
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 que se cuente 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

Al presentar esta serie de doce volúmenes sobre El océano y sus recursos se tiene el propósito de dirigirlos a los jóvenes que cursan las enseñanzas media-básica y superior, y dar al público en general una información amena y sencilla sobre el maravilloso mundo que representan los océanos.

Todo ello para despertar interés hacia los fenómenos que suceden en la inmensidad de sus aguas y sobre los recursos que contienen.

En este octavo volumen se describe cómo el hombre aprovecha los recursos que se localizan en los océanos; de qué manera ha logrado desarrollar una tecnología marina que le ha permitido diseñar y construir barcos que van desde los de remo y vela pasando por los de vapor, hasta llegar a los grandes mercantes y a los de pasajeros, además de otros muy interesantes como los de guerra, de pesca y de investigación.

También trata del modo en que se han establecido industrias derivadas del aprovechamiento de los recursos marinos; entre ellas las actividades turísticas, las industrias químicas petroleras, pesqueras y la de la joyería elaborada con productos del mar.

En el aprovechamiento de los recursos del mar destaca la industria pesquera, por lo cual en este volumen sólo se hace una introducción a este tema tan vasto, para tratarlo en detalle en el volumen IX dedicado a la pesca, en el volumen X a las pesquerías, y en el XI a la acuicultura.

LOS AUTORES

EN LA actualidad, el océano representa para la humanidad la mayor fuente de recursos naturales sobre el planeta; entendiéndose por recursos naturales todos los materiales químicos, componentes geológicos, suelo, agua, seres vivos, asociaciones biológicas y poblaciones humanas que forman parte de la naturaleza y que brindan al hombre posibilidades de vida y bienestar, y que son fundamentales para establecer la riqueza de la economía de los países.

Según sus características, los recursos naturales pueden ser *no renovables*, es decir, aquellos que una vez explotados se agotan y no pueden regenerarse. A éstos pertenecen los inorgánicos y los no vivos o abióticos como el petróleo y el carbón; y *renovables*, que tienen la posibilidad de recuperarse por medio de la reproducción de los seres vivos que los forman. Los recursos renovables también reciben el nombre de bióticos.

A fines del siglo pasado, como consecuencia del aumento de la población humana y del desarrollo industrial, los recursos terrestres empezaron a disminuir y algunos se agotaron, por lo que la humanidad se vio obligada a buscar nuevas

fuentes de ellos, pensando en el océano, que por ese tiempo se consideró como una reserva ilimitada debido a que tanto en las regiones costeras como del mar abierto y en su fondo cuenta con gran cantidad de recursos renovables como los pesqueros y no renovables como el petróleo submarino y los minerales.

Los recursos pesqueros y los energéticos fueron los primeros que se explotaron en el océano; sin embargo, en los inicios del siglo XX se comenzó a pensar en la utilización de otros recursos marinos, como la energía de las mareas y del oleaje capaz de ser transformada en electricidad; también surgieron varios proyectos que pretendían aprovechar la energía electromagnética acumulada en forma de calor en las masas de agua oceánica, y en la segunda mitad del presente siglo, simultáneamente al conocimiento teórico, se desarrolló la explotación práctica de estos recursos, construyéndose las primeras plantas industriales dedicadas a aprovecharlos.

Entre los recursos no renovables que interesan al hombre se encuentra la obtención de "agua dulce" a partir del agua del mar; se observa que los métodos para lograrlo evolucionan rápidamente, aunque todavía no se pueda precisar cuándo podrá obtenerse de manera costeable, para contar con volúmenes que permitan regar y fertilizar las zonas desérticas del planeta. Técnicos de diferentes partes del mundo están trabajando para poder diseñar y construir las plantas desalinizadoras capaces de producir varios millones de litros de agua potable diariamente para beneficio de la comunidad humana.

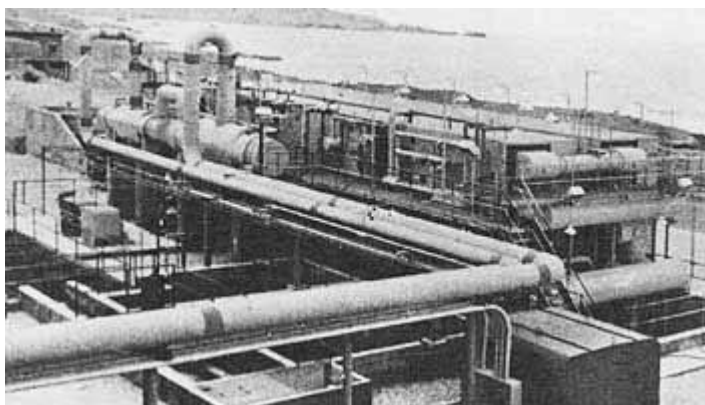


Figura 1. Planta desalinizadora.

Otros productos no renovables del mar son los compuestos químicos que en la actualidad se aprovechan poco, debido a que están muy diluidos en el agua y, por lo mismo, no es costeable su extracción; aunque en un futuro próximo lo será, ya que cada vez se necesita más obtenerlos del océano porque las reservas terrestres de algunos de estos compuestos están casi agotadas y se piensa que no durarán más de 50 años si se mantiene el ritmo de utilización.

Por esta razón se trabaja para poder diseñar los métodos de concentración de los minerales que están disueltos en las aguas del océano, y así obtener compuestos químicos que sustituyan completamente a los terrestres. De estos elementos disueltos, sólo se aprovechan en la actualidad la sal común y el magnesio, el bromo y el potasio en pequeñas cantidades, pero las reservas potenciales de algunos minerales disueltos como cobre, uranio, oro, etcétera, aún no se utilizan.

De la corteza del planeta que está cubierta por las aguas oceánicas, se está iniciando la extracción de sustancias minerales útiles que se localizan tanto en el fondo de las aguas superficiales como profundas. Se estima que el porvenir de la minería está asegurado, si se logra crear la tecnología que permita aprovechar los minerales de los fondos marinos para sustituir los yacimientos minerales continentales, considerando al mar como un campo minero nuevo, que ha sido reservado por la industria minera.

Estos recursos mineros se depositan en las playas, en las plataformas y taludes continentales, y en los fondos profundos del mar; otros forman los filones minerales diseminados por todo el océano. Entre esta riqueza mineral submarina, se distinguen en las playas el cromo, el estaño y el hierro, formando las arenas negras de minerales pesados llamadas "placeres", y el oro, la plata y platino, que constituyen concentraciones de metales de costo elevado.

En el fondo de la plataforma continental se localizan concentraciones y cristales de barita, gravas diamantíferas muy abundantes en algunos lugares como Sudáfrica, arenas de glauconita de potasa, nódulos de fosfato y conchas de moluscos que forman una considerable concentración de carbonato de calcio.

En los fondos profundos del océano se depositan grandes cantidades de restos vegetales y animales con elementos minerales, como es el caso de la tierra de diatomeas que tiene abundante óxido de silicio y que es usada para construir filtros de agua y para producir explosivos.

También se localizan en estos suelos oceánicos depósitos con restos de animales ricos en cobre, plomo, cinc, cromo, etcétera, o los fangos de globigerinas, pequeños animales del grupo de los foraminíferos que aportan riqueza en carbonato de calcio; los nódulos de manganeso de los que se piensa que el mar tiene unos diez billones de toneladas; las esférulas de ferroníquel y las arcillas rojas que contienen aluminio, cobre y cobalto.

Entre los productos que se obtienen de los fondos del mar están, además, los energéticos como el petróleo, el gas y los derivados del petróleo que son los principales productores de energía en el mundo actual en el planeta; sin embargo, las investigaciones desarrolladas indican que para el año 2 000 será necesario encontrar una cantidad de petróleo equivalente a una y media veces el que se ha explotado en los últimos cien años. Tomando en cuenta las reservas de estos energéticos en las zonas costeras y en las plataformas continentales, se estima que no deben agotarse las existencias mundiales de combustibles en este siglo. La explotación de petróleo y de gas en la zona marina alcanza cada día un mayor impulso y son las plataformas continentales las que acaparan el interés de los países para desarrollar su industria petrolera marina.

La extracción de otro combustible, el carbón mineral, del océano es más antigua que la del petróleo y del gas. El carbón forma yacimientos en fondos marinos análogos a los continentales y, en muchos casos, son continuación de éstos; actualmente su explotación sólo puede realizarse en las plataformas continentales no muy profundas como las del Japón, donde se arregla formando capas de carbón horizontales, inclinadas y verticales que oscilan entre 60 centímetros y 10 metros de grosor. Otros países que extraen carbón de yacimientos submarinos son Inglaterra y Chile.

Respecto al aprovechamiento de los combustibles nucleares por medio de la minería submarina, se deberán incrementar los estudios que permitan un manejo racional de este recurso para, en su tiempo, sustituir a los otros energéticos en caso de que pudieran agotarse, concretamente al petróleo y al gas natural.



Figura 2. Costas con amplitudes de marea mayores de 5 metros.

Un recurso no renovable importante en el océano es el fenómeno de la marea, movimiento del agua del mar por el que las orillas del continente quedan cubiertas o descubiertas en intervalos de tiempo particulares; por ejemplo, en las costas de Francia se presentan diariamente dos pleamares y dos bajamares, mientras que en las de Asia, sólo se presenta una cada 24 horas.

La amplitud de la marea, o diferencia de nivel entre una pleamar, es decir cuando el mar avanza sobre la costa, y cuando se retira o bajamar, consecutivas, cambia: en las costas atlánticas del Canadá puede sobrepasar los 19 metros, mientras que en el Mediterráneo sólo alcanza unos cuantos centímetros. En ocasiones la amplitud de las mareas se incrementa por un alineamiento poco frecuente del Sol, la Luna y la Tierra, que generalmente se presenta cada 20 años, como sucedió la última semana de 1986 y la primera de 1987.

En el alineamiento citado la Luna, al pasar casi directamente entre el Sol y la Tierra, produjo una marea viva excepcionalmente alta al sumarse la atracción del Sol a la de la Luna. Estas mareas, consideradas como las mareas más altas del siglo, se presentaron principalmente en la costa este de los Estados Unidos.

Estos cambios en la intensidad de las mareas han sido aprovechados para producir energía y la idea de utilizarla data del siglo XII, en que se construyeron los "molinos de marea" para moler trigo o para fabricar hielo. En la actualidad, se han formado las "centrales mareomotrices" en las que grandes turbinas y alternadores producen energía eléctrica utilizando la energía de la marea.

Los recursos naturales renovables que se encuentran en el océano son los que, hasta la fecha, casi exclusivamente se han explotado a través de la pesca. Estos

recursos biológicos que se han sacado del mar representan sólo parte de los que el océano almacena y que siguiendo ciertas leyes se han repuesto a un ritmo determinado que depende de las condiciones ambientales del lugar, así como de las características de la propia especie.

En la segunda mitad del presente siglo la pesca ha experimentado un incremento considerable, lo que hace pensar a los técnicos y científicos que se dedican a su estudio que se podría encontrar cerca de su límite de explotación, y, por lo tanto, se han empezado a aplicar medidas para la conservación y cultivo de algunas especies.

Los recursos vegetales del océano son explotados con éxito en las costas de Oriente, en donde por tradición se utilizan las algas como un importante componente de la dieta alimenticia de sus pueblos. La inmensa mayoría de las algas son tan ricas en proteínas y en glúcidos como las plantas superiores, presentando también alto contenido en sales minerales y elementos químicos, generalmente escasos en la vegetación terrestre, como el yodo; además, contienen abundantes vitaminas, sobre todo A y C, y en casos particulares D y E.

Las algas tienen gran interés y futuro en la alimentación del ganado, por lo menos en los países no muy alejados de la costa; como resultado de numerosas investigaciones se ha comprobado que es útil añadir una proporción del 10% de harina de algas a los forrajes de los animales domésticos. En las costas donde el mar es rico en algas, se acumulan gran cantidad de fragmentos de ellas arrastrados por el oleaje, sobre todo algas rojas y pardas, ricas en sustancias minerales, por lo que han sido utilizadas como excelentes abonos en agricultura.

Las algas también han sido aprovechadas para la obtención de productos industriales como sosa y potasa y, más recientemente, para obtener yodo y bromo, sustancias que se emplean además en la industria farmacéutica. En la actualidad, se aprovechan además en la preparación de alginatos; entre los más usados se encuentra el agar, o agar-agar, que se extrae del alga del género *Gelidium*, que en biología se usa para dar consistencia a los medios de cultivo para las bacterias y hongos, y la industria que fabrica dulces y la farmacéutica lo utilizan en cantidades importantes.

Estas características de las algas y de otros vegetales marinos han estimulado su explotación, alcanzándose en nuestros días una producción de 3 millones de toneladas anuales.

La pesca también permite al hombre obtener los recursos animales del océano; antaño sólo se explotaban las aguas litorales y únicamente algunos países, tradicionalmente pesqueros, contaban con embarcaciones para realizar esta actividad en aguas lejanas; en la actualidad se ha incrementado el interés por las aguas de mayores profundidades al conocerse la existencia de recursos aprovechables comercialmente.

Asimismo, muchos países buscan en la pesca no sólo una fuente de proteínas para la nutrición adecuada de sus habitantes, sino una manera de crear empleos para una población cada vez mayor; también con la actividad pesquera tratan de obtener mayores divisas y, por lo tanto, constantemente están aumentando sus flotas y capacitando a sus pescadores para llegar a caladeros lejanos y explorar nuevas zonas y recursos y así incrementar sus capturas.

El total de la captura mundial, según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, es de 70 millones de toneladas anuales y se espera que para el año 2 000 se capturen 130 millones de toneladas; este incremento en 51 millones tiene que ser a costa de nuevas especies que en la actualidad no se aprovechan para el consumo humano y, además, se tiene que desarrollar un mayor número de programas de acuicultura, que permitan aumentar las reservas bióticas del mar y de las lagunas litorales.

La explotación de los recursos biológicos marinos aumentará en el futuro por un notable mejoramiento técnico que están experimentando los medios de captura y los equipos de localización de los animales marinos. Las artes de pesca son constantemente estudiadas para mejorar su eficacia y se tiende a la utilización de artes de arrastre que puedan ser remolcadas tanto junto al fondo como a media agua, permitiendo perseguir a los organismos en todo momento y no sólo cuando se encuentran a determinada profundidad. Otro adelanto en el manejo de las artes de pesca que se traduce en incremento de captura, es la automatización de los equipos de los barcos, para mayor facilidad en la maniobra y aumento en el número de lances del arte. La pesca a base de equipo electrónico se ha incorporado a las operaciones actuales y es otra de las causas del progreso.

Los sistemas de detección de los cardúmenes de peces, como los radares que permiten situar a la embarcación y los sonares y las ecosondas con los que se ubica a estos cardúmenes, permiten incrementar la captura; siendo especialmente importantes para lograr que la pesca sea programada según mapas de máxima abundancia, estructurados con la información colectada con estos aparatos.

La explotación de los recursos vivos del mar se tiene que ampliar hacia otras especies y no sólo a peces, crustáceos, moluscos y mamíferos como se ha venido realizando. Se sabe que la producción de los mares se inicia con el plancton y que la cantidad de materia orgánica que representa, asciende a cientos de miles de toneladas; esta cifra obliga a pensar en su utilización para la alimentación humana.

Hasta el momento, el plancton solamente ha sido considerado como una importante fuente de alimento para otros organismos que luego son pescados por el hombre; aunque ya se han iniciado los esfuerzos para que el hombre lo consuma directamente, pero a pesar de haber ensayado varios sistemas, es difícil alcanzar este objetivo, principalmente por problemas de origen económico, ya que el filtrado del agua para concentrar plancton tiene costos muy elevados. Sin embargo, hoy día varios países desarrollados y en vías de desarrollo como la Unión Soviética, Japón, Chile y Noruega aprovechan los eufáusidos, pequeños animales del zooplancton. Por ejemplo, en Chile desde 1970 se utiliza la proteína que se extrae de estos organismos para preparar leche artificial.

Uno de los procedimientos para aumentar el rendimiento de los recursos marinos es la acuicultura, que está considerada como el camino que seguirán los países para aumentar las posibilidades de solucionar el problema de la falta de proteínas. El cultivo de moluscos como ostras y mejillones en las lagunas litorales está totalmente dominado y se obtienen varios cientos de miles de toneladas por este medio en todo el mundo; se empieza a lograr el cultivo de crustáceos como el camarón y de peces marinos como los guachinangos.

Además de estos recursos vivos del mar que el hombre utiliza como alimento, se ha iniciado la extracción de una serie de compuestos químicos a partir de los animales marinos. Algunas de estas sustancias están destinadas a usos farmacéuticos; por ejemplo, las prostaglandinas, que son reguladores hormonales, se obtienen de los gorgónidos o abanicos de mar; de las esponjas marinas se extrae una solución que en proporciones de 10 y 100 partes por millón tiene una fuerte actividad antibiótica contra cierto tipo de bacterias, como algunos *Stafilococcus aureus* que, hasta hace poco tiempo, representaban un problema en los centros médicos, por su resistencia a los antibióticos conocidos. También se han aislado algunas sustancias inhibidoras del crecimiento de tumores malignos como las que se extraen de la almeja, no presentándose toxicidad aparente en los animales tratados de manera experimental.

El hombre, aprovechando muchos de los organismos que habitan en el océano, confecciona collares, pulseras, aretes, camafeos a partir de diferentes tipos de coral que van desde el rojo hasta el negro; o bien, utiliza conchas o fragmentos de ellas, y a su vez, cultiva organismos marinos para producir las apreciables perlas. Con todo esto, ha creado la ahora importante industria de la joyería con productos del mar.

Las posibilidades que el mar le ofrece a la humanidad en cuanto a los productos que puede obtener de él son incalculables, pero no hay duda de que es necesario proseguir una serie de estudios que permitan hacer una explotación racional de los océanos y, así, aprovechar sus recursos con la finalidad de un beneficio común, ya que la riqueza marina es propiedad de toda la especie humana

Los océanos del planeta son muy importantes para la humanidad por su potencial en la producción de alimentos, por las posibilidades de explotar sus recursos minerales, por las facilidades que ofrecen para mejorar la comunicación entre los pueblos y por lo tanto, su comercio, y por permitir el establecimiento de nuevas industrias, como la turística, entre otras.

Para lograr el aprovechamiento de los recursos que los mares ofrecen al hombre, ha sido necesario desarrollar los conocimientos científicos y tecnológicos en su conjunto, y se puede considerar que esto se ha logrado en los últimos 50 años, en que se empezó a contar con la tecnología necesaria para cosechar las riquezas del océano.

La tecnología marina ha presentado un desarrollo acelerado y actualmente cuenta con sofisticados sistemas de navegación; barcos de diferentes diseños y tamaños que cada vez proporcionan mayores ventajas al hombre; puertos de distintos tipos y categorías, pero cada vez más funcionales, y un sinnúmero de industrias que aprovechan los recursos marinos, como las actividades turísticas y las industrias química, petrolera, de la joyería, pesquera y naviera.

El avance de la tecnología marina ha permitido realizar construcciones bajo las aguas del mar, como es el "túnel subacuático" que une las islas japonesas Henshu y Hokaido, considerado como el más largo del mundo con sus 54

kilómetros de longitud, que entró a funcionar en 1987 al ser recorrido por los trenes "shinkansen" con destino a Sapporo y Hokaido, y cuyo costo se calcula en 3 000 millones de dólares.

Otra gran obra es la próxima construcción de un túnel bajo el Canal de la Mancha, que consiste en dos túneles paralelos de 50 kilómetros de largo por donde circulará un sistema de trenes que atravesarán el canal en 30 minutos, reduciendo en casi 3 horas el viaje entre París y Londres. Se ha estimado que esta obra se terminará en 1993 y su costo será de 3 300 millones de dólares, siendo las compañías encargadas de la construcción la británica Channel Tunnel Ltd. y la francesa France Manche S.A.; en el proyecto se está estudiando la posibilidad de construir otro túnel intermedio por el que circularían automóviles y camiones.

LA NAVEGACIÓN

Se considera que la navegación es tan antigua como la propia humanidad y su desarrollo, al igual que el de otras ciencias y tecnología, ha presentado una evolución que ha corrido paralela a la del hombre.

