, situado alrededor de las "chimeneas" que se hallan cerca de la Fosa de América Central, en la entrada del Golfo de California, en donde habitan organismos a una profundidad de 2 700 metros: De las chimeneas sale una columna de humo negro que alcanza 50 metros de altura, 25 metros de circunferencia y temperaturas de

más de 350°C. Cuando este humo se mezcla con el agua del mar, que en esas profundidades alcanza entre 2 y 3°C de temperatura, los minerales que contiene se precipitan, produciendo remolinos en su base. Los organismos que se concentran precisamente alrededor de las chimeneas activas tienen características muy particulares, como su gran tamaño.



Figura 12. Fosas oceánicas. Formas deprimidas.

Basta todo esto para comprender la serie de interrogantes que se pueden plantear para el conocimiento del relieve submarino de los océanos, y que sólo pueden ser resueltas, parcialmente, gracias al interés y dedicación de los investigadores.

Hasta ahora, con la tecnología con que se cuenta, sólo se ha podido echar una ojeada a los abismos, cuyos secretos apenas están comenzando a ceder ante nuestra curiosidad, aunque en épocas venideras, con el uso de nuevos equipos, las investigaciones de las profundidades oceánicas revelarán aún más maravillas.

IV. LA FECUNDIDAD EN EL OCÉANO. AFLUENCIA DE LA VIDA Y MANSIÓN DE BELLEZA

CUANDO se observa el océano desde la costa se aprecian también sus aguas: inquietas y desgarradas por la espuma, mansamente onduladas, verdes y azuladas y que, alegres, llegan encabritándose a las arenas de la playa. En ocasiones, cuando se tornan plomizas o negras, rompen violentas contra el acantilado. Este paisaje, caracterizado por su dinamismo, representa la hermosura cambiante de las aguas oceánicas, a la que se suma el rumor de las brisas o el ronquido de los vendavales.

Además de toda esta majestuosidad, el océano aporta la mayor fuente de recursos naturales existente en nuestro planeta.

Los recursos naturales son todos aquellos agentes o componentes geológicos, materiales químicos, organismos y asociaciones biológicas que forman parte de la

naturaleza y brindan al hombre posibilidades de vida y bienestar, además de que son la base de la riqueza y de la economía de varios países. Pueden ser clasificados en inorgánicos (no renovables) y orgánicos (renovables).

Entre los *no renovables* se encuentran la corteza del planeta, que forma el suelo en los continentes y el fondo en los mares; los minerales metálicos, el carbón, el petróleo y el gas natural, entre otros. Su característica es que precisamente no se pueden renovar, por lo que el hombre tiene que establecer un régimen racional y prudente de explotación para no agotarlos, encaminando las investigaciones al descubrimiento de nuevos depósitos o yacimientos.

Entre los *renovables* se tiene a los seres vivos y a las comunidades que forman, los cuales son utilizados por el hombre para su beneficio. Con el objeto de aprovechar racionalmente este tipo de recursos, se debe favorecer las posibilidades de reproducción y, al mismo tiempo, cuidar que la explotación y el consumo no rebasen esta capacidad reproductora. También se debe evitar que otros fenómenos, algunos de ellos naturales, destruyan a esos seres vivos más rápidamente de lo que se reproducen. La contaminación y el aumento de animales depredadores, por ejemplo, son perjudiciales para tales organismos.

Como resultado del aumento de la población humana a finales del siglo XIX, se generó un desarrollo industrial que trajo como consecuencia el incremento en el uso de los recursos naturales terrestres, al grado de que algunos de ellos se agotaron, por lo que en el presente siglo el interés del hombre se ha enfocado a los recursos oceánicos.

La potencialidad que el océano ofrece al hombre en recursos naturales es enorme, pero no ilimitada.

El océano es una mina que concentra a todos los elementos y compuestos identificados por la química. Por ejemplo, uno de los compuestos de mayor importancia para el hombre, la sal, proviene del océano, de donde se extraen 130 millones de toneladas anuales.

En el océano también existen metales, desde los más comunes hasta los de valor muy elevado, como el oro. Se dice que en una milla cúbica de agua de mar puede haber 25 toneladas de este metal. Incluso, se afirma que hay tal cantidad de oro en el océano que, si se repartiera entre los habitantes del planeta, a cada uno le correspondería una proporción equivalente a más de 30 millones de pesos. Sin embargo, no ha sido posible rescatar toda esta riqueza, ya que los actuales sistemas para extraer oro del mar son incosteables.

Aparte de estos elementos y compuestos inorgánicos, en los mares existen grandes cantidades de materia orgánica. Ambos tipos de materia, por medio de los ciclos bioquímicos, favorecen la vida en el océano, que por ello es el foco vital de mayor importancia en la Tierra. En él conviven tal cantidad de seres que apenas tienen espacio para desplazarse, y que constituyen la verdadera riqueza del océano. En consecuencia, el hombre podrá contar indefinidamente con los recursos renovables si los explota de manera racional.

En la inmensidad del océano, desde sus litorales hasta las grandes profundidades, se albergan una flora y una fauna tan variadas que, si se comparan con las terrestres, éstas resultan extraordinariamente pobres. Los organismos oceánicos están representados por miles de especies vegetales y animales, que a su vez contienen miles de millones de individuos.

Entre las especies marinas existen diminutos organismos, que miden de una a varias micras —es decir, milésimas de milímetro—, por lo que son casi invisibles, y que luchan por defender su existencia. Por otra parte, están las moles de decenas de toneladas, como los cachalotes, las ballenas, los calamares gigantes, los elefantes marinos, etcétera.

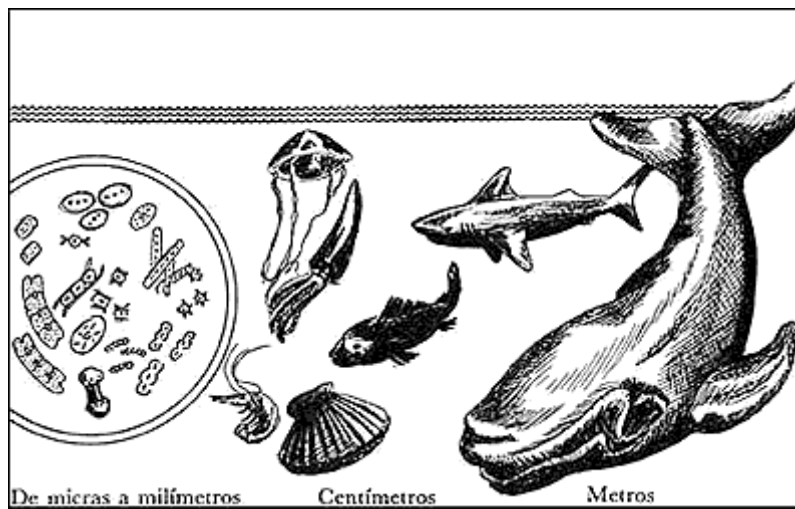


Figura 13. Diversidad animal en el océano.

En la vida animal del mar hay una gran diversidad de formas: están los radiolarios, con su esqueleto de vidrio; los copépodos, de caprichosas formas; los cangrejos, que tienen resistentes corazas córneas; las delicadas medusas, cuya apariencia es acuosa; los elegantes moluscos, que exhiben sus distinguidas conchas, y los peces, con su extensa variedad de color, diseño y dimensión.

Es muy difícil precisar la magnitud de la vida en el océano. Por ejemplo, los peces se mueven de un lado a otro en bancos inmensos en busca de mejores condiciones de vida, y son perseguidos por otros organismos cuya voracidad produce significativas disminuciones de especies, como las orcas, los tiburones, los delfines y, desde el aire, las aves marinas. El que más aprovecha esta abundancia es el hombre, que llena sus redes con tal cantidad que a veces corren el riesgo de rasgarse.

Sin embargo, resulta sorprendente ver con qué rapidez los peces capturados son sustituidos por otros durante la etapa de reproducción, así como el hecho de que encuentren su sustento en miles de millones de vegetales y animales microscópicos, formando las cadenas de alimentación y la reserva del océano.

Estos organismos diminutos, que se hallan en toda gota de agua que se saque del mar, pueden ser vistos en el maravilloso mundo que nos muestra el microscopio. Así, se encuentran formas extrañas que presentan características muy diferentes a

las de los seres que estamos acostumbrados a observar, y las cuales han hecho titubear a los propios hombres de ciencia, quienes no han podido definir si muchas de ellas son vegetales o animales, o si constituyen un grupo aparte.

Junto con esas excéntricas criaturas se encuentran los curiosos estados juveniles o larvarios de pólipos, caracoles, cangrejos, camarones, erizos, estrellas de mar y peces, estados que son muy diferentes a las formas adultas de estas especies.



Figura 14. Pescadores sacando una red de arrastre.

Toda esta inmensidad de organismos microscópicos puede estar condenada, por su escaso tamaño, a ser ignorada por aquellos que no son naturalistas. No obstante, esos seres utilizan muchos trucos para hacerse notar; por ejemplo, algunos producen gotas de grasa que, cuando se reúnen en gran cantidad con las de otras multitudes de organismos, dan al mar el aspecto de un caldo aceitoso durante el día; por la noche, estas grandes masas grasosas se transforman en maravillosas zonas fosforescentes, debido a un curioso fenómeno llamado bioluminiscencia.

La abundancia de estos seres suele incrementarse a raíz del aumento de la temperatura y de los nutrientes en el medio. En ese caso, la fecundidad de los microorganismos, de por sí intensa, se multiplica en tal forma que el mar adquiere un determinado matiz, provocado por la conjunción de las coloraciones de cada uno de esos organismos. Este fenómeno se puede comparar con el de la sangre, cuyo color se debe al pigmento existente en cada uno de los millones de glóbulos rojos que la forman. Así, el océano llega a tomar tonalidades rojizas, azulosas, verdosas y hasta metálicas, dependiendo del tipo de microorganismo y, por supuesto, de su abundancia.

El ojo humano puede distinguir otra clase de seres marinos, cuya talla alcanza varios centímetros, como los camarones y los ostiones, que también se encuentran en gran número. No obstante, dicho número está sujeto a un control natural, determinado sobre todo por la mortalidad que se genera entre estas especies cuando luchan por ganar mayor espacio y alimento. Por ejemplo, un ostión hembra produce un millón y medio de huevecillos, de los cuales sólo tres llegan al estado adulto en condiciones naturales. Como se ve, aquí se establece un control de su fecundidad desmedida. Según los minuciosos cálculos del científico Lull, si todos los descendientes de una ostra sobrevivieran, después de cuatro generaciones alcanzarían una descomunal cifra de 66 seguida por 33 ceros (66 000 000 000 000

000 000 000 000 000 000 000), y la masa de sus conchas formaría una esfera ocho veces mayor que el volumen de la Tierra.

En el océano se hallan también los animales más corpulentos de cuantos viven en el planeta. En el fondo de las aguas marinas nadan calamares gigantes, cuyo cuerpo mide 6 metros de longitud y sus brazos llegan a tener más de 18 metros de largo. Las ballenas representan a los verdaderos gigantes del reino animal, pues su cuerpo alcanza en ocasiones más de 25 metros y un peso de 160 toneladas, comparable al de 20 elefantes o 200 bueyes.

El océano está poblado en toda la extensión de sus aguas, y no queda algún rincón de él en que falte la alegre presencia de los seres vivos. Estas y otras maravillas, como los matices, tamaños, formas y colores, hacen del mar una mansión de belleza. Por si fuera poco, y en virtud de que alberga a las más hermosas criaturas, el océano se convierte en el acuario del mundo.



Figura 15. Gota de agua de mar mostrando su maravilloso mundo microscópico.

Si se pudiera hacer un rápido recorrido desde los litorales hasta los fondos oceánicos, se daría uno cuenta de la majestuosidad de este mundo oceánico.

Cuando el hombre llega a una playa, nunca imagina que frente a él exista tal afluencia de vida y diversidad de belleza. Tan sólo la arena que pisa contiene multitud de pequeños seres, entre los que destacan los foraminíferos y diminutos moluscos, así como cangrejos de cuerpo casi transparente que cavan rápidamente sus hoyos para escapar de sus perseguidores.

En la zona litoral del océano se concentra la mayor diversidad de especies, pues en ese lugar se presentan diferentes condiciones de ambiente y, por lo tanto, pueden encontrarse organismos que se adaptan a las aguas cálidas o frías y a la alta o baja salinidad, o los que buscan las rocas azotadas por las olas, o los cienos depositados en aguas tranquilas.

Esa variedad existe también gracias a que la cantidad de alimentos en los litorales es mayor que en el resto del océano. En ellos abundan sales minerales que sirven de nutrientes a los vegetales verdes, con los que éstos pueden realizar la síntesis de materia orgánica, utilizando además la luz solar, que en esta zona alcanza su máxima intensidad. Esta materia orgánica formada por los vegetales verdes

constituye el alimento tanto para ellos como para los demás organismos que se encuentran en el área.

Allí se localizan los bosquecillos de algas policromadas, que dan forma a los estratos de colores según los pigmentos que ellas presenten. Por ejemplo, la parte más profunda de los grandes acantilados adquiere una coloración rojiza debida a la presencia de algas rojas (rodofíceas) y pardas (feofíceas). Hacia la superficie dominan los matices verdeazulosos producidos por las algas azules (cianofíceas) y las verdes (clorofíceas), y en la parte mas superficial predominan los tonos verdes, provocados por estas últimas.

En los fondos arenosos de la zona litoral, a una profundidad determinada por el alcance de la luz, se concentran las algas de mayor tamaño, como los sargazos, y las fanerógamas marinas, como la *Thalassia*, que forman grandes praderas o matorrales submarinos, donde viven los vegetales y se oculta un sinnúmero de animales.



Figura 16. Bosquecillo de algas.

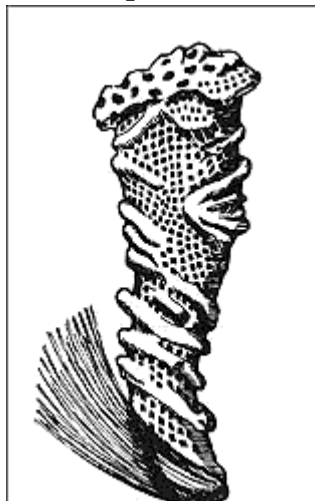


Figura 17. Esponja de vidrio o regadera de Filipinas.



Figura 18. Colonia de esponjas.

Los animales marinos también van a conferir a la zona litoral del océano sus características de belleza. En los fondos de las aguas tropicales existen infinidad de esponjas, cuyos esqueletos, a veces cristalinos, dan el aspecto de una cesta de vidrio, como la *Euplectella*, llamada también Regadera de Filipinas y que es de extraordinaria hermosura.

Otras esponjas poseen tonalidades que recuerdan los cuadros policrómicos, y la forma ordenada en que construyen sus colonias hacen pensar que los arquitectos se inspiraron en ellas para diseñar los conjuntos de edificios multifamiliares.

Las anémonas, animales que también son llamados flores de mar, cubren grandes áreas de los fondos rocosos y arenosos de los litorales. Son muy conocidas en las costas de todo el mundo, especialmente en las de los mares cálidos, donde viven especies muy vistosas. Los antiguos naturalistas les dieron el nombre de zoofitos, dada su semejanza con los vegetales. A esta relación alude también el nombre científico de la clase a la que pertenecen, *Ántozooos*, que significa animales-flores.

Cuando se observa a los moluscos, grupo cuyos representantes son los caracoles, las lapas y los ostiones, entre otras muchas especies, se puede admirar su belleza, la variedad de sus formas, colores y tamaños de sus conchas. La pulida y brillante concha de la *Cypraea*, por ejemplo, está adornada con colores muy vivos, y debido a que parece una pieza de cerámica se le llama también caracol de porcelana.

Algunas de las conchas que cubren el cuerpo de los moluscos son de gran tamaño, como las tridacnas o taclobos, que son muy comunes en los mares de las Filipinas; miden 2 metros de diámetro y pesan 200 kilogramos, y son utilizadas en las iglesias como pilas bautismales.

En los fondos marinos se arrastran las delgadas estrellas del mar, llamadas ofiúridos, que sorprenden por la regularidad de la forma de su cuerpo —conformada por una simetría pentámera—, del cual parten cinco delicados brazos que, en ocasiones, están bellamente decorados. Debido a la coordinación y delicadeza de sus movimientos, se les ha dado el nombre de bailarinas de mar.

Por su diversidad y belleza, los peces son, sin discusión, los reyes del océano. Sus cuerpos, sus aletas y su cola, sin perder en un solo momento sus rasgos y características, son modelados por la naturaleza de mil modos diferentes y caprichosos, proporcionándoles atractivos colores.

Uno de los peces que más llama la atención es el hipocampo o caballito de mar, pues el macho, que recuerda a los canguros, carga los huevecillos en su vientre abultado y, después, las crías. Otros peces tienen formas y colores especiales que los hace parecerse a las rocas, como el pez piedra. También existen unos que inflan su cuerpo para protegerse, como el pez globo.

Más allá del litoral, y a medida que aumentan las profundidades, puede hallarse aún una variedad infinita de especies: pólipos bellísimos, extraordinarios cangrejos parecidos a los que vivieron en otras épocas, grandes árboles de coral de tonos diferentes, como los rojos o los negros, y muchos animales más que vienen a ser la inspiración tanto de científicos como de soñadores. En los a veces insondables abismos del mar se desarrollan las más extrañas criaturas, seres de raras texturas y de formas monstruosas, como es el caso de los peces que tienen órganos fosforescentes y enormes y dentados maxilares.

Por mucho tiempo se pensó que en los grandes fondos del océano no había vida. En la actualidad, ésta ha sido descubierta en aguas muy profundas. Durante la expedición danesa del *Galathea* se encontraron esponjas y anémonas a 10 190 metros de profundidad en la Fosa de las Filipinas, donde, a 11 000 metros, la vida está representada por bacterias.

Resulta magnífico el espectáculo que proporciona el fulgor de las ondas del mar, y la abundancia que éste encierra es maravillosa. Emoción profunda siente el espíritu ante las realidades del océano, que son superiores a toda fantasía. Sin embargo, los científicos han encuadrado y canalizado esa emoción para estudiar las leyes que rigen a esta fabulosa creación de la naturaleza: el mar.



Figura 19. Seres de los abismos.

V. LOS RAROS HABITANTES DE OCÉANO. MONSTRUOS Y DIOSES DEL MAR. FANTASÍAS Y REALIDADES

LOS fenómenos que se desarrollan en el océano, tanto los de origen físico-químico como biológico, siempre han estimulado la imaginación de los hombres, y en todas las latitudes y épocas han sido motivo de las interpretaciones más fantásticas. De allí la multiplicidad, y a menudo la contradicción de las leyendas y creencias marinas.

Desde tiempos remotos, el mar ha sido un lugar misterioso, insondable y desconocido para la humanidad. La historia antigua afirmaba que la extensión del mar era tan inmensa que llegaba hasta el lejano país de los muertos, y que estaba habitada por criaturas terroríficas y monstruosas.

No es mucho lo que conoce la ciencia contemporánea acerca de los habitantes del océano. La gran diversidad en forma y tamaño de los seres marinos ha permitido crear toda clase de historias y leyendas sobre monstruos, las cuales han dado origen a un sinnúmero de fantasías.

La vida en el mar nos depara, aún hoy, sorpresas y narraciones fantásticas que sólo comienzan a descifrarse mediante la investigación sistemática del océano.

El hombre siempre ha considerado que la inmensidad del mar está poblada por una fauna de fantasía. Los "monstruos legendarios" nacen entonces al calor del temor o de una imaginación desbordada ante tantas maravillas que los ojos humanos pueden contemplar en el océano.

Como señalan algunos científicos, "los griegos llenaron al *Mare nostrum* de las más variadas criaturas. Monstruos y deidades formaban la más animada población de las aguas del mar. Nereidas, oceánidas y gorgonas, en formación con sirenas y tritones, constituyen el brillante desfile, que da su mayor esplendor a la corte de Poseidón y Anfitrite".

Uno de los mitos griegos más bellos es el de las sirenas, en el que se conjugan la mujer y el mar, dos elementos que desde tiempos inmemoriales son motivo de alabanzas y leyendas para el hombre.

Según la mitología griega, las sirenas eran las hijas de Calíope y de Aqueleo, compañeras de Proserpina y víctimas del furor de Ceres, quien las transformó precisamente en monstruos marinos en virtud de que no opusieron resistencia al rapto de aquella. Estas mujeres oceánicas poseían los más dulces y terribles atributos femeninos: la belleza y la crueldad, o el amor y la perdición.

Estas mujeres-pez son una constante mitológica de todos los pueblos marítimos, y su forma ha ido cambiando a lo largo del tiempo. Para Ovidio, esas desdichadas criaturas que fueron a esconder sus monstruosos cuerpos en unas rocas situadas entre

Capri e Italia eran aves de plumaje rojizo con cara de virgen. Apolonio de Rodas aseguraba que tenían busto de mujer y cuerpo de ave marina.

La historia de las sirenas griegas, sin saber cómo, se transformó en la de pez-mujer u ondina con cola de pescado y esbelto cuerpo femenino. Tirso de Molina las describe así: "la mitad mujeres y peces la mitad."

En el gran poema épico *La Odisea*, del poeta griego Homero (siglo IX a. C.), obra monumental de la antigüedad clásica, se narran las aventuras de Ulises y sus hombres ante las terribles y maléficas sirenas, cuyo canto fascinaba a cuantos lo oían. "Aquel que imprudentemente se acerca a ellas y oye su voz, ya no vuelve a ver a su esposa ni a sus hijos [...] al ser hechizados por las sirenas con el sonoro canto, sentadas en una pradera y teniendo a su alrededor enorme montón de huesos de hombres putrefactos cuya piel se va consumiendo."

Este hechizo fue burlado por Ulises, quien, por consejo de Circe, tapó con cera los oídos de los remeros, mientras él se hacía atar de pies y manos del mástil para resistir el efecto fascinador del canto de las sirenas, quienes, para tentarlo, le ofrecieron el conocimiento de todas las cosas. Después de haber sido burladas por Ulises, las sirenas se precipitaron en el mar para convertirse en peñascos. Aún hoy se les conoce con el nombre de siremusas.

La leyenda de las sirenas se popularizó rápidamente; se extendió por toda Europa y llegó incluso a territorios muy alejados, como la India, Rusia y Japón, pasando después a América. Algunas de las historias las representaban crueles, como la de Ulises, y otras las describían dulces y amorosas, como en el caso de Ondina, que según el relato apareció en la costa de Francia.

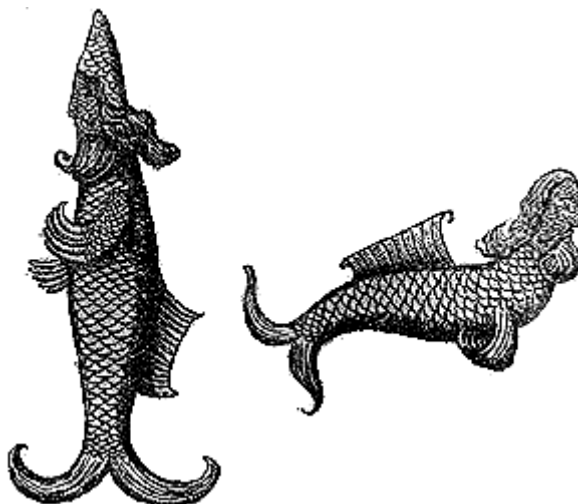


Figura 20. Hombres-pezo.

Como se ve, el mito se ha extendido en el tiempo y en el espacio. La sirena, ambigua deidad del mar, es dueña del horror de la muerte, pero también de un incansable amor. Muchos hombres del mar tienen aún la esperanza de encontrar algún día una sirena, a pesar de que la ciencia haya demostrado la inexistencia de las mismas.