La navegación se podría definir como el proceso de dirigir los movimientos de un vehículo, generalmente un barco o un avión, desde un punto a otro de la Tierra. Para trasladar el móvil se presentan mil problemas que el hombre debe resolver, por ello ha desarrollado una serie de conocimientos científicos y tecnológicos que le permiten hacerlo con seguridad, lo que a veces es interpretado como un arte, de forma que al navegante se le considera como técnico y artista.

La navegación puede realizarse en ambientes diferentes, entre los que se pueden mencionar, según el caso: la navegación marítima, la submarina, la aérea y la espacial, y en cada una de ellas se precisa de la ayuda de algunas ciencias, que en este sentido pueden dividirse en: *navegación plana*, aquella que utiliza los principios de la geometría y de la trigonometría para resolver el problema de la situación del vehículo; *navegación astronómica*, la que toma las bases de la astronomía y de la trigonometría esférica, y la *navegación electrónica*, que emplea aparatos electrónicos.

Todos estos tipos de navegación presentan el mismo problema, que consiste en determinar, con la mayor exactitud posible, la posición geográfica que presenta el móvil, en un momento dado, para calcular el rumbo a seguir y llegar al lugar de destino. Por esto el hombre sintió la necesidad de contar con algún método que le permitiera conocer la dirección o rumbo que había de dar a su embarcación, saber el tiempo que necesitaba para llegar a su destino, y determinar dónde se encontraba cuando navegaba a la vista de la costa. Entonces, en forma rudimentaria, aparecieron los primeros instrumentos y con las descripciones de los navegantes y viajeros se inició la cartografía.

El primer instrumento que se cree que fue utilizado para la navegación es la brújula, considerándose que los noruegos, en el año 868, fueron los primeros en hacerlo para orientarse en sus viajes hacia Islandia; sin embargo, el primer reporte escrito en cuanto a su fabricación se encuentra en la literatura china del año 424 a.C. y la primera noticia sobre el uso de la *aguja imantada* como ayuda para navegar está en un informe del año 1115.

El conocimiento de la propiedad magnética de atraer el hierro data de fechas anteriores, pero sólo en el siglo XI se descubrió su particularidad de orientarse

siempre en el mismo sentido, indicando la dirección del Polo Norte; años después, la *aguja magnética* basada en este principio y mejorada en muchos aspectos, ya que es simplemente una brújula más sensible y perfeccionada, sigue siendo un instrumento de vital importancia para las embarcaciones que se adentren en los mares, puesto que al señalar continuamente al norte se puede calcular el rumbo que lleva el barco. El norte que marca la aguja magnética no es el norte geográfico sino el magnético.

El descubrimiento de las propiedades del giroscopio, aparato que permite que la aguja gire, ocasionó que se creara el *compás giroscópico* con una aguja magnética que puede girar en cualquier dirección y por lo tanto no es desviada por las estructuras metálicas de la embarcación. La gravedad hace que se mantenga el giroscopio horizontal y la rotación de la Tierra lo orienta hacia el norte.

En el siglo XII este instrumento es introducido en Europa por los árabes, cuando con sus flotas dominan el Mediterráneo, teniendo que realizar viajes lejos de la costa. Se piensa que además utilizaban los astros para orientarse, aunque en forma inexacta, ya que habían elaborado detalladas cartas astronómicas.

Durante varios siglos las cartas han ido evolucionando y su elaboración pasó por las fases de arte y arte-ciencia, hasta que llegó a ser la "ciencia de hacer cartas náuticas". Una *carta náutica* es el mapa que tiene como finalidad la representación de zonas marítimas y costeras, con objeto de facilitar la navegación.

Las antiguas cartas náuticas eran simples croquis o dibujos de mayor o menor exactitud, cuyo único objeto era el de que el piloto localizara el sitio de la costa por el que navegaba, pero no era posible calcar las distancias y hasta el siglo XVI, cuando el astrónomo belga Mercator descubrió las "latitudes crecientes", no se pudo hacer este cálculo. Mercator representó en sus cartas a los meridianos por líneas verticales y los paralelos por líneas horizontales.

En la actualidad, las cartas que se usan para la navegación contienen una suma de datos y referencias que cubren los tres puntos básicos de: rumbo, distancia y situación, además de proporcionar otras numerosas informaciones, como por ejemplo profundidades, tipo de fondo, mareas, corrientes, etcétera.

Los instrumentos que ayudan a la navegación también han evolucionado con el tiempo y para que una embarcación pueda cumplir con los programas para los que ha sido construida y proyectada, se hace necesario que su tripulación esté auxiliada por una serie de instrumentos cada vez más numerosos y complejos, que se pueden agrupar en: de navegación, de observación, de medición, de carga, de mando, de cálculo y de comunicaciones.

Entre los de *navegación*, uno de los primeros que se utilizaron fue el astrolabio plano, antecesor del cuadrante y éste del sextante que en la actualidad se sigue empleando. El astrolabio, conocido desde el siglo III a.C. por los egipcios y griegos, fue introducido en la navegación por los musulmanes; consistía en un círculo proyectado sobre el plano del ecuador con el centro de proyección en el polo sur. En el otro extremo contaba con una regla móvil provista de un antejo llamado "alidada", con la que se podía calcular la altura de un astro sobre el horizonte; así, con este instrumento era posible determinar la latitud mediante la sombra del Sol en el día y con las estrellas durante la noche.

Actualmente los instrumentos de navegación son de dos tipos: los que se emplean para el trazado y la observación y los de medida.

Los de trazado son instrumentos de dibujo, como el compás, muy parecido al corriente, pero que presenta en ambos brazos puntas de acero; está diseñado para manejarlo con una sola mano y se utiliza para medir distancias sobre las cartas de navegación.

Para determinar el rumbo y el tiempo de navegación se emplea el transportador, con el que se miden los ángulos sobre las cartas. Existen varios modelos, pero el más usado suele ser cuadrado o rectangular, para facilitar el paralelismo con los meridianos y paralelos de la carta; generalmente está construido con material transparente y provisto de un hilo que elimina el uso de reglas; las escalas de graduación varían, pero se emplea más la sexagesimal.

En las cartas náuticas están dibujadas las "rosas" que permiten los rumbos y para ello se utilizan las reglas paralelas: dos reglas unidas por medio de una articulación, que se pueden cambiar fácilmente de lugar en la carta y relacionar los datos que proporcionan las rosas.

Actualmente el compás, el transportador y las reglas han sido unidos en un solo instrumento, el tecnógrafo, que tiene mayor facilidad en su manejo y alcanza mayor precisión, lo cual es importante, porque una falla en los cálculos puede tener consecuencias graves.

Los principales instrumentos *de observación* son los prismáticos, el sextante y el radar. Los prismáticos deben ser de poco aumento y de gran luminosidad para que no cansen la vista; los más comunes suelen ser los de 7 x 30 y 7 x 50 y tienen una cubierta de hule para protegerlos, sobre todo en días del mal tiempo.

Para medir la altura de los astros sobre el horizonte y concretamente la del Sol, se utiliza el sextante, instrumento que permite medir la distancia angular entre dos puntos cualesquiera usando un rayo de luz reflejada que hace ángulo con el de luz incidente, lo cual sirve para conocer la altura, la declinación y la latitud aproximada, y hace que de esta manera pueda calcularse la posición exacta de la embarcación.

Después de la aparición del sextante los sistemas de navegación sufrieron un estancamiento y fue hasta la segunda Guerra Mundial cuando se iniciaron los grandes progresos, pudiéndose hacer la navegación cada vez con mayor exactitud gracias a la aparición del radar.

El radar es un aparato electrónico que por medio de ondas radioeléctricas que forman el llamado "haz de radar", que actúa como explorador, señala la presencia de cualquier objeto de dimensiones apreciables que se encuentre entre la embarcación y el límite de alcance del aparato. Consta de un emisor de alta potencia que manda microondas en 2 000 impulsos separados por segundo, una antena giratoria que permite explorar 360° del horizonte, un receptor de los ecos y una pantalla fluorescente en la que aparecen en forma de puntos luminosos los objetos detectados.

Para su funcionamiento utiliza ondas muy pequeñas, que se propagan en línea recta a una velocidad de 200 000 kilómetros por segundo y que tienen la propiedad de regresar al emisor si rebotan en algún objeto; midiendo el tiempo entre la emisión de la señal y la recepción del eco se conoce la distancia a que

se encuentra; además, por la dirección de las ondas se puede conocer la situación del objeto.

Como las ondas emitidas por el radar atraviesan la niebla, es un aparato muy útil para la navegación en tiempos nublados, al detectar en condiciones de visibilidad nula todo objeto que esté cerca de la embarcación, como boyas, rocas, faros, etcétera.

En la actualidad algunos barcos han adquirido dimensiones tan grandes que es imposible dominar con el radar el espacio próximo a ellos, lo cual les ocasiona riesgos de accidentes y averías graves. En estos casos se hace necesaria mayor precisión y el circuito cerrado de televisión se convierte en un elemento indispensable para estas embarcaciones de gran tamaño, que llevan cámaras de televisión en puntos estratégicos para transmitir al puente lo que ocurre en las áreas más cercanas al barco.

En épocas más recientes los sistemas de navegación se han mejorado con la incorporación de las "radio ayudas", estaciones que permiten conocer la situación de la embarcación empleando aparatos electrónicos que emiten ondas de radio constantemente a una velocidad de 300 kilómetros por segundo y en todas direcciones, las cuales pueden ser captadas por los receptores de los barcos.

Entre las más conocidas están el "Lorán", el "Decca", el "Omega", que tienen estaciones en diferentes partes del planeta.

El Lorán consta de dos sistemas, el "A" que cubre el hemisferio occidental, con estaciones en Europa, Océano Pacífico, Mar de China y Filipinas, y el "C", con red de estaciones en la costa oriental de los Estados Unidos, norte de Europa, Mediterráneo, Alaska, Mar de Japón, Hawai y sudeste de Asia.

El Decca, que tiene un alcance de 250 millas con exactitud de 150 metros de día y 800 de noche, cubre todo el norte de Europa, Golfo de Vizcaya, Golfo Pérsico, Golfo de Bengala, oriente de Canadá y Estados Unidos y el Mediterráneo.

El más utilizado es el Omega, que es un sistema de navegación que opera a muy baja frecuencia pero a distancias muy grandes y con sólo seis estaciones emisoras situadas a 6 500 millas de distancia unas de otras y dos de reserva, sincronizadas por un reloj atómico, se cubre todo el globo terráqueo.

Uno de los sistemas que cada día se usa más, sobre todo en los grandes barcos, como los petroleros, los atuneros y los de investigación, es el sistema de navegación por satélite, el cual elimina problemas de nubes, niebla y tormentas eléctricas, así como dificultades de propagación de las ondas.

Este sistema emplea un satélite artificial puesto en órbita para este fin, el cual emite una señal de radio en frecuencia que es registrada por un receptor en el barco. El sistema está formado por cuatro satélites que aseguran el cálculo de la posición de un móvil en cualquier lugar de la Tierra.

Los satélites registran los datos en su memoria y los transmiten cada dos minutos, lo que permite que las embarcaciones se sitúen con gran precisión, siendo las posibilidades de error sólo de algunos metros. De este modo se puede localizar un punto especial del océano con mucha seguridad, por lo que este sistema es de gran utilidad en investigación, aunque tiene una sola

desventaja: su alto costo.

También en la actualidad se encuentra en fase experimental el llamado "giroscopio láser o giroláser", que tiene la ventaja de no tener partes móviles, no ser sensible a la aceleración y presentar alta resolución y elevada estabilidad. Consiste en una base triangular rodeada por tres espejos sobre los que convergen dos rayos láser que dan a conocer con mucha exactitud la posición de su nave.

Los instrumentos *de medición* son todos aquellos que aportan las dimensiones de alguna magnitud importante, como los que permiten estimar la distancia recorrida por el barco y su velocidad y los que se usan para medir la profundidad.

El cálculo de las distancias se hacía, en un principio, de modo arbitrario cuando el piloto observaba correr algún objeto que lanzaba al agua a lo largo del casco y estimaba la velocidad "a ojo". Al inventarse las correderas se pudo apreciar mejor el desplazamiento de la embarcación, ya que son instrumentos que indican la velocidad y la distancia recorrida por el barco.

Las correderas clásicas constan de una hélice que acciona un cuentavueeltas graduado en millas, se fija en popa y mide la velocidad y la distancia recorrida según el número de vueltas. En la actualidad este principio ha permitido diseñar correderas mecánicas y electromagnéticas.

La profundidad, que antes se medía con el escandallo, consistente en un plomo unido a un cordel, se mide ahora con los sondadores sonoros y ultrasonoros, que transmiten el sonido en el agua con una velocidad más o menos constante, dirigido verticalmente hacia abajo; al llegar al fondo se refleja hacia arriba y el eco llega nuevamente al aparato, lo que permite medir la profundidad sin detener la marcha de la embarcación. La medida de profundidad también sitúa aproximadamente la posición del barco, ya que las cartas marinas tienen indicadas las profundidades por zonas en metros o en brazas, así como la naturaleza del fondo.

Otro tipo de instrumentos son los *de carga*, destinados a calcular las condiciones de calado y estabilidad que va a presentar la embarcación después de completar las operaciones de carga y de distribuir los pesos de manera determinada. Entre estos instrumentos se incluyen también los que por medios neumáticos indican el nivel de líquidos, como el combustible y el agua que se cargaron para las travesías.

Entre los instrumentos *de mando* que son utilizados para la transmisión de órdenes y la operación o mando de barco, se encuentran los teléfonos de máquinas y de maniobras y los mandos del timón.

Los teléfonos de máquinas y maniobra sirven para transmitir las órdenes desde el puente de mando al cuarto de máquinas o al puesto de maniobra de popa.

Si el barco lleva compás magnético, el mando del timón es siempre la clásica o típica rueda que, por medio de algún mecanismo de vapor, eléctrico, hidráulico o combinación de ambos, mueve el timón hacia el lado conveniente. Si el barco lleva un compás giroscópico o sistemas electrónicos de navegación, como tiene mayor fuerza motriz puede llevar un sistema de autogobierno o piloto automático, con el que, al poner el barco en rumbo, él mismo se ajusta según lo

programado durante todo el tiempo que sea necesario.

Los instrumentos *de cálculo* son todos los aparatos, tablas y calculadoras que se han ideado para simplificar los cálculos de navegación, aunque ninguno de ellos ha tenido una verdadera aceptación; sin embargo, actualmente con la utilización de las computadoras electrónicas en los barcos se puede conseguir el total automatismo de estos cálculos.

En relación con las comunicaciones, aparte del sistema de banderas del Código Internacional de Señales para comunicaciones rápidas entre barcos a la vista, la mayoría se hacen por medio de radio en ondas cortas o según la distancia.

Los aparatos *de comunicaciones* dedicados a estas actividades son transmisores y receptores que permiten la comunicación entre barcos o entre éstos y las estaciones costeras unidas a la red terrestre. La mayor parte del servicio se hace por medio de telegrafía, aunque actualmente se está empleando la radiotelefonía, especialmente para distancias cortas.

Las características de la costa son una de las preocupaciones más importantes para el navegante y resulta relativamente fácil observarlas durante el día, siempre que éste sea claro, pero es difícil durante la noche, por lo que se hace necesaria la ayuda de ciertas señales luminosas con propiedades especiales.

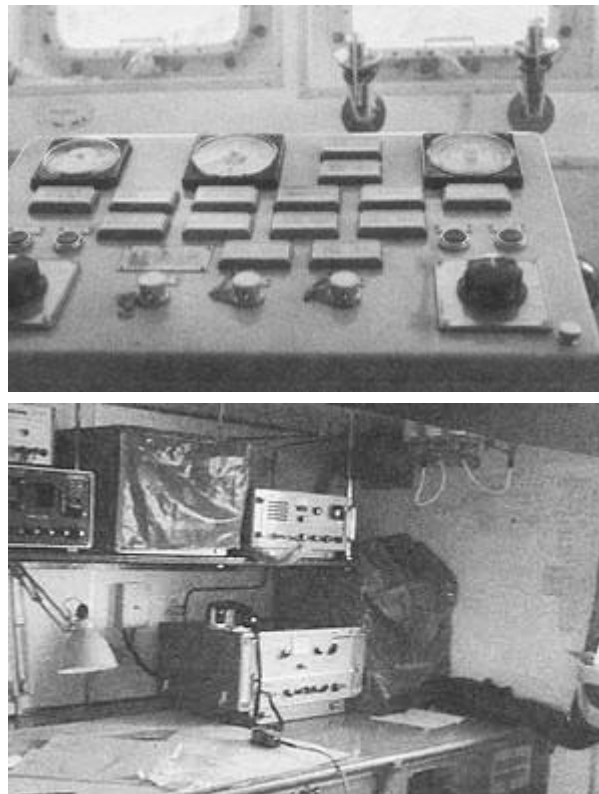


Figura 3. Diferentes tipos de instrumentos que se utilizan en la navegación.

Estas señales o marcas forman en conjunto el denominado "balizamiento" y se identifican durante el día por su forma y color y durante la noche por medio de luces distintivas. Aunque todas estas señales se podrían agrupar bajo el nombre genérico de balizas, se distinguen cuatro tipos principales: faros, buques-faro, balizas y boyas.

Los faros son edificaciones de piedra, cemento o metal, construidas en lugares destacados y prominentes de la costa, islas o bajos adyacentes; en su parte superior tienen la luz o linterna, en cuyo interior están los mecanismos que producen las señales y que está compuesta por el foco luminoso, el sistema óptico y el mecanismo que determina las características de la luz.

El origen de los faros es muy antiguo: se considera al Faro de Alejandría como el primero de su especie y data de hace 22 siglos; su construcción era tal que fue incluido entre las siete maravillas del mundo. El Coloso de Rodas, otra maravilla de la Antigüedad, servía también de faro, y actualmente se cuenta con faros tan hermosos y famosos como la Estatua de la Libertad del puerto de Nueva York.

Se pueden clasificar los faros en dos grandes categorías, aquellos que están destinados exclusivamente a indicar la entrada de las bahías, puertos, etcétera, y los que rodean o señalan algún peligro, generalmente una roca aislada o unos arrecifes más o menos alejados de la costa. Su alcance varía según la importancia de los faros. Los más poderosos son los de luces de situación sobre las costas. Su luz, si el tiempo está despejado, se observa a más de 50 kilómetros de distancia; pero como siempre se trata de luces de destellos, la intensidad luminosa del "escabozo", como dicen los marinos, es visible desde más lejos.

Los buques-faro son embarcaciones de construcción especial que tienen un faro a bordo y permanecen fondeados en lugares particularmente peligrosos o difíciles de balizar por otros medios; el faro es semejante al terrestre y el barco dispone de todos los elementos necesarios para la producción de energía. En la actualidad están siendo sustituidos por grandes torres metálicas que se fijan en el fondo del mar.

Los faros y los buques-faro están provistos de potentes sirenas de niebla, operadas por aire comprimido, que suplen a la luz del faro en tiempo de niebla o cuando la niebla intercepta esta luz.

Las balizas son de menor tamaño que los faros y pueden estar en tierra o a flote, no tienen personal para su cuidado y se emplean para señalar las orillas y los ejes de los canales navegables. Su forma puede variar desde la torrecilla de concreto, hasta una simple percha, sobre la que se coloca un penacho de ramas de árbol. Las balizas que están provistas de una luz desempeñan la misión de pequeños faros.

Las boyas son flotadores de forma y color determinado que se emplean para marcar los canales de navegar y los peligros aislados de acuerdo con un sistema internacional que indica la luz, la forma y el color; su luz funciona por medio de baterías o con tanques de acetileno o gas y pueden estar provistas de campanas y de silbatos.

Es precisa una extrema vigilancia de todo este material de señalamiento para mantenerlo en magnífico estado y así evitar los embates del mar que siempre son peligrosos.

Con todos estos aparatos y medios, la navegación se ha ido caracterizando en diferentes tipos, por ejemplo, la *navegación de estima*, en la cual sobre las cartas náuticas se estima la situación del barco aplicando fórmulas de trigonometría. Este tipo de navegación sirve para conocer de manera

aproximada los movimientos de la embarcación, por lo que se tiene que calcular cada hora y completar con métodos astronómicos, o por algún sistema electrónico.

La *navegación costera* es la que se realiza a la vista de la costa y tomando algunas características de ésta como referencia. Está basada en las cartas náuticas y en los lugares geométricos o líneas de posición.

La *radionavegación* comprende los sistemas que se basan en las señales de radio que se emplean para calcular la posición de la embarcación, y ha sido la base para desarrollar los sistemas de *navegación electrónica* que actualmente se utilizan y que son los radiofaros, los radiogoniómetros y el sistema Consol o Consolan.

Por último, cada día se desarrolla más la *navegación por satélite* que exige aparatos complicados y personal experto en su operación.

Ésta es una descripción de la navegación actual y no es posible predecir cuáles serán las variaciones en un futuro lejano, porque es probable que las técnicas de navegación aérea y espacial introduzcan nuevos conceptos que cambien los sistemas de navegación marítima. Al mismo tiempo, están en fase experimental nuevos tipos de embarcaciones que exigirán ideas nuevas.

EL REMO ha sido un medio de propulsión que se ha utilizado por años en el Mediterráneo por las condiciones climáticas y marítimas que se presentan en este mar cerrado, que cuenta con numerosos puertos de refugio y con un clima apacible. Estas condiciones son mejores que las que tiene el mar abierto, sin que esto quiera decir que los barcos que han surcado los océanos no hayan empleado el remo, como lo demuestran los "drakkars" vikingos.

Se piensa que la primera travesía del hombre fue sobre un tronco flotante; posteriormente, se le unieron otros más amarrados con enredaderas, naciendo así la primera *balsa*. Estas embarcaciones primitivas eran movidas tanto con manos y pies como con unas tablas planas a manera de remo, además de unas largas varas o pértigas con las cuales se impulsaban apoyándolas sobre el fondo de las aguas tranquilas.

Otro tipo de embarcación primitiva fue la *piragua*, embarcación estrecha, fabricada generalmente de una sola pieza, que se impulsaba a remo o vela y que en muchos pueblos todavía se utiliza, principalmente para navegar en ríos y lagos.

Los primeros en construir embarcaciones más estables fueron los habitantes de Oceanía; unían entre sí dos estrechos y largos botes mediante maderos transversales y lograban de este modo las grandes embarcaciones y canoas dobles que, a pesar de su frágil aspecto, resultaban muy estables para realizar la navegación.

En cuanto a las embarcaciones de una sola pieza, en otras partes del mundo se recurrió a construirlas cada vez con mayor calado como en los barcos de remo y

trirremes de las potencias navales del Mediterráneo, conocidos más tarde como *galeras*, donde infinidad de hombres fueron azotados hasta morir o resultaron aniquilados por las epidemias y el hambre.

La galera constituía una embarcación dedicada principalmente al combate, debido a que la numerosa tripulación que necesitaba y el poco espacio que quedaba para las mercancías la invalidaban como nave mercante.

Los grandes barcos de guerra que construyeron los romanos, llamados *multirremos*, fueron el siguiente paso en la evolución de las embarcaciones; poco después, los constructores romanos desarrollaron un nuevo tipo de barco de guerra, la *liburna*, pequeño navío impulsado por una o dos filas de remeros en cada banda y provisto de un espolón que se colocaba indistintamente a proa o a popa para embestir a otros barcos y contaba con un mástil con una vela cuadra, siendo más fáciles de manejar que las embarcaciones de muchos remos.

En cambio, la nave griega más característica era el *trirreme* de Salamina y los barcos con varias filas de remos. Ningún modelo de navío ha suscitado tantas discusiones como la trirreme, formándose dos tipos de opiniones, los que se oponían a la existencia de esta nave y los que la apoyaban. En el siglo XVIII, Barra de la Penne, capitán de las galeras del Rey, se oponía a la existencia de las galeras con tres órdenes o hileras de remos, debido a que su experiencia le impedía aceptar este avance, ya que la galera que él mandaba sólo tenía una fila de remos, 27 en cada banda, y conocía muy bien las dificultades con que tropezaba para lograr que los galeotes bogaran a compás y consideraba que la boga, difícil en este caso, resultaría imposible para una embarcación con tres filas de remos.

En cambio, los helenistas opinaban que sí podía existir la trirreme apoyándose en innumerables textos, dibujos, mosaicos y multitud de documentos clásicos e iconográficos en que era reportada, considerando inverosímil aceptar que los artistas de diferente origen se hayan puesto de acuerdo para dibujar, pintar o esculpir una cosa que no existía.

Actualmente, los especialistas en construcción naval interpretan estas reseñas con dos soluciones: pudo haber galeras con dos o tres filas de remos, que sólo se utilizaban en ocasiones solemnes, en los desfiles y cuando el mar estaba totalmente en calma, y también podría ser que no hubieran tenido tres filas de remos sino solamente tres remos en cada banda, lo cual fue el origen de esta confusión.

No está reportado en la historia cuándo ni dónde el hombre inventó la vela, pero este hallazgo fue probablemente uno de los primeros intentos de dominar una fuerza natural y hacerla aprovechable; al comprobar que la fuerza del viento no sólo era peligrosa, sino que podía ser utilizable, surgieron las primeras velas, tal vez confeccionadas con hojas de palmera o simples tejidos de junco llamados "esteras".

Quizá el primer barco a vela se construyó cuando se expuso intencionadamente al viento una balsa estable con una de estas esterasy en ese momento, hace miles de años, el hombre aprendió a gobernar la balsa y dio origen a la navegación a vela; entonces el remo y la vela se combinaron para obtener navíos más eficientes y así poder navegar a lugares cada vez más distantes.

El primer indicio de una nave de vela ha sido reportado en Egipto hacia el año 1300 a.C.: se describe una embarcación dotada de una *vela cuadra* sostenida por dos palos de madera, mástil largo vertical en la parte superior y una botavara o palo transversal en la inferior, y que presentaba remos para su dirección. Sólo podía navegar a favor del viento, pero como en el valle del Nilo el viento sopla casi siempre del norte, ello permitía navegar contra la corriente, y para navegar río abajo no se necesitaba vela.

Posteriormente el hombre se dio cuenta de que podía hacer velas que permitirían a un barco avanzar contra el viento con un ángulo inferior a los 90° si bien no entendía el sistema de fuerzas que actúa sobre tales velas, descubrió que la posibilidad de navegar contra el viento se debe a que éste crea sobre la vela una fuerza de resistencia y una de empuje.

Otro progreso que se presentó en la construcción de embarcaciones fue la invención de la quilla, larga viga que colocaron de proa a popa y sobre la cual se construía el casco.

Sin embargo, estos barcos con velas o aparejos cuadros, propios de la Edad Media, no podían navegar en direcciones que formasen ángulos menores de 90° respecto a la dirección del viento, e incluso los últimos barcos que llevaron velas cuadras ni siquiera podían navegar con ángulos menores de 70°.

Esto hizo que posteriormente naciera la *vela triangular*, en la que el borde delantero está unido a un mástil alrededor del cual puede girar, y así aparecieron la vela latina del Mediterráneo y la vela de las Bermudas, que permiten navegar con un ángulo de hasta 45° en contra del viento.

La idea de la vela triangular apareció hacia el siglo III, en el Océano Índico, como perfeccionamiento de la vela cuadra de los egipcios, y dio lugar a la vela latina de los árabes y a la vela de los juncos chinos. No obstante, la vela cuadra sobrevivió hasta la desaparición de los barcos de vela comerciales, porque era más eficaz que la triangular en los viajes largos y con vientos que soplaban por popa.

En el siglo II los romanos mejoraron la vela egipcia añadiendo una vela anterior, llamada *cebadera*, otra más pequeña, triangular, sobre la vela mayor, la *gabia*; pero igual que en los barcos egipcios primero y en los vikingos después, la nave era dirigida por un timón lateral colocado en el costado de popa.

Los "Drakkars" vikingos no tenían cubierta, aunque estaban forrados con tablas ligeras y tenían los extremos puntiagudos y simétricos, disposición que daba como resultado la facilidad de maniobrar en los fiordos estrechos, pues así no era necesario virar en redondo; la propulsión se hacía a remo y por una sola vela cuadra, izada en un mástil colocado en el centro del barco.

Sin embargo, los chinos ya conocían el timón central y la brújula desde el siglo I, los cuales les proporcionaban grandes ventajas; el timón central permitía un mejor gobierno de la nave y era más resistente que el lateral; la brújula hacía posible la navegación lejos de la costa, sin temor a que el cielo cubierto impidiera orientarse por medio de las estrellas. La llegada a Europa de estos descubrimientos, a finales del siglo XI, tuvo una gran repercusión en la navegación europea.

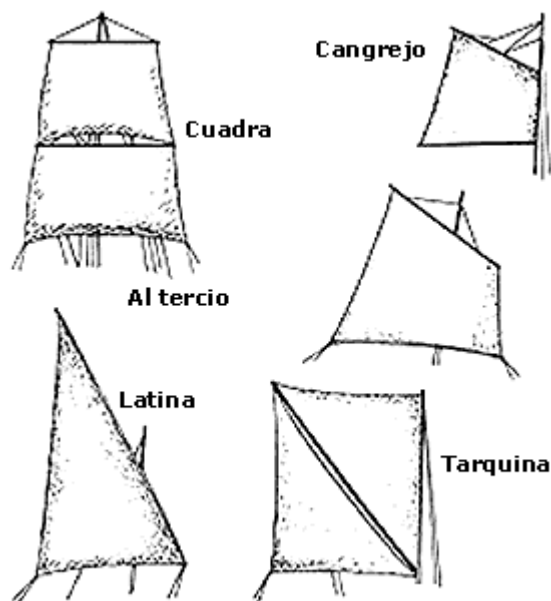


Figura 4. Diferentes tipos de vela.

El barco provisto de varios mástiles fue una creación de los chinos y los modelos de estas embarcaciones, así como la idea de construirlas, llegaron a Occidente en el siglo XIII, en tiempos de Marco Polo. Hasta entonces, el comercio por el norte de Europa y en el Mediterráneo había utilizado naves de un solo mástil, como el "Queche", barco que tenía igual diseño en popa que en proa.

Se ha reportado que en 1418, el rey de Inglaterra, Enrique V, hizo construir en Bayona un navío de dos mástiles, y se tienen noticias de que, en 1436, contó con otro de tres mástiles. Durante el siglo XV los barcos evolucionan en el sentido de abandonar el mástil único para pasar a las naves con tres.

Al principio, estos mástiles iban colocados muy cerca de la proa y de la popa del navío y sólo llevaban pequeñas velas cuadras, que servían más para la maniobra que para la propulsión del barco, y su misión consistía en cerrar o abrir el ángulo con el viento. Posteriormente, en las nuevas embarcaciones estas dos velas se agrandaron y se convirtieron en velas de propulsión; a fines del siglo XV ya eran habituales en aguas europeas los barcos con tres mástiles.

La Santa María, uno de los veleros que utilizó Cristóbal Colón en el descubrimiento de América, ha sido considerada por los especialistas como la remota antepasada de los veleros de tres mástiles, aunque se habla de ella como de una carabela. Colón, al referirse a ella en sus descripciones la llamaba la nao, mientras que a *La Pinta* y a *La Niña* las llamaba carabelas. Este modelo de barco, en contra de la creencia popular, es de origen portugués y no español. El comandante Quirino Fonseca ha descubierto los nombres de 183 carabelas portuguesas construidas a partir de 1453, la primera de las cuales llevaba el nombre de *Santa María de Nazaret*.

La carabela era una nave sencilla y ligera, distinguiéndose dos tipos de ellas: las *carabelas latinas* que tenían en su aparejo únicamente velas latinas; y las *carabelas redondas*, que presentaban en el mástil de proa una vela cuadra; algunas carabelas llevaban 2, 3 y hasta 4 mástiles, siendo *La Pinta* y *La Niña* carabelas latinas.

A partir del siglo XVI se presentó el auge de los barcos de vela en continua transformación. Fue un siglo de experiencias, en cuyo transcurso el hombre aprendió que las embarcaciones en el mar obedecen a reglas precisas que no admiten errores de cálculo.

Los *galeones* que aparecen a mediados del siglo XVI fueron una mezcla de la carraca, embarcación pesada con la proa y la popa terminadas en punta, y de la esbelta galera veneciana. Los galeones tenían una línea más elegante que las carracas y la proa cuadrada, y la transición de la carraca al galeón fue el último gran "salto tecnológico" en los barcos de vela. La diferencia entre un galeón del siglo XVI y un paquebote del siglo XIX, como el famoso *Cutty Sark* y el *France II* es pequeña, aunque el rendimiento de este último era muy superior.

La evolución gradual a partir de los primitivos galeones dio lugar a un aumento del tamaño y del número de las velas, así como a la introducción de las velas triangulares entre los mástiles.

A partir de mediados del siglo XVIII, los barcos de vela occidentales adoptaron muchos y diversos aparejos, de 2 a 6 mástiles, o incluso 7, como en la goleta *Thomas W. Lawson*, con todas las velas de cuchillo.

A principios del siglo XIX, la marina de guerra impulsada a vela se compone de navíos de diferentes categorías, clasificados según su importancia y su armamento, así como de fragatas, encargadas de la descubierta en los convoyes cuando se dirigían a puertos lejanos. Estas fragatas llevan 60 cañones como máximo y una sola batería en el casco, mientras las corbetas y los bergantines sólo los llevan en la cubierta.

El *clípper*, buque mercante que apareció a mediados del siglo XIX, fue un velero muy eficiente, el más rápido y el más hermoso, pero también el más efímero. Apareció en Estados Unidos hacia 1820, y ya a finales del siglo se le consideraba un buque anticuado.

Los clípper fueron contruidos esbeltos y ligeros para alcanzar grandes velocidades; tenían espacio para la carga, pero la superficie de su velamen era enorme. Su existencia respondía a varias necesidades: la fiebre del oro en Australia y en California, de 1849 a 1851; el comercio del té con China y, a partir de 1870, el comercio de la lana y de cereales con Australia.

La aparición de los buques con propulsión a vapor, la apertura del Canal de Suez y los ferrocarriles transcontinentales fueron las causas de que los clípper se consideraran anticuados; entonces, fueron remplazados por veleros de mayor calado, con el casco de acero y que podían transportar más carga. A pesar de que su tonelaje, de hasta 5 800 toneladas métricas, era mucho mayor que el de los clípper, no exigía más tripulantes. Pero también estos veleros acabaron por desaparecer ante la competencia de los vapores.

Al estallar la primera Guerra Mundial, el precio de la lona, de los cabos y de los cables alcanzó grandes aumentos, mientras que la propulsión mecánica se hacía cada vez más económica, por lo que las buenas dotaciones para los veleros iban escaseando y la lucha fue imposible. Los astilleros de demolición los absorbieron y se puede decir que "el barco de vela había muerto".

En la actualidad algunos veleros son utilizados como buque-escuela, tal es el caso del *Juan Sebastián de Elcano* de la armada española, que ha realizado un

total de cincuenta y ocho cruceros de instrucción desde que fue botado en 1928, año en que dio la primera de sus cinco vueltas al mundo, entre agosto de ese año y mayo de 1929; su itinerario fue el mismo que el de los primeros navegantes en lograr la hazaña, Magallanes y Elcano, pero en sentido contrario, y además, en vez de doblar en el Cabo de Hornos, regresó por el Canal de Panamá.

Este barco-escuela español fue construido en astilleros gaditanos, es un bergantín goleta con casco de hierro de 4 palos aparejado con 20 velas, además lleva un motor diesel que permite alcanzar una velocidad máxima de 10 nudos. Tiene una eslora de 94 metros y una manga de 13 y cuenta con una tripulación de un capitán, tres jefes, quince oficiales y 248 marineros. Su última vuelta al mundo la dio para conmemorar sus 50 años, entre 1978 y 1979.

La armada de México posee el buque-escuela Cuauhtémoc de 90.5 metros de eslora y 12 de manga; es un velero de 3 palos con capacidad total de 275 tripulantes y que puede albergar 90 estudiantes para su preparación como personal del Servicio Naval Nacional. Este buque realiza trabajos en los litorales mexicanos, además de cruceros a diferentes mares del planeta; también es utilizado en otros programas como el Programa Nacional de Meteorología Marina, para el cual se emiten los reportes meteorológicos en tiempo real de las áreas por las que navega. Cuenta con lo más moderno en equipo de navegación y comodidades.

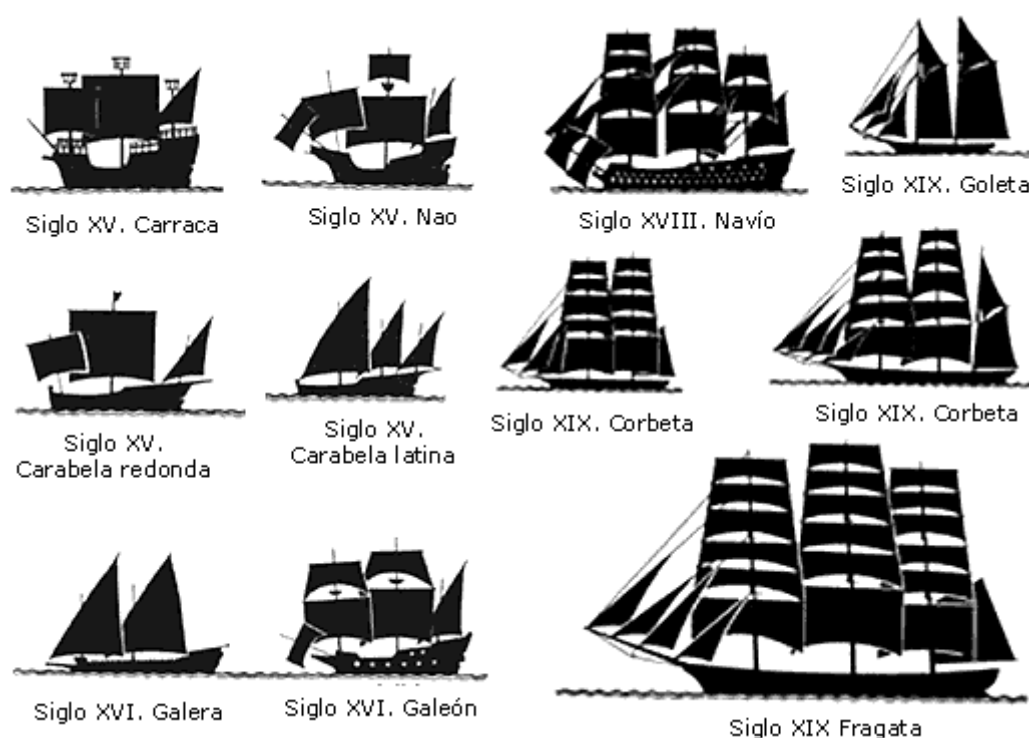


Figura 5. Diferentes barcos de vela.

Antes de llegar al Puerto de Veracruz el 18 de septiembre de 1982, hizo un viaje a vela siguiendo la misma ruta que Cristóbal Colón en su viaje de 1502.

DEBIDO a que los elementos de propulsión primitivos que el hombre utilizó para mover sus embarcaciones, como la pértiga y el remo, que exigían demasiado esfuerzo, o bien la vela que dependía del caprichoso viento, no eran todo lo seguros que necesitaba, ya que en ocasiones no le permitían llegar con bien a su destino, el hombre empezó a investigar durante mucho tiempo para tratar de encontrar un sistema mecánico o de propulsión de sus navíos con el fin de remplazar los que hasta entonces usaba.

Esto lo logró al diseñar los sistemas a base de vapor, que a su vez cambiaron por completo el diseño de los barcos, y se puede considerar que este hecho trajo consigo una modificación básica en el comportamiento de la humanidad.

Fueron muchos los intentos que se realizaron durante los siglos XVII y XVIII para llegar a inventar el sistema de vapor utilizable para desplazar a las embarcaciones. Entre los principales se encuentra el del francés Denis Papin que creó, en 1698, el émbolo de vapor que los ingleses Watt y Boulton emplearon para construir una máquina que posteriormente se usó en la navegación.