Las sirenas no son los únicos personajes mitológicos marinos con características humanas, ya que tienen un paralelo simétrico con Tritón, hijo del dios Poseidón, "el de la cabellera azul" y de la diosa Anfitrite quienes rodean al dios de los mares y son mitad humanos, mitad peces, con larga cabellera flotante y gran cola cubierta de escamas.

Los tritones, que han recibido diferentes nombres, como hombre-pez u hombre marino, gozaban de fama por su sabiduría y dones adivinatorios, y su labor principal consistía en escoltar a los dioses marinos más poderosos al tiempo que soplaban sus bellas caracolas.

La leyenda de los tritones, descritos en las obras de Plinio, Gesner y otros autores, se extendió también por toda Europa, y pasó a la orilla del Atlántico apareciendo en América, en donde el ambiente era propicio para darle crédito. Incluso, algunos autores pensaban que esas leyendas eran patrimonio de las culturas nativas.

La creencia en el hombre-pez y las sirenas se conserva aún entre la gente de mar que siempre está relatando nuevas historias. Una posible explicación al respecto desde el punto de vista científico es que estas leyendas pudieron tener su origen en el aspecto de ciertas focas del Mediterráneo. [*](#)

Además, la imaginación de los griegos dotó a su mitología de otras criaturas marinas de forma humana, con lo cual aquellos hombres demostraban el gran amor y respeto que sentían por el océano. Dichas criaturas son las ninfas del mar, las nereidas y las oceánidas.

Las ninfas del mar, cuyas largas trenzas adornadas con conchas llegaban hasta sus hermosos y diminutos pies, eran la representación de un ser marino amable, inspirador de poetas. Las nereidas, 50 hermanas hijas de Nereo, habitaban el Mar Egeo, cantaban con voz melodiosa y bailaban alrededor de su padre. A pesar de que eran deidades menores, los griegos les construyeron altares ante los que depositaban ofrendas. Las más célebres fueron Anfitrite, Tetis y Galatea. Las oceánidas, hijas de Océano y Tetis, en número de por lo menos 13 000, tenían semejanza con las nereidas. Eran alegres, bondadosas y cuidaban a los marinos durante sus travesías con tanto afecto y dedicación que llegaban a enamorarse de ellas.

Aristóteles (384-322 a. C.), que puede ser considerado padre de la historia natural, y en especial de la zoología, y cuyos escritos constituyen una enciclopedia del saber antiguo que perduró hasta el Renacimiento —algunos de sus conocimientos son válidos en la actualidad—, tampoco pudo escapar de la tentación de crear fantasías sobre la vida en el mar. Pensaba que los corales, a los que llamaron *korallion*, que significa adorno del mar, tenían su origen en una planta marina que crecía "entre las horrisonas serpientes de la cabeza de Medusa". A las medusas, animales de cuerpo transparente en forma de sombrilla, las nombraba pulmones del mar, pues creía que el océano respiraba por medio de ellos debido a sus rítmicos movimientos natatorios.

Estas leyendas y tradiciones de los griegos permanecieron durante 16 siglos, y cambiaron según las épocas y los países a los que se extendieron. Algunas de ellas lograron ser aclaradas a partir del conocimiento que se fue obteniendo acerca de los animales marinos, aunque ciertas especies siguieron prestándose a confusión.

Los pulpos y calamares, por el aspecto poco grato de su cuerpo blando, sus brazos viscosos y musculosos provistos de pegajosas ventosas, han dado origen a numerosas leyendas y fábulas. Así, siguen vigentes hasta nuestros días los relatos llenos de colorido que hace Víctor Hugo en *Los trabajadores del mar*, o las feroces luchas de los secuaces del capitán Nemo, audaz y enigmático piloto del *Nautilus*, contra el gigantesco pulpo que nos describe Julio Verne en su novela *20 000 leguas de viaje submarino*.



Figura 21. Medusa.

En muchas leyendas de los pueblos marinos y pescadores figura el pulpo como uno de los más importantes y tenebrosos personajes. Su extraño aspecto ha despertado cierta antipatía y repulsión, no exentos de respeto y temor. Son muchas las narraciones sobre pulpos colosales que arrastran a los abismos del mar, ayudados por sus potentes brazos, navíos y bergantines de los que no queda rastro alguno.

Durante siglos se creyó en la existencia del *kraken*, calamar o pulpo gigante, de una milla o más de longitud. Se dice que cuando asomaban sus lomos a la superficie del mar, parecían más unas islas que seres vivientes. Se cuenta también que con sus largos brazos podían aprisionar a los navíos para engullirlos.

Esta leyenda llegó a influir en el naturalista sueco Linneo, creador de la taxonomía científica, quien en una de las primeras ediciones de su obra *Systema naturae*, en la que clasifica a los animales, describe a un calamar de enormes proporciones con el nombre de *Sepia micromicrocosmus*, basándose en las historias que le contaron los fantasiosos hombres de mar.

Los mitos forjados en torno a la presencia de pulpos colosales en el mar tenían sus bases en el considerable tamaño que algunas especies de cefalópodos alcanzan, y sobre todo en la existencia real de ciertos calamares gigantes, como el *Architeuthis*, que vive en la costa atlántica de Norteamérica, en una extensa zona que abarca de las Bermudas a Terranova, y que ocasionalmente es arrastrado por las tormentas hasta las costas de Europa.

Esos calamares fueron desconocidos por los científicos durante siglos; sólo se sabía de ellos por los relatos de los pescadores, quienes solían encontrar trozos de

tentáculos de hasta 10 metros de longitud en el estómago de los cachalotes o en las orillas de las playas. No fue sino hasta el periodo de 1871 a 1876 cuando una veintena de *Architeuthis* aparecieron en la playa de Thimble Tickle, en Terranova, lo que permitió que el naturalista Addison Verrill los estudiara. El mayor de ellos medía, desde el extremo de la cola hasta la boca, de 8 a 10 metros. Sus brazos alcanzaban casi 20 metros de largo y tenía el grosor del cuerpo de un hombre. Estaba dotado de poderosas ventosas, la circunferencia de su cuerpo medía 2 metros y su peso se calculó en varias toneladas.

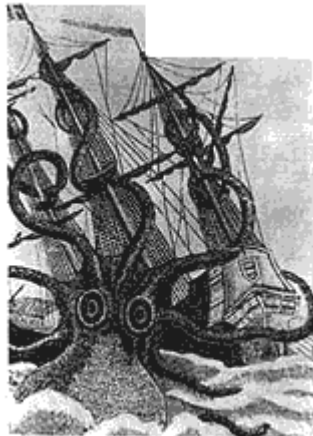


Figura 22. Pulpo hundiendo un barco.

Los científicos han comprobado que estos grandes cefalópodos habitan las partes más profundas del océano y que sólo por accidente alcanzan la superficie. Se encuentran repartidos en diversas regiones oceánicas, muy separadas unas de otras, y parece que son un alimento muy apreciado por los cachalotes, con los que libran titánicas batallas. Las marcas en forma de disco encontradas en los lomos de algunos cachalotes constituyen la evidencia de estas luchas. Así pues, se sabe que los calamares succionan el pigmento de la piel de estos animales.

Indudablemente, fueron la fuerza y dimensiones de estas especies lo que hizo pensar que, si alguna de ellas llegaba a aferrarse al casco de un bergantín de tres palos, era capaz de hacerlo zozobrar.

Muchos navegantes, sorprendidos por los violentos movimientos de los grandes calamares, que excepcionalmente se debaten en la superficie del mar, llegaron a creer que los tentáculos que veían eran serpientes marinas, ilusión posible a cierta distancia, sobre todo con la imaginación un poco exaltada.

No es posible hablar de monstruos marinos sin mencionar a las "serpientes del mar" y a los "dragones" que, según las creencias, habitaban las oquedades y las cavernas costeras, haciendo más peligrosas las rompientes del oleaje. Los relatos sobre estos fantásticos animales se repiten desde tiempo inmemorial, e incluso han sido tomados en cuenta por algunos naturalistas de renombre.

En los mares de todo el mundo, desde el ártico hasta el trópico, se ha hablado de la existencia de esas serpientes. Tales versiones provienen desde la antigua Grecia y

Roma, y sería un error pensar que, en la actualidad, la gente ya no cree en esos monstruos.

Olaüs Magnus, obispo de Bergen en 1600, cuenta en una de sus obras que, según los marinos que navegaban en aguas de Noruega, entre las rocas y en las cavernas de la costa vivía una serpiente de 70 metros de largo y 10 metros de grosor; dotada de una larga melena, de ojos como llamas, y cubierta por afiladas escamas de color negruzco. Acostumbraba, decían, perseguir a las embarcaciones, y se elevaba como una columna para barrer con los marineros de cubierta y devorarlos.

Una versión más reciente es la de Erik Pontopiddan, de la Universidad de Copenhague, quien asegura haber visto en 1752 a una serpiente de 20 a 30 metros de longitud, negra y lisa, tan gruesa como el cuerpo de un hombre y provista de una especie de crin en la cabeza.

Estos mitos han llegado a interesar de tal forma a ciertos naturalistas que, incluso, han discutido seriamente la posibilidad de que ese hipotético animal exista.

No es de extrañarse, por consiguiente, que los zoólogos comenzaran a tomar en serio la existencia de estos animales, a los que clasificaron aun con el nombre científico de *Megophias megophias*. Oudemans, en 1892, publicó en Londres un singular libro que reúne 162 relatos de supuestas apariciones del discutido *Megophias* ocurridas entre 1522 y 1890.

Se dice que la tripulación del yate *Valhalla* encontró, el año de 1905, una serpiente de mar cuya silueta fue dibujada. El último reporte relacionado con hallazgos de *Megophias* fue hecho en 1925, en aguas de Australia, por el naturalista Jaillard.

Quizá la leyenda contemporánea más famosa sea la del monstruo de Loch Ness, llamado cariñosamente Nessie, que supuestamente vive en el Lago de Ness, al norte de Escocia. Se considera que es un Plesiosauro, reptil acuático que vivió durante el Jurásico Temprano y que aparentemente habita en las profundidades del lago.

El primer reporte sobre su supuesta existencia data del año 565, y hasta 1969 fue observado 251 veces, habiéndose hecho descripciones detalladas de él, pero siempre con base en fotografías muy borrosas, que bien podrían ser de algún otro animal. A la fecha se han realizado numerosas expediciones, sin haberse obtenido pruebas concluyentes sobre su existencia.

Por otra parte, hay referencias sobre supuestos unicornios que eran tan corpulentos como una ballena; de acuerdo con las leyendas, cuando se encolerizaban podían perforar el casco de una embarcación.



Figura 23. Monstruo escocés de Loch Ness.

La única especie que parece unicornio es el narval macho, de la familia de los cetáceos, pues uno de sus dientes, de duro marfil, crece tanto que le sale de la boca.

Actualmente se han descubierto restos de serpientes prehistóricas en los depósitos de los mares del terciario primitivo de África (en Egipto), Europa y América del Norte. No se han obtenido esqueletos completos, sino sólo vértebras cuyo tamaño ha permitido estimar que esas especies medían más o menos 12 metros de longitud. Los paleontólogos no han podido comprobar que las serpientes de los mares primitivos hayan alcanzado los extraordinarios tamaños mencionados con anterioridad.

En efecto, en los mares viven serpientes, pero éstas son semejantes en forma y dimensión a las que habitan en los continentes, con la única diferencia de que su cola está comprimida lateralmente, por lo que pueden utilizarla como remo. Estos animales abundan en el Océano Índico, en las costas orientales en África, específicamente en el litoral de Madagascar, y en diversas áreas del Pacífico tropical. Su veneno es muy tóxico, pero su mordedura es poco dolorosa.

Algunos peces, por la forma y características de su cuerpo, también han sido inspiradores de diversas leyendas, como los hipocampos o caballitos de mar, que dieron origen a la creencia de que el carro de Neptuno era arrastrado por caballos con dos patas y cola de pez.

Las mantarrayas, peces muy conocidos, son inconfundibles debido a que su cabeza, tronco y primer par de aletas constituyen una sola unidad, de aspecto romboidal aplastado. En ambos lados de la cabeza llevan un par de prolongaciones, a manera de cuernos, y en la región posterior poseen una cola en forma de látigo, que es muy flexible y termina en punta. Se les ha llamado diablos de mar, y posiblemente son las especies que Aldovrandi nombró, en el siglo XVI, dragones de mar.

El diablo de mar siempre ha causado gran temor entre los habitantes de las costas, y hasta se afirma que ataca fieramente al hombre, aunque esto no es cierto. En la actualidad, las mantarrayas son comúnmente atrapadas por las redes de los barcos arrastreros.

Algunos pescadores venden "peces diablo" a los turistas. Sin embargo, no se trata de mantarrayas, sino de una especie perteneciente a la familia de éstas llamada pez guitarra, a la cual le cortan el cuerpo y la cola de tal modo que aparenta la figura de un diablo.



Figura 24. Pez diablo.

Las historias sobre los tiburones son numerosas. A estos animales siempre se les ha considerado peligrosos para el hombre, pues son muy voraces y poseen una poderosa dentadura. Sin embargo, según estudios recientes, los tiburones sólo atacan al hombre cuando se encuentran excitados o hambrientos, lo cual sucede pocas veces, ya que en el mar encuentran gran cantidad de presas para su alimentación.

Dos tiburones que por su aspecto y tamaño han llamado la atención son el tiburón elefante, que mide de 15 a 16 metros y vive en los mares nórdicos, y el tiburón ballena, que puede alcanzar de 17 a 20 metros y habita en todos los mares tropicales, en especial en las costas del Pacífico mexicano.

El tiburón ballena es un caso singular para los científicos, pues su tamaño compite con el de los cetáceos. Hasta mediados del presente siglo sólo se habían capturado 76 ejemplares de estos tiburones, cuya piel de manchas blancas los hacen fácilmente reconocibles.

En algunos lugares lo nombran tigre de mar, pero en realidad no es tan terrible. En sus mandíbulas tienen 6 000 dientes distribuidos en varias hileras, los cuales son pequeños y resultan inadecuados para atacar presas de gran tamaño. El alimento de este tiburón consta de crustáceos pelágicos, pececillos, medusas e infinidad de seres diminutos del plancton.

Las ballenas, las orcas y los cachalotes, animales enormes del grupo de los mamíferos, están perfectamente adaptados a la vida acuática, al grado de que mueren si se exponen durante determinado tiempo a la superficie, a pesar de su respiración pulmonar. Sobre estas especies también se han creado leyendas. Las ballenas, principalmente, han estimulado la imaginación humana, ya que su longitud de 30 metros y su peso de 160 toneladas infunden temor.

Las partes más profundas del océano nos reservan muchas sorpresas, pues, como se ha dicho ya, albergan una curiosa fauna. En las profundidades viven los animales más raros de cuantos pueblan la Tierra. Por ejemplo, las dragas y redes de arrastre han sacado seres vivos que testimonian procesos ocurridos hace millones de años.

En 1938, frente a la costa de Sudáfrica, fueron atrapados con redes los especímenes vivos de un pez que se creía extinguido, el *coelacanto*, considerado el animal superior más antiguo del mundo que vive en la actualidad. Se le atribuye una antigüedad de 300 millones de años; su cuerpo está cubierto de escamas azules y tiene aletas lobuladas unidas al cuerpo por una especie de pedúnculo, por lo que parece poseer cuatro miembros.

Los fenómenos físico-químicos que suceden en el océano, como las mareas, corrientes, oleajes y remolinos, y en la atmósfera, como los eclipses, relámpagos, vientos y tempestades, han originado una serie de creencias fantásticas provocadas por la imaginación del hombre. Estas leyendas y fantasías, nacidas de un hecho observado primero y deformado después, han sido aclaradas por la ciencia.

Por lo anterior, el océano es una fuente de controversia: así como impone temor, también ejerce una atracción apasionante. Toda persona que ha tenido la oportunidad de hacer contacto con él, ya sea desde la orilla, a bordo de una embarcación o sumergiéndose, seguramente ha experimentado las dos sensaciones.

Tales sensaciones han sido interpretadas de diferente manera por los habitantes de los distintos lugares del planeta. A los nórdicos, el mar les sugería nuevas leyendas, las cuales significaban un reto que debían afrontar con valor, pues para los vikingos la bravura era una virtud religiosa. La principal aliada de aquellos hombres era la fuerza de las olas y de las tempestades, que los ayudaba a transportarse a donde quisieran; también representaba a sus antepasados, cuyo origen se remontaba al principio de la humanidad. En cambio, a los meridionales, esta fuerza les provocaba asombro cuando surcaban el mar, y los hacía regresar pronto a sus puertos para resguardarse de los peligros.

Sin embargo, el espíritu aventurero del hombre fue venciendo estas supersticiones. Los grandes navegantes, que podían ser comerciantes, piratas, exploradores, conquistadores o científicos, han contribuido, a través del tiempo, a tratar de aclarar esta serie de ideas fantásticas, como la de Hércules, quien declaró que el estrecho de Gibraltar era infranqueable, después de haber construido sus columnas a ambos lados. Lo cierto es que la navegación resulta dificultosa en dicho lugar, sobre todo por la combinación de las fuerzas de las corrientes —que van hacia el sur—, con los vientos —que soplan desde el noreste—. El Mediterráneo fue descrito en la Antigüedad como un mar tenebroso" lleno de peligros y fantasmas, lo que hacía dudar a los marinos cuando se aprestaban a iniciar sus travesías.

Uno de los fenómenos físico-químicos en torno al cual se han forjado historias, y que seguramente originó una de las primeras preguntas que el hombre se hizo, es la salinidad del agua del mar. Algunos filósofos, como Teofrasto (371-264 a. C.), filósofo griego cuyo nombre significa "el de la palabra divina", trataron de explicarla, e imaginaron que posiblemente se debía a que en las profundidades existían montañas de sal.

Aristóteles explicó así ese fenómeno: "El Sol arranca al fondo del mar intensas exhalaciones que queman y cuecen cuando salen a la superficie del agua; esto es lo que produce su salinidad." Basándose en ello dedujo que, posiblemente, en el fondo del océano el agua era dulce, lo que hizo que otros pensadores, siglos después, sostuvieran que algunos buceadores habían sacado vasos llenos de agua dulce de las profundidades.

La existencia de las corrientes marinas fue explicada en relatos fantásticos durante mucho tiempo, hasta que el conquistador español Juan Ponce de León descubre en 1513 la corriente del Golfo de México llamada *Gulf Stream*. Benjamin Franklin, científico e inventor norteamericano, la incorporó al dominio de la hidrografía, siglos después.

En algunas partes del planeta, las corrientes se combinan dando origen a los remolinos. En ello se basan leyendas como la de Caribdis y Escila, que relata *La Odisea*: Eran dos grandes rocas errantes, entre las cuales se estrellaban las olas de Anfitrite; los navegantes, cuando huían de una, caían en la otra. De aquí nació la expresión "salió de Escila para caer en Caribdis".

En estas rocas, pues, naufragó Ulises, quien perdió marinos y embarcación. En la actualidad, se sabe que la corriente y los remolinos del estrecho de Mesina, donde se sitúa este relato, no son tan peligrosos, y que navegando con cuidado pueden ser sorteados.

Además de esas historias que tuvieran como escenario las costas, existen otras no menos interesantes y fantásticas de mar adentro, como la de la Atlántida y el misterioso caso del triángulo de las Bermudas.

Según la leyenda que inspiró el *Critias y el Timeo* de Platón, la Atlántida era una isla situada al oeste del Mediterráneo, más extensa que Libia y Asia Menor reunidas, donde habitaban los atlantes, quienes conocían muy bien la navegación. Se dice que esta isla contaba con un suelo tan fértil que producía manzanas de oro, y que en ella vivieron o transitaron las ninfas, Atlas, Hércules, Perseo, las amazonas y los titanes.

De acuerdo con la misma leyenda, aquella isla desapareció de repente durante un terrible cataclismo que la sumergió en un día y una noche, cuando se separaron los peñones del Estrecho de Gibraltar para dar paso a las aguas del Mediterráneo. Se ha especulado que esto pudo haber ocurrido en el año 6000 a. c.

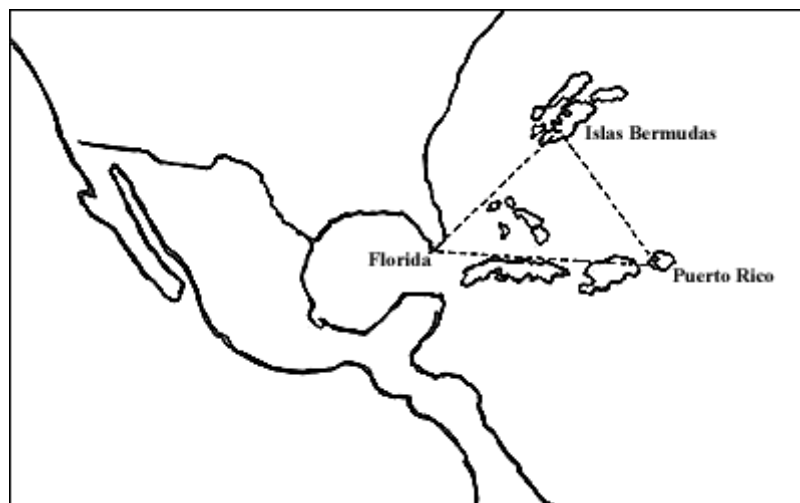


Figura 25. El triángulo de las Bermudas.

Esta concepción antigua sobre la Atlántida difiere de la interpretación actual, que admite la posible existencia de la isla —situándola en un tiempo prehistórico—, aunque señala que se trataba de un continente que pudo haber unido a África con América.

Según algunos científicos, la Atlántida era una fabulosa isla o una montaña que desapareció bajo el agua a causa de un terremoto prehistórico. Otros expertos sobre el tema consideran que esa tierra no existió, pues aseguran que sólo fue una historia inventada por Platón. Sin embargo, esta leyenda ha inquietado a la humanidad durante diez siglos, y sobre ella se han escrito más o menos 30 000 libros. Incluso, muchos aventureros han realizado travesías marítimas con la intención de encontrar la Atlántida para extraer los supuestos tesoros que hay en ella.

Además de estos relatos de la Antigüedad, en nuestros días se comenta con mucha frecuencia uno de los hechos más enigmáticos relacionados con el mar: el Triángulo de las Bermudas, que ha sido abordado de manera poco seria en varios trabajos literarios y cinematográficos. Durante más de 30 años, los fenómenos que ocurren en esa zona provocaron la desaparición de numerosos barcos y aviones.

El Triángulo de las Bermudas es una delimitación imaginaria situada frente a la costa atlántica suroriental de los Estados Unidos. Se extiende desde las Bermudas, por el norte, hasta el sur de la Florida; va por el este hasta un punto situado a través de las Bahamas, más allá de Puerto Rico, y luego regresa a las Bermudas. Los vértices del triángulo son las Bermudas, Miami y San Juan de Puerto Rico.

En esta zona han ocurrido hechos inquietantes y casi increíbles que, por lo tanto, entraron al catálogo de los misterios no resueltos del mundo. Más de cien barcos y veinte aviones han desaparecido en esa zona, en medio de una atmósfera transparente. La mayor parte de las desapariciones han sucedido desde 1945, y en los últimos treinta años se han perdido allí más de mil vidas humanas.

Este enigma despertó la curiosidad e interés de los científicos de varias partes del mundo, quienes iniciaron una serie de estudios sobre las corrientes marinas a

diferentes profundidades, la temperatura y salinidad de las aguas y sobre la topografía del fondo, para aclarar el misterio.

En 1978 se organizó un grupo internacional de expertos encabezado por científicos soviéticos y norteamericanos para trabajar en el área, con base en un ambicioso programa conjunto llamado Polymode. Sin embargo, hasta la fecha sólo han logrado elaborar hipótesis, que a veces resultan contradictorias entre sí.

Algunos autores consideran que las ondas infrasónicas son las causantes de los trastornos tanto en los barcos y aviones como en los pasajeros. Otros achacan estos problemas a fenómenos de magma y magnetismo, los cuales podrían alterar compases, girocompases y toda clase de instrumentos eléctricos y electrónicos que sirven a los aviones y barcos para la navegación.