En 1783 el francés D'Abbans, oficial de la marina, construyó el primer barco de vapor que consiguió remontar la corriente de un río, el Saona, aunque en una distancia corta. Dos escoceses, Miller y Symington, en 1789 diseñaron un barco de vapor que alcanzó la velocidad de 7 nudos. En Estados Unidos, en 1807, Fulton, recogiendo todas las experiencias anteriores, puso en servicio el *Clermont*, considerado como el primer barco de vapor completo, que demostró su utilidad durante varios años realizando el servicio entre Nueva York y Albany sobre el río Hudson, y fue al siguiente año cuando el norteamericano Stevens construyó un barco de vapor que realizó la primera travesía marítima utilizando este sistema.

En Inglaterra la construcción de buques de vapor se desarrolló con gran rapidez a partir de 1818, y el barco *Rob Roy* hizo la travesía entre Greenok y Belfast en Irlanda del Norte, que se puede considerar como la primera ruta marina cubierta con regularidad por los barcos de vapor. En el año de 1835, la flota mercante inglesa contaba ya con 500 vapores y los primeros que atravesaron el Atlántico fueron el *Sirus* y el *Great Western*, en 1838, barcos de escaso tonelaje, pero que utilizaron sólo el vapor en la travesía.

En Francia también se incrementó el uso de los barcos de vapor, y en los astilleros de los hermanos Bazin de Marsella se construyeron los primeros vapores, el *Henry IV* y el *Sully*; en 1836 la armada de guerra francesa poseía un buen número de barcos movidos a vapor y también contaba con doce vapores para transportar mercancías entre Argel y Levante. Estos navíos y los construidos más tarde, formaron la compañía naviera de Mensajerías Marítimas cuyos barcos tenían una eslora de 50 metros desplazando 380 toneladas, podían llevar a bordo 26 pasajeros y desarrollaban 7 nudos. El incremento de la flota francesa de vapor hizo necesarios los servicios de personal técnico capacitado; por ello se crea, en Tolón, la primera escuela para preparar a los técnicos en los sistemas de navegación por vapor.

Estos primeros barcos de vapor fueron movidos por grandes ruedas de paletas, colocadas en sus costados, pero debido a las dificultades que representaba accionarlas fueron sustituidas por la hélice de vapor, colocada en la popa de la embarcación, cuyo invento puede atribuirse tanto al inglés Smith, que la patentó en 1835, como al sueco Ericson o a los franceses Sauvage y Normand.

El problema que se presentó en los buques de ruedas y los de hélice era el enorme consumo de carbón, lo que ocasionaba que el vapor obtenido tuviera costos muy altos, ya que la energía se desperdiciaba; por ejemplo, el *Britania* de la Compañía Cunard, que desplazaba 1 000 toneladas, con rueda de paletas consumía cerca de 40 toneladas de carbón por día, mientras el *Pereire*, paquebote trasatlántico de hélice de 3 014 toneladas de desplazamiento, desarrollaba 13 nudos y consumía 80 toneladas cada 24 horas

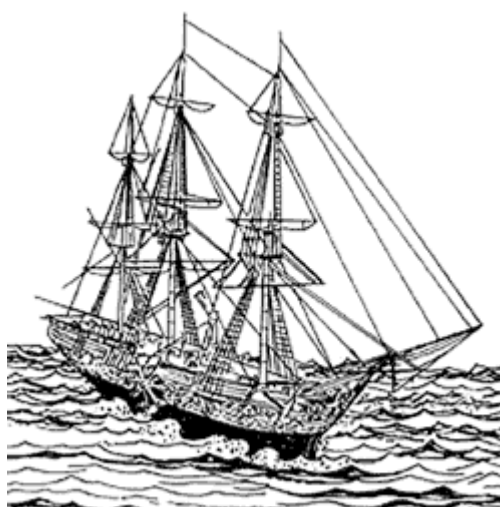


Figura 6. Savannah, barco que combinaba las ruedas de paletas, el vapor y la vela.

Este consumo tan grande hacía que casi la totalidad de las bodegas del barco se destinara a almacenar el carbón necesario para la travesía. En el *Pereire*, el conjunto de la sala de máquinas y carboneras absorbía la mitad de su capacidad total, quedando poco espacio para los pasajeros y sólo 820 metros cúbicos para la carga. En el *Britania*, el espacio útil de bodega apenas era de 200 metros cúbicos y en los primeros barcos de pasajeros franceses destinados al servicio en el Mediterráneo, sólo quedaba un pequeño espacio libre para carga de 20 metros cúbicos.

El enorme consumo de carbón hacía casi incosteable la operación de estos barcos al gravarla excesivamente, haciendo difícil recuperar el capital invertido; además, los barcos de vapor no podían llegar a lugares muy distantes sin tener que hacer escalas, por lo que su aprovisionamiento resultaba difícil y costoso, principalmente en los viajes marítimos.

El primer paquebote que intentó cruzar el Pacífico partiendo de Sydney, Australia, para llegar a Panamá, consumió en la travesía 2 600 toneladas de carbón, haciendo el viaje de 9 862 millas en 38 días; como la capacidad de sus carboneras era de 1 500 toneladas tuvo que proveerse en Tahití a un precio mayor, por lo que el déficit de la travesía se elevó a la suma de 10 000 libras esterlinas, quedando suspendida la empresa. El barco *Golden Age* no volvió a

atravesar el Pacífico.

El equipo de vapor para los barcos se fue perfeccionando y se introdujeron progresivamente otro tipo de calderas, como las tubulares, parecidas a las que utilizan las locomotoras; después, las máquinas de vapor de retroceso y, más tarde, las de triple expansión, con las cuales se redujo considerablemente el gasto de carbón; por ejemplo, el barco *Uruguay*, de 3 250 toneladas, quemaba 32 toneladas de carbón al día, y el *Córdoba*, de dimensiones parecidas, gracias al empleo de la máquina de triple expansión, redujo su gasto de carbón a 25 toneladas diarias.

El invento de las calderas tubulares permitió el empleo de vapor a alta presión con una considerable economía en el uso del carbón; y en 1933 el célebre ingeniero naval inglés Isherwood construyó el buque *Arcwear*, de 7 000 toneladas, cuya máquina sólo consumía 20 toneladas a una marcha de 11 nudos, consumo que se reducía a 10 toneladas cuando desarrollaba 9 nudos.

Al mismo tiempo, las compañías navieras empezaron a construir los primeros vapores de carga, para poder transportar grandes cantidades de carbón, aumentando considerablemente su valor por la utilización de este importante medio de transporte. Los ingleses construyeron el vapor de hélice *John Bowes* con casco de hierro, ideado especialmente para el transporte de carbón, con una capacidad de bodega de 650 toneladas y una velocidad de marcha de 8 nudos. Este barco, aunque sufrió algunas modificaciones, estuvo en uso 72 años, y su solidez de construcción hizo que muchos armadores copiaran su diseño.

Los avances en las máquinas propulsoras de vapor también permitieron que se alcanzaran mayores velocidades de desplazamiento. Los trasatlánticos alemanes de la serie *Kaiser Wilhelm II*, construidos a principio del siglo y que contaban con dos máquinas de vapor, cada una de las cuales movía una hélice, desarrollaban una velocidad de 23 nudos.

La marina mercante inglesa construyó los paquebotes *Lusitania* y *Mauritania*, hermosos navíos de 31 000 toneladas, que alcanzaron una velocidad de 26 nudos y que ganaron el "gallardete azul" del Atlántico, que era el galardón otorgado para el navío que desarrollara mayor velocidad y que el *Mauritania* conservaría 22 años; no fue sino hasta después de la primera Guerra Mundial que el *Normandie*, barco francés que logró rebasar los 32 nudos, se adjudicó este premio.

El diseño de las calderas también progresó al introducirse los tubos hidráulicos que permitieron el aumento de la presión en las máquinas de vapor y, al mismo tiempo, la reducción del consumo del carbón y la disminución en el número de calderas. El *Normandie* contaba con 31, mientras que, años más tarde, el *Queen Elizabeth* sólo llevaba 12 calderas. Algunos mercantes modernos de gran tonelaje, que alcanzan altas velocidades, tienen una sola caldera, demostrándose así los avances que se han logrado en sus diseños en los últimos años.

La instalación propulsora de vapor de los barcos está compuesta por las calderas, que son el generador de vapor, donde tiene lugar la vaporización del agua, absorbiendo el calor desarrollado al quemar el combustible; la máquina, que transforma la energía térmica en trabajo y que logra que se accione el mecanismo propulsor, que en los primeros barcos de vapor fue la rueda de

paletas, y posteriormente se cambió por la hélice; el condensador, en el que el vapor desalojado por la máquina retorna al estado líquido al ser enfriado por una corriente de agua, lo que permite utilizar una y otra vez la misma agua en el circuito, y los aparatos auxiliares necesarios para el funcionamiento del sistema, así como para mejorar su rendimiento, como son los diferentes tipos de bombas que utiliza la embarcación.

Las calderas de los barcos de vapor están constituidas por un recipiente metálico cerrado donde el agua se transforma en vapor, proporcionando una producción continua de vapor a presión y temperatura determinadas. Estas calderas están formadas por el hogar, espacio donde se lleva a cabo la combustión del carbón o del petróleo; la caldera propiamente dicha, formada por uno o varios cilindros denominados colectores, y una serie de tubos por donde circula el agua, el vapor o los gases que se desprenden durante la combustión; y los accesorios necesarios para la seguridad y el mejor funcionamiento del sistema, como los aparatos para medir la presión que se produce.

Todo el conjunto de caldera, accesorios y aparatos auxiliares se ubica en un compartimiento del barco denominado cuarto de calderas, pudiendo existir uno o varios y, también, más de una caldera en cada uno de ellos, según la potencia de vapor requerida y el tipo de embarcación.



Figura 7. Barco carguero con una sola caldera.

Estos cuartos pueden ir abiertos al exterior por medio de sus correspondientes compuertas, o bien, cerrados herméticamente, contando con un tiro para expulsar los gases que generalmente salen en grandes chimeneas.

Existen dos tipos de máquinas de vapor marinas: las llamadas alternantes, en las que el vapor de agua actúa por presión produciendo el movimiento rectilíneo de un émbolo; y las de turbina, en las que lo hace por su fuerza propia, haciendo girar un rotor. Para la propulsión de los barcos de vapor, las alternantes se utilizan en embarcaciones de pequeña y mediana potencia, mientras que las de turbina son empleadas cuando se precisan grandes potencias y velocidades; tal

es el caso de los trasatlánticos y de los buques de guerra: en los primeros se emplean para contribuir a la comodidad del pasaje, ya que las turbinas son más silenciosas y carecen de vibraciones. En los segundos ayudan a evitar su detección por el enemigo.

Para aprovechar las ventajas económicas de ambos tipos de máquinas, cada vez se utiliza el sistema mixto de máquina alternante y turbina, haciendo trabajar primero la alternante y luego la de turbina, aprovechando, así, la energía del vapor a alta presión, para lo que es más apta la primera, y el mayor rendimiento de la segunda, obteniéndose un sistema motriz que permite mejores resultados. Este sistema mixto tiene su principal aplicación en barcos mercantes y en los buques auxiliares de la marina de guerra.

Las máquinas de vapor mueven a la hélice o propulsor helicoidal, que se ha impuesto por su robustez y ausencia casi absoluta de averías, debido a su sólida construcción que se emplaza en la popa del barco. Consiste en un núcleo de forma cilíndrica-esférica del que salen unas palas en número variable, de dos a seis, situadas simétricamente a su alrededor. El núcleo lleva un orificio central donde entra el eje propulsor para fijar la hélice; su cara anterior es plana, mientras que la posterior lleva un capavete cónico con el objeto de darle forma hidrodinámica.

La hélice funciona produciendo un impulso al golpear el agua con sus paletas, éste se transmite al barco haciéndolo deslizarse en un sentido de avance o marcha; si se invierte el giro de la hélice cambia el sentido del empuje, en consecuencia la embarcación retrocede. Según el sentido de giro necesario para producir el impulso, las hélices pueden ser "derechas" o "izquierdas", las primeras para producir la marcha avante del buque, giran en el sentido de las manecillas del reloj, y las segundas tienen que hacerlo en sentido contrario. Todas la hélices que se colocan en el eje central son derechas, cuando los barcos llevan dos o más hélices colocadas en los ejes de babor son izquierdas, mientras que las de los ejes de estribor son derechas.

Para obtener un buen rendimiento de combustible, el número de revoluciones de la hélice debe ser relativamente bajo y depende de la potencia de la máquina propulsora, siendo en general, menor cuanto mayor es esta potencia; no puede sobrepasar un cierto número de revoluciones, porque si gira demasiado rápido puede disminuir el empuje. Para mejorar el rendimiento de una hélice se utilizan varios sistemas. Entre los más comunes está la tobera, que consiste en colocar alrededor de la hélice un anillo que evita la formación de remolinos e incrementa su eficiencia. La hélice se emplea en los remolcadores.

Pese al alto grado de eficacia de las máquinas de vapor, en la construcción naval se desarrolló el motor de combustión interna, lanzado a principios del siglo por el ingeniero Diesel. En estos motores la combustión se realiza en el interior de los cilindros para impulsar un pistón, que es el que produce la energía necesaria para el empuje. Los motores son, según la manera en que producen el calor, de explosión, diesel o semidiesel. Inicialmente se ensayó este motor en embarcaciones pequeñas y en 1912 fue montado por primera vez en un barco grande, el mercante danés *Selandia*, y desde entonces muchas embarcaciones de diferentes tipos adoptaron este sistema.

El empleo de estos motores representó grandes ventajas: el aumento de espacio destinado a mercancías o pasaje, ya que se suprimen las calderas y las

carboneras; la disminución del personal en el cuarto de máquinas, al no llevar fogoneros y paleros; también se incrementa considerablemente el radio de acción del barco, debido a la economía del gasto de combustible. No es exagerado decir que el motor de combustión interna es el que ha permitido que en el Océano Pacífico se pueda realizar el tráfico marítimo mundial.

En la actualidad todavía se siguen empleando todos los sistemas de navegación mas o menos perfeccionados: el remo, la vela, las ruedas de paletas, etcétera; sin embargo, el barco de vapor inició el desarrollo de los sistemas propulsores y permitió la navegación trasatlántica.

Se sigue investigando en la ingeniería y arquitectura naval para diseñar y construir nuevos sistemas de navegación, habiéndose llegado al punto más espectacular de este proceso que es la aplicación de la energía nuclear como elemento propulsor en el submarino americano *Nautilus*, que en el mes de julio del año de 1958 logró pasar por debajo de las heladas aguas del Polo Norte. La humanidad sigue trabajando para la conquista pacífica del océano.

EN LA Conferencia Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, celebrada en el año de 1929, fueron establecidas una serie de definiciones para nombrar los diferentes tipos de barcos que navegaban en los mares del mundo, pudiéndose clasificar por el sistema utilizado en su construcción, por sus elementos estructurales, por su tonelaje y por el tipo de servicio que realizan.

Todos aquellos destinados a actividades que no son de guerra, como los barcos que desarrollan los servicios portuarios, los servicios para la navegación, los buques de carga, los de pasajeros, los de investigación y los de pesca, constituyen los llamados "barcos mercantes".

A su vez, cada uno de estos tipos de embarcaciones mercantes se divide de acuerdo con sus características. Entre los barcos que desarrollan servicios portuarios se encuentran las gabarras, los remolcadores, las dragas, las cisternas y los pontones.

Las *gabarras* son embarcaciones pequeñas de poco calado que se emplean para llevar al muelle mercancías transportadas por barcos que por sus dimensiones no pueden atracar pegados a él, y por aquellas embarcaciones cuya maniobra de descarga se realiza por ambos costados.

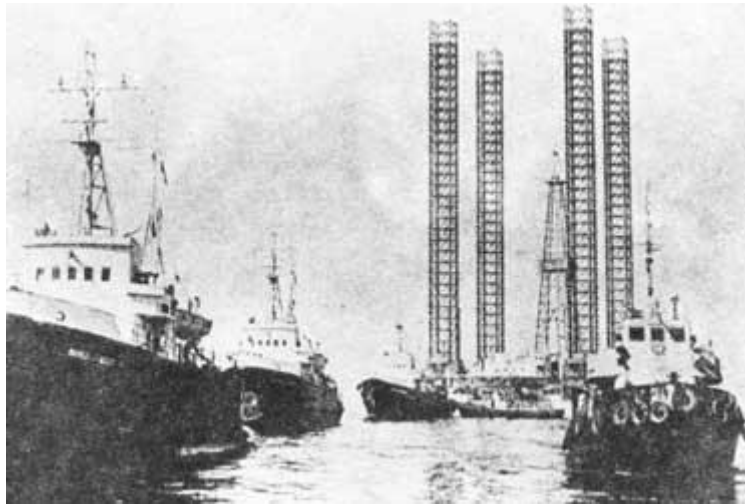


Figura 8. Remolcador.

En algunos puertos utilizan como gabarras embarcaciones viejas; sin embargo, en los puertos de mayor desarrollo, como Hamburgo, se han diseñado gabarras especialmente para este trabajo, haciendo su manejo más fácil y costeable. Suelen ser de poca eslora, generalmente 26 metros, y anchas, al presentar 6 metros de manga; de construcción sencilla y robusta, con una sola caseta a popa, que hace las veces de sala y comedor. Tienen bodegas espaciosas y bien comunicadas con el exterior; la caña o rueda del timón está colocada a proa, para su mejor utilización.

Las gabarras no disponen de medios propios para las operaciones de carga y descarga, ya que se realizan con las de los barcos o con las grúas colocadas en el muelle. Este tipo de embarcación se emplea mucho en los puertos del norte de Europa.

Los *remolcadores* tienen como misión ayudar a la maniobra de atraque y desatraque de los barcos, remolcándolos para su entrada y salida de los puertos y colocándolos en los sitios donde van a realizar su actividad. Estas embarcaciones tienen que poseer una gran fuerza de empuje, estabilidad y rapidez para el arranque con el fin de obtener una mayor maniobrabilidad.

Los remolcadores suelen estar equipados con hélices gemelas y sus máquinas, generalmente, son motores diesel, lo que les permite regular mejor la velocidad. Su casco se caracteriza por presentar poca eslora, mucha manga y gran calado, que les proporcionan la estabilidad necesaria; y alrededor de su casco llevan un cinturón de defensa que puede ser de madera o de hule para empujar o arrastrar sin deteriorarse; la caseta del timón está colocada en un costado, con visibilidad de 360 grados; la hélice está debidamente protegida y las anclas acomodadas en entradas para evitar salientes que puedan estropear el barco que están remolcando.

Las *dragas* son embarcaciones que llevan maquinaria especializada para realizar excavaciones y para extraer el fango, los escombros, la arena y las piedras que quedan en el fondo durante su operación. Se utilizan para conservar y aumentar el calado de los puertos, así como el de los canales de navegación que permiten la entrada de barcos de mayor tonelaje; también son usadas para la limpieza del fondo y para abrir las bocas de comunicación de las lagunas

litorales con el mar.

Se conocen varios tipos de dragas, según el sistema excavador que utilizan, como las de succión, que son aquellas que realizan el dragado succionando el fondo por medio de una bomba centrífuga a través de un tubo, útiles en fondos fangosos; y las de "paleta" o "cuchara", empleadas para fondos con arena, grava o piedra, que efectúan la excavación con unas cucharas montadas sobre una cadena que gira alrededor de una escala metálica.

Las *cisternas*, también llamadas aljibes, en lugar de bodegas tienen tanques donde almacenan agua o combustibles; están equipadas con bombas y tuberías, así como mangueras para efectuar el suministro de agua a las embarcaciones, aun cuando éstas se encuentren navegando en alta mar.

Los *pontones* son embarcaciones o cascos viejos utilizados para almacenar mercancía cuando las bodegas de los puertos se encuentran saturadas.