Ciertos investigadores sostienen que, para explicar el Triángulo de las Bermudas, se tienen que remontar al origen y estructuración de la Tierra, la cual, según ellos, se formó a raíz de una aglomeración de asteroides que giraban en torno a un centro de gravedad. De esta aglomeración surgió pues el planeta, que según esos investigadores era semejante a un gigantesco cristal que estaba compuesto por 20 triángulos. Entonces, se supone que en el lugar donde se unen los vértices de los triángulos suelen presentarse fenómenos atmosféricos específicos. De acuerdo con la teoría en cuestión, una de estas uniones coincide con el Triángulo de las Bermudas, y otras con algunas áreas donde también han desaparecido barcos y aviones.

Por último, se cree que los fenómenos en el Triángulo de las Bermudas tienen relación con una poderosa corriente que parte de la superficie del océano y llega hasta el fondo. Dicha corriente, que es producida por el movimiento de olas ocasionadas a su vez por la acción de los vientos del norte, se localiza en la costa de Puerto Rico.

Este conjunto de hipótesis llevará posiblemente a establecer algún día la explicación científica del misterio que rodea al Triángulo de las Bermudas.

Algunas de las leyendas de la mitología hablan de las acciones divinas de dioses y semidioses que supuestamente gobernaban los fenómenos oceánicos. El hombre siempre ha sentido la necesidad, ante lo desconocido, de creer en algún ser sobrenatural que lo protege, y de esta manera ha tratado de explicar el origen de sus aciertos y desventuras. Estas inseguridades, presentes de diversas maneras durante la evolución de las distintas culturas, se han expresado como creencias religiosas, mitos y supersticiones.

Hechos tales como que el mar se encrespe durante la tempestad o que el viento se niegue a soplar, o que un navío se hunda o navegue en calma chicha, han sido atribuidos a los dioses, los cuales pueden ser crueles o amables o estar acompañados de gran cantidad de santos. De esa manera, los navegantes escogen a sus patronos, a quienes imploran, con la oración y la ofrenda, favores y protección.

La mitología escandinava da cuenta de un hábil navegante llamado Odin, quien era el dios protector de la valentía. Los relatos hacen intervenir con frecuencia a esta deidad en la vida de los vikingos.

Homero consideraba que el dios Océano era el padre de los dioses, lo que daría a los marinos una posición privilegiada. Entre los dioses grecorromanos relacionados con el mar destacan Neptuno, Anfitrite y Afrodita, esta última poseedora de un doble papel: diosa del amor y protectora de la navegación.

En la Edad Media y el Renacimiento, el dios de los cristianos se impuso en las creencias de los marinos. Se dice que los santos que lo acompañan proporcionan ayuda en los casos difíciles; por ejemplo, San Telmo auxiliaba a los navegantes en caso de grandes tempestades, permitiéndoles llegar a puerto.

Los marinos griegos del siglo XVII invocaban a San Nicolás durante las tempestades, y cuando iniciaban sus travesías siempre llevaban 30 panes para este patrono. Otros santos los protegían contra los monstruos del mar o contra la acción de las tormentas, como Santa Bárbara, quien los cuidaba del rayo y de la ballena.

Las culturas americanas también sintieron necesidad de ofrecer tributo a sus dioses, a quienes les daban diferentes nombres y les atribuían distintos poderes.

En el México prehispánico, la cultura azteca, la más floreciente de todas, veneraba a una serie de deidades relacionadas con el mar y la pesca, según informaciones que quedaron registradas en las crónicas y en los códices. Entre estos dioses destaca Tláloc, al cual imaginaban poderoso y consideraban engendrador del agua. A su compañera Chalchiuhcueye se le daban varios nombres muy expresivos que significaban, unos, los diversos elementos que producen las aguas, y otros, los diferentes visos y colores que forman las mismas con su movimiento. Ella tenía gran poder sobre las aguas del mar y de los ríos.

Los pescadores aztecas veneraban a un dios protector, Opochtli, a quien creían inventor de las redes y demás instrumentos para pescar.

Conforme aumenta el conocimiento sobre el mar y sus habitantes, van cambiando las creencias del hombre respecto a las manifestaciones divinas del océano.

Como se ha podido ver a lo largo de estos ejemplos, el océano y sus maravillas han permitido que la imaginación y creencias humanas se expresen ilimitadamente, que el hombre pueda apreciar el mar en toda su belleza y esplendor y hacer suya esta frase: "¡Cuántos misterios encierra el océano y, sin embargo, el hombre no duda en lanzarse al mar abierto!"

NOTAS

* Cf. José Durán, *Ocaso de Sirenas*, FCE., México, 1985.

VI. INVASIÓN DE LOS OCÉANOS POR EL HOMBRE. DEL REMO A LA ENERGÍA ATÓMICA

EL HOMBRE prehistórico pudo haberse preguntado: ¿a quién le pertenece el mar? Este hombre ya era capaz de limitar la tierra: construía murallas para defender sus ciudades o levantaba cercas para proteger sus sembradíos. Sin embargo, no podía hacer esto en los océanos.

Se cuenta que, hace unos 200 000 años, un grupo de niños de una tribu que vivía cerca de un estuario jugueteaba en la playa. El mar estaba en extraordinaria calma y las gaviotas, emitiendo sonoros graznidos, se posaban en el agua y después emprendían el vuelo. De vez en cuando una de ellas descansaba sobre algún tronco que flotaba en las tranquilas aguas.

Un niño del grupo observó la acción de esa gaviota. Su mente primitiva seguramente se maravilló de lo que veía, y luego comunicó el hecho a sus compañeros. Su curiosidad lo llevó a acercarse al tronco y, una vez que la gaviota voló, saltó sobre él, dándose cuenta de que también podía mantenerse a flote. En ese momento se había descubierto la embarcación. Aquel día, sin lugar a dudas, el niño sintió que el mar, todo el océano, le pertenecía.

Muchos miles de años después de este hecho, el hombre ha logrado transitar los océanos con el apoyo de la energía atómica, y lo más importante, se ha valido del conocimiento para contestar las dudas que nacen de su curiosidad natural: ¿Qué quiero conquistar del océano? ¿Qué debo conocer sobre él? ¿Qué puedo obtener de él? ¿Cómo puedo compartir sus recursos? ¿Cómo puedo utilizarlo adecuadamente? ¿Cómo debo conservarlo?



Figura 26. Opochtli

La historia escrita no ha registrado cuándo y cómo fue puesta en el agua la primera embarcación estable y gobernable, ni aclara si ello sucedió en un río, en un lago o en el

mar. Muchos especialistas sostienen que, en todas partes del mundo y más o menos en la misma época, se han encontrado diversos tipos de embarcación.

Un dato histórico en cuanto al uso del mar por el hombre indica que, hace casi 3 000 años a. C., los marinos no sabían lo que les aguardaba al final del océano; navegaban hacia lo desconocido, no tenían un solo mapa ni indicación alguna sobre la situación geográfica de los países que iban a descubrir.

Al revisar la evolución de las culturas que se establecieron cerca de algún cuerpo de agua navegable, se encuentra que el construir embarcaciones era una inquietud innata para los habitantes de esos pueblos.

El hombre primitivo halló en el mar una fuente de alimento, más que un medio de transporte. Pescaba con arpón, con trampas y con redes a lo largo de las playas. Hacía su sedal de tiras de cuero, y su anzuelo de espinos o de huesos. Los moluscos eran abundantes, y no requería de más herramienta para abrirlos que una piedra. El mar representaba una barrera. La pesca mar adentro era desconocida para esos individuos, debido a la dificultad y los peligros que entrañaba aventurarse en el mar con pequeñas canoas y balsas. Posteriormente se dieron cuenta de que el océano era una senda abierta para viajar.

Seguramente, el transporte por tierra nunca resultó fácil para los hombres de la antigüedad: las montañas y los desiertos bloqueaban los caminos, y las tribus hostiles negaban el paso o exigían tributo a los viajeros. En contraste, el mar se mostraba abierto para todos. De modo que, cualquiera que pudiera construir una embarcación y tuviera el valor y la destreza necesarios, podía hacerse a la mar.

Posiblemente, el hombre realizó el primer viaje por agua montando un tronco, aunque pronto advirtió que si unía varios de ellos, amarrándolos con fibras obtenidas de diferentes plantas, encontraba mayor comodidad y podía navegar por más tiempo. Esto dio origen, probablemente, a las primeras balsas, las cuales fueron mejorando conforme se les agregaban aditamentos, como flotadores contruidos con manojos de caña y juncos huecos. De estos materiales está hecho el *kunun*, embarcación evidentemente primitiva que consta de un tronco colocado en el centro de dos flotadores en los extremos, y que es utilizada todavía en los lagos africanos, en Perú y en el Lago Titicaca. Así pues, este tipo de balsas ha sido empleado durante varios milenios, desde la cultura egipcia hasta la actualidad.

El nombre de balsa fue dado a dicha embarcación por que el árbol de donde se extraen los troncos para construirla se llama palo balsa, cuya madera es demasiado blanda y poco pesada, por lo que flota muy bien, aunque es necesario cubrirla con resina para evitar que absorba agua.

Las grandes balsas que se utilizan en el Pacífico sur tienen su origen en las empleadas por los primeros habitantes del Perú, quienes las armaban con troncos que obtenían de las selvas vírgenes de los Andes. Estas embarcaciones han sido imitadas por exploradores de la actualidad, como Thor Heyerdhal, quien construyó una balsa que bautizó con el nombre de *Kon-Tiki*. Este científico también elaboró una reproducción de una balsa egipcia de papiro de la época faraónica, *El Ra II*, con la que cruzó el Atlántico para tratar de demostrar su teoría de que los egipcios llegaron a América.

El siguiente paso que posiblemente dio el hombre para elaborar sus embarcaciones fue el de la excavación de un tronco, en cuyo hueco se introducía para navegar. Este es el origen de las piraguas. La primera referencia sobre ellas data de la edad de bronce. Se cree que, además, los hombres primitivos formaban armazones con ramas flexibles y las cubrían con cortezas de árbol o con pieles.

Las piraguas, como las balsas, también se han seguido utilizando. Por ejemplo, los indios haida del noroeste de América fabrican canoas de 18 metros de longitud, labradas en un solo tronco de árbol, y en México, en la región de Veracruz, Tabasco y Chiapas, todavía son empleadas para el transporte y la pesca.

Los botes de corteza de árbol y de piel tienen sus representantes en el *kayac* de los esquimales, construido con piel de foca, y en el *umiak*, hecho con una armazón de palos sobre la cual se tienden pieles de morsa.

Se puede pensar que las piraguas y los botes marcan el origen del barco. Las primeras embarcaciones fueron impulsadas con manos y pies, pero después se usaron elementos sencillos de apoyo: varas largas que eran apoyadas en el fondo para dar empuje, o tablas planas, que pueden considerarse como precursoras de los remos.

Posteriormente se fabricaron embarcaciones más estables, como las canoas dobles, creadas mediante la unión de dos botes pequeños. A su vez, las de una sola pieza eran construidas cada vez con mayor calado o profundidad.

Después, cuando se descubrió que se podía utilizar la fuerza del viento como medio de impulso, surgieron las primeras velas, cuyo origen se remonta hacia el año 1 500 a. C. en el imperio egipcio. Sin embargo, aunque los egipcios nunca fueron grandes navegantes en el Mediterráneo —ejercían su poder principalmente por tierra y le daban un interés secundario a las conquistas marítimas—, se les debe considerar como los iniciadores de la industria de la construcción de barcos.

Paralelamente al imperio terrestre de Egipto, en la isla de Creta se estableció un auténtico imperio marítimo, basado en la riqueza proporcionada por el comercio, y no en la fuerza de las armas. Su poderío naval era indiscutible en el Mediterráneo.

No obstante, la conquista del mar abierto estaba reservada al pueblo fenicio, que aprendió de los cretenses el arte de navegar. Los fenicios, asentados en Siria, aprendieron además la técnica de construcción de barcos tanto cretenses como egipcios, al grado de que superaron en poco tiempo a estos pueblos. Incluso, organizaron la primera marina de guerra para proteger a sus buques mercantes en sus largos viajes, aunque otros dicen que fue el rey Minos de Creta quien la formó.

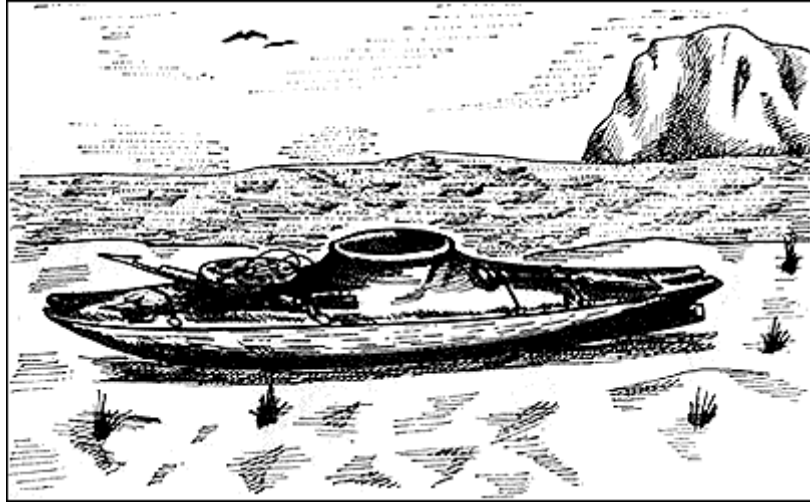


Figura 27. Kayac .

Así, los fenicios dominaban las rutas comerciales y establecían colonias en diversos lugares, y de los siglos XV al VIII a. C. fueron la única potencia marítima del Mediterráneo, pues llegaban a las costas de toda la cuenca.

Estos hombres, que se guiaban en alta mar por la posición de los astros, fabricaron veleros más sofisticados que impulsaban con remos colocados en una sola fila, ya que no querían estar a la merced de las fuerzas del océano. Así podían maniobrar con rapidez, atacar al enemigo o esquivar un abordaje. Con el tiempo, a la primera fila de remeros se añadió una segunda, y luego otra más. Es decir, de las galeras con una sola hilera de remos se pasó a las birremes y trirremes.

La industria de la construcción naval se estableció de manera definitiva entre los fenicios, griegos y romanos. El diseño y tamaño de sus embarcaciones fueron cambiando según las necesidades que imponía una mejor navegación. La característica forma alargada del casco, abombada a los lados y terminada más o menos en punta en la proa y la popa, se conservó durante muchos siglos por ser la que ofrecía menor resistencia al agua. Las modificaciones en cuanto al diseño tenían que ver con el hecho de que cada constructor quería hacer más suntuosa su nave, dándole un acabado artístico.

El principal sistema de propulsión de esas embarcaciones siguieron siendo las hileras de remeros, que aumentaban cada vez. *El Alexandria*, barco de Siracusa que navegó en el año 200 a C., llegó a tener hasta 400 remeros.

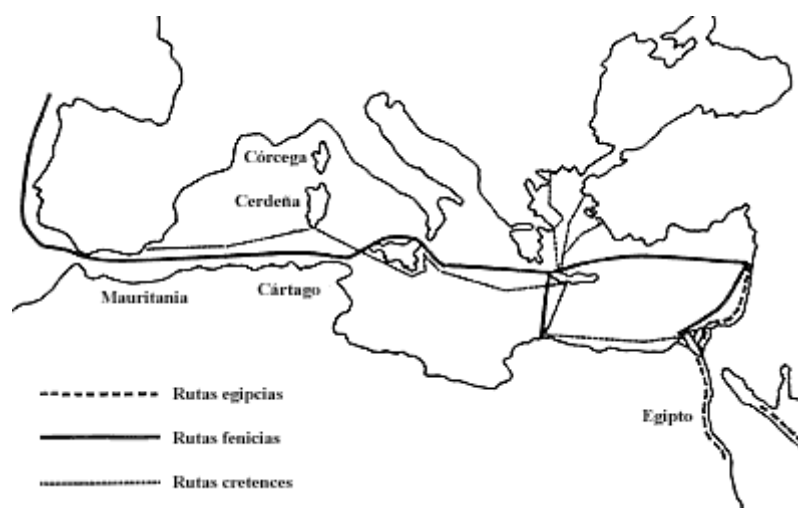


Figura 28. Rutas marítimas comerciales de cretenses, fenicios y egipcios.

La contribución de los griegos y los romanos al diseño de los barcos se limitó a unas cuantas innovaciones técnicas.

Los romanos formaron también una poderosa marina de guerra para tener control en el Mediterráneo occidental, que estaba infestado de piratas, y posteriormente pudieron vencer a los fenicios en una serie de guerras. Controlaron entonces el comercio y movilizaron tropas por mar, extendiendo su imperio hacia el norte.

La mayoría de los barcos de guerra romanos eran multirremes y presentaban modificaciones destinadas a facilitar el combate, como es el caso de una pasarela formada por varios tablones con púas de hierro incrustadas, llamadas *corvus* o cuervo, que al engancharse en otro barco hacía las veces de un puente por donde se efectuaba el abordaje.

Después, los romanos crearon un nuevo tipo de barco de guerra, la liburna, pequeño navío impulsado por una o dos filas de remos en cada banda. Cada remo era movido por dos o tres hombres, lo que permitía navegar a grandes velocidades. Estos barcos tenían un mástil con una vela cuadra que llevaba una cofa donde iba un vigía. El casco estaba rematado en la proa, y a veces también en la popa, por una punta o espolón con la que embestían a las embarcaciones enemigas.

Cuando el poder de los romanos declinó, los bizantinos, y más tarde los musulmanes, controlaron el Mediterráneo, y el comercio disminuyó.

La caída del imperio Romano influyó negativamente en el desarrollo de la navegación y los descubrimientos. Los progresos fueron muy lentos, hasta que al final de la Edad Antigua y en los primeros años de nuestra era aparecieron los vikingos, grandes navegantes y descubridores.

Los navíos vikingos de los años 200 y 300 después de Cristo portaban cabezas de dragones talladas en madera, con las cuales buscaban infundir respeto y temor. Estas embarcaciones, llamadas navíos dragones, eran impulsadas por remos y llevaban una

sola vela cuadra, izada en un mástil fijo en el centro. Con ellos, los vikingos escandinavos descubrieron y colonizaron Islandia y Groenlandia.

Así, los normandos, como se les llamó más tarde a los vikingos, se lanzaron mar adentro y realizaron conquistas y pillajes, sembrando el terror por todas las costas de Europa. Después de un largo periodo de intranquilidad hubo una época de relativa calma, que se aprovechó para tomar la experiencia náutica acumulada por los normandos y emplearla con un fin pacífico: el comercio marítimo.

Gracias a la experiencia que adquirieron los vikingos al navegar en todo los mares conocidos, la evolución de los navíos normandos dio origen al diseño del velero hanseático, que carecía de remos y tenía un solo mástil en el centro con una vela cuadra. Contaba además con el primer timón unido a popa con bisagras, que permitía gobernar el barco en forma regular y a plena potencia. Esta embarcación fue utilizada casi exclusivamente para el comercio.

Estos veleros, que juntos con otros de características similares fueron los principales medios de navegación hasta el siglo XV, favorecieron el inicio de una época importante, durante la cual se incrementó el trueque de mercancías y el intercambio de ideas sobre cuestiones náuticas. En ese mismo siglo, en el año 1420, se construyó un barco que llegó a ser el prototipo de todos los grandes veleros posteriores: la carabela.

Esta nave abrió un nuevo capítulo en la historia de la navegación; fue el navío de la era de los descubrimientos, pues a bordo de él se alcanzaron por primera vez las viejas fronteras y se surcaron los grandes océanos. La carabela era una embarcación estable, ligera y de pequeñas dimensiones. Su largor o eslora era tres veces mayor que su anchura o manga, contaba con poco calado y tenía capacidad para albergar de 50 a 70 hombres. Presentaba varios mástiles cuyo velamen era de diferentes tipos; los postes de proa llevaban una vela cuadra que servía para navegar mar adentro, y los de popa tenían una vela latina, útil para costear.

Uno de los más famosos y afortunados descubrimientos de aquella época fue el del Nuevo Mundo, realizado por Cristóbal Colón a bordo de tres carabelas: *La Niña*, *La Pinta* y el barco insignia del descubridor: *La Santa María*.

El avance de la actividad náutica trajo como consecuencia el incremento del comercio y la rivalidad entre las naciones marítimas europeas, pero también atrajo la aparición de la piratería, que marcó una nueva era de intranquilidad. Debido a la inseguridad en la navegación fue necesario armar las naves de tal manera que sirvieran para la guerra y el comercio. Es decir, ya no había diferencia entre los barcos mercantes y los guerreros.



Figura 29. Galeón.

A finales del siglo XVI, las carabelas comenzaron a armarse con cañones, lo que significó el origen de los galeones, en cuyo diseño se incorporaron algunas novedades: la proa fue enderezada y se le añadió un espolón con una figura simbólica que miraba hacia adelante, lo que permitía navegar con el viento en cualquier dirección.

La época de la vela, iniciada por la carabela, va a durar cinco siglos. En esa época también se empiezan a editar las primeras cartas náuticas que señalan distancias, describen las características de los vientos reinantes, las corrientes, la naturaleza de los fondos y las condiciones para el anclaje, entre otros detalles. Un hecho importante es la utilización de la brújula, mientras que en la construcción naval se observan avances considerables: las embarcaciones son cada vez de mayor tamaño, más sólidas, más veloces y más seguras.

Entre los progresos que pueden mencionarse destaca la creación, por los holandeses, de un nuevo tipo de barco mercante que llamaron *fleute*, cuyas características le permitían ser más veloz y estable que las carabelas y los galeones. Los holandeses descubrieron que con una mayor eslora o longitud se podía alcanzar mayor velocidad, por lo que hicieron barcos con una eslora cuatro veces más grande que la manga.

El siglo XVIII puede ser considerado como la edad de oro de la navegación a vela. Los grandes y veloces veleros formaban una imagen común en todos los puertos. Los navíos volvieron a sufrir modificaciones; por ejemplo, tenían dos o tres cubiertas, y el número de mástiles se multiplicó a cinco. Por ello, esos barcos recibieron diferentes nombres: bergantín, goleta, corbeta y fragata.

Más tarde, en el siglo XIX, se inicia la era de los barcos de vapor, que tuvieron como antecedente el construido en 1707 por el francés Denis Papin, y el cual navegó por corto tiempo a través del río Fulda, en Prusia, impulsado por las palas de una rueda.

Muchas pruebas se hicieron para adaptar la máquina de vapor, construida por el escocés James Watt, a la navegación. Los primeros barcos de vapor impulsados por dos grandes ruedas laterales fueron utilizados en los ríos tranquilos, y no fue sino hasta 1818 cuando la fragata estadounidense *Savannah*, movilizada con vapor, pero que también llevaba velas, cruzó con éxito el Atlántico. Esto constituyó el primer paso hacia la transformación radical de la técnica de la navegación.

Junto con las máquinas de vapor se incorporó a la construcción naval el casco de hierro, que hacía a los barcos más ligeros y permitía construirlos de mayor tamaño, aumentando su capacidad de pasaje y carga. Parecía que el uso de la vela llegaba a su fin; sin embargo, fue cuando ésta puso de manifiesto su valor auténtico y los veleros se fueron perfeccionando.

Luego se diseñaron los veloces *clippers*, competidores de los buques de vapor, como el *Cutty Sark*, el más famoso del mundo porque ninguno lo igualaba en velocidad. En 1887 y 1888 realizó la travesía de Australia a Londres y viceversa en 71 días.

Poco después se le dio más importancia a los factores tiempo y velocidad, pues cada día más de navegación significaba pérdidas en dinero. A principios del siglo XX, los *clippers* se transformaron en veleros de cuatro o cinco palos y con casco totalmente de hierro, lo que les daba mayor capacidad, como el *Preussen*, barco de 8 000 toneladas de carga y el único de cinco palos en su época. También fue reduciendo el número de hombres a bordo. En 1930, el velero *Parma*, de tres palos, llegó a tener una tripulación de sólo 24 personas.