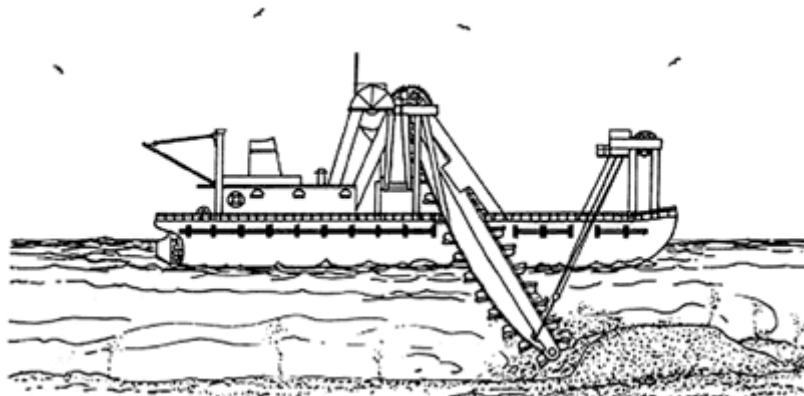


Figura 9. Draga de cuchara.

Se conocen también con el nombre de pontón las barcasas o flotadores empleados en el tendido de puentes para pasos accidentales; para construir de manera transitoria pasarelas entre el muelle y un barco para el desembarco de pasaje o carga; por ejemplo, es muy conocido el puente móvil sobre pontones a la entrada del puerto de Curazao.

Para realizar servicios en alta mar que redunden en beneficio de la navegación, entre las embarcaciones mercantes se pueden mencionar: los rompehielos, los remolcadores de altura, los cableros, los buques-faro y los buques-escuela.

Los *rompehielos*, también llamados "cuchillos de mar", son embarcaciones diseñadas para poder romper la capa de hielo que cubre la superficie de los mares durante el invierno, para romper el hielo interior de los puertos, realizar maniobras de remolque en ellos, en operaciones de rescate y abrir paso a otras embarcaciones que realicen navegación comercial o de investigación en las regiones polares.

Debido al servicio tan específico y severo que desarrollan los rompehielos, sus características son muy particulares: su casco está diseñado para chocar con las espesas capas de hielo sobre las que tiende a elevarse, gracias a la forma de su quilla; con su peso, que es reforzado con tanques de lastre situados a proa,

rompe el hielo y vuelve a caer sobre el agua, abriendo, así, un pequeño surco; el barco retrocede y repite la maniobra. Para esta operación es necesario que alcance velocidades grandes en espacios cortos, por lo que su máquina propulsora es muy especializada y sus hélices generalmente son dos a proa y otras dos a popa.

Entre los rompehielos se distinguen dos tipos principalmente: el denominado europeo y el americano. El primero lleva una sola hélice a popa y es utilizado para mares donde abundan los bancos de hielo flotante diseminados entre icebergs, como en la costa oriental de Groenlandia; mientras que los americanos llevan una hélice a proa y dos a popa, por lo que son apropiados para capas de hielo muy gruesas, como las que se encuentran en la costa occidental de Groenlandia o en las del Báltico.

Tanto por los esfuerzos a que se ve sometido al acometer contra el hielo, como por los que se producen de los frecuentes cambios del sentido de la marcha, rápidos acelerones y vibraciones ocasionadas por las máquinas, el casco de los rompehielos debe tener la suficiente solidez transversal y longitudinal, por lo que es más ancho en la proa y más angosto en la popa, y está equipado con un sistema de chorro de aire comprimido que ayuda a su navegación; estas características permiten que el barco no quede atrapado en el hielo.

El equipo propulsor está diseñado para cambiar fácilmente la potencia y así poder navegar a velocidad moderada o acometer a toda máquina sobre un banco de hielo y montar la proa sobre él; generalmente, se utiliza la máquina de vapor por tener la ventaja de que no se paran las hélices cuando son bloqueadas por el hielo; otra ventaja es que mantiene una temperatura agradable en la sala de máquinas y que el vapor de las calderas se aprovecha para la calefacción general del barco; sin embargo, existen también rompehielos pequeños con motor diesel de acoplamiento directo.

Los modernos rompehielos son movidos por energía nuclear y el primero de este tipo, el soviético *Lenin* de 16 mil toneladas de desplazamiento, fue botado en 1957 y cuenta con tres hélices accionadas por tres reactores nucleares; alcanza una velocidad de 18 nudos y puede romper una capa de hielo de 2.40 metros de espesor.



Figura 10. Rompehielos nuclear *Lenin*.

A partir de 1977 se construyeron otros rompehielos soviéticos de propulsión nuclear y de mayor tonelaje como el *Arktika*, llamado actualmente *Leonid Brezhnev*, con 25 mil toneladas de desplazamiento y sus gemelos el *Sibir* y el *Rossia*. Estos barcos permitieron en 1983 poner a salvo a cincuenta embarcaciones soviéticas que se encontraban en grandes dificultades en los hielos de los mares árticos del norte de Siberia.

Los *remolcadores de altura* están diseñados y equipados para prestar servicios de remolque en alta mar y para realizar operaciones de salvamento y de extinción de incendios.

Los *cableros* son barcos destinados al tendido y reparación de los cables submarinos para la comunicación. Estos barcos permanecen mucho tiempo en el mar y llevan un número grande de tripulantes, unos encargados de la navegación, y otros son los técnicos especializados en las operaciones de tendidos del cable; además, cuentan con numerosos y cómodos alojamientos y talleres. Se caracterizan por llevar la proa rematada por unos grandes gabinetes por donde sale el cable que se está colocando y generalmente pertenecen a grandes empresas telefónicas. Se utilizan miles de kilómetros de cable en el tendido, sobre todo cuando se hace de continente a continente.

Los sistemas de propulsión de estos barcos cableros son potentes, no tanto para alcanzar grandes velocidades, sino para poder transportar varios cientos de toneladas de cable, ya que 200 metros de cable pesan una tonelada. Su equipo de navegación está integrado por aparatos de alta precisión para obtener rápidas situaciones y no apartarse de su ruta.

Los *buques-faro* llevan instalado a bordo un faro, tienen la posibilidad de fondearse en lugares fijos y con una orientación determinada, próximos a zonas que representan un peligro para la navegación y en donde no se pueden hacer instalaciones permanentes para un faro.

Los *buques-escuela* son embarcaciones que se emplean para la capacitación de futuros marinos; pueden ser de propulsión a hélice o a vela; esta última se emplea más por tradición que por utilidad, sin embargo, son muchos los países que cuentan con veleros para la formación profesional de sus oficiales. En Italia existe uno de los más grandes veleros de Europa, el barco-escuela *Americo Vespucci*, fragata de la Academia Naval de Livorno, que tiene 3 543 toneladas de desplazamiento, 70 metros de eslora y 15 metros de manga. La más moderna de estas embarcaciones es la fragata alemana *Gorch Fock*, construida en 1958, muy hermosa, de 3 palos que, hoy día, navega capacitando al personal; en México se cuenta con el velero *Cuauhtémoc*.

Los barcos de carga están diseñados para realizar servicios comerciales transportando mercancía heterogénea y llevando, a veces, pasajeros, pero sin que su número exceda de 12. Las condiciones que debe reunir el barco de carga obedecen siempre a una concepción previa del tipo de cargamento, reparto del mismo, duración de la travesía, zona donde se va a navegar y velocidad requerida, y se pueden dividir, según las características y los materiales que transportan, en: barcos de carga seca, de carga líquida y de carga mixta.

Los *barcos de carga seca* tienen grandes escotillas y bodegas para embarcar piezas de gran volumen. La disposición de sus grúas o plumas, que son varias,

permite realizar fácilmente maniobras de carga y descarga. Su máquina generalmente está colocada en popa con la ventaja de dejar totalmente libres las bodegas al no ser atravesadas por los ejes de las hélices; en otras ocasiones, se localiza en el centro y quedan tres bodegas a proa y dos a popa, pasando el eje entre ellas; esta distribución permite el mejor reparto de la carga y su descarga entre distintos puertos, si así conviniera.

Entre los barcos de carga seca se encuentran los carboneros, caracterizados por el tamaño de sus escotillas de entrada a las bodegas, que ocupan del 60 al 70% de la cubierta, lo que facilita las operaciones de carga, así como el mejor acomodo del carbón que se vierte en las bodegas formando una montaña. Los barcos que transportan minerales también se consideran de carga y, después de los petroleros, son los de mayor tamaño; desplazan hasta 250 mil toneladas y su principal característica es la facilidad con que se hace su descarga, teniendo sistemas que han llegado hasta la sorprendente velocidad de 20 mil toneladas por hora.

El comercio principal de la madera a través de los océanos está caracterizado por los cargamentos de pino rojo, abeto y pino blanco en forma de tablas y tablones que transportan los barcos. Su carga es de poco peso, ya que con bodegas abarrotadas de madera no se llega a su calado máximo, y para tener mayor estabilidad, los barcos madereros tienen más manga que calado o se aumenta su estabilidad con tanques de doble fondo, aunque éstos les restan capacidad de almacenamiento. Sus bodegas llevan estructuras especiales para la colocación de la madera, con sistemas de seguridad para evitar que ésta se humedezca, aumente su peso y se deteriore, o para prevenir incendios.

Los principales cargamentos de cereales que se transportan en los *barcos para granos* son de trigo y de maíz, con el problema de que los cargamentos de grano son muy deslizantes, por lo que pueden recorrer de un costado a otro la bodega o, también, asentarse por las vibraciones del casco haciéndose más compactos; por ello, en estos barcos las bodegas se construyen especialmente para evitar problemas en la navegación y en las maniobras de descarga.

Las frutas, las verduras y las carnes se transportan en los barcos *frigoríficos*, cuyas bodegas contienen los compresores que se utilizan para la refrigeración de la carga.

En la actualidad, ha sido diseñado un barco de carga sólida apto para transportar diferentes tipos de carga, lo que permite llevar materiales variados en distintas épocas del año, y por lo tanto reduce los costos de operación; a estos barcos se les llama *tipo fortuna* y han resultado útiles, sobre todo, para el transporte de cargamentos ligeros a granel.

Para el transporte de *carga líquida*, se han diseñado distintos tipos de embarcaciones, entre las que se encuentran los *petroleros*, llamados también "barcos-cisterna" o "buques-tanque". El diseño y las características de estos barcos han evolucionado en el tiempo, teniendo los primeros petroleros 3 000 toneladas de desplazamiento, pasando a 12 mil toneladas y, hoy día, son corrientes los que promedian las 500 mil, aunque ya se cuenta con diseños de verdaderos gigantes llamados superpetroleros que alcanzarán el millón de toneladas.

En general, un petrolero está formado por tres partes, que son: la zona de proa o

castillo, la de tanques de carga y la de cámara de máquinas.

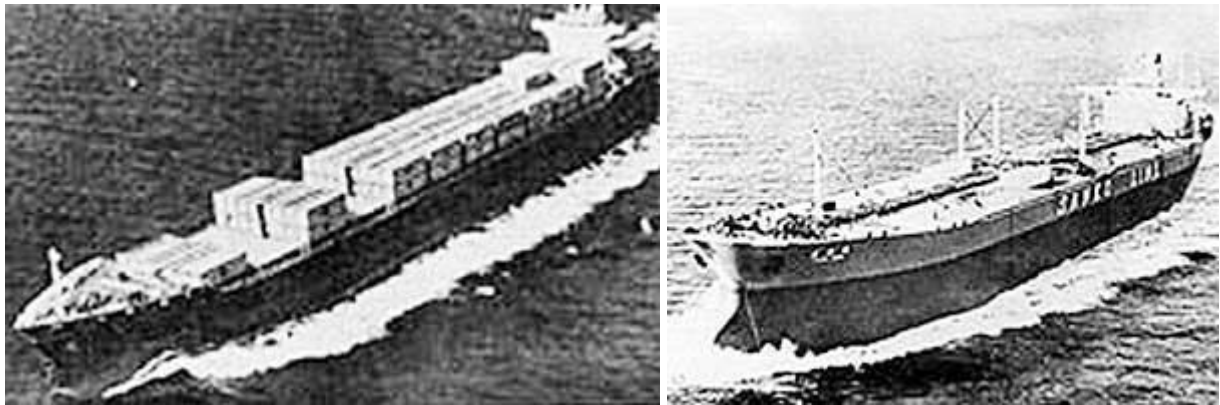


Figura 11. Barco de carga seca y un petrolero, de carga líquida.

En la zona de carga, algunos barcos llevan intercalada una cámara de bombas para las maniobras de carga y descarga. Además, cuentan con un sistema de tuberías que son la tubería de carga, la tubería de secado, la tubería de evacuación, los serpentines de calefacción, la tubería de vapor contra incendio y la tubería de bióxido de carbono también contra incendio.

El área de mando y de alojamiento está localizada a popa, para dejar libre el mayor espacio de cubierta para las operaciones del barco; en esta zona se encuentran las instalaciones para recreo y descanso de la tripulación, incluyendo ascensores, cine y piscina, que son magníficos, y debido al tiempo de navegación, que en ocasiones llega a ser hasta de más de 300 días, han sido llamados "cárceles de oro".

Otros barcos para transporte de carga líquida son los *buques-tanque* para productos químicos, como los aceites y grasas vegetales y animales, ácidos inorgánicos, productos alcalinos empleados en la industria de plásticos, melazas, fertilizantes, reactivos fotográficos, etcétera. Dada la diversidad de productos y características de los mismos, el diseño de estos barcos está muy especializado, siendo uno de los últimos el de los barcos "butaneros" y "metaneros" que se encargan de transportar el butano y el metano en recipientes o tanques construidos con acero y especialmente estudiados para soportar bajas temperaturas.

Los servicios portuarios, los de navegación y los de transportación de carga a través de los océanos, están cambiando constantemente según el desarrollo que alcanzan los distintos países, por lo cual es indispensable contar con técnicos en arquitectura e ingeniería naval cada vez más capacitados, que diseñen y construyan los barcos más adecuados para que la humanidad aproveche, cada día mejor, los recursos que el planeta le aporte.

LA CONFIGURACIÓN y las características que presentan los diferentes tipos de barcos de guerra en la actualidad, son el resultado de una carrera sostenida, en

reñida competencia a lo largo de los últimos años, entre la tecnología bélica y la de construcción naval.

Las embarcaciones navales han reforzado sus estructuras y su blindaje ante la potencia cada vez más destructora de los proyectiles, para poder contrarrestar sus efectos, al mismo tiempo que han sido dotadas de las armas ofensivas e incluso de los mismos artefactos de los que intentaban defenderse, para atacar en igualdad de condiciones.

De acuerdo con sus características y su armamento se conocen diferentes tipos: los *cruceros* son unos barcos de guerra diseñados para que su velocidad y autonomía sean más importantes que su armamento; sin embargo, a través del tiempo y con la experiencia adquirida y la aparición de nuevos armamentos se fue haciendo más necesario dotarlos de una mayor artillería, que les permite defenderse y atacar activamente.

Los cruceros sirven a la flota como barco explorador y son los encargados de las misiones de seguridad, ya que sus problemas con la artillería enemiga son mínimos gracias a su velocidad, que les permite eludirla fácilmente; pero también se comprendió que podría ser un barco protegido cuando tuviese necesidad de entrar en combate y así se crearon el "crucero protegido" y más tarde el "crucero acorazado".

El prototipo de cruceros acorazados fue el *General Admiral* ruso que presentaba un aumento del calibre de la artillería y una cubierta protectora de 37 milímetros para que los proyectiles estallaran fuera del barco. Estos cruceros de batalla nacieron al pensarse en un barco capaz de combatir con los de la línea del enemigo y a la par romper fácilmente el contacto con ellos.

Durante la década de los años 20, volverían a aparecer cruceros en algunas marinas, pero con una concepción diferente de la que inspiró los proyectos de los primeros años del siglo XX, por lo que prácticamente a partir de esta última fecha sólo quedaron dos tipos: el de batalla y el ligero, ambos con misiones definidas, el primero para combatir, el segundo para misiones de seguridad.

La participación de los cruceros de combate a lo largo de las dos grandes guerras mundiales fue destacada; en los albores de la primera, el combate de las Islas Malvinas, librado en 1914 entre los cruceros de batalla ingleses y los acorazados alemanes, con el hundimiento de éstos bajo el fuego implacable de los británicos, constituyó la acción más notable de los cruceros de batalla y animó al gobierno a promover la construcción de otro grupo de ellos.

Existen otros barcos de guerra llamados *torpederos*, encargados del transporte y lanzamiento de los torpedos, arma eficaz que puede hundir a los barcos abriéndoles una vía de agua en el casco mediante la explosión de una carga.

En un principio, el problema para su diseño consistió en encontrar la manera adecuada para lograr el choque del torpedo con el casco del barco enemigo; tiempo más tarde, con el perfeccionamiento de la técnica y el empleo del torpedo automóvil, el torpedero se convirtió en un barco peligroso, por lo eficaz que era, y esto obligó a pensar inmediatamente en "contratorpederos" o barcos adecuados para contrarrestar, con garantías, los ataques de sus antagonistas.

En la construcción de los torpederos se tuvieron que resolver muchas dificultades debido a sus propias limitaciones de creación, porque la alta

velocidad que se había conseguido fue a costa de sacrificar su autonomía, quedando reducida la capacidad operativa. Técnicos de diferentes países estudiaron la forma de construir un torpedero mayor, de más amplia autonomía y mejores condiciones de navegación; así surgieron los torpederos de alta mar, que desplazan 200 toneladas.

En las marinas de guerra las misiones de un torpedero son varias: además de su función de ataque, sirve de escolta y explorador y, sobre todo, merced a su velocidad y a su facilidad de maniobra, se puede considerar como el más terrible enemigo de los submarinos.

Los primeros torpederos presentaron como mejor defensa su reducida dimensión, lo que les permitió la facilidad de pasar inadvertidos, y han vuelto al mar en forma de lanchas rápidas lanzatorpedos, que desarrollan la extraordinaria velocidad de 40 y 45 nudos.

Otro barco, el *destructor*, se creó con el fin de contrarrestar y superar a los torpederos. El término "destructor" con el que se denominó a este tipo de barcos semipesados, rápidos y poderosamente armados, con misiones definidas y estratégicas, es de origen español.

Gracias a los progresos técnicos que se alcanzaron en la construcción de embarcaciones, como las calderas multitubulares, el empleo del diesel en vez del carbón y la incorporación de turbinas, entre otros, el destructor pudo aumentar desplazamiento y velocidad, soportando también mayor armamento que asegurase el éxito de sus misiones contra los torpederos.

Por su tarea específica en la escolta y protección de convoyes, defensa del transporte marítimo y funciones de ataque torpedero o antisubmarino, los destructores actuaron durante la segunda Guerra Mundial a modo de comodín de las distintas flotas, pero por sus numerosas pérdidas tuvieron que ser modificados rápidamente.

Desde el final de esta guerra hasta la actualidad las misiones y actividades de los destructores han crecido de tal manera, tanto en diversidad como en complejidad, que su misión original se superó desde hace mucho tiempo y los nuevos destructores realizan funciones de escolta a barcos de la flota y mercantes, defensa antiaérea y antisubmarina, apoyo de operaciones anfibias, bombardeo de costa, recopilación de inteligencia electrónica, etcétera, lo que les ha dado una amplia dimensión operativa, por lo que a veces se hace difícil establecer una clasificación tipo en los modernos destructores, que, aun con características muy semejantes, reciben diferentes nombres.

A partir de 1945 la armada de los Estados Unidos ha desarrollado tres tipos básicos de destructores: los más potentes, llamados "fragatas", responden a un tipo de superdestructor; otros, los destructores propiamente dichos, llamados hoy "escoltas de flota", tienen una velocidad para llevar a cabo su misión y capacidad defensiva adecuadas; y por último, los "destructores de escolta u oceánicos" originalmente proyectados como escoltas antisubmarinas para convoyes.

Otra embarcación de guerra es el *submarino*, cuya invención se atribuye al inglés William Bourne, que en 1578 descubrió una nave "que podía tomar y expulsar agua", semejante a la concha de los moluscos del género *Nautilus*, cambiando su capacidad de flotación, y que llevaba un tubo, parecido al

moderno *snorkel*, que servía para recibir aire mientras estaba sumergida.