Con los veleros de cinco palos se inició el declive total de la navegación a vela, que, en la actualidad, sólo está destinada a embarcaciones deportivas y a barcos escuela, en los que se procura familiarizar con el mar a los futuros marinos.

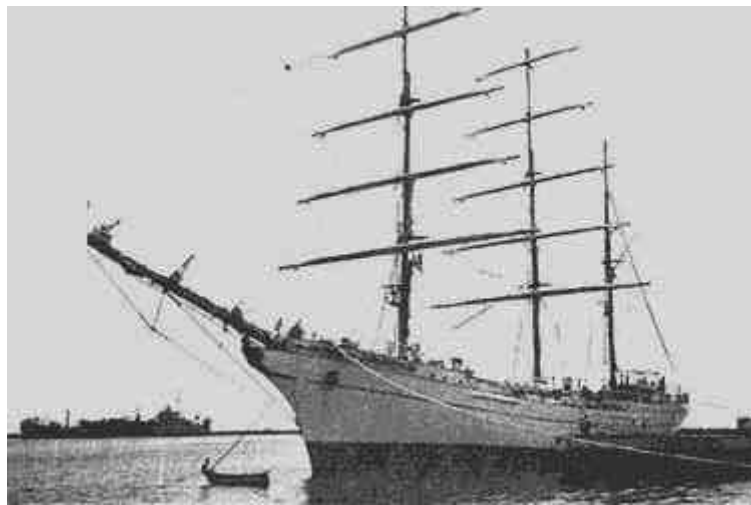


Figura 30. Barco-escuela Cuauhtémoc, de México.

En aquella época, en que se generaba una competencia entre los barcos de vapor y vela, apareció la hélice, que fue colocada en la parte posterior de los cascos para conseguir la propulsión. El científico austriaco Joseph Ressel logró el diseño definitivo de la hélice, que actualmente es utilizada tanto en las embarcaciones más pequeñas como en los gigantescos buques cisterna.

Hacia fines del siglo anterior y principios del actual, la máquina de vapor se desarrolló de tal manera que en los barcos se adaptaron calderas con tubos por donde era expulsado el humo. Estos aditamentos, así como la sólida hélice de bronce, se emplearon sin inconveniente en toda clase de barcos, desde barcasas y lanchas hasta vapores de lujo.

El ámbito de la propulsión vino a ser revolucionado con otro elemento importante, inventado por Charles Parsons: la turbina de vapor, que sustituyó a la máquina de vapor debido a su eficacia. Este sistema sigue siendo el medio de propulsión más usado tanto para los transatlánticos de lujo como para los gigantescos buques cisterna y los descomunales portaviones. Incluso, los barcos impulsados por energía nuclear, en sus inicios, sólo podían mover su hélice por medio de las turbinas de vapor.

El ingeniero Rudolf Diesel construyó, en 1897, un nuevo tipo de motor de combustión interna, que se alimentaba con un combustible líquido derivado del petróleo cuya característica era la de producir una elevada compresión y temperatura con un menor gasto, lo que hacía a este motor más costeable que los otros. A dicho combustible se le dio el nombre de diesel, en honor a su descubridor.

Fue hasta el año de 1910 cuando este motor se incorporó a la construcción naval. El buque cisterna *Vulkanus* fue el primero en probarlo. El motor diesel se ha popularizado al grado de que todos los barcos —pesqueros, mercantes, de transporte y de guerra— lo utilizan.

Cuando en 1938 el químico alemán Otto Hahn logró liberar la energía atómica, comenzó una nueva etapa en la historia de la humanidad. Por desgracia, esta energía fue empleada en un principio con fines bélicos, aunque posteriormente se le han buscado aplicaciones con intenciones pacíficas, como en la propulsión de barcos.

La construcción de barcos de propulsión atómica aún se encuentra en estudio. Apenas tres buques y unos 50 submarinos son impulsados ya por esta energía, que ofrece mayores ventajas: por ejemplo, estos submarinos pueden permanecer sumergidos durante varios meses, siempre y cuando la tripulación disponga de suficiente aire. Por otra parte, el hecho de que sólo existan tres barcos de este tipo —*el Savannah*, mercante de los Estados Unidos; *el Lenin*, rompehielos soviético, y *el Otto Hahn*, minero alemán— se debe al alto costo que representa construirlos y operarlos.

Como se ha visto, el hombre siempre ha mostrado inquietudes que lo llevan a realizar hazañas para conquistar el océano. Ha creado desde la sencilla balsa hasta los complicados barcos atómicos, y de esta manera se ha posesionado, poco a poco, del inmenso mar.

VII. HISTORIA DEL ESTUDIO DE LOS OCÉANOS. DEL HOMBRE PRIMITIVO AL RENACIMIENTO

EL OCÉANO ha despertado siempre una gran curiosidad en la especie humana. El hombre, a lo largo de su evolución, ha sentido la necesidad de perfeccionar el conocimiento científico sobre el mar, por lo que ha consagrado, en una escala sin precedentes, su energía y sus recursos al estudio de los océanos.

En la actualidad se cuenta con avanzados conocimientos sobre el océano. Por ejemplo, se ha logrado una mejor comprensión sobre las olas, las mareas y las

corrientes, así como de los fenómenos que ocurren en la superficie y en las grandes profundidades. Se ha estudiado la interacción de los océanos y la atmósfera; se conocen bien los esquemas de temperatura y salinidad, y se sabe, en parte, de qué manera las variaciones y movimientos del agua condicionan la vida vegetal y animal en el mar.

A medida que se hace más claro el cuadro general sobre el conocimiento de los océanos, la humanidad se encuentra en una posición más ventajosa respecto a la solución de los problemas que se le presentan en la navegación, en la ingeniería costera de los recursos minerales y en la actividad pesquera.

No es fácil determinar dónde se inició este empeño científico de la humanidad por conocer los océanos, como tampoco resulta sencillo establecer cuándo se originó la ciencia de la oceanografía. Sin embargo, se puede asegurar que esta ciencia se creó mucho antes del nacimiento de la historia escrita, cuando el hombre primitivo se hizo a la mar para pescar, comerciar y luchar, o sea, cuando empezó a acumular una serie de conocimientos empíricos que, por lo demás, significaron la base para iniciar el estudio del océano.

Desde que el hombre fue capaz de recorrer el mar en barcos, inconscientemente comenzó a hacer mediciones oceanográficas, pues para evitar las rocas, los bancos de arena y los arrecifes tenía que saber cómo era el fondo de las áreas donde navegaba. En pinturas y murales egipcios con más de 3 000 años de antigüedad hay escenas de marineros que, desde sus embarcaciones, sostienen una cuerda con una pesa en el extremo para registrar las profundidades. De esta manera localizaban las aguas más profundas para poder navegar cerca de la costa.

El primer dato que se puede considerar como científico lo aportaron los sabios griegos y romanos cuando trataron de explicarse cómo llegó el mar a adquirir sus características, por qué su nivel no sufría cambios, por qué era salado mientras los ríos y los lagos eran dulces, y por qué las mareas eran más marcadas en las costas del océano que en las del Mediterráneo

Esas preguntas resultaban demasiado difíciles y ambiciosas, sobre todo porque, con los pocos conocimientos que se tenían en esa época, no era posible responderlas de manera concluyente. Por esta razón sólo llegaron a conclusiones que no pasaron del plano especulativo.

Aristóteles bosquejó el principio más importante del intercambio de agua entre los océanos y la atmósfera. Dedujo que "las lluvias incesantes y el flujo de los ríos no llegan a hacer crecer el nivel del océano porque el Sol evapora el agua, que se vuelve a condensar en forma de lluvia, estableciéndose un ciclo continuo que va del agua al vapor, y del vapor al agua otra vez.

Para estudiar el océano sobre una base científica fue necesario ir uniendo la información de los navegantes, con el enfoque especulativo de los filósofos. Conforme aumentó el conocimiento del mar, gracias a que los marinos, con sus viajes, extendieron su campo de acción desde la costa hasta el interior de los océanos, la humanidad comenzó a tomar conciencia de las lagunas que había sobre este conocimiento.

Es válido afirmar que los primeros estudios sobre biología marina fueron realizados por Aristóteles quien, en su obra, hace minuciosas descripciones de animales marinos, de sus costumbres y ciclos vitales. Estas observaciones, posiblemente, las hizo no sólo desde la costa, sino también aventurándose en el mar en pequeños botes. Estudió las características y el comportamiento de los peces, y en sus escritos dejó una interesante descripción sobre el desarrollo embrionario del pulpo y de la sepia o jibia, que es un tipo de calamar. También se percató de que existen tiburones, a los que llamó gáleos, que ponen sus huevos en su interior y forman una especie de placenta.

Aristóteles se interesaba fundamentalmente por la biología, la cual explica que haya hecho una detallada observación y clasificación de los seres vivos, principalmente marinos. Separó de los peces verdaderos a las ballenas y delfines, pues observó que estas dos especies respiraban aire. Además, estudió a las esponjas, las anémonas, algunos caracoles y el erizo, entre otros.

El primer reporte sobre observaciones de organismos marinos hechas dentro del agua está contenido en un documento medieval, donde se sostiene que Alejandro el Grande, rey de Macedonia y discípulo de Aristóteles, se sumergió en el mar dentro de un barril de paredes de cristal para estudiar a esos animales.

Posteriormente, y casi durante 1 500 años, la curiosidad por el conocimiento científico del océano decayó. Sólo se obtenían los datos que la conquista del mar proporcionaba en esa época, y el hombre se conformaba con relatar y cantar la historia, motivo por el cual la información se perdía sin dejar rastro.

Durante la guerra de Troya se construyeron, en las costas del Mar Árabe, los primeros faros, que además de servir para orientar a las naves eran utilizados como templos en donde los sacerdotes mantenían el culto al fuego.

Cuando los barcos anclaban cerca de esos lugares, cargados de plantas aromáticas, especias, marfil y oro procedentes de las costas de la India y el Golfo Pérsico, los marinos aportaban su experiencia, con sus observaciones diarias enriquecían los conceptos sobre el régimen de los vientos o las mareas, y describían también las situaciones de las ensenadas y promontorios de la costa. Por su parte, los sacerdotes anotaban, confrontaban y deducían las reglas de las relaciones entre el mar y la atmósfera y trataron de discernir lo fantástico y lo real de las leyendas para buscar la verdad.

Esta conquista del conocimiento se fue logrando de manera simultánea en todos los litorales, desde el Lejano Oriente hasta el Golfo de Finlandia; en todas partes donde el clima permite instalarse al hombre, y sobre todo en el Mediterráneo euroafricano. Dicho conocimiento iba adquiriendo poco a poco un sentido científico.

Se dice que Eratóstenes fue el primero en crear un mapa del mundo conocido en aquella época, y que, posteriormente, Poseidón elaboró una teoría en la que relacionaba las fases de la Luna con las mareas.

Posiblemente, la primera expedición que se organizó para llevar a cabo estudios sobre el mar fue realizada por Píteas —en el año 330 a. C.—, quien condujo una embarcación hasta el Círculo Ártico, adentrándose en el Mar Báltico y desafiando los

témpanos de hielo que se encontraban a la deriva. Píteas descubrió la interminable noche polar, y la describió con tal rigor que sus datos son inobjetables.

Con todo esto, el hombre fue desechando las leyendas y, por lo mismo, comenzó a perder el miedo a aventurarse en el mar. Gracias a esta nueva actitud se inició la primera era de las grandes expediciones oceánicas. Así, una flota fenicia armada por Neco realizó un viaje de dos años alrededor de África, durante los cuales recorrió más de 20 000 kilómetros.

Estos largos viajes situaron al hombre frente a un viejo reto: descubrir los misterios del mar. Filósofos, sabios, historiadores y poetas querían arrancar cuantos secretos guardaba el océano.

Seguramente, las observaciones de los navegantes aportaron datos para que Pitágoras llegara a considerar que la Tierra se movía girando, teoría que fue imposible de aceptar en aquel tiempo.

Se aprendió entonces a dibujar cartas de navegación; a efectuar sondeos: a trazar las coordenadas de los puertos; a determinar, por medio de observaciones astrológicas, las distancias recorridas y a aprovechar infinidad de rutas marítimas, como continuación de las terrestres, para el transporte de ricas caravanas.

El primer atlas de mapas, o sea, la representación del mundo donde se reunieron todos los datos geográficos hasta entonces conocidos, fue hecho por el griego Ptolomeo, quien vivió en Alejandría y es considerado el astrónomo más importante de su época, tan importante que su muerte significó el fin de la floreciente ciencia griega.

Todo el progreso logrado en torno al conocimiento y uso del océano se vio interrumpido por los romanos, quienes, en virtud de que no tenían los medios para dominar el mar, le pusieron un cerco: arruinaron puertos e impidieron que los conquistados los reconstruyeran. En pocas palabras, regresaron a la tierra firme.

Al incendiar la biblioteca de Alejandría, los romanos aniquilaron el maravilloso edificio donde se hallaban los conocimientos sobre el océano, que fueron el producto de los esfuerzos realizados por los hombres a lo largo de diez siglos. A partir de esta destrucción, las viejas leyendas y tradiciones volvieron a tomar fuerzas, y el conocimiento de los pensadores de Europa occidental decayó cada vez más. Sólo se mantuvo alguna inquietud científica en el cercano Oriente, donde ciertos hombres leían las obras griegas.

En ese periodo, la curiosidad griega, y fundamentalmente su afán por llegar a la verdad mediante el conocimiento, se extinguieron. La ciencia dormitó por más de mil años, durante los cuales no hubo progreso alguno respecto al estudio del mar, con excepción de los escasos descubrimientos efectuados por los vikingos. No obstante, el saber de los normandos fue poco, ya que sólo se difundían las interpretaciones bíblicas sobre el mundo.

En el siglo XIII, pese a todo, la especie humana se reveló ante aquel oscurantismo y reinició la conquista de los mares. Se despertó el espíritu de la exploración y la

investigación, así como el interés por los océanos, a fin de buscar la libertad que sólo el conocimiento permite tener. Los hermanos Vivaldi, de Génova, navegaron a través del Estrecho de Gibraltar (1281), con la finalidad de alcanzar la India, con lo que marcaron el inicio de la era de los descubrimientos.

En el siglo XV, época del renacimiento de las ciencias, esos descubrimientos avanzaron al igual que las exploraciones marinas. Uno de los impulsores de las rutas marítimas fue Enrique el Navegante (1394-1460), quien fundó en Sagres un observatorio y una escuela náutica, recopiló todos los conocimientos geográficos y marítimos de su tiempo, trazó mapas y construyó aparatos de navegación.

Con la idea —compartida por algunos navegantes— de que debía existir un camino más corto hacia la India, Cristóbal Colón solicitó el consentimiento de la corona española para realizar ese viaje. Los reyes aceptaron, otorgándole una flota de tres carabelas con las que salió del Puerto de Palos y llegó a descubrir el Nuevo Mundo: América. En su segunda travesía llevaba 14 carabelas y tres barcos de carga, 1 200 hombres y gran cantidad de animales domésticos.

Posteriormente, Colón hizo varias expediciones entre los veranos de 1492 y 1494, dos años de intensa actividad exploradora. Él nunca supo cómo estaba geográficamente constituido el continente que había descubierto, y las Indias que tanto trató de encontrar se hallan mucho más lejos de lo que se podía concebir y calcular en esa época.

Desde que, en 1513, Vasco Núñez de Balboa descubrió el Océano Pacífico —aunque no lo dio a conocer en toda su magnitud, lo llamó Mar del Sur—, los marinos buscaban el camino para llegar a él. Este camino fue descubierto en 1520 por un navegante portugués al servicio de España, Fernando de Magallanes, a quien, por órdenes del emperador Carlos V, se le había equipado con cinco barcos y provisiones para dos años a fin de que realizara su empresa.

En 1519, Magallanes zarpó en busca de las islas de las Especias o las Molucas. Tres meses después llegó a Brasil sin novedad, y luego dirigió hacia el sur rumbo al oeste, en busca de tierra; pasó entonces por un estrecho, mientras otras de las naves hacían lo mismo por un segundo canal, con dirección suroeste, desde donde se observaba un cabo y un extenso mar. Una vez que cruzaron aquel paso, que más tarde sería llamado Estrecho de Magallanes, navegaron hacia la costa occidental de América del Sur, y en seguida alcanzaron África, de donde partieron nuevamente a España.

La hazaña de Magallanes a través de los mares desconocidos resulta asombrosa hoy en día —no obstante los adelantos en la navegación—, pues se dio la vuelta al mundo en un viaje que duró casi tres años y en el que se recorrió más de 85 mil kilómetros.

La nueva etapa de descubrimientos iniciada por los Vivaldi estuvo caracterizada por una serie de expediciones efectuadas en velero a lo largo de todos los grandes océanos del mundo, así como por la realización de estudios, principalmente sobre temas geográficos y biológicos. Como producto de las investigaciones se elaboraron mapas que permitieron ir conociendo al Nuevo Mundo, además de que se comenzó a estructurar un conocimiento más completo sobre el planeta. El más antiguo de los globos terráqueos fue construido en 1492 por el alemán Martin Behaim, en Portugal.

Los biólogos del Renacimiento trabajaron con base en los conocimientos aristotélicos. Mucho de su trabajo consistió en identificar a los organismos oceánicos, según sus características anatómicas, y en ponerles los nombres científicos. También se hicieron estudios sobre la distribución de dichos seres vivos en el océano.

La importancia de lograr el dominio de los océanos por medio de la navegación permitió asegurar el desarrollo del estudio de los mismos dentro de la revolucionaria expansión de la ciencia que experimentó en esa época. Los trabajos científicos se multiplicaron. Se crearon sociedades científicas, como la Royal Society de Londres, en donde se discutían las contribuciones de los hombres de ciencia. Esta sociedad tenía el fin expreso de profundizar el conocimiento de la naturaleza y de realizar un estudio metódico del océano; algo de gran beneficio tanto naval como filosófico.

VIII. LAS GRANDES APLICACIONES OCEÁNICAS DE LOS SIGLOS XVIII Y XIX

EN EL siglo XVIII se siguieron realizando expediciones por los diferentes mares del mundo, en cada una de las cuales se adquirían nuevos conocimientos oceanográficos. En 1773 el capitán John Phipps, a bordo del barco británico *Racehorse*, efectuó sondeos en el océano —y tuvo éxito— más allá de la plataforma continental; logró bajar hasta una profundidad de 1 250 metros, una cuerda contrapesada que se hundió tres metros en el fondo, impregnándose de un "barro azul suave": la primera muestra de sedimentos recuperada de los océanos.

El capitán Phipps también sujetó termómetros en la cuerda para tomar la temperatura de las aguas profundas, aunque esto no era nada nuevo, ya que en 1749 el capitán Henry Ellis había hecho mediciones de temperatura a 1 280 y 1 650 metros de profundidad, demostrando con ello que en los abismos el agua está muy cercana al punto de congelación.

Entre 1778 y 1779, el capitán James Cook se dedicó a recopilar la mayor parte de la información oceanográfica existente. Con seguridad, esto propició que se despertara un interés por reconocer científicamente el mundo oceánico. Así, empezaron a efectuarse expediciones en diversos lugares del mundo, con el fin de hacer los estudios necesarios para conocer tanto a los seres vivos como las características de las aguas oceánicas.

En 1831, J.S. Henslow propuso a Charles Darwin participar en un viaje de circunnavegación a bordo del *Beagle* —buque de la marina real inglesa al mando del capitán R. Fitzroy—, en calidad de naturalista, puesto que así podía coleccionar, observar y anotar todo lo que fuera digno de ello.

Darwin se entusiasmó con tal propuesta. Después de dos intentos por zarpar, debido al mal tiempo, *el Beagle* emprendió por fin su viaje de investigación el 27 de diciembre de 1831. La travesía, prevista para dos años, duró sin embargo cuatro años y nueve meses. *El Beagle* regresó a su punto de partida en octubre de 1836.

Durante ese tiempo Darwin visitó, principalmente, Tenerife y Cabo Verde; las costas de Brasil, Uruguay, Argentina, Tierra de Fuego y Chile; el archipiélago de las Galápagos, Tahití, Nueva Zelanda, Tasmania y las islas Maldivas, Mauricio, Santa Elena, Ascención y Azores.

Estos recorridos le permitieron recoger un abundante y variadísimo material, así como realizar observaciones, fundamentalmente de la fauna y flora, tanto actual como fósil, al igual que estudios sobre geología y mineralogía. Todo esto constituyó la base de su ulterior actividad científica, cuyos resultados significaron una aportación para la oceanografía, la biología y la ciencia en general.

Entre 1839 y 1843, los barcos *Erebus* y *Terror* exploraron el Océano Antártico bajo las órdenes de sir James Ross, de la Armada Real Británica. Estas expediciones fueron muy importantes, pues se sondearon las grandes profundidades, de donde se obtuvieron varios ejemplares biológicos. Se considera que tales estudios son los primeros que se efectuaron en las zonas mencionadas.

En 1841, el naturalista inglés Edward Forbes llevó a cabo su quinta expedición científica en el océano a bordo del barco explorador *Beacon*. Forbes coleccionó ejemplares marinos en el este del Mediterráneo y, después de estudiar sus descubrimientos por más de un año, en 1843 anunció que en ese lugar había identificado ocho zonas, cada una con sus propias especies de plantas y animales.



Figura 31. Darwin.

Afirmó que mientras más profunda era el agua, era menor el número de especies que podían encontrarse, y que a profundidades de más de 300 brazas debía existir una zona azoica, es decir, carente de vida. Posteriormente, se comprobó que la vida animal era abundante a 400 brazas de profundidad.

Forbes también estudió los organismos marinos contemporáneos colectados en diversos mares del mundo; además se le considera pionero de la biología marina moderna y uno de los fundadores de la oceanografía biológica.

Cuando demostró que el abismo contenía en realidad seres vivientes, se abrió un nuevo campo de investigación, puesto que los hombres de ciencia no comprendían el hecho de que existiera vida en un lugar carente de luz y calor.

En 1862, Charles Wyville Thomson, joven escocés discípulo de Forbes, sugirió al gobierno inglés que patrocinara una expedición para investigar las profundidades submarinas. Seis años después, en 1868, se puso a su disposición un pequeño bajel, el *Lightning*, en el cual hizo un viaje de dos meses por el lado oeste del Atlántico, donde obtuvo animales en zonas situadas a 1 700 metros de profundidad. Al año siguiente usó un barco más grande, el *Porcupine*, desde donde introdujo dragas a casi cinco kilómetros de profundidad; del abismo sacó un gran número de animales: cangrejos, gusanos, calamares, pulpos y peces que nunca se habían visto.

El éxito de las expediciones del *Lightning* y del *Porcupine*, así como el creciente interés por las profundidades del mar y biología, llevó a la preparación del primer viaje, con objetivos exclusivamente de investigación oceanográfica: el del barco corbeta *Challenger*, de 2 300 toneladas, equipado con velas y con un motor auxiliar de motor. Lo capitaneaba Georges S. Nares, y Wyville Thomson encabezaba al personal científico de la expedición, que salió de Inglaterra en 1872 para empezar su viaje alrededor del mundo.

El barco contaba con dos laboratorios, uno de química y otro de biología, equipados con los instrumentos más modernos de su época. También tenía una biblioteca, en la que se reunió la mayor parte de las publicaciones existentes sobre el mar.

Durante los casi cuatro años que duró el viaje (7 de diciembre de 1872 -26 de mayo de 1876) el *Challenger* navegó 127 600 kilómetros. Recorrió el Atlántico de ida y vuelta y, en virtud de que permaneció gran parte de ese tiempo en altamar — exactamente 727 días—, su travesía constituyó la expedición científica más prolongada hasta entonces.

Los científicos del *Challenger* trabajaron en 362 estaciones que reunieron muestras biológicas de agua y del lodo del fondo, y registraron las temperaturas a diferentes profundidades.