El *Turtle*, submarino monoplacea diseñado en 1776 por el americano David Bushnell, fue la primera nave submarina usada en tiempo de guerra. Introdujo dos características que después serían esenciales en los submarinos modernos: presentar un casco cerrado y lograr su propulsión por medio de una hélice que se accionaba a mano; sin embargo, le faltaban aún dos elementos fundamentales para que se convirtiera en una máquina de guerra eficaz, el arma submarina y el motor apropiado.

A fines del siglo XIX, el americano John Holland diseñó submarinos propulsados por motores de gasolina que se pueden considerar como los primeros submarinos modernos, pero la eficacia de estos submarinos se vio limitada por su dependencia de los motores eléctricos alimentados por baterías, ya que ello reducía la velocidad y la autonomía cuando navegaban en inmersión; las baterías se agotaban muy pronto, debiendo salir, a menudo, a la superficie para reponer el aire que los motores diesel necesitaban. En la segunda Guerra Mundial se introdujo el *snorkel* para suministrar aire a los motores estando el barco sumergido y con esto se fue resolviendo el problema de la propulsión, con el fin de que los submarinos pudieran moverse con libertad en las tres direcciones.

El diseño del torpedo, proyectil en forma cilíndrica con su propio mecanismo de propulsión que estalla al hacer contacto con el casco del barco enemigo, y la incorporación a estas embarcaciones de los tubos lanza torpedos, establecieron las bases para que se convirtiera en un arma de guerra.

Siguieron avanzando los diseños hasta llegar al "submarino nuclear", que es un arma de un poder mortífero sin precedentes; estas embarcaciones tienen una autonomía de casi 400 mil millas y cada uno de sus 16 cohetes dirigidos puede llevar hasta 10 cabezas nucleares, lo que es suficiente para destruir una ciudad y como no necesitan salir a la superficie para lanzarlos resultan casi invulnerables.

El empleo del avión en la marina de guerra se remonta a la primera Guerra Mundial, en la que se utilizaba el hidroavión de casco o de flotadores, que se dedicaba a la busca y caza de submarinos enemigos en las regiones costeras.

En 1917, el *Fiordus*, nuevo crucero pesado que tenía como armamento dos cañones de 45.7 centímetros, fue parcialmente convertido en "portaviones", montándole una plataforma de 65 metros de longitud, destinada al despegue y aterrizaje de los aviones.



Figura 12. Portaviones.

El experimento fue arriesgado, porque los remolinos de aire producidos por las superestructuras de la nave resultaban peligrosos para el avión.

Esto hizo que el diseño cambiara, colocándose una segunda plataforma a popa, que servía de pista de aterrizaje y la de proa se utilizaba para el despegue. Pero como tampoco se obtuvieron resultados favorables, se decidió cambiar por completo las superestructuras de la nave: el puente de navegación fue colocado en primer lugar; la enorme chimenea se reemplazó por conductos horizontales; a lo largo de todo el barco, de proa a popa, se instaló una cubierta corrida, naciendo así el *portaviones*.

El primero que se construyó fue el *Hermes* de la marina inglesa, con una cubierta de vuelo de 182 por 27 metros y que podía llevar 15 aviones. Le siguieron otros muchos, tanto en Inglaterra como en América y en el Japón.

El portaviones representó la posibilidad de contar con el apoyo de la fuerza aérea en el momento preciso de un ataque por sorpresa o para reforzar la acción bélica de una flota.

Los portaviones modernos son de varios modelos y sus dimensiones varían de acuerdo con su cometido. Un ejemplo es el *Midway*, de 300 metros de eslora, uno de los más recientes portaviones de guerra norteamericanos; desplaza 45 mil toneladas, desarrolla una marcha de 35 nudos, y puede llevar a bordo 82 aviones bimotores o 153 monomotores. Para defenderse de los aviones enemigos, dispone de 140 cañones antiaéreos de diferentes calibres y su dotación es de 4 085 hombres entre aviadores, mecánicos, ayudantes y el personal de a bordo.

Con la era atómica se han realizado nuevos diseños de portaviones, equipándolos con todo lo necesario para estar a la altura de los últimos ingenios bélicos, como el superportavión de propulsión nuclear *Enterprise* que desplaza 85 mil toneladas y puede alojar 110 aviones de acción atómica. En la actualidad son las embarcaciones más importantes de una flota, por su gran capacidad y por su efectividad.

Otros barcos de guerra son los "minadores" y los "dragaminas", cuyos conceptos están íntimamente ligados a la invención de la mina, una de las armas más

terribles para la destrucción de barcos. La mina no podía ser movilizada, lanzada y colocada por sí misma, por lo que necesariamente tenía que hacerse desde un barco y así se construyen los *minadores*, encargados de transportarlas, lanzarlas, y en algunos casos, también destruirlas. Estos barcos son de diferentes tipos, dependiendo de si están destinados a establecer campos defensivos, o a instalar campos de minas ofensivos.

Los *dragaminas* se construyeron como consecuencia del empleo de las minas, con funciones claramente definidas de rastreo e inutilización de dichos artefactos. En principio, los llamados "campos de minas" eran reconocidos por medio de una carga explosiva, mina de barrido, que se hacía estallar donde se suponía se encontraban colocadas; más tarde, la zona era rastreada por medio de un cabo, llevado por dos o más barcos, que recibían el nombre de "rastreadores".

A partir de 1914 se utilizan los dragaminas convenientemente equipados para la lucha contra las minas enemigas, que por el carácter penoso, difícil y arriesgado de sus actividades se ha dicho que son "barcos de madera tripulados por hombres de hierro".

A medida que fueron apareciendo en los campos de batalla nuevas armas con mayor poder ofensivo y destructivo se idearon también navíos de más potente coraza, para que los daños que pudieran ocasionar los proyectiles del enemigo, se redujeran a su mínima expresión.

Tuvo, así, su origen el *acorazado*, que surcó los mares como un coloso, porque en esa época se consideró inexpugnable. Este gigante era temido por el poder de su armamento instalado en torres blindadas.

El acorazado fue el barco principal de las flotas de la primera mitad del presente siglo XX; tenía, entonces, tanta eficiencia que se llegó a pensar que se trataba de algo definitivo; pero las nuevas armas han cambiado totalmente el desarrollo de la guerra, por lo que el acorazado casi ya no se construye; sin embargo, antes de desaparecer, ha dejado escritas brillantes historias que siguen en la memoria de los marinos de guerra de todo el mundo.

Las modernas tácticas navales, los complejos armamentos y la incorporación de la energía atómica a las embarcaciones de guerra, hacen que sus diseños y sus nombres cambien constantemente.

La actual serie de barcos de guerra, algunos de los cuales no son sino los mismos que sus antecesores inmediatos, pero con modificaciones que los hacen aptos para misiones distintas, representan el eslabón de una cadena de investigaciones de dudoso valor que se alargarán indefinidamente, mientras la ciencia y la tecnología sigan poniendo sus logros al servicio de la guerra y no al de la búsqueda del beneficio de la humanidad.

DESDE que el hombre inventó un artefacto que flotaba, cuando se dejó llevar por la corriente sobre un tronco dirigido con sus manos, hasta la creación del

barco, siempre ha tenido como objetivo utilizarlos para asegurar su subsistencia por medio de la pesca.

Mientras la pesca se limitó a ser una industria de carácter puramente local y artesanal, que trascendía principalmente a las poblaciones inmediatas al litoral, utilizando para ella pequeñas embarcaciones, éstas no necesitaban características e instalaciones especiales, y los puertos en los que tenían sus bases no diferían de los normales que se encontraban en todos los litorales del planeta.

Pero a medida que las actividades de la industria pesquera crecieron y aumentaron en importancia y en complejidad, las embarcaciones tuvieron que incrementar su potencia y adaptarse a las necesidades específicas que les exigía cada modalidad de la pesca; es decir, tuvieron que ser construidas expresamente para ella. En el momento en que el producto de sus capturas comenzó a difundirse por el interior de los países y cuando el volumen de las flotas pesqueras llegó al grado en que los puertos normales existentes no eran capaces de albergar simultáneamente a las flotas comerciales de transporte y a las de pesca, ni se contaba con las instalaciones adecuadas para atenderlas, los puertos tuvieron que remodelarse y con esto nacen las flotas y los puertos pesqueros.

Es probable que en la antigüedad existieran barcos especializados para la pesca, aunque son escasos los informes que se tienen al respecto, y no es sino hasta la Edad Media cuando se encuentran los primeros modelos de barcos de pesca; en el Mar del Norte se pescaba el arenque con unos barcos recios y de fuertes cascos que sobresalían del agua y por esto seguramente no desarrollaban gran velocidad. Estos barcos, llamados "buches", pescaban con redes de deriva y poseían 2 o 3 mástiles en los que se izaban velas cuadradas.

Los veleros que estaban equipados para pescar con redes de deriva, redes de arrastre, y otras artes de pesca, han desaparecido, siendo sustituidos por barcos con propulsión mecánica, y en la actualidad la pesca de cualquier especie marítima se realiza con barcos de motor que pueden permanecer en alta mar durante muchos días, semanas y hasta meses y conservar el pescado en hielo o en cámaras frigoríficas.

Dada la especificidad alcanzada en la captura de especies marinas, es difícil que los barcos con que se realiza puedan servir para diferentes modalidades, existiendo una tendencia cada día más acentuada a la construcción de los barcos destinados a un uso específico, sobre todo cuando se trata de los que se alejan de sus bases y actúan sobre pesquerías localizadas en alta mar.

Por estas características que debe reunir un barco pesquero, su construcción implica estudios previos, detallados, incluso en casos de barcos destinados a similares tipos de captura, ya que no es lo mismo un barco de arrastre que pesque en las cercanías de la costa, con salidas a la mar de una o dos semanas, que un gran bacaladero que, trabajando con el mismo procedimiento, hace campañas de 4 y 5 meses de duración, sin regresar a puerto.

La clasificación de los diversos tipos de barcos de pesca puede hacerse desde diferentes puntos de vista, siendo dos los que más se toman en cuenta: el primero los ordena por sus procedimientos de propulsión, clasificándolos en embarcaciones de remo, vela, vapor y motor; el segundo se basa en los tipos de

pesca que realizan, dividiéndolos principalmente en los de pesca litoral, de pesca costera y de pesca de altura, siendo esta última clasificación la más adecuada para describir el tipo de captura.

Para la *pesca litoral* que se lleva a cabo en las inmediaciones de la costa, se utilizan pequeñas embarcaciones de remo o vela también movidas con el auxilio de motores que son de gran utilidad para suplir la falta de viento y los malos tiempos, asegurando la captura diaria.

Estas embarcaciones de remo o vela suelen ser de poco tonelaje, y varían desde las "chalanas", diminutos botes que desplazan una tonelada o incluso menos, hasta algunos "faluchos", que pueden llegar a diez toneladas y están generalmente contruidos de madera. Son embarcaciones sin cubierta, que no precisan de instalaciones especiales para el ejercicio de la pesca, por lo que pueden dedicarse a diferentes modalidades de captura. Este tipo de embarcaciones se utilizan en comunidades poco desarrolladas, localizadas lejos de poblaciones medias y grandes, y realizan una captura artesanal para consumo doméstico.

Cuando se lleva a cabo pesca litoral con artes de deriva que se calan en las inmediaciones de la costa, como los trasmallos y sardinales, se emplean embarcaciones de motor, de pequeño porte, con o sin cubierta y con casco de madera o fibra de vidrio, con desplazamientos de hasta 15 toneladas y de 6 o 12 metros de eslora; generalmente llevan compartimientos para enhielar el pescado y los mariscos.

La *pesca costera* se realiza en la zona localizada sobre la plataforma continental, pudiendo ser de arrastre o de superficie, y se le ha llamado también pesca de "bajura", aplicando el término contrario a pesca de "altura" que se usa para denominar a la que se hace en alta mar.

La pesca de arrastre, en la que se capturan especies que viven en el fondo o cerca de él, llamadas también demersales, puede verificarse en zonas relativamente próximas a la costa, utilizando dos tipos de artes diferentes, llamadas, según el número de barcos que se emplean para operarlas: "parejas" y "bous".

Las parejas son redes de arrastre remolcadas simultáneamente por dos barcos, que en algunos países son de vela y en la mayoría de vapor o motor; desplazan de 30 a 60 toneladas, con 25 o 30 metros de eslora, y van equipados especialmente para este tipo de pesca con gúinches para lanzar y recoger las ballestas y cables que se precisan para operar la red en longitudes de varios centenares de metros, según la profundidad en que se haga este tipo de pesca; cuentan con ecosondas o sondadores acústicos o ultrasonoros que les permiten la constante determinación de la profundidad, del tipo de fondo, así como de la presencia de los bancos de pesca; bodegas especialmente preparadas para la conservación de la pesca en hielo o congelada, instalaciones de radiotelegrafía y radiotelefonía para estar en contacto con los puertos.

Los barcos dedicados a la pesca llamados "bou", es decir, a la pesca con red de arrastre operada por un solo barco, llevan instalaciones semejantes a las de las parejas y como ellas tienen la caseta de mando y los camarotes en la proa con el fin de dejar libre la popa para la operación de captura y el arreglo de las especies que se pescaron. Para que la red que arrastra el único barco

permanezca abierta durante la operación, en sus cables de tracción se intercalan las "puertas" o tablas que al enfrentarse al agua las separan y mantienen abierta la boca de la red.

La red se puede lanzar por popa, contando para ello con una rampa, y entonces el barco recibe el nombre de "arrastrero por popa" y también se pueden lanzar dos equipos, uno por cada banda, por medio de unos pescantes laterales en donde se fijan las redes, como el clásico barco camaronero.

La pesca de las especies costeras que viven en la superficie o a media agua, denominadas pelágicas, se realiza con embarcaciones de porte mediano, es decir, de unas 70 toneladas y que miden de 25 a 50 metros de eslora, construidas con madera o acero, generalmente con motor. Precisan de instalaciones especiales, como las típicas maquinillas con sus tambores y motores para las maniobras del manejo de los cabos o cables de la red, y las plumas o grúas necesarias para auxiliar en las faenas de cobrar la red de cerco o de media agua que operan. Además llevan en el mástil mayor la "cofa", lugar donde se coloca el observador, que localiza los cardúmenes que se pretende capturar.

La captura que obtuvieron estos barcos es conservada en hielo en bodegas; sus salidas son cortas, frecuentemente de una sola noche, ya que éstas se realizan en los crepúsculos, siendo una de las características especiales sus instalaciones auxiliares, ya que atraen a los bancos de peces, principalmente sardinas, por medio de la luz.



Figura 13. Barcos pesqueros. Flota camaronera, Mazatlán, Sinaloa.

Una transformación se ha producido en la *pesca de altura*, y especialmente en la pesca del bacalao, que antes se hacía con barcos de vela, como los "terranova" y los "islandeses" que fueron remplazados por los grandes arrastreros a motor, los mayores dentro de su categoría. Pueden permanecer muchas semanas en el mar y cargar hasta 1 000 toneladas de pescado, aunque la salazón del bacalao se hace de idéntica forma que en los antiguos veleros.

Las características de los barcos arrastreros son las mismas que las que tienen sus similares de la región costera, sólo varían en su tonelaje, llegando a pesar hasta 1 600 toneladas, como los grandes bacaladeros, o 300 toneladas en el caso de las parejas, barcos que arrastran sus redes en las alejadas pesquerías de Terranova.

El atún es otro de los recursos que se captura en alta mar y los primeros barcos atuneros, llamados "bareros", porque se pesca el atún con caña y anzuelo, requieren de un acondicionamiento especial, ya que utilizan cebo vivo, principalmente sardina, difícil de conservar en cautiverio. Para la conservación del atún, estos barcos llevan tanques especiales, en los que por medio de poderosas bombas se produce una activísima renovación del agua. Además tienen que ir dotados de las redes y los accesorios necesarios para la captura de las especies que han de servirles de cebo en su pesca específica.

Los modernos atuneros o "tuna-clippers", son barcos que operan una "red de cerco" con la que pueden capturarse varias toneladas, y en la operación del arte necesitan de una lancha auxiliar para manejarla, la que llevan en una rampa especial en la popa; miden más de 50 metros de eslora y desplazan 1 000 toneladas. Ambos tipos de barcos presentan instalaciones frigoríficas que llegan hasta 40 °C bajo cero y van dotados de motores muy poderosos, ya que precisan de grandes velocidades y de enorme autonomía. Cuentan con los aparatos detectores correspondientes, que facilitan la localización de los bancos de peces, y muchos de ellos llevan un helicóptero para este fin.

Una modalidad de pesca de altura que había caído en el desuso antes de fines del siglo XIX, porque el recurso se había sobrecapturado en el hemisferio norte, experimentó un nuevo aumento en 1905 cuando los balleneros iniciaron sus capturas en aguas antárticas. Se puede afirmar que entre 1910 y 1924, el 50% de las capturas anuales de ballenas de todo el mundo se realizaron en aguas australes.

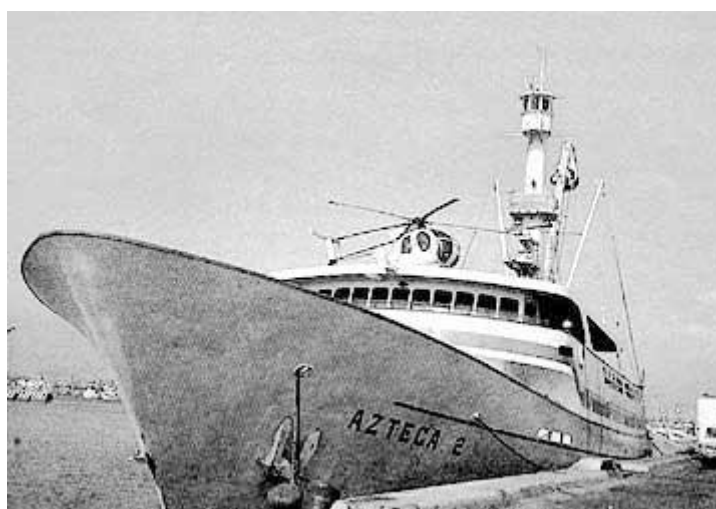


Figura 14. Atunero Azteca, con su helicóptero.

Esta industria recibió un nuevo impulso en 1925, cuando inició sus operaciones el primer barco-fábrica moderno con una plataforma de deslizamiento a popa para izar las ballenas a bordo y en el que puede realizarse la faena en cubierta. En la temporada ballenera antártica de 1937-1938 se capturaron 46 mil ballenas y en 1964-1965 se cazaron 30 mil ballenas entre los balleneros ingleses, noruegos, japoneses y soviéticos. Después de esa fecha hasta 1980 la captura descendió a 10 mil animales, gracias a las medidas de regulación de las capturas.

La caza de ballenas, en general, se inició con pequeños y resistentes barcos de vapor de unas 300 toneladas, 20 metros de eslora y velocidad de 10 nudos, denominados "cazadores". Los cetáceos se matan con el cañón lanza-arpón que maneja el capitán arponero, después de que las ballenas han sido localizadas mediante el sonar o por los vigías situados en la cofa del barco.

Una vez muerta la ballena, desde el barco se le inyecta aire comprimido bajo la piel o tegumento para que no se hunda, y después se remolca hasta la "planta ballenera terrestre" para procesarla y tratar de aprovechar al máximo tanto grasa como tegumento, carne y huesos.

Existen dos tipos de barcos factoría: aquellos que trabajan anclados en bahías protegidas y los que se desplazan continuamente en mar abierto; ambos reciben la captura de los barcos-cazadores.

Potentes grúas suben las ballenas a bordo, donde primero se saca el tocino con ayuda de cuchillos especiales y gúinches para depositarlo en trozos en ollas para extraer la grasa y el aceite. La carne se corta en pedazos de 20 kilogramos y la de mejor calidad se congela para el consumo humano, la restante se deposita en las ollas para extraerle el aceite. Los huesos se cortan con sierra mecánica y de ellos también se obtiene aceite. Toda la ballena es utilizable, hasta los residuos se emplean como abono. Estas operaciones se realizan en medio de un olor repugnante, cuando el periodo de captura y procesamiento sobrepasa las 15 horas, lo cual era muy desagradable para las poblaciones humanas situadas cerca de las plantas balleneras terrestres.