La cuestión más interesante del trabajo fue que en esas zonas se recogió una multitud de seres extraordinarios, y a veces grotescos, así como millares de especies desconocidas, probándose que los abismos están habitados.

Después del regreso del *Challenger*, Thomson y sus colegas ordenaron los descubrimientos científicos hechos durante el viaje para publicarlos. Los resultados de los mismos se reunieron en 50 grandes volúmenes, editados por el gobierno británico, en los cuales se describieron 4 717 especies marinas nuevas, además de datos físicos del océano. Esta obra constituye uno de los mejores aportes de una expedición científica marina, pues proporcionó bases sólidas para crear la oceanografía como ciencia.

Ese trabajo puso en relieve que, para comprender integralmente la vida existente en el mar, es esencial tener un conocimiento exacto de las condiciones físicas del océano. Desde entonces, la oceanografía se ha desarrollado de una manera que ha puesto en

evidencia la relación entre las ciencias biológicas y físicas. Algunos autores consideran a Matthew Fontaine Maury como el fundador de la oceanografía física.

Después de la del *Challenger* hubo otras exploraciones semejantes, como la del vapor *Tuscarora*, perteneciente a Estados Unidos de América y cuyo personal científico investigó el fondo del Océano Pacífico. Con las muestras de los fondos marinos tomadas del *Challenger* y otros barcos, sir John Murray realizó los estudios que fueron la base de la oceanografía geológica.

Estas travesías fueron patrocinadas por los gobiernos y, en ocasiones, por empresas privadas de científicos acaudalados, entre los que destaca Alexander Agassiz (1835-1910), ingeniero de minas que usó buena parte de su fortuna para estudiar el mar. Valiéndose de sus conocimientos de ingeniería, Agassiz diseñó y perfeccionó aparatos de investigación oceánica; por ejemplo, elaboró redes muy especiales y equipo de muestreo que, en algunos casos, siguen empleándose en la actualidad.

Agassiz se interesó particularmente en la geología marina y su aplicación en la minería. Realizó extensos estudios sobre los sedimentos del fondo del Océano Pacífico y sobre la topografía submarina del Caribe.

Otro oceanógrafo acaudalado del siglo XIX fue el príncipe Alberto I de Mónaco (1848-1922), cuyas investigaciones —realizadas durante una serie de viajes a bordo de barcos generalmente bien equipados— contribuyeron con muchos datos nuevos al conocimiento de la biología marina. Utilizando botellas que dejaba a la deriva, este monarca aportó información sobre la dirección de las corrientes oceánicas y, junto con renombrados cartógrafos, trazó el primer mapa batimétrico de los océanos.

En 1885 efectuó numerosas campañas oceanográficas por el Mediterráneo, a bordo de su yate *Hirondelle*, y más tarde empleó yates más grandes, como *el Princesse Alice* y *Princesse Alice II*, de los cuales fue capitán y científico.

El príncipe Alberto se preocupó además por el uso de los conocimientos oceanográficos en torno a la pesca: creó métodos para lograr una mejor captura de peces, como un sistema de luces eléctricas submarinas para atraer también a otro tipo de especies.

No satisfecho con todo esto, hizo construir el magnífico y famoso Museo Oceanográfico de Mónaco, en el cual instaló un extraordinario acuario. Fundó otras instituciones científicas, como el Instituto de Oceanografía de París, y contribuyó a la formación del de la Sorbona de París.

A finales del siglo XIX, las expediciones continuaron. Las de más éxito fueron realizadas por los barcos franceses *Travailleur* y *Talisman*, que navegaron por el Mediterráneo y el oriente del Atlántico, desde 1880 hasta 1883. Cada barco era un laboratorio flotante: llevaba personal científico y estaba equipado para examinar y registrar todo lo que recogía del océano.

Uno de los mayores servicios prestados a la oceanografía de esta época fueron los de C.R. Dittmar, quien definió las principales sales que forman el agua del mar, iniciando con esto, propiamente, la oceanografía química.

A partir de los trabajos del siglo XIX se consolidó la oceanografía como ciencia, con sus cuatro ramas fundamentales: la biológica, la física, la geología y la química. También se desarrolló una tecnología que permitió construir el equipo para obtener y registrar las muestras marinas. Gracias a esto, el establecimiento de laboratorios costeros donde se analizaban los conocimientos sobre el mar cobró gran ímpetu.

La rápida evolución de la actividad pesquera, ocasionada por la aparición de los barcos de vapor y de las redes de arrastre a finales de esta época, hizo necesario el hecho de iniciar investigaciones oceanográficas sistemáticas que apoyaran a esta actividad, con el fin de que las capturas se hicieran de manera racional y dieran pie a la organización de instituciones cuyo objetivo fuera el de aportar la mayor información relacionada con este problema, como es el caso de la Cámara de Pesquerías Escocesas, la Comisión de Pesca de Estados Unidos y el Congreso Internacional para la Exploración del Mar, creado este último por el rey de Suecia en 1901. Todo esto fue el inicio de la investigación pesquera.

La gran actividad en este periodo de la oceanografía no fue uniforme, pero se trabajó para establecer las bases de la oceanografía actual y, sobre todo, para fundar las ciencias del mar.

IX. LA ERA ACTUAL. SIGLO XX

EL SIGLO XIX presenció, como se ha visto, el nacimiento de la oceanografía y de la organización de las grandes expediciones científicas: Darwin viajó a bordo del *Beagle*, Wyville Thomson en el *Challenger*, y el príncipe Alberto I de Mónaco en sus propias embarcaciones. A raíz de estos viajes se inventaron rudimentarios, aunque ingeniosos instrumentos, que poco a poco fueron revelando los hechos esenciales de las manifestaciones oceánicas.

En el siglo XX, evidentemente, las investigaciones oceanográficas se han intensificado, y los centros de investigación en la materia han proliferado. Por ello, la oceanografía es una ciencia con amplio futuro y presenta un desarrollo constante.

A partir de 1911, los estudios del océano empezaron a ser más complejos, pues se contaba con novedosos equipos: termómetros de inmersión para tomar temperatura en aguas profundas; nuevos métodos para determinar la salinidad del agua con gran exactitud y, sobre todo, se utilizaba la técnica de Fessenden, que consistía en propagar las ondas sonoras en el mar para conocer las profundidades oceánicas.

Lo anterior dio la pauta para que los alemanes —entre 1925 y 1927, cuando el buque de investigación *Meteor* concentró datos exactos de 14 secciones del Océano Atlántico sur— reconocieran las profundidades con la ecosonda, aparato electrónico de alta precisión. Así pues, luego de analizar 70 mil muestras obtenidas de dichas

profundidades, descubrieron que los grandes fondos del océano no son planos, sino que presentan montañas y valles, mesetas y cañones.

Después de la expedición del *Meteor*, los ingleses exploraron el Océano Antártico entre 1925 y 1934 en el *Discovery*. Ahí estudiaron la distribución de las temperaturas, la salinidad y la abundancia del plancton en las diferentes estaciones del año. En especial, analizaron un pequeño animal llamado *krill*, que forma parte del plancton y que es el alimento de las ballenas.

Una nueva expedición oceanográfica se efectuó alrededor del mundo —la primera desde el viaje del *Challenger*—. Esta fue patrocinada en 1928 por la Fundación Carlsberg de Dinamarca, y fue dirigida por el oceanógrafo danés Johannes Schmidt, quien, a bordo del barco *Dana II*, descubrió que el mar de los Sargazos es el sitio de desove y cría de las anguilas europeas de agua dulce.

Muchos países intensificaron su actividad en la investigación oceánica. El científico alemán Wüst, quien participó en los trabajos del *Meteor*, denominó al periodo de 1925 a 1940 "era de las investigaciones nacionales sistemáticas y dinámicas de los océanos"

Durante la segunda Guerra Mundial, el interés por el estudio de los océanos se enriqueció asombrosamente pero con fines bélicos. Después de esta guerra, las expediciones con objetivos científicos se multiplicaron, y la oceanografía tuvo un nuevo auge.

En 1947, los suecos emprendieron el tercer viaje oceanográfico alrededor del mundo en el barco *Albatross*, con el fin de estudiar la vida submarina de las grandes profundidades. Durante esta travesía colectaron muestras de organismos que se hallaban a 7 300 metros en el declive oriental de la Trinchera de Puerto Rico.

En 1950, los daneses llevaron a cabo una expedición en el barco científico *Galathea*; su objetivo principal era capturar organismos en las hendiduras del fondo oceánico, y en las profundas trincheras. Puesto que ya se había intentado, con muy pocos resultados, recoger seres vivos a 6 000 metros, los investigadores del *Galathea* esperaban ser los primeros en encontrar vida a más de 9 000. En el Océano Pacífico, sobre la Trinchera Filipina, lograron arrastrar sus redes en un fondo de 10 000 metros de profundidad, de donde extrajeron una inesperada y rica variedad de animales: anémonas, holoturias, bivalvos, anfípodos y anélidos. Este constituyó el rastreo más profundo de entonces.

El barco oceanográfico *Challenger*, bautizado con el nombre de su predecesor del siglo XIX, se dirigió en 1952 al sur de Japón, sobre la Trinchera de las Marianas, y empleó el moderno método de sonda de eco para medir su profundidad. Este sistema consiste en producir explosiones dentro del océano, a fin de que el tiempo que emplean los ecos de las mismas para llegar a los instrumentos de la superficie permitan calcular las profundidades marinas.

Actualmente, los barcos oceanográficos están equipados con instrumentos de ese tipo, con los cuales se pueden hacer registros continuos del fondo marino. Las máquinas de dragado se han perfeccionado, y facilitan a los oceanógrafos el rastreo horizontal,

vertical o inclinado, con el apoyo de finas redes de seda, para coleccionar ejemplares submarinos. Los termómetros y los instrumentos de muestreo de agua son más precisos. El proceso de la metodología oceánica es cada vez más rápido con la utilización de cámaras y aparatos de telemetría en todas las profundidades.

Las ciencias marinas se extendieron rápidamente a todo el mundo. Hubo varias expediciones mundiales, pero el fruto más importante fue la elaboración de nuevas técnicas físicas, geofísicas, biológicas y químicas, así como la formulación gradual de teorías más exactas.

Con el objeto de estudiar todas las muestras obtenidas en las exploraciones oceánicas, los diferentes países crearon varios centros de investigación, entre los que destacan el Instituto Scripps de Oceanografía y el Instituto Oceanográfico de Woods Hole, de Estados Unidos; el Instituto Federal de Investigación Pesquera, de Alemania; el Centro Oceanográfico de Moscú, de Rusia; el Instituto Español de Oceanografía, de España; el Centro de Investigación Pesquera, de Japón, y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de México, entre otros.

También nacieron varias agrupaciones internacionales coordinadoras de las ciencias marinas, como el Consejo Internacional de Asociaciones Científicas, que tiene un Comité Especial de Investigaciones Oceanográficas encargado de coordinar el trabajo de las diferentes disciplinas científicas interesadas en la investigación marina, y la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, compuesta por gobiernos que toman parte activa en programas conjuntos con el patrocinio de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Estas instituciones, además de coordinar, apoyan económicamente a la investigación oceanográfica.

En los últimos años, los científicos marinos han considerado que el hecho de permanecer en la superficie del mar a bordo de un barco y arrojar largos cables al agua para obtener informes de lo que pudiera haber en el fondo es una forma anticuada de efectuar investigaciones. Ahora prefieren descender en persona a las diferentes profundidades, e incluso han podido llegar hasta las trincheras más profundas para estudiar el mundo submarino.

Estas ideas, que pueden parecer modernas, inquietaron al hombre desde épocas remotas. Por ejemplo, en la Edad Media se inventaron las primeras campanas y trajes de buzo, que se comunicaban con la superficie a través de tubos o mangueras para conseguir aire. De esta forma se podía estar por más tiempo dentro del agua.

En el siglo XIX se lograron grandes avances en el diseño de equipos para buzos, lo cual hizo posible que éstos pudieran caminar con seguridad a considerables profundidades. Sin embargo, ante la necesidad de hacer estudios en zonas más profundas, donde la presión del agua afectaría a cualquier tipo de buzo, fue preciso construir naves de acero que pudieran resistir esas terribles fuerzas.

El hombre de nuestro siglo, protegido por corazas de ese metal, ha conquistado el fondo oceánico. William Beebe, director de la Sección de Estudios Tropicales de la Sociedad Zoológica de Nueva York, fue quien inició los trabajos de construcción de estos vehículos, con los que se puede llegar a las profundidades.

Asociado con el ingeniero Otis Barton, Beebe diseñó una gruesa esfera de acero que tenía tres ventanillas de observación y donde cabía un hombre sentado. La llamó *batisfera*, palabra que proviene de la voz griega *bathis* que significa profundidad.

En la década de los años veinte, Beebe recorrió el Atlántico con su barco *Arcturus*, equipado para efectuar investigaciones oceanográficas. A este hombre le impacientaba tener que conocer las maravillas del mar desde la superficie, pero se liberó de esta inquietud cuando pudo penetrar en el océano con su batisfera.

Esta cápsula medía 1.38 metros de diámetro, tenía tres pequeñas aberturas en uno de sus lados, y en el opuesto contaba con una más, de 45 centímetros de diámetro. Su peso total era de 2 450 kilogramos y llevaba su propio suministro de aire, así como cables eléctricos y telefónicos. Se bajaban desde el barco por medio de un cable de acero de dos centímetros de diámetro, y como profundidad máxima de trabajo pudo alcanzar 923 metros, marca que no fue superada sino 15 años después.

La primera inmersión en batisfera, que se realizó en junio de 1930 en un lugar ubicado a 10 millas de las Bermudas, logró situarse a 240 metros. Mientras descendían, los investigadores pudieron conocer una serie de fenómenos que no habían sido descritos para la ciencia. Observaron los extraños efectos del color a diferentes profundidades. Por ejemplo, a 110 metros las cosas se veían verdes y azules, y más abajo dominaba sólo el color violeta.

Este grupo científico definió por primera vez la rara fauna abisal y la manera como se comporta en su propio ambiente.

No obstante, el hecho de que la batisfera estuviera unida al barco por un cable representaba una gran limitación, pues su alcance dependía precisamente de la longitud del cable utilizado, que en caso de romperse dejaría al aparato sin posibilidades de regresar a la superficie.

Auguste Piccard, ingeniero suizo asociado con la exploración de las profundidades del mar y de los confines del espacio, fue el inventor del *batiscafo*, o barco de las profundidades, conformado por una cabina resistente a la presión y sujeta a un flotador lleno de gasolina, que es más liviana que el agua. Para bajar, el tripulante del batiscafo debía sujetar pesas a su cabina, y para subir debía soltarlas. Además, la flotabilidad natural de la gasolina podía llevarlo a la superficie. Este sistema era igual al de un globo estratosférico, pero a la inversa.

La idea de Piccard se empezó a poner en práctica en 1948, con el patrocinio de la Fundación Belga de Investigaciones Científicas, cuyas iniciales en inglés son FNRS. Se construyó entonces el batiscafo FNRS-2, que después se transformó en el FNRS-3, cuya máxima inmersión alcanzó 4 050 metros en 1954, año en que estos aparatos dejaron de utilizarse para establecer marcas de descenso y se convirtieron en vehículos para estudios científicos.

En Italia se comenzó a construir otro batiscafo, el *Trieste* que fue terminado en 1953. En enero de 1960, esta nave descendió a una distancia jamás alcanzada, puesto que en el abismo Challenger, la parte más profunda de la Trinchera de las Marianas, tocó fondo a más de 11 kilómetros de profundidad. Ahí se hicieron observaciones de las

características de los organismos, así como de los aspectos físicos del océano. Este hecho fue considerado uno de los triunfos más asombrosos de esos años.

Aunque los batiscafos ofrecían la ventaja de desplazarse hacia el fondo o a la superficie, tenían aún este problema: no podían avanzar ni retroceder. Así nació la idea de planear uno que poseyera tales características. Fue el científico Jacques Cousteau quien diseñó y construyó el "platillo sumergible" *Denise*, uno de los batiscafos más fáciles de maniobrar. Su primera inmersión fue en el golfo de Lyon, en 1957, y desde entonces ha cumplido varias misiones de exploración que han aportado importantes datos para las ciencias del mar.

El Departamento de Marina de los Estados Unidos creó en 1965 el submarino autónomo *Alvin*, que puede permanecer sumergido a más de 1 800 metros durante 24 horas y es capaz de explorar una extensión de 25 kilómetros en el fondo. Con este vehículo se han estudiado las chimeneas del Océano Pacífico mexicano.

Posteriormente, la tecnología estadounidense perfeccionó y creó otro sumergible, el *Aluminaut*, que ya utiliza el sistema de navegación de un submarino tradicional, y que fue construido para cumplir principalmente misiones científicas. Puede descender hasta 4 570 metros, y ha sido empleado para buscar valiosos depósitos de metal en el océano.

Con el desarrollo de esta tecnología se ha establecido una nueva era, en la cual el hombre trata de permanecer cada vez más tiempo en el fondo del mar a fin de realizar diversos tipos de trabajo. Así como en tierra se han construido centros de investigación para procesar muestras, en el mar funcionan ya laboratorios tripulados que pueden fijarse en el fondo por periodos de varias semanas a profundidades de entre 100 y 500 metros.

Dentro de esos laboratorios laboran buzos especializados, llamados oceanautas en Francia y acuanautas en los Estados Unidos, quienes respiran ahí una mezcla de helio y oxígeno que es más liviana que el aire. Estos buzos trabajan fuera de la estación en actividades de investigación, pero regresan después a su base para alimentarse, descansar y dormir.

Uno de los científicos que propusieron este tipo de instalaciones fue el doctor George Bond, de la marina de los Estados Unidos, quien diseñó los laboratorios llamados *Sealab*, cuya técnica fue desarrollada en Francia por el grupo de Cousteau con la creación del *Conshelf*, estación móvil, autónoma y capaz de navegar varios cientos de millas desde el puerto sin necesidad de una embarcación auxiliar. Este laboratorio puede posarse durante una semana en el fondo del océano a una profundidad de 600 metros.



Figura 32. Submarino Alvin.

El estudio de los océanos a lo largo de la historia es una de las aventuras más fascinantes que la humanidad ha experimentado a través de su evolución. Mediante los trabajos de los científicos se han puesto al descubierto algunos de los secretos del océano. Sin embargo, la tarea apenas ha principiado, y será mucho más lo que se logre en los años venideros.

X. INQUIETUD DEL HOMBRE POR LA EXPLORACIÓN SUBMARINA. PENETRACIÓN DEL HOMBRE EN EL MUNDO SUBMARINO

NO SE sabe cuándo ni dónde se produjo el primer contacto del hombre con el mar. Sin embargo, este hecho fue tan importante para la humanidad como aquel momento en que el hombre encendió fuego por primera vez, o como aquel en que inventó la rueda.

La historia demuestra que los seres humanos siempre han soñado con descender al fondo del mar y moverse libremente en el agua, con el fin de ir conociéndolo y poder conquistarlo. El extraño mundo submarino ha ejercido fascinación sobre ellos, quienes han considerado que la experiencia de sumergirse en él no tiene comparación.

Desde aquel lejano día en que el hombre descubrió el mar, éste pasó a formar parte de su vida, a veces como una presencia cotidiana y en ocasiones como algo misterioso y distante. Sin embargo, los pueblos que se asentaron en sus orillas no tardaron en adquirir una gran familiaridad con él.

Si bien es cierto que el hombre prehistórico fue sobre todo cazador, no por ello debió de haber dejado de practicar la pesca en las aguas someras de ríos y lagunas, e incluso en el propio mar, utilizando arpones de asta y hueso semejantes a los que emplean en la actualidad los esquimales. Esto significa que acosaba a los peces en su propio elemento, practicando quizás una modalidad primitiva de la pesca submarina actual.

Según la historia, los primeros hombres de la Antigüedad que se sumergieron en el seno de las aguas fueron los griegos, que eran los mejores pescadores de coral y esponjas del Mediterráneo, y de perlas en el extremo Oriente. Se desconoce qué aparatos de inmersión utilizaban, aunque Aristóteles menciona los *lebeta* en su obra *Problemas*; eran calderos invertidos llenos de aire que tenían forma de campana y un instrumento para "inhalar aire de la superficie". Esta técnica fue conocida y usada en el Mediterráneo desde la época clásica.

Puede decirse que el buceo profesional nació hace más de dos mil años, ya que dentro de los ejércitos griegos figuraban los llamados *urinadores*, comparables con los hombres-rana de las organizaciones militares actuales.

Los urinadores se armaban con cuchillos. Sus misiones consistían en atacar a mano las defensas enemigas, transportar víveres y armamentos a ciudades sitiadas o llevar mensajes escritos en brazaletes de plomo a sus compañeros de lucha. Para contrarrestar la acción de este tipo de guerreros se crearon varios medios de defensa, entre los que sobresalen redes sumergibles con cascabeles sujetos y grandes ruedas llenas de cuchillos, las cuales se hacían girar en el agua para provocar heridas a los urinadores.

Al derrumbarse la civilización grecorromana, los bárbaros no efectuaron exploraciones submarinas, pero los musulmanes, quienes eran excelentes navegantes, contaban con buceadores que, como los griegos, temían a los monstruos marinos, por lo que se embadurnaban el cuerpo con una sustancia negra, creyendo que este color los alejaba.

El milenarismo sueño del hombre de poder penetrar en el medio acuático tropezó con grandes dificultades, pues este medio es muy diferente al que habita. La presión del agua representaba uno de los principales obstáculos, y no fue sino en el siglo IV de nuestra era cuando se inició la época de los diseños de aditamentos para penetrar en el mar.

En su obra *De Re militan*, el militar romano Flavio Vegecio describe un capuchón provisto de un tubo respiratorio que llegaba hasta la superficie del mar, sostenido por flotador.

Años más tarde, Diego Ufano modificó el invento de Vegecio: en la parte del capuchón situada al nivel de los ojos añadió unos lentes de cuero muy delgado y transparente que permitía ver dentro del agua. Además, en los pies del buzo se amarraban pesas para facilitar la inmersión. Sin embargo, Ufano no conocía las leyes de la presión ni el hecho de que ésta aumenta en el mar a razón de una atmósfera por cada 10 metros de profundidad. Por ello, su invento tuvo que usarse sólo en aguas poco profundas, ya que a más de dos metros resultaba imposible respirar, lo cual originó numerosas desgracias.

Muchos de estos esfuerzos fueron resaltados con exageración. Por ejemplo, uno de los más impresionantes es el que se refiere a la famosa inmersión de Alejandro Magno en el interior de un tonel de vidrio, donde se supone que permaneció varios días mientras ante sus ojos desfilaban gigantescos peces.

Pasaron varios años sin que pudieran lograrse nuevos hallazgos. Fue hasta el Renacimiento, en el siglo XV, cuando Leonardo da Vinci dibujó las primeras aletas natatorias para colocarse en los pies —muy parecidas a las actuales—, y los primeros tubos respiratorios, así como depósitos de aire y caretas submarinas de cuero con forma de capuchón que tenían púas alrededor "para defender al buzo de los peces". Estas caretas iban unidas precisamente al tubo de respiración, cuyo extremo se sostenía en la superficie por un flotador.

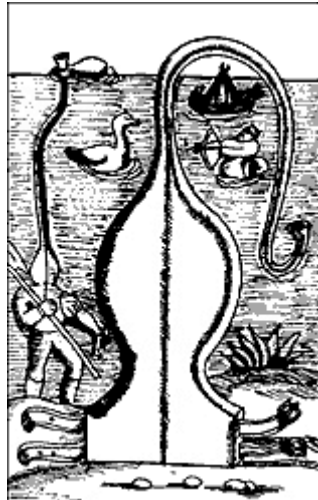


Figura 33. Aditamento para sumergirse ideado por Vegetio.