Los barcos factoría modernos alcanzan enormes proporciones, como es el caso del barco *Balaena*, construido en 1946, que desplaza 32 mil toneladas y tiene una eslora de 175 metros, con una capacidad de carga de 19 150 toneladas; posee 10 calderas para fundir la grasa y 22 para el tratamiento de los huesos y otros desperdicios. Aparte de estas características, este barco es importante por ser el primer barco factoría ballenero que instaló un sistema de congelación a bordo, permitiendo congelar la carne de calidad para el consumo en fresco en los lugares de destino.

Generalmente los barcos arponeros que trabajan en dependencia con el barco factoría, son parecidos a un arrastrero pequeño y utilizan tanto el arpón explosivo como el arpón eléctrico.

La necesidad de capturar peces en aguas cada vez más lejanas de la base de origen de la flota pesquera, ha ocasionado la construcción de grandes unidades que, al mismo tiempo que pueden servir de fábricas flotantes para el adecuado tratamiento de los productos que van obteniendo, sirven de apoyo a los barcos pesqueros.

Las embarcaciones dedicadas a la pesca de altura y gran altura que tienen que alejarse de sus puertos base, han experimentado dos modificaciones principales para mejorar de manera notable su rendimiento. La primera consiste en el abandono de la pesca por el costado, para realizarla por la popa. La segunda corresponde a los procedimientos de conservación de la captura.

Cuando los barcos de pesca hacen sus viajes a distancias cercanas a la costa y los volúmenes de pesca capturados son pequeños, la conservación de la pesca puede efectuarse con medios elementales, a veces incluso sin ellos, aunque el más frecuente es el de salarla ligeramente y enhielarla, procedimientos que en la

actualidad siguen utilizándose en circunstancias semejantes, pero con la tendencia a incorporarse en el barco los sistemas de enfriamiento.



Figura 15. Desembarque de carne de ballena en Japón.

Cuando los barcos pesqueros se alejan más de la costa, la pesca tiene que ser conservada a bordo durante días, y para esto es necesario habilitar medios más adecuados para conseguir la conservación y el almacenamiento en frío, lo cual se logra con el simple empleo de hielo mezclado con la pesca, o estableciendo instalaciones frigoríficas, en las que la pesca se congela a muy bajas temperaturas, menos de 40° centígrados.

A lo largo de la historia, la construcción de barcos ha sido un reto para el talento del hombre, quien ha respondido desarrollando una habilidad excepcional en cuanto a transformar materiales para darles una aplicación especial. La construcción de balsas y más tarde de embarcaciones en las cuales aventurarse por la superficie de los mares, ha requerido de una gran inventiva.

ENTRE las embarcaciones que transportaban únicamente mercancías y las que sólo admitían pasajeros, se intercalaba toda una serie graduada de barcos cargueros y barcos mixtos de pasaje y carga, que podían llamarse de una o de otra forma según predominara una de estas actividades. En la actualidad, con base en acuerdos internacionales que reglamentan el transporte de personas, se considera como de pasajeros todo barco que lleve más de 12, aunque su diseño y construcción sean muy variados.

Los convenios internacionales se han acordado pensando que el pasaje es la carga más importante que puede transportar un barco y la que merece y exige más comodidades y seguridad. El hundimiento del *Titanic*, que navegaba en un mar en calma pero que se produjo al chocar con un iceberg, la noche del 14 de abril de 1912, en su viaje inaugural, perdiéndose 1 500 vidas por la falta de cupo en los botes salvavidas, marcó un momento histórico al que se han agregado las experiencias de catástrofes marinas posteriores para el establecimiento de las reglas que deben cumplir todos los barcos y, en especial, los de pasajeros.

Los primeros barcos exclusivos de pasajeros llevaban además del motor un aparejo completo para navegar con velas, tanto para ayudar a las máquinas como para sustituirlas en la propulsión en caso de averías, sobre todo para la ruptura del eje de la hélice, circunstancia que ocurría con frecuencia antes de que se utilizara el acero en su construcción. El perfeccionamiento de las máquinas que se dio en la última década del siglo pasado, permitió suprimir las velas presentándose el hecho curioso de que un número de antiguos barcos de pasaje acabaron convertidos en veleros, porque sus finas líneas los hacían capaces de alcanzar regular velocidad y muchos de ellos ya tenían fama, como el *Pereire* y el *Ville de Paris*; sin embargo, la instalación de hélices dobles contribuyó a que desapareciera la mayoría de ellos.

Poco a poco, conforme los países contaron con mayores medios para la construcción de grandes embarcaciones, los diseños de los barcos de pasajeros se fueron modificando y en un principio desplazaban 2 500 toneladas, como los que atraviesan el Canal de la Mancha y el Mar del Norte, entre el continente y las Islas Británicas, y posteriormente han evolucionado hasta alcanzar las 83 mil toneladas, como el desaparecido *Normandie*, destruido por un incendio; esta embarcación fue una obra maestra en la construcción naval, con 160 mil caballos de fuerza en su motor, lo que le permitía alcanzar velocidades adecuadas para reducir el tiempo de su travesía trasatlántica en beneficio de los pasajeros y que sólo ha sido superado por el Queen Mary, que utilizaba 200 mil caballos de fuerza.

En la construcción de estos grandes barcos de pasajeros se siguen normas dictadas para su mayor seguridad y que regulan las características que presentan, como el forro del casco, los dobles fondos, la separación máxima entre las divisiones para construir camarotes, comedores, salas, los sistemas de detección y protección contra incendios, los botes salvavidas, etcétera.



Figura 16. Trasatlántico Queen Elizabeth II.

Los diseños para el desplazamiento de estos grandes trasatlánticos están dados por el número de pasajeros que transportan, así como el lugar por donde vayan a navegar y la categoría del barco; por ejemplo, un barco de lujo que navega por los trópicos debe prever 35 toneladas de desplazamiento por pasajero; el que cruce trópicos en sus viajes, unas 25 toneladas, y el dedicado al transporte de clase turista, aproximadamente 16 toneladas.

La superestructura de estos barcos tiene varios pisos, en los que se localizan, abajo de la cubierta principal, las máquinas y las bodegas. Los que están sobre esa cubierta llevan los camarotes, los salones de recreo y baile, las piscinas, etcétera, dejando espacios al aire libre.

El barco *Queen Elizabeth II* tiene 13 niveles, con incomparables espacios para el placer del pasaje, gran lujo y 4 050 metros cuadrados de cubierta al aire libre con varias piscinas, canchas de tenis y otros juegos. Estas características lo hacen un barco estilo soberbio, que en el momento actual se considera el más grande del mundo. Este barco en sus diferentes bodegas transporta animales domésticos y automóviles propiedad de los pasajeros; en su itinerario conecta América con Europa a través de los puertos de Nueva York y Cherburgo.

Este majestuoso barco ha sido remodelado con meticulosa precisión, y en 1987 vuelve a zarpar, combinando su travesía trasatlántica con el vuelo de otra de las naves más avanzadas de la era actual, el supersónico *Concorde*. Como nuevas instalaciones incluye un centro de deportes, baños jacuzzi al aire libre, restaurantes con moderna decoración, gran diversidad de boutiques de lujo, un nuevo centro de convenciones y T.V. vía satélite.

Tiene programadas 21 salidas diferentes, combinadas con 30 fechas de vuelo del *Concorde*, entre abril de 1988 y enero de 1989; dentro de estas travesías, el *Queen Elizabeth II* tratará de superar el récord de velocidad de crucero. Esta fabulosa travesía por mar y cielo llevará a los pasajeros de Nueva York a Londres y vuelta a Nueva York.

En estas embarcaciones con superestructura alta, el efecto del viento puede producir balances cortos y bruscos que serían muy incómodos para los pasajeros y si la estabilidad de estos barcos fuera poca, los balances serían alarmantes; por ello, la llamada "estabilidad inicial" con que se diseñan y construyen estos barcos de pasajeros es muy grande y, además, en su construcción se agregan mecanismos estabilizadores para lograr que el usuario no resienta los movimientos del mar y el viaje resulte placentero.

La superestructura del barco es siempre larga y ocupa la parte central del casco, lo que se aprovecha para darle resistencia longitudinal, dejando la zona de proa y popa libres para otro tipo de actividades, como las recreativas. Cuando se trata de poco pasaje y clase única, suelen disponerse los camarotes en la zona central que es en donde se siente menos el balanceo o las cabeceadas del barco.

Si la embarcación tiene diferentes categorías de pasajeros sigue reservándose la zona central para el pasaje de primera clase, pudiendo ser la superestructura más larga hacia popa, reservándose esa zona para el pasaje de segunda o tercera según el caso; también se consideran como camarotes de mayor lujo los que dan al exterior y se encuentran en los niveles más altos de la superestructura.

El *Cunard Princess*, de 17 600 toneladas de desplazamiento, 164 metros de eslora y 23 metros de manga, desarrolla una velocidad de 21 nudos, tiene 8 cubiertas para pasajeros, destinándose la quinta a los de primera especial, la tercera y cuarta a primera, y la segunda a tercera, quedando la primera para los salones comedores y diversiones, además se destinan 2 150 metros cuadrados de cubierta al aire libre para descanso y recreación de los pasajeros.

Cuando las casetas que contienen a los camarotes, en la superestructura, no ocupan toda la manga, es decir el ancho del casco, dejan pasillos para esparcimiento del pasaje, con la ventaja, además, de que los camarotes que dan a ellos pueden tener amplias ventanas de forma rectangular en vez de las clásicas portillas redondas o claraboyas, quedando así protegidos por la cubierta superior, como si fuera un toldo, lo cual ayuda a que la travesía sea más agradable, sobre todo cuando se navega en los trópicos.

En los alojamientos, tanto del pasaje como de la tripulación, debe procurarse que las literas o camas estén orientadas de proa a popa y con cabecera hacia proa por razón de la navegación propia del barco. En los barcos de gran lujo estos camarotes se encuentran equipados con radio, teléfono, televisión, aire acondicionado y baño con servicio de regadera.

Los comedores suelen instalarse en las cubiertas bajas para el mayor acercamiento al centro de gravedad y así lograr que los balanceos del barco se sientan menos y para que queden cerca de la cocina, evitando que los olores de la comida se escapen e invadan otras áreas, lo que podría resultar muy desagradable para el pasaje.

La altura de estos comedores puede ser de dos entrepuentes y las columnas que refuerzan su construcción son adornadas artísticamente para disimularlas, esto les permite ganar espacio y una presentación lujosa. Aunque este gran comedor tenga ventanas amplias, la iluminación se incrementa con luz artificial, que constituye un motivo más de ornamento. Las comidas siempre son abundantes, ya que la brisa del mar y la falta de preocupaciones suelen abrir el apetito.

Existe además un salón principal para presentar las variedades artísticas que también se llevan a cabo en los centros nocturnos, los cuales durante el día o la tarde se transforman, generalmente, en salones de cine, salas para conferencias o en lugares para ofrecer fiestas particulares; hay bibliotecas, donde algunos pasajeros pueden leer o escribir; hay galerías de compras, donde se adquieren distintos tipos de mercancías de los diferentes puertos que toca el barco; se cambian cheques; existen salas de estética, salones fumadores, etcétera. Todas estas instalaciones se encuentran en las diferentes cubiertas, procurando que coincidan una sobre otra, con pasillos en donde se marca claramente la dirección a seguir para ir a la cubierta de botes; esta preocupación se debe a que son lugares en donde se concentra el pasaje.

Los sistemas para salvamento de los barcos de pasajeros son muy completos y constan de "salvavidas individuales" y de "botes salvavidas", los cuales, debido al número de pasajeros que transportan, son colocados o estibados en pescantes individuales en cada una de las cubiertas o se colocan uno sobre otro, para poderlos subir o arriarlos por medio de pescantes comunes en la cubierta principal.

Los barcos que hacen las travesías cortas y no de placer, como por ejemplo, en el Canal de la Mancha, en el Mediterráneo, en el Mar Báltico, en el de Irlanda y en el de Japón, suelen ser rápidos para poder realizar muchos viajes y así recuperarse económicamente de tener poca capacidad para llevar pasaje, aunque se les autorice aumentar su capacidad, llevando un número corto de pasajeros en cubierta, sin poner en peligro a la embarcación debido a la

duración reducida de la travesía.

Las principales características de los barcos de pasaje trasatlánticos se han ido modificando desde que se iniciaron las famosas compañías navieras, que fueron originadas por la necesidad de prestar el servicio de navegación a través del Atlántico, estableciéndose la competencia casi en seguida de haberse construido los primeros vapores.

La línea naviera inglesa Trasatlántic Steam Ship Company fue una de las primeras, fundada en Liverpool en 1838; años más tarde, el joven inglés Samuel Cunard fundó la famosa compañía Cunard que hasta la actualidad sigue funcionando y es la que opera el *Queen Elizabeth II*, al *Sagafjord*, al *Vistafjord*, al *Sea Goddess I y II*, al *Cunard Countess* y al *Cunard Princess*.

El mayor trasatlántico de pasajeros que se había construido fue el *Queen Elizabeth I*, de 83 mil toneladas y de 400 metros de largo; fue destruido por un incendio en 1972 y sólo ha sido superado por el *Queen Elizabeth II*.

Durante aproximadamente 150 años, los trasatlánticos han competido por el honor de ganar la "blue riband" del Atlántico o sea la "cinta azul", al cruzar el océano en un tiempo cada vez más corto. La travesía se mide desde el Bishop's Rock frente a las Islas Scilly. Inglaterra, hasta el buque-faro *Ambrose*, cerca de Nueva York. La distancia total es de 2 949 millas náuticas. Actualmente, tiene la marca el trasatlántico *United States*, que obtuvo la distinción en 1952. La travesía más rápida que jamás haya hecho un barco inglés fue la del *Queen Mary* en 1946, en un viaje de 3 días, 15 horas y 48 minutos, y en la actualidad el *Queen Elizabeth II* tiene programado romper este récord.

El *Queen Mary*, que en 1936 era el barco de pasaje más grande, más lujoso y más famoso del mundo, enlazó por mucho tiempo a Europa con Nueva York, siendo utilizado durante 30 años por las más famosas celebridades del mundo artístico y del político. Durante la segunda Guerra Mundial los ingleses lo utilizaron para el transporte, a gran escala, de sus tropas, para lo cual fue acondicionado, y cuando finalizó la guerra lo remodelaron para que reiniciara sus lujosos viajes a través del Atlántico.

En 1966 el barco dejó de operar y en la actualidad ha sido transformado en hotel de gran lujo, anclado en Long Beach Harbor, California; además del servicio de alojamiento, tiene montados un museo, acuarios, tiendas y restaurantes que permiten que se realice un recorrido fascinante durante tres horas. Los acuarios fueron instalados por el famoso oceanógrafo Cousteau y en el recorrido se puede conocer la historia de esta embarcación, así como la de la navegación comercial y de guerra.

Otros países también han desarrollado sus flotas de barcos de pasajeros; por ejemplo, España cuenta con dos trasatlánticos actuales, el *Cabo San Roque* y el *Cabo San Vicente*, armados por la Sociedad Española de Construcción Naval en 1957 y 1959, respectivamente, y destinados a cubrir la ruta Mediterráneo-América del Sur. Estos buques de 18 000 toneladas de desplazamiento, tienen una eslora total de 170 metros, una manga de 21 metros, velocidad de 22 nudos y capacidad de 900 pasajeros.

En Francia, en 1953, el Parlamento acordó la resolución de que el prestigio de ese país debía seguir presente en el Atlántico Norte y en 1954 decidió la

construcción de un trasatlántico.

Ocho años de estudio, trabajo y ensayos realizados por la Compañía General Trasatlántica Francesa lograron un ejemplo típico de barco de pasaje de perfecta estabilidad, excelente aislamiento acústico y máximas condiciones de seguridad. Recibe el nombre de *France* y desarrolla la ruta entre Le Havre y Nueva York cubierta también por sus célebres antecesores *Normandie* e *Île de France*. Fue su madrina la esposa del general De Gaulle.

De registro británico son los cruceros "Princess": el *Island Princess*, *Pacific Princess*, *Royal Princess*, *Sea Princess* y *Sun Princess*; enormes trasatlánticos que surcan los mares del mundo.

El *Sea Princess* viaja a China, al sureste de Asia hasta Australia haciendo un nuevo recorrido de Sydney, Australia, a las Islas del Pacífico Sur como Bora-Bora, Moorea, Rarotonga, y hasta Nueva Zelanda. Es un barco con capacidad para 730 pasajeros, 27 670 toneladas, 211 metros de longitud y desarrolla 20 nudos de velocidad. Cuenta con cinco pisos, donde están distribuidos los diferentes servicios como los camarotes, suites, tiendas de diversa índole, restaurantes, casinos, albercas en cubierta, teatro y otros tipos de atractivos.

El *Royal Princess* realiza una ruta desde el Golfo de Alaska, Escandinavia, Unión Soviética y el Mediterráneo. Otra ruta es hacia el Canal de Panamá, yendo del Caribe de San Juan, Puerto Rico, a Acapulco, México.

El *Island* y *Sun Princess* son barcos más pequeños y realizan viajes más cortos, como el que efectúa el *Island Princess* en la "Riviera Mexicana" tocando los puertos de Mazatlán, Puerto Vallarta, Cabo San Lucas, Zihuatanejo, Ixtapa y el famoso Acapulco, llevándolo a cabo en una semana.

El *Achille Lauro*, de registro italiano, realiza cruceros por el Mediterráneo oriental del norte para visitar Egipto e Israel, por el Mediterráneo oriental del norte para las islas griegas y Estambul, y por el Mediterráneo occidental para ir a España, el norte de África y las Islas Canarias. Tiene un tonelaje de 24 mil toneladas métricas de registro bruto, 196 metros de eslora, 25 metros de manga, 18 nudos de velocidad, cuenta con 6 cubiertas para pasajeros y capacidad de 850 pasajeros.

Además de estos grandes barcos de pasaje existen para el servicio turístico otro tipo de embarcaciones: los hidrofoil, los catamaranes y los transbordadores.

Los *hidrofoil* también son conocidos como barcos "hidroala", porque se consideran entre avión y barco. Estas embarcaciones pesan poco y son construidas con aleaciones ligeras; solamente algunas partes del barco, los refuerzos, se construyen con acero de alta resistencia. Tienen su casco en forma de "V" de poca eslora, provisto de dos juegos de patines o de alas huecas, un par a proa y otro a popa, proyectados por debajo del casco y sujetos a éstos por tirantes hidrodinámicos. Levan equipo propulsor de gran potencia, dos hélices a popa y dos timones que funcionan combinados.

Cuando el hidrofoil está en reposo o navega a poca velocidad flota sobre el agua como cualquier otra embarcación, pero a medida que va ganando velocidad sus alas levantan por completo el casco, ayudadas por la inclinación de los ejes de las hélices, ofreciendo una mínima resistencia, lo que permite que gane más

velocidad y pueda llegar a los 80 nudos, es decir, 148 kilómetros por hora, siendo notable la facilidad con que navega sobre las olas.

Los de mayor tamaño pueden transportar hasta 250 pasajeros repartidos entre la cubierta principal y la inferior, o bien, 150 pasajeros y ocho automóviles. Por lo corto de sus travesías, carecen de camarotes, pero cuentan con posibilidades para el servicio de bebidas y comidas. El puente de mando, a pesar de la poca duración de travesía, lleva sistemas de alarmas, radares, un compás giroscopio y equipo de radiofonía.

Los *catamaranes* deben su nombre a una balsa o embarcación primitiva originaria del Océano Índico, de mucha estabilidad, gracias a que tiene dos flotadores laterales. Se aplica este sistema, generalmente, a embarcaciones deportivas; pero existe un nuevo tipo de barco llamado así también por tener dos cascos separados por un túnel. Son barcos rápidos que se utilizan en travesías cortas.

Los *transbordadores* son embarcaciones empleadas para el transporte de personas, mercancías, ganado, automóviles, camiones, trenes, etcétera, en travesías cortas, tales como el paso de un río, la boca de una laguna litoral, y para dar servicio entre islas próximas. Se les conoce internacionalmente como "Ferry"; en México se cuenta con los que hacen el viaje entre el continente y la península de Baja California.