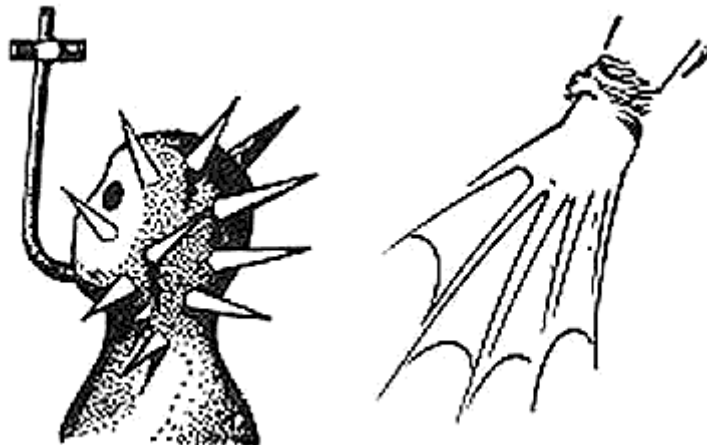


Figura 34. Aletas y capuchón dibujados por Leonardo da Vinci.

En 1715, el inglés John Lethbridge construyó un aparato con el que pudo bajar 20 metros y permanecer en el agua alrededor de media hora. Consistía en un cilindro, donde cabía una persona, provisto de una tapa que se cerraba herméticamente para impedir la entrada de agua y evitar la salida del aire que utilizaba para respirar. Tenía una mirilla en una de sus paredes, como mangas de cuero acopladas por donde el buzo introducía los brazos a fin de poder maniobrar. Con este rudimentario aparato, Lethbridge realizó varias inmersiones y recuperó objetos de valor en barcos hundidos cerca de Plymouth, en la isla de Madera, en las Indias y en el Cabo de Buena Esperanza.

Los inventores de la época siguieron preocupándose por construir campanas de buzo más útiles, pero también artefactos que pudieran dar autonomía al buceador, y poco

después elaboraron los primeros proyectos de "escafandras autónomas o independientes".

Borelli diseñó el antecesor de la actual escafandra. Se trataba de una enorme bolsa de cuero u odre donde el buzo podía transportar su provisión de aire, introducida con un émbolo. La cabeza debía meterse en la bolsa, que llevaba una ventanilla, y para los pies había unas aletas en forma de garras. Posiblemente, este aparato nunca llegó a emplearse.

La construcción de campanas mejoró a fines del siglo XVIII, sobre todo cuando se logró comprender que el aire expelido por los pulmones debía renovarse. Este descubrimiento fue aprovechado por el astrónomo inglés Edmond Halley, quien consiguió enviar a una campana barriles de aire puro.

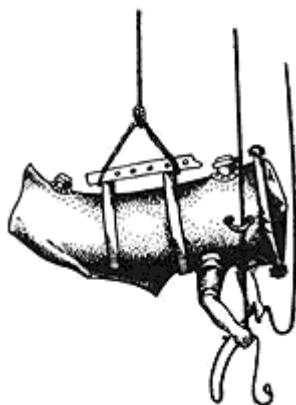


Figura 35. Aparato de John Lethbridge.

En 1716, Halley armó una enorme campana, en cuyo interior se instaló un banco sobre el que podían sentarse los buzos. Aunque no fue perfecta, ya permitía investigar a escasas profundidades.

Pero también se siguió trabajando en el diseño de la escafandra autónoma. El francés Freminet y el alemán Klingert tuvieron, entre 1771 y 1776, un notable progreso al respecto: elaboraron cascos con ventanillas y trajes de cuero con armazón metálico. Alimentaban los pulmones del buzo con aire comprimido, aunque de una manera rudimentaria, puesto que lo hacían por medio de un fuelle que manejaba el propio buzo.

Por su parte, Klingert modificó aún más aquel diseño, y en 1797 probó una escafandra con un depósito de aire comprimido por la presión del agua.

En Francia, Inglaterra y Alemania, en los albores del siglo XIX —entre 1805 y 1810—, se establecieron las bases de la fisiología del buceo al resolverse el problema que significaba proporcionar aire al buzo. Esto permitió confeccionar campanas más reducidas, de manera que sólo quedara contenida la cabeza. Tales aparatos contaban también con mirillas transparentes.

Estas campanas pueden ser consideradas como las antecesoras de la clásica escafandra moderna de casco, consideración que merece fundamentalmente la campana construida en 1819 por el alemán Augustus Siebe. Consistía en una estructura esférica que cubría la cabeza, y descansaba sobre los hombros, pero tenía un inconveniente: el buzo no debía inclinarse, porque de lo contrario el agua invadía la campana. El aire comprimido era proporcionado por una bomba colocada en la embarcación.

Siebe se empeñó en resolver aquel inconveniente y, en 1837, años después de su primer diseño, armó el modelo definitivo de la escafandra de casco. Constaba de un casco esférico de bronce, con mirillas al frente y a los lados, el cual se atornillaba a un peto, también de bronce, que llevaba dos pesas de plomo sobre el pecho y la espalda para equilibrar al buzo. A su vez, el peto se unía herméticamente a un traje de cuero para impedir la entrada de agua a la campana y proteger al buzo contra el frío. Los pies se cubrían con pesados zapatones de plomo. El aire llegaba a la escafandra por un tubo de goma conectado a una válvula, y era expulsado por otra de éstas.



Figura 36. Escafandra de Borelli.

Sin embargo, Siebe no tomó en cuenta que el medio acuático es casi 800 veces más denso que el aire ni que la presión del agua aumentaba conforme el buzo descendía, llegando a duplicarse a los 10 metros de profundidad. Esto provocaba que el desplazamiento del buzo fuera muy difícil, y también fue causa de algunos accidentes.

Este modelo se fue perfeccionando con cambios técnicos para solucionar el problema de la presión y, en 1855, en la Exposición Internacional de París, se presentó un traje con casco que recibió el nombre definitivo de escafandra. Así apareció el buzo que, caminando, exploró los fondos marinos durante un siglo.

Los inventores de la época tuvieron una nueva inquietud: la de facilitar al buzo mayor autonomía. Entre 1855 y 1860, el ingeniero de minas Benoit y Rouquayrol y el oficial de marina Auguste Denayrouze adaptaron a la escafandra de Siebe un regulador para la presión de aire que se puede considerar como el antecesor del descompresor actual. Así pues, el buzo llevaba en la espalda un pequeño tanque de aire que, al desconectarse de la toma de aire principal, le permitirá obtener libertad de

movimiento por varios minutos. De esta manera se originó el antepasado de la escafandra autónoma que se utiliza en la actualidad.

Posteriormente se logró un progreso esencial en el mecanismo de la escafandra: al regulador se le añadió una batería con tres botellas de aire comprimido, que hacía al buzo más independiente. Este invento permaneció olvidado durante medio siglo debido a la falta de conocimientos sobre fisiología del buceo. Fue hasta 1926 cuando el comandante de marina Yves le Prieur dio un nuevo paso en el diseño de la escafandra autónoma, considerado por algunos como el más espectacular; incluso, lo han denominado creación del hombre pez.

El equipo de Le Prieur estaba provisto de un regulador manual de aire y de una botella de aire comprimido a 150 kilogramos por centímetro cuadrado. La cabeza del buceador, en lugar de llevar el casco de bronce, estaba cubierta por una máscara, conectada al tubo de aire, que le protegía los ojos, la nariz y la boca.

Y ya no se usaban las pesas de plomo, y los pies se equiparon con unas aletas de caucho que fueron diseñadas ese mismo año por el comandante De Corlieu.

Con este modelo el buzo ya no tenía que caminar en posición vertical, sino que empezó a nadar en forma horizontal impulsándose con sus aletas. Al eliminar el peso excesivo, pues se suprimieron algunos plomos, adquirió mayor movilidad: efectuaba ascensos y descensos libremente.

Sin embargo, esta escafandra tenía varios inconvenientes: poca capacidad de aire en el tanque y desperdicio del mismo, en virtud de que la válvula se ajustaba a mano, además de que la careta no era práctica.

El francés Jacques-Yves Cousteau y el ingeniero Emile Gagnan crearon, en 1943, un prototipo de escafandra autónoma que constituye la herramienta más significativa de que dispone el hombre en la actualidad para introducirse a diferentes profundidades de las aguas oceánicas y observar sus maravillas.

La escafandra de Cousteau y Gagnan, bautizada por los anglosajones con el nombre de *aqualung*, consta de un tanque de acero o de una aleación ligera, con aire comprimido a 150 o 200 kilogramos por centímetro cuadrado; cuenta con un regulador automático que, por medio de un sistema de membranas o láminas de hule, permite que el aire llegue al buceador a la presión del ambiente, y posee dos tubos que parten del regulador y se unen a una boquilla que el buzo se introduce en la boca y es sujeta con los dientes.

Los tanques, que pueden ser hasta tres, se cargan en la espalda en una especie de mochila, y los ojos y la nariz se protegen con una careta de hule provista de un vidrio que permite tener gran visibilidad. En los pies se usan las aletas de De Corlieu. Para evitar el esfuerzo que significa bajar nadando se coloca un cinturón de lona provisto de pesas de plomo.

El regulador automático, que es la modificación más importante de este modelo, consiste en un cilindro aplanado con dos cámaras separadas por una membrana de

hule que se acciona de manera automática; el aire, comprimido a 150 atmósferas, entra a la primera cámara, donde su presión es reducida a ocho atmósferas; de ahí pasa a la segunda, en donde éstas son reguladas a la presión que necesita el buzo. El aire viaja por una de las mangueras y llega hasta la boquilla; a su vez, el usuario expulsa por la boca el aire utilizado, que pasa al regulador a través de la otra manguera y sale al exterior por unas válvulas.

Además de la escafandra autónoma se diseñó una serie de accesorios que permiten al buzo moverse en las diferentes condiciones del mar. Uno de los principales es el traje confeccionado con una materia sintética porosa llamada neopreno, la cual ayuda a mantener la temperatura del cuerpo y facilita el trabajo a temperaturas bajas.



Figura 37. Buzo con aqualung.

Otros accesorios que utiliza el buzo en sus actividades son el manómetro de inmersión o profundímetro, el cuchillo de acero inoxidable, las tablillas para tomar notas, las redes para recoger ejemplares, así como las lámparas, cámaras fotográficas y cinematográficas submarinas.

La escafandra autónoma se ha ido modificando y proporciona cada vez mayor autonomía al hombre, con la posibilidad de permanecer más tiempo dentro del mar y de alcanzar profundidades considerables. Su diseño es sencillo y práctico, y no resulta muy costoso. Con él se ha podido explorar una capa de agua de 50 metros de hondura, aunque el hecho de establecer marcas mas altas de profundidad no es tan importante como el de estudiar el comportamiento de los organismos.

Todo este esfuerzo del hombre por penetrar en el mundo submarino ha tenido como objetivo vencer su principal obstáculo: el hecho de que, como ser humano, es un organismo de respiración aérea que toma oxígeno del aire atmosférico para llevarlo a los pulmones y que, cuando se sumerge en el agua, no puede realizar esta misma función, porque el oxígeno está disuelto en ella.

Sólo los seres vivos que tienen branquias pueden aprovechar el oxígeno del agua, como los peces. Por lo tanto, el hombre tiene que llevar consigo una cantidad determinada de aire respirable, lo que limita la duración de su estancia en el mar. Además, este hecho suele provocar dificultades fisiológicas graves.

Para resolver este problema y después de muchos experimentos, se planteó un camino: respirar aire a la presión atmosférica, sin importar la profundidad. Con esta

idea, se construyeron aparatos pesados y sólidos capaces de resistir la presión exterior. Esto permitió contar con aire que era transportado en forma comprimida o que era alimentado a través de un tubo flexible conectado a una compresora desde la embarcación en las batisferas, escafandras rígidas y batiscafos.

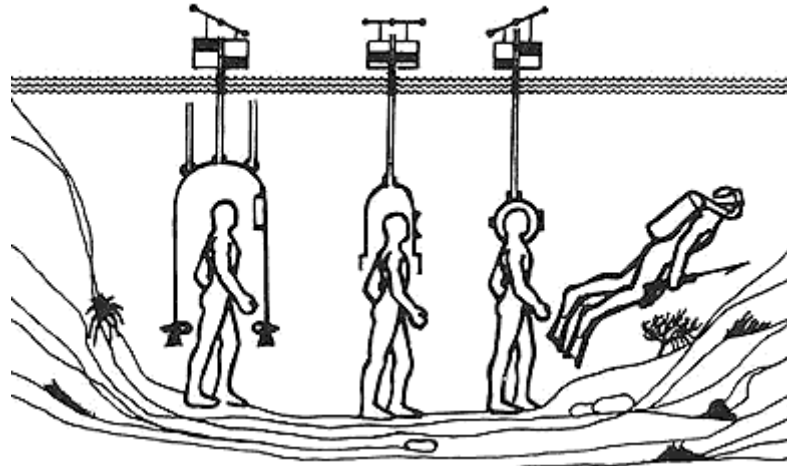


Figura 38. Evolución de la escafandra.

Otro camino consistió en respirar aire a presiones que variaban según la profundidad, así que no había necesidad de contar con una protección sólida, pues la presión exterior e interior se equilibran automáticamente, como en las escafandras de casco y las autónomas de tipo Cousteau-Gagnan.

Actualmente, la humanidad cuenta con aparatos más perfeccionados de ambos tipos, pero cuya utilización sigue estando limitada por la profundidad de la zona donde se va a trabajar. Las escafandras, herramientas de exploración y de trabajo más cómodas, tienen, un límite de 90 metros, cuando se respira aire, y de 160, cuando se usan mezclas ligeras. Se espera que en un futuro puedan emplearse a 200 metros. Para poder bajar a mayores profundidades, el hombre debe encerrarse en esferas o torretas.

XI. LA REVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA EN LA INVESTIGACIÓN SUBMARINA

UNA vez que el hombre logró tener aire a su alcance para respirar a diferentes profundidades del océano, empezó su inquietud por observar lo que tenía a su alrededor.

En un principio utilizó medios individuales, muy simples, para poder ver en el fondo de los mares. Al darse cuenta de que los objetos aparecen borrosos, al introducir la cabeza en el agua y abrir los ojos, creó artefactos para establecer una visión nítida, basados en interponer una capa de aire entre los ojos y el medio marino, como el visor —careta o antejo de calafate—, máscara que cubre ojos y nariz y está provista de un vidrio plano de cristal inastillable.

Con la escafandra autónoma, el buceador puede desplazarse libremente en el medio acuático. Mediante lentos y acompasados movimientos de pies, los cuales están generalmente provisto de aletas, ha logrado avanzar a una velocidad reducida —de una a dos millas por hora—. Esto, además del poco aire que lleva el buzo, limita las distancias a las que podría moverse.

Tales limitaciones han dado origen al diseño de un vehículo con un sistema propulsor que incrementó las posibilidades de desplazamiento en el medio submarino. Es el caso del *acuaplano submarino o plancha de exploración submarina*, el medio de propulsión más simple que se ha creado, que consiste en una tabla remolcada por una embarcación, desde la superficie, a velocidades moderadas. Dicha tabla tiene dos asas, de las que el buceador puede sujetarse y lograr movimientos hacia arriba o hacia abajo, además de que le sirve como timón de profundidad. Sobre esta tabla suele fijarse la brújula, el profundímetro y un reloj a manera de un tablero de instrumentos.

Con este sistema, el buceador puede avanzar con relativa velocidad a unos cuantos metros del fondo, siguiendo la topografía del mismo y soltando el acuaplano al encontrar un sitio o un objeto que le interese.

Algunos especialistas del buceo perfeccionaron este sencillo acuaplano: lo convirtieron en el ala volante de Vanlaer, tabla en forma triangular, también llamada manta o raya autónoma, sobre la cual el buceador se tiende y maniobra con una palanca de mando que acciona unos timones de profundidad que permiten toda clase de movimientos. La cabeza del operador se protege con un parabrisas de plexiglás que evita choques de corrientes que pudieran arrancarle la boquilla o máscara.

El siguiente paso en el diseño de aparatos propulsores se dio con la construcción de los torpedos o propulsores eléctricos de los cuales existen numerosos modelos, todos ellos basados en el mecanismo de una hélice situada en el extremo posterior de un propulsor fusiforme o cilíndrico, de donde el buceador se sujeta o en el que se acuesta para trasladarse.

Uno de los primeros propulsores submarinos fue creado por el Grupo de Estudios e Investigaciones Submarinas, de la Marina Francesa, con base en Tolón, en el año de 1945. Este aparato en forma de pequeño torpedo cuenta con dos asas en su extremo posterior, así como con una hélice —movida por un motor eléctrico de baterías— que arrastra al buceador a dos nudos —dos millas por hora—, y que le ayuda a recorrer hasta cinco millas.

En 1950 el técnico electrónico de origen ruso Dimitri Rebikoff construyó un torpedo submarino provisto de un equipo fotográfico y de filmación submarinos, actividades de las que era un fanático. También creó las llamadas cajas estancas, que impedían la entrada de agua por donde se colocaban los aparatos fotográficos y las cámaras. Después diseñó flashes electrónicos e iluminadores submarinos para fotografiar organismos y otros objetos. Este equipo era montado en un torpedo, que era dirigido por dos timones laterales e impulsado por una pequeña propela colocada en su extremo posterior. El buzo se subía al torpedo, desde el cual manejaba dicho equipo. A este aparato se le conoce como el Pegaso o como avión submarino de Rebikoff.

En la exploración de las grandes profundidades, el desplazamiento de los buzos ya no suele hacerse en aparatos para buceadores autónomos, por lo que se construyeron vehículos en donde los tripulantes quedan protegidos por un casco —generalmente esférico— que resiste mejor las presiones del medio marino y posee ventanillas para observar el exterior. En el interior de estos aparatos, llamados sumergibles, la atmósfera se mantiene a la presión normal y el aire es respirable, utilizando depósitos o fijando el bióxido de carbono sobrante por medio de compuestos químicos.

Entre los sumergibles construidos para realizar trabajos de exploración científica destacaban los siguientes:

El submarino *Pino*, fabricado en 1903 en Italia, que podía descender hasta 150 metros y era utilizado para buscar barcos hundidos. Su casco ovoide alargado, de cinco metros de largo y tres de ancho, avanzaba impulsado por una hélice propulsora central y por dos laterales, que eran accionadas mediante energía eléctrica. Al llegar al fondo, se deslizaba por medio de una rueda y se podía suspender o posar en un punto determinado gracias a una barra de plomo que era manejada desde el interior. Contaba además con un par de pinzas para recoger muestras.

Otro sumergible, el *Aluminaut*, es un submarino-laboratorio extraordinariamente perfeccionado que puede maniobrar en profundidades de hasta 5 000 m. Su casco, construido con una aleación de aluminio de 16 centímetros de espesor, puede transportar tres toneladas de equipo científico. Presenta las ventajas del batiscafo y las de un submarino corriente, pues su cuerpo no está separado del flotador.

Su cabina, de 10 metros de largo por dos de ancho, puede alojar confortablemente a tres personas, que pueden observar el exterior a través de dos ventanas de forma cónica, así como recolectar muestras con dos brazos mecánicos, que se hallan colocados abajo de estas ventanas.

La propulsión del *Aluminaut* proviene de una hélice de popa que le permite alcanzar una velocidad de 4.5 kilómetros por hora. Este aparato es capaz de recorrer una zona de 130 kilómetros, con una autonomía máxima de 72 horas, y sus viajes de trabajo tienen un promedio de 32 horas de inmersión.

El *Seapup* es un sumergible preparado para trabajar en zonas cercanas a la plataforma continental a una profundidad de 1 800 metros. Cuenta con un par de esquíes para deslizarse sobre el fondo marino y su autonomía de trabajo es de 12 horas.

Con base en los programas de investigación científica de los norteamericanos en torno a las profundidades de la plataforma continental se construyeron los submarinos *Star-I*, *el Star-II* y, recientemente, *el Star-III*. La principal característica de éste es que resulta fácilmente maniobrable en aguas someras.

El Star-I es un pequeño submarino monoplaza de 2.5 metros de largo que posee una cúpula transparente para ver en la superficie, así como dos ventanillas para observar en las profundidades. Es impulsado por dos hélices laterales que le ayudan a moverse en todas direcciones y permanecer estacionado. Su autonomía máxima es de 18 horas, y puede trabajar en aguas costeras a 60 metros de profundidad, con corrientes moderadas. Su equipo de navegación está integrado por compás, velocímetro,

profundímetro, ecosonda, sonar y por un sistema para comunicarse con la embarcación nodriza y con los buzos.

El *Star-I* ha sido utilizado en proyectos de investigación, como el Sealab, puesto en práctica en 1964, y en operaciones de salvamento y exploración.

El *Star-II*, manipulado por la Universidad de Pensilvania, y bautizado con el nombre de la diosa fenicia de las profundidades, *Asherah*, tiene capacidad para dos personas, el piloto y el investigador, y su visibilidad es extraordinaria, ya que cuenta con seis ventanillas: dos anteriores, dos posteriores y dos laterales. Su velocidad promedio es de un nudo, aunque puede alcanzar la máxima, que es de cuatro lo cual permite resistir las corrientes de la plataforma continental. También puede desplazarse en todas direcciones y quedar fijos entre dos aguas. Su autonomía máxima es de 24 horas, con un límite recomendable de 10 horas de inmersión.

Uno de los proyectos de investigación en el que ha participado es en el estudio arqueológico del Mar Egeo, frente a Turquía, realizado en colaboración con la National Geographic Society.

El *Star-III* fue diseñado con el fin de llegar a mayores profundidades de la plataforma (hasta 600 metros), y su velocidad se ha aumentado a seis nudos, con el objeto de resistir las corrientes, que en esa zona se incrementan.

Existe un submarino que es capaz de lograr mayores descensos: el *Alvin*, del Instituto de Oceanografía Woods Hole, de Estados Unidos, que puede transportar a dos hombres y llegar a una profundidad de 3 000 metros, con una autonomía de 36 horas. Posee un casco de siete metros de largo y una esfera de fibra de vidrio, de dos metros de diámetro, la cual cuenta con cuatro ventanillas de observación y con un brazo mecánico que colecta objetos hasta de 20 kilos y puede colocarlos en una canastilla localizada en la parte anterior de la esfera. Esta nave tiene la capacidad para transportar una tonelada de equipo científico.

El *Alvin* inició sus trabajos en 1964, y desde entonces ha sido utilizado en numerosos trabajos de investigación, como el que se realizó en 1966 para rescatar una bomba de hidrógeno situada a 800 metros, en el Mediterráneo, frente a las costas españolas.

Se dice que las medidas de seguridad de este submarino son de las más avanzadas, puesto que posee un brazo mecánico que puede enganchar y soltar las rocas, además de que su esfera puede desprenderse y emerger a la superficie con sus ocupantes.

El "platillo buceador", construido por la organización Cousteau, ha servido de modelo para los submarinos llamados *Deepstar*, programados para llegar a diferentes profundidades. El primero de ellos se puede sumergir hasta 1 200 metros y tiene una esfera de dos metros de diámetro que puede ser ocupada por tres pasajeros. En la segunda versión, la esfera fue más sólida y llega a 4 000 metros, y la tercera se armó con una esfera de titanio que permite alcanzar hasta 6 000 metros.

El diseño de los submarinos de investigación científica se perfecciona cada día más, de acuerdo con los programas de estudio para los que serán utilizados. Así, los

científicos cuentan con una variedad de modelos que han ido venciendo las grandes presiones existentes en los fondos oceánicos, lo que permitirá al hombre explorar en el futuro todas las profundidades. Si se considera que este avance, que le ha permitido pasar de los 200 metros de profundidad a los 11 000, sólo se ha llevado tres décadas, la perspectiva de lograr conocer todo el fondo oceánico se puede estimar como una realidad.

Cuando el hombre pudo conquistar el espacio submarino y desplazarse por él, se enfrentó a un nuevo reto: el de poder permanecer en las profundidades marinas por tiempos prolongados. Hombres de mar como el inventor norteamericano Edwin A. Link, el buceador belga Roberto Stenuit y el comandante francés Jacques Yves Cousteau, son los pioneros de la nueva etapa en que el hombre desarrolla una nueva tecnología para establecerse en el fondo marino.

Uno de los primeros pasos para hacer realidad este sueño del hombre fue la construcción, por parte del grupo de Cousteau, de la casa submarina *Precontinent I*, que también se conoció como *Conshelf I*; en ella vivieron los investigadores Albert Falco y Claude Wesly, durante una semana, a 10 metros de profundidad y sin comunicación con el mundo exterior. Sólo recibían visitas periódicas de otros buceadores y de los médicos que diariamente los visitaban, para comprobar su estado de salud y sus reacciones psicológicas.

Después de una semana de habitar bajo el agua, los investigadores regresaron en buen estado a la superficie. El experimento demostró que, con los elementos técnicos necesarios, el hombre podía sobrevivir y trabajar bajo el agua durante varios días, a pesar de estar sometido a una presión mayor de la que ha de soportar en la superficie. De esta manera se inició el camino que permitiría conquistar las profundidades oceánicas.

A estos primeros experimentos le siguieron otros que fueron aumentando gradualmente en importancia. El 18 de junio de 1964 se colocó en el fondo del Atlántico, frente a las Bermudas y a 58 metros de profundidad, una especie de cilindro de 12 metros de largo por tres de diámetro, el *Sealab I*, ocupado por cuatro buzos que durante 10 días lo utilizaron como su vivienda, su laboratorio y su taller.

Los objetivos del programa consistieron en instalar en el fondo del mar aparatos de ondas ultrasonoras que permitieran la orientación bajo el agua, así como fotografías y filmar las profundidades y la vida submarina, grabar sonidos que se reproducen en el fondo y probar nuevos aparatos acústicos y ópticos que pudieran ser usados en la defensa contra los tiburones.

El siguiente experimento se realizó con el *Sealab II*, cilindro de acero de 400 toneladas, de 19 metros de largo por 4 de diámetro, montado en zancos de acero. En su interior llevaba un laboratorio, alcobas y, por primera vez, disponía de cocina y cuarto de baño. Su primer trabajo lo realizó durante 45 días frente a la costa de California, Estados Unidos a 60 metros de profundidad por tres grupos, cada uno formado por 10 científicos y técnicos que trabajaban turnos de 15 días. Su principal objetivo era realizar investigaciones de carácter biológico, además de probar nuevos materiales e instrumentos. También se plantearon experimentos fisiológicos y psicológicos con el personal.

En el desarrollo de las estaciones submarinas, se busca que los buzos puedan pasar cada vez más tiempo bajo el agua. En el programa *Tektite I*, realizado frente a la isla de Saint John, en el Caribe, en 1969, cuatro investigadores pasaron 59 días en una vivienda-laboratorio submarina formada por dos torres de dos picos cada una. Un año después se llevó a cabo un segundo experimento en el *Tektite* con 17 grupos diferentes de buceadores, entre los que figuraban cinco mujeres; trabajaron en sus programas de investigación a una profundidad de 30 metros y, al mismo tiempo, fueron estudiadas sus propias reacciones. Investigadores submarinos de otros países como Rusia, Checoslovaquia y Alemania también han realizado estudios para establecer estaciones submarinas en el fondo del océano, con objetivos muy similares a los de los franceses y norteamericanos.

Los soviéticos colocaron una estación a 11 metros de profundidad en el Mar Negro; los checoslovacos experimentan con estaciones submarinas de varios tipos, desde uno hasta varios pisos; y los alemanes construyeron la estación *Helgoland*, en donde realizaron estudios a una profundidad de 23 metros.

Los científicos marinos están convencidos de que la vida en los campamentos submarinos será más fácil cuando se cuente con la información sobre la capacidad de adaptación del ser humano a las condiciones de vida en las profundidades, y sobre su capacidad de trabajo en esas circunstancias.

Los investigadores, adaptados en sus viviendas subamarinas y protegidos de los peligros del exterior, podrán desarrollar una gran capacidad de trabajo, inimaginable hasta hace poco tiempo, para seguir resolviendo incógnitas sobre el funcionamiento de los equipos, las técnicas de trabajo submarino, la eficiencia de las mezclas respiratorias y los trajes de buceo autónomo, los sistemas de comunicación, etcétera.

Tras los resultados obtenidos con los experimentos orientados a colocar estaciones submarinas, ya no resultan tan inalcanzables los proyectos y predicciones sobre la colonización del fondo marino. Desde el año de 1950, cuando se iniciaron estos proyectos, la permanencia de los científicos y buceadores en estas estaciones submarinas se ha podido prolongar cada vez más. Los primeros hombres sólo estuvieron 24 horas en el fondo marino, mientras que los actuales ya pueden permanecer durante varios meses.

Las estaciones submarinas han cambiado en su diseño. Las primeras fueron en forma de sombrilla, después cilíndricas y en la actualidad, presentan el aspecto de una "vivienda moderna" construida en varios pisos, aprovechando al máximo el espacio disponible. Además de los aparatos científicos instalados, cuenta con cocina, cuarto de baño, literas, libreros, escritorios, equipo de sonido, televisión, etcétera, todo ingeniosamente acomodado para ocupar el mínimo espacio.

En su mayoría las estaciones submarinas han estado dirigidas al servicio exclusivo de la investigación; sin embargo, se ha pensado ya en construir estaciones y bases submarinas que deberán realizar diversas funciones en el fondo del océano, entre otras, el turismo.

El rápido desarrollo logrado por la técnica submarina en el curso de los últimos años se acelerará todavía más en el futuro. Sólo resta esperar que el "vivir bajo el agua" tenga únicamente fines científicos y prácticos en beneficio de la humanidad.

XII. LA EXPLORACIÓN SUBMARINA EN LA BÚSQUEDA DE TESOROS Y PIEZAS ARQUEOLÓGICAS

DESDE hace muchos años, la búsqueda de tesoros submarinos es una actividad que ha cautivado la mente del hombre, y es originada al considerar que el fondo del mar está sembrado de tesoros: galeones hundidos cargados de plata, cofres con lingotes de oro, guardados por monstruos gigantescos, y que pueden hacer rico en un solo momento a quien se aventure en esta empresa. La literatura de ficción ha manejado desde hace mucho tiempo esta idea y, recientemente, el cine y la televisión la han hecho crecer en la mente humana.

Además, algunos investigadores han calculado que una cuarta parte de todo el oro y la plata extraídos de la tierra ha ido a parar al fondo de los mares, donde espera ser rescatado. Esto se basa en que centenares de barcos, cargados de oro y plata, naufragaron durante los cinco últimos siglos a consecuencia de ciclones, tormentas o combates. Los mismos investigadores también han calculado que esas riquezas suman en total 170 000 millones de dólares, lo que ha llamado poderosamente la atención del hombre para iniciar grandes aventuras de exploración submarina en busca de esa fortuna.

Sin embargo, aunque existen numerosas embarcaciones sumergidas, no contienen riquezas tan fabulosas como se ha creído, y a pesar de que el hallazgo de un tesoro es posible, constituye una excepción. Por otra parte, hay que tomar en cuenta que la recuperación de un tesoro del fondo oceánico cuesta muchos millones de pesos.

Entre los tesoros formados por monedas de oro y joyas, es famoso el del rico galeón portugués *Florenxia*, barco de gran tamaño que desplazaba 961 toneladas y llevaba a bordo 400 soldados, 52 cañones, además de 100 tripulantes. Transportaba un formidable tesoro cuando fue atacado por piratas y hundido a 20 metros de profundidad, a la altura de la pequeña isla de Mull, al oeste de Escocia. En el siglo XVI se trató de rescatarlo, pero las técnicas de buceo y aquella profundidad resultaron insuperables. En el año de 1730 se inició el rescate; se sumergió una campana con varios buzos, quienes recuperaron algunas monedas de oro y un cañón de bronce de tres metros de longitud. Durante todo el siglo XIX se hicieron nuevos intentos para recuperar más piezas del tesoro, usando ya las primeras escafandras para buzo, que entonces se inventaron.

Después de haber sido cubierto por una gran capa de arena, en 1902 se localizó exactamente el lugar donde se encontraba la mayor carga del *Florenxia*, y se determinó la profundidad; esto permitió, no sin grandes esfuerzos, rescatar otro cañón de bronce, todavía cargado con una bala, numerosos sables y mosquetones. En cuanto a las grandes riquezas en oro y joyas, no se encontró más que un anillo y 50 monedas

de oro, a pesar de que se estima que la embarcación transportaba 30 millones de ducados. El último intento por rescatar este tesoro se realizó en 1950, y los buceadores sólo encontraron restos de madera, vajilla, esqueletos humanos y de animales.

Durante la época del descubrimiento de América fueron transportadas desde el Nuevo Continente hasta Europa, principalmente a España, miles de toneladas de plata y cientos de oro; se calcula que, entre los años de 1530 y 1560, solamente la ciudad de Sevilla recibió, por mar, 101 toneladas de oro y 567 de plata. Muchos de los galeones españoles terminaron su existencia sobre los fondos madreporicos, guardando, probablemente, fabulosas riquezas; sin embargo, ha sido difícil localizarlos, ya que después de permanecer siglos en el fondo de las aguas suelen confundirse fácilmente con el paisaje submarino y, además, como la madera se pudre y es cubierta por la arena y el limo, se disimulan todavía más. Por esto, numerosos tesoros no han vuelto a ser recuperados.

Uno de los más famosos naufragios fue el de 1601. Durante una tempestad con ráfagas de vientos del norte, 14 galeones y más de 1 000 hombres desaparecieron en el mar, frente a la entrada de Veracruz, junto con dos millones de ducados en metales preciosos.

Estos tesoros de la época del descubrimiento de América han sido muy buscados, con escaso éxito, por infinidad de aventureros. Entre las exploraciones que lograron su objetivo se puede contar la que en 1867 realizó William Phips en su buque de la Marina Real Británica, que localizó al barco *Nuestra Señora de la Concepción*, hundido en 1 641, 50 millas al norte de Santo Domingo, con uno de los más importantes tesoros que se conocen en los anales del mar. Este barco se encontró sobre el banco coralino de Ambrosia, densamente poblado de arrecifes, y de él se recuperaron 26 toneladas de oro y plata que fueron llevadas a Londres.

Como históricas huellas del tráfico comercial que se realizó entre el Nuevo Continente y las distantes costas de España, Inglaterra y Holanda, quedaron el hundimiento de las embarcaciones en los arrecifes que se encuentran frente a la península de Yucatán, como el de Alacranes y el de Chinchorro, que tienen más de 100 metros de largo y unos 25 de ancho. En los rescates submarinos se han recuperado infinidad de cañones, pesadas balas, candelabros, campanas, anclas, grandes vasijas, así como objetos personales: anteojos, relojes, hebillas, botones, etcétera, que aportan datos sobre las costumbres y recursos de los siglos XVII y XVIII. Muchas de estas piezas están depositadas en los museos de diferentes estados de la República Mexicana.

En otros lugares del mundo también ha sido reportada la existencia de enormes tesoros en los fondos marinos. Así, por ejemplo, el tesoro del *Grosvenor*, barco hundido en 1783, quedó a sólo nueve metros de profundidad, de los cuales seis eran de agua y los tres restantes de arena, lo que ocasionó que su recuperación fuera muy difícil, pero prometedora, ya que este barco llevaba objetos con valor de 3 000 000 de libras esterlinas.

Víctima de una gran tempestad, este barco fue a estrellarse contra las rocas, no muy lejos del Cabo de Buena Esperanza, en África del Sur. Los trabajos de localización,

primero, y los de rescate, después fueron largos, difíciles y costosos, y el éxito; hasta la fecha, ha sido casi nulo.

En los tiempos modernos también han naufragado embarcaciones que cargaban grandes cantidades de dinero y otros valores que representan, de manera equivalente, el tesoro de los navíos antiguos. En 1881, el paquebote británico *Egypt* fue hundido por el rompehielos *Seine*, que chocó con él en plena niebla y quedó a 120 metros de profundidad. Utilizando escafandras acorazadas capaces de resistir tremendas presiones, fue posible recuperar más de un millón de libras esterlinas que transportaba el *Egypt*.

La construcción del *Titanic* se inició en 1908 en Belfast, obedeciendo a la lucha por el dominio del mar entre Alemania e Inglaterra. Con 45 000 toneladas de desplazamiento era el transatlántico más lujoso y grande de su tiempo. Mas chocó contra un *iceberg* en su viaje inaugural y se hundió en sólo dos horas y 15 minutos, el 14 de abril de 1912.

Después de 73 años de búsqueda, el 2 de septiembre de 1985 fueron encontrados sus restos a cuatro kilómetros de profundidad, a unos 600 kilómetros al sur de Terranova. Al parecer, las cajas fuertes del barco contienen millones de dólares en oro, diamantes y otras joyas, además de una joya única, el libro de Omar Khayyam, recubierto de piedras preciosas y que hoy sería invaluable. La expedición franco-estadounidense que lo descubrió se ha manifestado por que las Naciones Unidas declaren el lugar monumento submarino internacional y dejen al buque y lo que contiene en donde está. Así, el *Titanic* permanece en el mar engrosando los tesoros que esconde celosamente.

Durante las guerras mundiales muchos barcos fueron hundidos. El crucero británico *Laurentic*, que en 1917 embarcó 40 toneladas de oro y plata para pagar a Estados Unidos partidas de suministros bélicos, fue hundido al norte de Irlanda por un submarino alemán a 35 metros de profundidad. Durante la posguerra, los ingleses, aplicando técnicas modernas, consiguieron recuperar 39 toneladas, estableciendo un récord de rescate en toda la larga historia de los tesoros sumergidos.

Otra víctima de la guerra fue el *Niágara*, que transportaba, en 1940, un cargamento desde África del Sur con destino a América; fue torpedeado y hundido cerca de las costas de Nueva Zelanda, y quedó a 133 metros de profundidad. A pesar de ello, una parte del oro fue recuperada; se sacaron 555 lingotes —de los 590 que transportaba el buque—, con un valor de más de 3 millones de libras esterlinas.

En julio de 1985 hubo un gran hallazgo en Key West, Florida, Estados Unidos: el del galeón español Nuestra *Señora de Atocha*, lleno de oro, plata y piedras preciosas extraídos de las minas de México, Perú y Colombia.

El *Atocha* naufragó, junto con ocho galeones, entre el 4 y el 5 de septiembre de 1622 ante la furia de una tormenta huracanada. El valor de su tesoro se calcula en unos 400 millones de dólares, pero sólo se encontraron 63 cofres con 250 000 doblones de oro, acuñados en México en el siglo XVIII. Los de menor valor son de 300 dólares, y los de mayor de 1 200. De ahí se extrajeron 70 000 dólares en barras de plata.

Aparte del valor monetario, el descubrimiento del *Atocha* tiene una gran importancia arqueológica, pues según los investigadores, es "un pedacito del siglo XVII en condiciones de poder ser estudiado por científicos del siglo XX".

La exploración submarina para rescatar embarcaciones hundidas no sólo se ha empeñado en buscar fabulosos tesoros, sino también en localizar piezas arqueológicas, lo que dio origen a una rama de las ciencias del mar a la que se le llama arqueología submarina.

El gran desarrollo alcanzado por la exploración submarina en la última década, junto con la proliferación de centros y clubes dedicados a las actividades subacuáticas, ha llevado a la creación de una infraestructura técnica y administrativa, cuyo mejor representante es la Confederación Mundial de Actividades Submarinas. Estas organizaciones realizan investigaciones cuyos resultados son presentados en congresos internacionales. En el que se llevó a cabo en Cannes, por ejemplo, se declaró como una rama de las ciencias del mar a la arqueología submarina.

Cientos de trabajos de investigación en arqueología subacuática se realizan en los océanos del planeta. En aquéllos, las técnicas utilizadas generalmente desarrollan los siguientes pasos: trabajo de planificación y topografía, debido a la imperiosa necesidad de establecer un plano del fondo, con el fin de tener así una visión de conjunto, con todos sus detalles; situación del yacimiento, para poder llegar al mismo lugar en donde se encuentran las piezas arqueológicas o la embarcación hundida en diferentes tiempos; determinar el sistema de excavación, que difiere según el material que recubre los restos; y, por último, la recuperación, que generalmente se hace en varios años, realizando distintas inmersiones.

En los últimos años, la arqueología ha logrado avances sorprendentes en lo que se refiere a métodos y técnicas; por ejemplo, el que se utiliza a base de carbono 14, para determinar la cronología de las piezas encontradas.

Con estas técnicas se ha iniciado una nueva era de investigación submarina, pues se creía que después de los descubrimientos realizados en Creta, a principios del siglo, por Arthur John Evans, y los más modernos en Mohenjo-Daro y Yucatán, parecía ya que muy poca cosa quedaba por descubrir. Pero ahora, gracias a esta tecnología, la exploración arqueológica submarina ofrece un vastísimo campo de actividades.

A principios de este siglo, en 1907, se hicieron los trabajos que pueden ser considerados como el inicio de la arqueología submarina. Un pescador griego de esponjas localizó, frente a la población de Mahdia, en la costa tunecina, a 40 metros de profundidad y 5 kilómetros de la orilla, lo que él consideró que eran unos cañones. El Departamento Marítimo de Bizerta (Túnez) organizó la expedición para la extracción. Se emplearon equipos de buzo de escafandra clásica y una grúa que se instaló sobre una embarcación. Al ser izado a bordo uno de los supuestos cañones, y después de quitar las incrustaciones biológicas que lo cubrían, se percataron que se trataba de una columna de mármol griega de estilo jónico.

Los buzos de la expedición, después de realizar varias inmersiones, indicaron que el fondo submarino estaba cubierto por seis hileras de columnas, de 10 piezas cada una.

El conjunto ocupaba una extensión regular de unos 40 metros de longitud por 12 metros de anchura, lo que indicaba la presencia de una antigua nave hundida.

Entre 1908 y 1913 hubo cinco campañas de excavación en las que intervinieron buzos griegos y la marina francesa, que proporcionó el remolcador *Cycople*. Se rescataron piezas arqueológicas muy importantes, que actualmente se exhiben en seis salas del Museo del Bardo en Túnez. Entre las piezas más valiosas está una de bronce, de 1.40 metros de altura, que representa a Eros vencedor en el tiro al arco, réplica notable de un original griego del siglo IV.

En 1948, es decir, cuarenta años más tarde, animado por los extraordinarios resultados de estas investigaciones submarinas, el comandante Cousteau organizó una expedición donde utilizó el buceo autónomo, demostrando las posibilidades de este método de buceo en la exploración arqueológica submarina. Fueron recogidos restos de la madera del barco, de 2 000 años de antigüedad, recubiertos con un barniz protector de fórmula desconocida y de color amarillento. Los trabajos y exploraciones de Madhia proporcionaron datos acerca de la investigación antigua y de la construcción de barcos.

Otro descubrimiento para la arqueología submarina, de gran interés por su antigüedad, fue el de una nave griega que data del siglo III a. C., localizada en 1952 cerca de Marsella. Junto a ella encontraron una extensión del fondo oceánico recubierta de vasijas antiguas que resultaron ser ánforas y platos. En este trabajo se empleó por primera vez la televisión submarina, lo que permitió a los investigadores, cómodamente instalados en el barco, contemplar los trabajos que se hacían a 30 y 40 metros de profundidad, dando instrucciones a los buzos a través de micrófonos y altavoces submarinos.

Durante el trabajo, que duró aproximadamente seis meses, se recuperó la impresionante cantidad de 3 000 ánforas, muchas de las cuales conservan todavía su tapón de corcho y el sello de su arca; en una de ellas se encontraron restos de vino. A pesar de los estudios hechos, esta nave guarda aún muchos de sus secretos y se hacen necesarios nuevos trabajos de exploración submarina para aclararlos.

Uno de los descubrimientos que ha sido estudiado con el máximo rigor científico, es el de un campo de ánforas descubierto en el archipiélago de la Magdalena, en 1958. Ahí se hundió una nave romana, entre la costa septentrional de Cerdeña y la isla de Spargi, a una profundidad de 18 metros, y se encontró cubierta de arena y plantas marinas.

Las aguas de ese lugar tienen una visibilidad media de unos 30 metros, lo que permitió que se aplicaran nuevas técnicas de estudio de la arqueología submarina, como el encuadramiento del yacimiento arqueológico mediante la utilización de redes de seis por 10 metros con cuadros de dos por dos; estas redes se colocaron sobre las ánforas y se pudieron marcar los lugares exactos donde se localizaban en el fondo del mar. Así, se pudo reconstruir en el laboratorio las condiciones que tuvieron en el fondo marino.

Se puede decir que la mayoría de los bronce griegos de los museos europeos provienen del mar, como el busto de Deméter, que data del siglo IV a. C., y que fue

descubierto en 1950 frente a la isla de Cnido. En 1943, utilizando para la inmersión la escafandra autónoma, se descubrió, en la ensenada de Saint-Gervais, la bellísima cabeza de marfil de Afrodita, la cual data del siglo I a.C.

En el puerto de Saint-Tropez se localizaron grandes bloques de mármol que pesan varias toneladas y estaban a unos cuantos metros de profundidad. Los bloques son de mármol de carrara y tienen profundas perforaciones producidas por unos moluscos conocidos con el nombre de dátiles de mar, que han prestado un gran servicio a la cronología, pues permitieron calcular, mediante la medición de estos orificios, la fecha de inmersión de los objetos de mármol.

No en todos los rescates de tesoros del fondo marino se han logrado sacar piezas aisladas. En el caso del barco sueco *Vasa*, la recuperación fue total, y actualmente constituye el atractivo principal del Museo Marítimo de Estocolmo.

Este barco, orgullo de la armada sueca, se hundió en su primer viaje en 1628. Tenía 62 metros de eslora, 1 300 toneladas de desplazamiento, 64 cañones y permaneció 300 años a 32 metros de profundidad. En 1957 se iniciaron las tareas de rescate. Los buzos excavaron túneles por debajo de la quilla y a través de ellos hicieron pasar cables de acero, tejiendo una red sobre la que se izaría el barco y, con la ayuda de flotadores, en 1959 el *Vasa* pudo salir a la superficie. Inmediatamente empezaron los trabajos de conservación, restauración y recuperación de piezas, algunas de ellas de sumo interés histórico. Para conservar la nave, se colocó en un ambiente de alta humedad y, al mismo tiempo, se cubrió con productos químicos adecuados, lo que dio como resultado una magnífica pieza de museo.

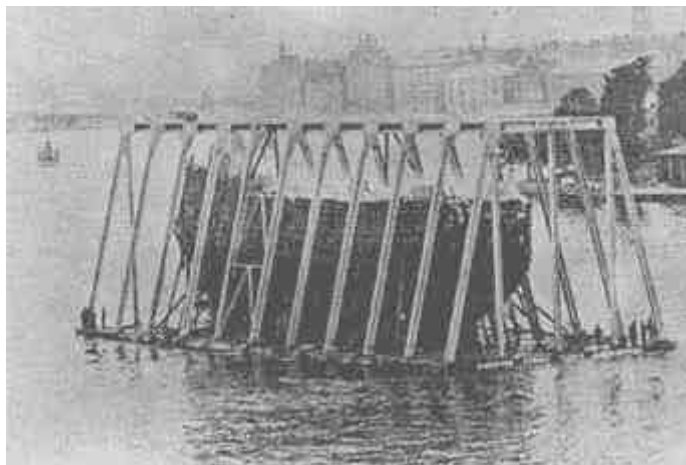


Figura 39. Barco *Vasa*.

La búsqueda de tesoros y de piezas arqueológicas cubiertas por las aguas no sólo se ha llevado a cabo en el mar, sino también en aguas de lagunas litorales y continentales. Uno de los más famosos hallazgos a nivel mundial, tanto por sus resultados como por la aplicación de nuevas técnicas para la arqueología submarina, es el del Cenote Sagrado de Chichén-Itzá, en Yucatán, México, en donde se usaron las mismas técnicas de exploración submarina que en el mar para descubrir sus ricos tesoros arqueológicos. La primera campaña se inició en 1904 y duró hasta 1911. En el cenote se recuperaron piezas de jade y de oro valuadas en 2 000 000 de dólares. Por otra parte, se publicaron varios trabajos científicos que demostraron que los mayas

tenían relaciones con los aztecas, habitantes del valle de México, y con otros pueblos de América Central y de Colombia.

En 1954, el Instituto Nacional de Antropología e Historia y el Club de Exploraciones y Deportes Acuáticos de México realizaron una serie de trabajos utilizando la escafandra autónoma, pero estas exploraciones fracasaron por la falta de visibilidad que presentaban las aguas del cenote, ya que no se contaba entonces con medios de iluminación subacuática.

En 1962 se insistió en los trabajos de exploración; se utilizó para ello una bomba de succión con la que se pudieron recuperar centenares de obras de arte durante los cuatro meses que duró la expedición. En 1967, además de la bomba, se emplearon técnicas para purificar y aclarar el agua del cenote y, así, los buzos y arqueólogos pudieron extraer grandes cantidades de piedras esculpidas: aparecieron varios jaguares artísticamente labrados en piedra, tres grandes serpientes, un ídolo entero y fragmentos de otros, así como muchas piezas de bronce, oro, plata, jade, coral, cristal de roca, etcétera.



Figura 40. Cenote de Chichén-Itza, Yucatán, Méx.

El descubrimiento de todas estas riquezas, a las que se calcula una antigüedad de 1 200 años, ha significado una victoria para la arqueología subacuática, y las piezas recuperadas han enriquecido, aún más, los museos de México, como es el caso del Museo de Antropología e Historia, considerado como uno de los más bellos del mundo. Sin embargo, se calcula que todavía falta mucho por descubrir en el cenote.

A pesar de que tiene mucho de ficción, la búsqueda de tesoros por los mares del mundo es importante porque ha permitido perfeccionar las técnicas en la exploración para localizar verdaderas riquezas en el mar, como son todos los datos que, de la historia de la humanidad, aporta la arqueología submarina. Si el Mediterráneo es el mar de los restos clásicos romanos y griegos, el Atlántico lo es de las nuevas culturas. Siempre seguirá el interés, tanto científico como de aventura, para buscar en el fondo de los océanos esa fabulosa riqueza arqueológica, que representa el incremento de la cultura del hombre.

XIII.LAS CIENCIAS DEL MAR Y EL ESTUDIO ACTUAL DE LOS OCÉANOS

EL HOMBRE realiza estudios científicos sistemáticos sobre el medio marino y sus recursos para comprender al océano como parte del mundo y para utilizarlo inteligentemente en beneficio propio. Para ello se auxilia de ciencias exactas y naturales: física, química, matemáticas, geología y biología. Aunque el conocimiento científico de los océanos es aún incipiente, la cantidad de datos con los que se cuenta es tan grande, que es imposible que una sola ciencia los englobe. Por ello, el estudio actual de los océanos es realizado por un complejo de ciencias y tecnologías que, en su conjunto, constituye las llamadas *ciencias del mar*, las cuales vienen a sustituir a la oceanografía u oceanología, considerada hasta hace poco como la única ciencia del mar.

Las cuatro ciencias básicas que forman las ciencias del mar son: la oceanografía geológica, la oceanografía química, la oceanografía física y la oceanografía biológica. También se han desarrollado ciencias aplicadas y tecnologías tales como ingeniería marina, geofísica marina, meteorología marina, antropología submarina, bioquímica marina, farmacología marina, minería marina, electrónica marina hidroacuática y tecnología de alimentos del mar, entre otras.

Asimismo, por la importancia que tiene para la humanidad el aprovechamiento de los recursos vivos del mar mediante la pesca y la acuicultura, se ha creado la llamada ciencia pesquera, en la que intervienen una serie de disciplinas tales como la oceanografía pesquera, la biología pesquera, la ingeniería pesquera y la socioeconomía pesquera.

La oceanografía geológica o geología marina estudia la parte sólida de la superficie terrestre cubierta por el agua del mar, con el fin de entender la naturaleza y el desarrollo de las cuencas oceánicas y los cambios que han ocurrido desde que se formó el planeta. También estudia el origen y la evolución de islas y zonas costeras.

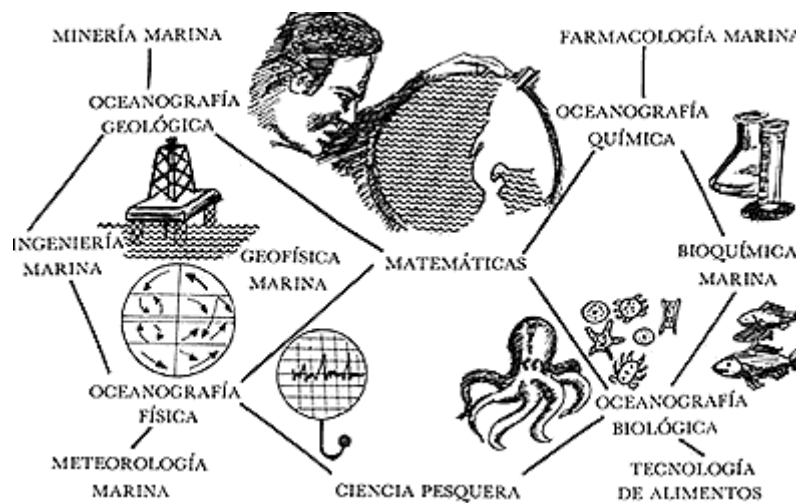


Figura 41. Las ciencias del mar.

La oceanografía química estudia la gran variedad de elementos, compuestos y reacciones químicas que se presentan en el agua del mar, así como su relación con la contaminación.

La oceanografía física se ocupa de los movimientos de las aguas oceánicas con todos los fenómenos que las acompañan (oleaje, mareas, corrientes, etcétera), así como de la relación del océano con la atmósfera. También con base en la física, diseña aparatos oceanográficos y de navegación.

La oceanografía biológica o biología marina estudia todo lo relacionado con los organismos que habitan en los mares: características, distribución, cadenas de alimentación, reproducción, relación con el medio ambiente, comportamiento, etcétera. También trata lo referente a la interacción del hombre con los recursos vivos del mar.

Por recurrir a otras disciplinas científicas básicas (geología, física, química, biología y matemáticas), las ciencias del mar son multidisciplinarias; pero, a su vez, se consideran interdisciplinarias porque manejan conocimientos de frontera entre esas ciencias.

El océano nos presenta un reto; su exploración abre perspectivas estimulantes, aunque todavía no se establece la dimensión de la recompensa, incluidos los beneficios económicos. Sin duda contiene interesantes secretos, cubiertos por los sedimentos de la tierra, acumulados desde el principio de los tiempos en las fosas más profundas, y es casi seguro que contenga la historia de nuestro planeta desde que el agua empezó a fluir.

La ciencia moderna se ha percatado de la problemática que incide en el océano; conoce la influencia indirecta que éste ejerce sobre la superficie terrestre y sobre toda la vida, en virtud de que meteorológicas. Por ejemplo, el océano extrae calor de las regiones ecuatoriales y lo envía a las templadas, impidiendo que éstas se enfríen y lleguen a congelarse.

El océano absorbe la mayor parte del bióxido de carbono que produce la industria masiva del hombre moderno. En la actualidad se ignoran los efectos finales de dicha absorción, si bien algunos científicos piensan que las consecuencias pueden ser terribles, ya que no sólo se afectará la biología marina, sino que también se modificará la acción química de la absorción del calor y se presentará un aumento en la temperatura de los mares, lo que puede ocasionar la fusión del hielo de las regiones polares y, como consecuencia, el aumento del nivel del mar, lo cual llevará a que varios centros de población y enormes extensiones de costa queden sumergidos.

Se conoce muy poco de los mecanismos a que obedecen los fenómenos marinos. Sin embargo, las ciencias del mar se encargan de aclararlos; por ejemplo, el avance de éstas ha permitido abandonar la antigua idea de las profundidades inmóviles y sustituirlas por el concepto de los mares en movimiento incesante desde la superficie hasta el fondo. Se reconoce la inmensa actividad del mar, el efecto que una acción ejerce sobre otra, la que a su vez modifica una tercera, y así sucesivamente en todos los eslabones de la enorme cadena de fenómenos que acontecen en las aguas oceánicas.

Las ciencias marinas se caracterizan por la complejidad de su campo de estudio. Apenas en los últimos años se han comenzado a fabricar los instrumentos y aparatos que permiten examinar la dinámica de las aguas del mar y observar sus cambios físicos y químicos, así como los efectos que éstos tienen en las poblaciones de seres vivos.

Los resultados de estas observaciones se integran por medio de las matemáticas como ciencia ordenadora, y así, al entretenerse los hilos del saber, llegará el momento en que se puedan predecir los cambios marítimos, y conservar y renovar los recursos oceánicos.

Ante los fenómenos marinos, las ciencias del mar buscan conocimientos para aclarar más lo que pasa en nuestro mundo y en el universo en general, antes que la propia exploración espacial.

En el ambiente marino existe una reserva natural de energía, gases, productos químicos, minerales y organismos, la cual representa una posibilidad de explotación para el hombre, pero éste tiene que diseñar los métodos que le permitan extraer esos productos y asegurarse de que la influencia que ejerza sobre el mar sea razonable.

Para comprender el mundo marino y utilizar inteligentemente los océanos, el hombre debe realizar intensos y sistemáticos estudios científicos del medio marino, a escala local, regional y mundial, sobre todo en las áreas cercanas a las costas. Por ello, la aplicación de las investigaciones y la formación de científicos en este dominio debe estar abierta a todo el mundo.

En el pasado, los estudios en ciencias del mar eran labor exclusiva de países altamente desarrollados. Actualmente participa la mayoría de los países, debido a la creciente explotación de los recursos oceánicos, ocasionada por el rápido crecimiento de la población, que consume ávidamente muchos de los recursos terrestres tradicionales —incluida, por irónico que parezca, el agua—, y está llegando a ponerlos en peligro de agotarse; esto ha obligado al hombre a buscar ayuda en el mar, pues es muy posible que sea la clave de su supervivencia.

Lo que se ha logrado extraer del océano representa un mínimo de sus posibilidades: apenas una pequeña cantidad de peces que se emplean como alimento y unos cuantos perfumes y perlas para el adorno, lo que ha contribuido mínimamente a satisfacer algunas necesidades manifiestas del hombre. Su inmensidad también ha ofrecido espacio para el perfeccionamiento de armas modernas y estrategias de guerra.

Es difícil aceptar que el océano nunca ofrecerá mucho más; sin embargo, si se sigue usando sin los conocimientos adecuados podría presentarse, necesariamente, una disminución de su fertilidad y una pérdida de los recursos, tan indispensables para la humanidad.

El aprovechamiento del mar es una carrera contra el tiempo, pues se presenta una competencia entre la ciencia, la información masiva y la sensatez pública contra el aumento de la población, la excesiva especialización y la codicia industrial.

Se debe aprovechar todo lo que ofrecen los mares y, para ello, un número cada vez mayor de jóvenes que dominen las ciencias exactas y naturales, jóvenes capaces de realizar investigaciones básicas en un medio muy complejo, y en ocasiones peligroso; jóvenes que tienen que dedicarse a adquirir conocimientos acerca de los diversos aspectos del mar para incrementarlos y desarrollar las posibilidades prácticas para aprovecharlo.

El beneficio que la humanidad puede obtener del mar para mejorar su nivel de vida debería ser la idea dominante de todos cuantos consagran su energía al desarrollo de las ciencias del mar.

APÉNDICE

ARISTÓTELES (384-322 a. C.)

ARISTÓTELES, hijo de Nicómaco, médico de la familia real, nació en el año 340 a. C. en Estagira, pequeña colonia jónica de la Calcídica de Tracia, en la frontera con Macedonia. Fue educado por su padre dentro de los principios hipocráticos. Asistió, a los 17 años, a la escuela del gran filósofo Platón, en Atenas, la cual se conocía como la Academia; en ella permaneció durante 20 años y escribió su primer tratado.

Después de la muerte de su maestro Platón y por no quedar como jefe de la Academia, se fue a Atarnae, en el Asia Menor, donde desarrolló su afición por la historia natural. Posteriormente, fue invitado por el rey Filipo a vivir en Macedonia, en donde fue maestro de su hijo Alejandro, quien más tarde autorizó a Aristóteles a elegir el lugar donde quisiera vivir.

Regresó a Atenas y fundó una escuela en un lugar cercano al templo dedicado a Apolo Licio, y la llamó Liceo. Dirigió la escuela doce años, periodo durante el cual desplegó una actividad infatigable, observando de manera sencilla y directa a la naturaleza.

Se le puede considerar como padre de la historia natural y, en especial, de la zoología. Sus escritos constituyen una enciclopedia del saber antiguo, que perduró hasta el Renacimiento, y algunos de sus conocimientos son válidos hasta la actualidad. Produjo tantas obras que su bibliografía ocupa 110 columnas del catálogo publicado por el Museo Británico de Londres.

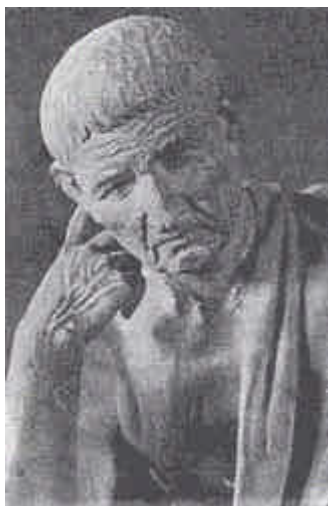


Figura 42. Aristóteles.

De entre sus obras puramente biológicas, de las cuales muchas se han conservado en buen estado, se pueden destacar diez libros de *Historia de los animales*, o como otros estudios la llaman, *Averiguaciones acerca de los animales*, cinco libros acerca *De la generación de los animales*, cuatro libros sobre *De las partes de los animales*; y tres libros *Del alma*; en estos últimos trata también temas psicológicos. En estos trabajos aparecen minuciosas descripciones de distintos animales, cuidadosas disecciones, discusiones sobre anatomía comparada, problemas de genética y de embriología, así como de su comportamiento. Aristóteles formula, además, leyes generales, entre las que se pueden mencionar algunas que lo colocan en la línea de los biólogos evolucionistas.

Aunque en ninguna de sus obras presentó una clasificación formal de los animales, ordenó a éstos en dos grandes grupos: los animales con sangre, es decir, con sangre roja, y que corresponderían a la clasificación actual de los vertebrados; y los animales sin sangre, que serían los invertebrados. A su vez, estos dos grandes grupos los subdividió en otros más pequeños, iniciando con esto la clasificación biológica.

Aristóteles describió 520 especies animales de Grecia. Principalmente le interesó la fauna marina. Los peces, los moluscos y los crustáceos están mejor representados en sus obras que los animales terrestres.

Estudió las costumbres de los peces y describió algunas de sus migraciones en el Mediterráneo; observó a los pulpos y a las sepias o jibias; tuvo grandes conocimientos sobre las ballenas, las marsopas y los delfines; describió al tiburón placentario, al que llamó gáleos; conoció las esponjas, las anémonas, los corales, las medusas, las estrellas y los erizos de mar. Estos fueron algunos de los conocimientos que nos legó Aristóteles para el estudio de las ciencias del mar. Aristóteles murió en la isla de Eubola en el año 322 a. C.

GLOSARIO

abisal. Grandes profundidades que se encuentran en los océanos.

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

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

anémona. Animal marino con apariencia de flor que vive fijo en el fondo del mar, con el cuerpo en forma de jarrón y la boca rodeada de tentáculos urticantes.

anfípodo. Se le llama pulga de playa. Es un pequeño crustáceo de uno o dos centímetros de largo que vive en las playas.

antropología. Ciencia que se encarga del estudio del hombre.

autonomía de navegación. Tiempo que puede navegar un barco sin necesidad de abastecerse de combustible.

bahía. Entrada considerable del mar en la costa. Es más grande que una caleta y menor que un golfo.

barcaza. Embarcación generalmente sin motor, empleada para servicios de transporte en los puertos, ríos o lagos.

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

bivalvos. Animales pertenecientes al grupo de los moluscos. Su concha está formada por dos partes articuladas: por ejemplo, los mejillones.

borde continental. Lugar donde termina el declive del continente cubierto por las aguas del mar y se inician las grandes profundidades oceánicas.

botellas de deriva. Botella que se libera en las aguas del mar para estudiar las corrientes.

branquia. Órgano respiratorio de los animales acuáticos.

braza. Medida de longitud generalmente usada en relación con el mar, equivalente a 1.67 metros.

brújula. Instrumento que el hombre usa para orientarse en relación con los puntos cardinales.

cadena de alimentación. Sucesión o serie de animales que se comen unos a otros; su primer eslabón siempre es un vegetal.

calado. Medida vertical de la parte sumergida de un buque.

caleta. Pequeña entrante del mar en la costa.

casco. Cuerpo de una embarcación.

cenote. Depósito de agua que se forma a gran profundidad en lugares donde el suelo es calcáreo.

cofa. Plataforma colocada en el mástil de una embarcación, en la que se sitúa el vigía.

compás. Instrumento marino que marca el rumbo de la navegación.

compresora. Máquina que sirve para comprimir el aire. Se utiliza para el llenado de los tanques de buceo.

coordenadas. Líneas que sirven para determinar la posición de un punto en un mapa de la Tierra.

crustáceo. Animal con antenas, patas articuladas y respiración por branquias; por ejemplo, los camarones y cangrejos.

cubierta. Cada uno de los pisos en que está dividida una embarcación.

dragado. Efecto de excavar el fondo de los puertos, ríos o canales, con maquinaria apropiada, para extraer fango, escombros, piedras.

descompresor. Aparato que sirve para reducir la presión del aire comprimido.

ecosonda. Aparato que propaga las ondas sonoras en el agua para conocer las características del fondo marino o detectar bancos de peces.

ensenada. Parte del mar que invade una porción pequeña de tierra.

equinodermo. Clase de animales marinos, la mayoría de vida libre, con esqueleto calcáreo y espinas. Su cuerpo está dividido por cinco radios; por ejemplo, las estrellas y los erizos de mar.

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

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

estación. Término usado en oceanografía para referirse a los lugares en donde se registran observaciones y mediciones.

fanerógamas. Plantas superiores provistas de flores.

fauna. Conjunto de todos los animales del planeta o, en particular, los de un medio o zona determinada.

fisiología. Rama de la biología que estudia las funciones de los organismos.

fondear. Dejar caer el ancla. Acción de inmovilizar una embarcación por medio del ancla.

fósil. Restos o impresiones de seres vivos que se conservan desde épocas geológicas pasadas.

girocompás. Aparato para la navegación, formado por una aguja magnética que gira sobre un eje libre y se orienta hacia los puntos cardinales.

glaciación. Época geológica en que se formaron grandes masas de hielo en determinadas regiones del planeta.

golfo. Entrada en la costa, de gran tamaño, comprendida entre dos salientes llamados cabos.

guyot. Montaña submarina con la cima más o menos plana hidroacústica. Estudio del comportamiento de las ondas sonoras en el medio acuático.

holoturia. Llamada pepino de mar, es un animal del grupo de los equinodermos, de cuerpo cilíndrico y blando, que vive en las oquedades de las rocas del fondo.

krill. Crustáceo pequeño que vive en aguas marinas superficiales frías; constituye el alimento básico de las ballenas.

nudo. Unidad de velocidad que corresponde a una milla marítima por hora, es decir, 1 852 metros por hora.

magma. Masa ígnea en fusión que existe en el interior de la Tierra y que se solidifica al enfriarse.

manga. Anchura de una embarcación.

mapa batimétrico. Mapa que señala las profundidades del mar y la distribución de plantas y animales en sus diversas capas o zonas.

mareas. Movimiento periódico y alterno de ascenso y descenso de las aguas del mar, producido por la atracción del Sol y la Luna.

marsopa. Animal del grupo de los cetáceos o mamíferos marinos. Es de cabeza corta, redondeada, y posee dientes.

meseta. Zona plana de una cumbre o saliente.

meteorología. Ciencia que estudia la atmósfera.

micra. Milésima parte de un milímetro; unidad de longitud en el ámbito microscópico.

milla marítima. Medida de longitud usada por los marineros equivalente a 1 852 metros.

molusco. Animal de cuerpo blando, no segmentado, generalmente protegido por una concha; por ejemplo, el caracol, ostión y el pulpo.

pitón. Montaña submarina terminada en punta.

plancton. Conjunto de seres vivos, animales y vegetales, generalmente microscópicos, que flotan a la deriva en las aguas dulces y marinas.

plataforma continental. Continuación del continente cubierta por las aguas del mar. Se sitúa hasta una profundidad aproximada de 200 metros.

popa. Extremo posterior de los buques que en las partes sumergidas se adelgaza siguiendo una línea que disminuye, en lo posible, la resistencia del agua ante los movimientos de la nave.

proa. Extremo anterior de la embarcación destinado a cortar la masa líquida en el movimiento de avance, y cuya forma influye en la velocidad de la propia embarcación.

propela. Hélice que se utiliza para la propulsión de una embarcación.

profundímetro. Aparato que permite registrar la profundidad a que se encuentra una embarcación submarina o un buzo.

sedal. Cordel de nylon que lleva la caña de pescar.

somero. Cercano a la superficie.

sondeo. Acción de medir la profundidad del agua que se encuentra debajo de una embarcación.

talud continental. Declive de la corteza terrestre, posterior a la plataforma continental, que se inicia a los 200 metros de profundidad y termina en los fondos marinos.

taxonomía. Clasificación de los organismos basada, siempre que es posible, en relaciones naturales o parentesco.

tentáculo. Apéndice móvil y blando que tienen los animales invertebrados, y que les sirve para capturar sus presas o como órgano del tacto.

vela cuadra. Tipo de vela cuadrangular de una embarcación.

vela latina. Tipo de vela triangular de una embarcación.

BIBLIOGRAFÍA

Enciclopedia del mar, Compañía Internacional Editora, ALBATROS. Barcelona, 1977, vol. 1-1V

J.L. Cifuentes, y P. Torres-García, *Recursos marinos*. Editorial Trillas, México, 1983.

P. Diole, *La aventura del hombre en el mar*, Jaime Libros. Barcelona, 1979.

J. Duche, *Las grandes rutas del comercio*, Editorial Noguer, 1970, Barcelona.

El gran libro de los océanos, Selecciones del Reader's Digest, México, 1972.

L. Engel, *El mar*, Time-Life International, 1968.

F. Jera, *Científicos griegos*, Aguilar, Madrid, 1970.

F. Lobo, *Los océanos*, Salvat Editores, Barcelona, 1975.

R.P. Mackal, *El monstruo del Lago Ness*, Editorial Bruguera, Barcelona.

E. Nordenskiölde, *Evolución. Historia de las ciencias biológicas*, Espasa-Calpe Argentina, 1949.

V. Ponti, *Transportes marítimos. Historia de las comunicaciones*, Salvat Editores de México, 1965.

A. Ribera, *La exploración submarina*, Editorial Labor, Barcelona, 1968.

E. Rioja, *El mar. Acuario del mundo*, Editorial Séneca, México, 1941.

Romanovsky, et al., *El mar*, Editorial Labor, Barcelona, 1961.

-----, *La conquista de los fondos marinos*, Martínez Roca, Barcelona, 1967.

W. Scott y E. Scott, *Explorando los mares*, Editorial PaxMéxico, 1972.

R. Silverberg, *El mundo de las profundidades oceánicas*, Editorial Diana, México, 1968.

Técnica pesquera, vol. I-XVII, Ediciones Mundo Marino, México, 1967-1985.

C. R. Vetter, *Oceanografía. La última frontera*, El Ateneo, Buenos Aires, 1973.

A. R. Vilches, *Pesca prehispánica. Artes, usos, costumbres, Banpesca*, México, 1980.

J. Weihaupt, *Exploración de los océanos*, Compañía Ed. Continental, México, 1984.