Figura 17. Transbordador en Mazatlán, Sinaloa.

El desarrollo de la industria turística en el océano está cambiando constantemente para poder prestar servicios al hombre, lo que ha traído como consecuencia la mejor comunicación entre los pueblos del mundo, pudiendo intercambiarse ideas de las diferentes culturas y acercar cada vez más al hombre para lograr su mejor entendimiento en beneficio de toda la humanidad.

LA INVESTIGACIÓN de los océanos se ha desarrollado a grandes pasos a partir del siglo XVII, en que los viajes a través de los mares se intensificaron gracias a los esfuerzos de los descubridores que, generalmente guiados por su afán de conseguir riquezas, se aventuraron a conocer otros países del planeta, aportando los primeros conocimientos sobre este misterioso medio que

representan los océanos.

La expedición del *Challenger* fue el primer esfuerzo con bases científicas para estudiar a los mares del mundo, por lo que se preparó con mucho tiempo y gran minuciosidad, tomando las experiencias de dos expediciones que la precedieron, las que realizaron el *Lighting* y el *Porcupine*, que permitieron perfeccionar los nuevos métodos para el trabajo del *Challenger*, sin escatimar gastos para lograr que la expedición tuviera todos los medios, tanto en personal como en equipo.

La oceanografía ha ido evolucionando cada día más y los barcos contruidos para este fin fueron cambiando sus diseños de acuerdo con los objetivos de los estudios que se han llevado a cabo en las diferentes especialidades de esta ciencia, pero todos se basaron en las experiencias recogidas por el *Challenger*, y todo esfuerzo realizado en los siglos XVIII y XIX ha continuado la obra inglesa contenida en 50 volúmenes a la que se ha llamado la "Biblia de los oceanógrafos".

Actualmente, la gran diversidad en el diseño y construcción de los barcos de investigación ha dado lugar a un cuestionamiento sobre cuál es el barco ideal para la investigación oceanográfica.

Para contestarlo se necesita determinar a qué tipo de investigación se va a dedicar, ya que son diferentes las necesidades para oceanografía geológica que para investigaciones pesqueras; también se tiene que tomar en cuenta si se trabaja en estuarios o lagunas, mares cerrados o bahías, en los mares tropicales o polares.

Cuando se trata de investigar en estuarios, lagunas, litorales, bahías, mares cerrados o cerca de la costa, se pueden utilizar embarcaciones pequeñas de 6 a 10 metros de eslora, con motor fuera de borda o estacionario, siendo aconsejable que tenga caseta para resguardar el equipo científico y para proporcionar mayor comodidad al personal durante su trabajo.

También se hace necesario que la embarcación cuente con algún sistema para orientarse y así poder reconocer con cierta exactitud las estaciones de muestreo; además, de ser posible deben contar con equipos de sondeo, para conocer las profundidades en que se trabaja y los típicos fondos para lanzar, con seguridad, los equipos evitando el riesgo de perderlos. En muchos países las embarcaciones recreativas se transforman para poder realizar estos estudios.

Los veleros han sido utilizados por algunos países para realizar investigación oceanográfica en los litorales. Los oceanógrafos noruegos, científicos altamente habituados al mar, han adoptado el sistema de velero en el buque oceanográfico que opera para el laboratorio de Bergen, el *Armader Hansen*, velero de 18 metros de eslora que desplaza 58 toneladas, y que tiene un motor auxiliar de 60 caballos que le permite maniobrar en los puertos y en las estaciones oceanográficas.

A pesar de su tamaño pequeño, este buque de investigación puede acomodar a 6 científicos que trabajan en un laboratorio de 12 metros cuadrados, además, cuenta con espacio para 4 tripulantes. Desde 1913 ha realizado numerosos cruceros en el Atlántico Norte hasta Groenlandia, demostrando que un velero, aunque pequeño, puede realizar una gran labor científica y afrontar los embates del mar.

En Suecia fue utilizado un gran motovelero de 72 metros de eslora, el *Albatros*, que desplazaba 1 400 toneladas y que realizó, en 1947, la expedición organizada por el famoso oceanógrafo Petersson, que tenía por objeto extraer cilindros de muestras del fondo del océano de más de 20 metros de longitud.



Figura 18. Buque oceanográfico Albatros, sueco.

Las características del *Albatros* se diseñaron tomando en cuenta la posibilidad de almacenar los 300 cilindros de muestras extraídas de estos fondos, el poder operar el pesado y complicado aparato de sondeo; asimismo, el que se pudieran realizar los análisis a bordo y alojar al personal que debe vivir más de un año en el buque. Por esto, contaba con 16 camarotes para el personal científico, 6 laboratorios, un cuarto oscuro para el laboratorio fotográfico, biblioteca, dos bodegas para almacenar las muestras recogidas, dos grandes bodegas con cuarto frío para los alimentos y camarotes para la tripulación.

Cualesquiera que sean las características de los buques de investigación oceanográficos, deben reunir condiciones básicas como: una gran estabilidad, ser muy marineros, es decir, que realicen la navegación con facilidad y seguridad, y estar provistos de las instalaciones especiales que exigen los programas de trabajo. También tienen que contar con un equipo que permita conocer, con la mayor precisión, la posición del barco, ya que para el científico que lleva a cabo una estación oceanográfica esto es indispensable.

La localización exacta de las estaciones no ofrece dificultades a la vista de la costa, pero lejos de tierra, la situación astronómica no permite siempre la suficiente precisión, por lo que, además de poseer un aparato receptor-emisor de telegrafía, el buque oceanográfico debe ir también provisto de aparatos modernos de radionavegación como, por ejemplo, el girocompás y el piloto automático, radioteléfono, radiogoniómetro, radiotransmisor, radiofacsimil y navegadores por satélite.

Además tienen que ir equipados con instrumentos de registro y cómputo, para obtener y registrar la información durante la campaña de investigación, como son: sonar, radar, ecosondas, graficadores y grabadoras, estaciones meteorológicas computarizadas, registradores continuos de salinidad y temperatura, fluorómetro, compresores de aire de alta capacidad y computadora.

Cuando se está trabajando en pleno océano, son raros los días de calma que

permitan que el barco se mantenga más o menos inmóvil; sin embargo, esta condición es indispensable para el mejor resultado de las operaciones, por lo que la línea del buque oceanográfico debe ser estudiada profundamente, con el fin de que ofrezca la máxima estabilidad, aunque, a la fecha, no se ha logrado eliminar totalmente el movimiento del barco, cuando se detiene para llevar a cabo el muestreo.

El oceanógrafo francés Cousteau aplicó en su barco *Calypso* un procedimiento simple e ingenioso para reducir al mínimo el balanceo del barco, diseñando dos flotadores de caucho que coloca fácilmente a los lados del casco. Estos flotadores desempeñan el papel de las batangas de las piraguas polinésicas, atenuando el movimiento del barco cuando disminuye o detiene su marcha.

Los investigadores norteamericanos diseñaron en 1963 un extraño navío, el llamado *FLIP* (Plataforma de Instrumentos Flotantes), utilizado por primera vez en el programa "Barbados Oceanographic and Meteorological Experiment", *BOMEX*, realizado en el Océano Atlántico en una zona entre el este de Barbados y el norte de la línea del ecuador llamada "de las calmas ecuatoriales", donde se originan huracanes debido a la interacción termal entre el aire y el agua de esa zona oceánica.

Este programa fue coordinado por Environmental Science Services Administration, utilizando barcos de superficie, aviones y satélites, incluyendo al *FLIP*, barco que mantiene su popa sumergida y la proa hacia arriba y proporciona a los investigadores una plataforma submarina, muy estable para colocar delicados instrumentos de medición. Este diseño se hizo tomando en cuenta la influencia del oleaje, que penetra a muy pocos metros bajo la superficie del mar, a pesar de que está considerada como una de las más colosales fuerzas de la naturaleza, capaz de derrumbar edificios enteros y de zarandear a los más grandes barcos trasatlánticos.

Cuando esta embarcación llega al lugar de trabajo puede, operando complicados mecanismos, colocarse en posición vertical, quedando la mayor parte del *FLIP* semisumergida, y por lo tanto, en las aguas tranquilas que hay debajo del oleaje, por lo que resulta perfectamente estable y ofrece a los oceanógrafos la oportunidad de hacer determinaciones precisas.

El *FLIP* no tiene motores y para trasladarse de un lugar a otro tiene que ser remolcado. Cuando se lastra llenando de agua los tanques que tiene a lo largo del navío, su proa se levanta poco a poco y la popa queda sumergida.

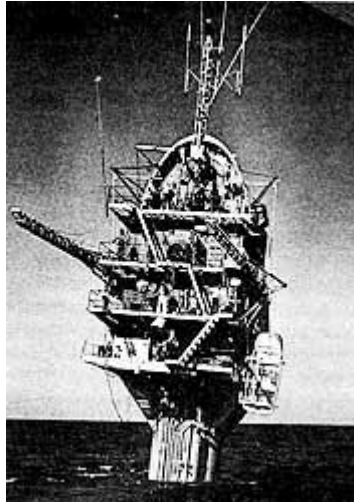


Figura 19. FLIP: Plataforma de instrumentos flotantes.

El laboratorio de investigación queda por encima de la vivienda, en la que han llegado a pasar 45 días seguidos los 10 hombres que la ocupan.

Pesa 600 toneladas y tiene 105 metros de eslora. Cuando se coloca en posición vertical, quedan 90 dentro del agua en comparación con el mayor barco de pasajeros, el *Queen Elizabeth*, que tiene sólo 12 metros de calado.

En los buques de investigación el mando de las expediciones oceanográficas se debe localizar en el puente y desde este punto se dirige el trabajo que se efectúa a bordo; por lo tanto, tiene que contar con un espacio en donde el comandante del barco y el jefe de la misión oceanográfica se pongan de acuerdo para fijar el rumbo y el emplazamiento de las estaciones. En el puente también se localiza el equipo de navegación y electrónico.

La cubierta de los buques de investigación debe quedar lo suficientemente libre para permitir la instalación del equipo científico y para que los técnicos puedan manipular sus muestras. Deben existir en ella los "puestos de operación" desde donde se lleva a cabo el lanzamiento y la recuperación de instrumentos y equipo oceanográficos, para lo que se tienen que instalar diversos tipos de cabrestantes y de gúinches. En los de investigación pesquera en la cubierta se hace parte del proceso de la muestra, así como la reparación de las redes para el muestreo, por lo que tienen que diseñarse con condiciones específicas para realizar estas actividades.

En la construcción de estos buques de investigación se cuida que la popa tenga una solidez a toda prueba, adaptada para mover las sondas de profundidad, que pueden operarse a mano cuando bajan los instrumentos a 500 metros de profundidad como máximo, o por un motor eléctrico que puede bajar a los aparatos hasta los 10 mil metros. En los barcos para estudios biológicos, la popa tiene que diseñarse de tal modo que permita arrastrar redes y dragas para recoger a los organismos vivos del fondo o los sedimentos y muestras geológicas.

Todo buque de investigación debe estar provisto de uno o varios laboratorios con características especiales, según el trabajo que desarrolle: físicos, químicos, geológicos, biológicos o pesqueros. Cuando los barcos son grandes pueden realizar campañas largas y tienen que llevar, cuando menos, tres laboratorios de diseño versátil para atender diversos tipos de actividades científicas. La

cristalería, aparatos, frascos de productos químicos, etcétera, deben guardarse en sus armarios, asegurados de tal forma que no se rompan con los movimientos del barco. Las mesas de laboratorio tienen un marco que las rodea para evitar que, aun en mal tiempo, se puedan caer y romper la cristalería y los aparatos científicos.

También es indispensable que los laboratorios estén provistos de agua dulce y agua salada y que posean circuitos eléctricos de diferente voltaje. El laboratorio en donde se realiza el trabajo de análisis químico, debe tener un dispositivo para almacenar las botellas oceanográficas que al girarse queden dentro del laboratorio, y fácilmente llegue la muestra a su proceso, al mismo tiempo que las botellas vacías quedan a disposición de los técnicos para montarlas y mandarlas nuevamente al mar.

Los buques de investigación pesquera, que realizan su trabajo principalmente con peces, tiburones, crustáceos y moluscos grandes, tienen que disponer de una bodega para guardar las artes de pesca y equipo adecuado para procesar la captura. Su diseño cambia de acuerdo con el tipo de pesca que realizan, pudiendo ser arrastreros para capturar recursos del fondo del mar, o cerqueros para capturar los que nadan en la superficie. En la actualidad, se han diseñado los de pesca múltiple que tienen equipos mixtos que pueden realizar ambos tipos de captura. El equipo hidroacústico es también indispensable en este tipo de embarcaciones.

Sería muy difícil contar con un buque de investigación en ciencias del mar que reuniera todas las condiciones para desarrollar estudios en sus diferentes ramas, ya que generalmente alguna de ellas domina; a veces las facilidades para estudios fisicoquímicos predominan sobre las que se necesitan para los estudios biológicos, sin embargo, las instituciones de los países desarrollados tienen embarcaciones que reúnen muchas de estas características o su diseño permite que se modifiquen según el trabajo que se realiza.

Actualmente, Francia cuenta con la nave de investigación *Presidente Tissier* del Instituto Científico y Técnico de la Pesca Marítima, así como los buques del Servicio Hidrográfico de la Marina Francesa, *Amiral Mouchez* y *La Prouse*, que se dedican, de manera fundamental, a investigar la topografía submarina.

Los noruegos utilizan su barco *Armader Hansen* en campañas de estudio en la Antártica. Los suecos han armado su magnífico velero *Albatros* con el que han explorado todos los océanos del mundo. Los daneses tienen el *Dana II* en oceanografía física en el Atlántico y en el Mediterráneo. Los ingleses cuentan con el *Discovery*, cuyas campañas en aguas antártidas han contribuido grandemente al conocimiento de este océano. Los alemanes tienen el *Meteor* y los holandeses el *Willebot-Snellius*, con los que han estudiado el Atlántico.

Los soviéticos navegan en todos los mares en campañas oceanográficas, utilizando barcos de diseño modernista como el *Akademic Nipovich*, equipado con los instrumentos más avanzados de la época. Los Estados Unidos tienen cuatro buques principales de investigación: *Hellen Scripps*, *Jordan*, *Alaska* y *New Horizon*, que realizan cruceros de investigación en todo el mundo empleando el equipo más moderno que existe en la actualidad.

En México existen Varios buques de investigación en ciencias del mar, por lo que la Comisión Intersecretarial de Investigación Oceanográfica (CIIO) preparó el

Catálogo de buques oceanográficos, con el fin de proporcionar a la comunidad científica la información que le permita programar sus actividades y establecer la coordinación con otras instituciones y así lograr un mejor aprovechamiento de estas embarcaciones.

La Secretaría de Marina cuenta con varios buques para hacer investigaciones oceanográficas en el campo de la física, química, geología y biología marinas, y para la formación de personal altamente capacitado. El buque hidrográfico B.H. *Mariano Matamoros* (H-01), de 67.9 metros de eslora, 9.9 de manga, desplaza 1 275 toneladas con velocidad de crucero de 10 nudos y autonomía de 14 días, puede alojar 14 científicos y opera en las costas del Pacífico mexicano siendo su puerto base Manzanillo, Colima. Tiene un laboratorio seco y otro húmedo, dos plataformas de muestreo y un güinche mecánico en popa; el equipo electrónico con que está equipado lo forman el navegador por satélite, el radar, el Lorán, el radiogoniómetro y la ecosonda.

El *Dragaminas 20*, buque oceanográfico H-02, navega en el Golfo de México y Mar Caribe teniendo como puerto base Veracruz, Veracruz; con eslora de 56.27 metros por 10.20 de manga, velocidad de 11 nudos, autonomía de 15 días con alojamiento de 15 científicos, tiene tres laboratorios: uno húmedo, uno seco y otro de análisis químico; está adaptado para los cuatro campos de la oceanografía y también para investigación geofísica; como equipo electrónico lleva navegador por satélite, radar, Lorán, ecosondas para aguas someras y ecosonda para profundas.

Otro buque de la Secretaría de Marina es el B/O *Altair* H-05 que opera en el Golfo de México y Mar Caribe y tiene como puertos base Frontera, Tabasco y Veracruz, Veracruz; es una moderna embarcación con 69 metros de eslora por 12.30 de manga, con una velocidad máxima de 9.5 nudos. Este buque tiene una autonomía de 27 días y aloja a 18 científicos que pueden trabajar en sus dos laboratorios; está equipado con computador, facsímil, navegador por satélite, radar, Lorán y ecosonda de aguas profundas.

Además esta Secretaría cuenta con el buque escuela B/E *Cuauhtémoc*, que está integrado al Programa Nacional de Meteorología Marina. Es un velero de tres palos con 23 velas que fue construido en los astilleros Celaya de Bilbao, España; mide 90.50 metros de eslora, 12 de manga y 2 370 metros cuadrados de velamen. Su calado es de 4.80 metros y tiene una capacidad de desplazamiento de 1 800 toneladas; la potencia de su motor es de 1 125 caballos de fuerza y alcanza una velocidad máxima de 11 nudos.

El *Cuauhtémoc* está destinado a viajes largos; su capacidad total es para 275 tripulantes: 20 oficiales, 30 oficiales de mar, 135 hombres de maestranza y marinería y 90 estudiantes o cadetes que se preparan como personal del Servicio Naval Nacional.

Este buque escuela está equipado con los últimos adelantos en materia de navegación y tiene todo tipo de comodidades como aire acondicionado y produce varias toneladas de agua potable. Su equipamiento es de lo más avanzado y moderno, posee girocompás y repetidor, compás magnético, radares, ecosonda, radiogoniómetro, facsímil para cartas meteorológicas y navegador por satélite Omega, entre otros.

Por acuerdo con la Secretaría de Pesca, la Secretaría de Marina opera los

barcos de investigación pesquera *Alejandro de Humboldt* y *Onjuku*.

El *Alejandro de Humboldt* H-03, arrastrero por popa, construido en Alemania, de 43 metros de eslora y 10 de manga, velocidad de 12 nudos y autonomía de 28 días, puede alojar 8 técnicos. Tiene equipo hidroacústico moderno: cuenta con tres ecosondas y un ecointegrador; además de su radio, tiene un navegador por satélite Omega, que le permite obtener situación exacta en su operación. Tiene dos laboratorios y equipo moderno para procesar y congelar al pescado que se captura durante su trabajo. Su puerto base es Mazatlán, Sinaloa, y cubre todo el Pacífico mexicano.

El arrastrero por popa *Onjuku* H-04, construido en Japón, tiene 40 metros de eslora por 13 de manga, con capacidad para 9 científicos y autonomía de 40 días. Cuenta con un laboratorio de biología pesquera y con equipo electrónico moderno como tres ecosondas y un navegador por satélite.





Figura 20. Buques de investigación de México: *Altair*, Secretaria de Marina, *Alejandro de Humboldt*, Secretaria de Pesca y *Puma*, UNAM.

Su área de trabajo es el Golfo de México, donde realiza prospección de nuevos recursos pesqueros y su puerto base es Ciudad del Carmen, Campeche.

La Secretaría de Pesca opera un grupo grande de buques de investigación y capacitación pesquera. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) llegó a México en 1970 el barco *Antonio Alzate*, construido en Holanda, con 24 metros de eslora y 7 de manga, velocidad de 10 nudos, autonomía de 22 días y capacidad para 5 técnicos. Tiene un laboratorio para procesar la captura y complejos aparatos electrónicos. Es un barco de pesca múltiple, utilizado principalmente en el Golfo de California.

El Instituto Nacional de Pesca, dependiente de la propia Secretaría, cuenta con una flota de buques de investigación pesquera (BIP) formada por once embarcaciones.

En el Océano Pacífico operan los *BIP I* y *II* que son barcos tipo camaronero de 22.16 metros de eslora y 6.65 metros de manga, velocidad máxima de 9.5 nudos equipados con radar y ecosonda, con puerto base en Manzanillo, Colima, y cada uno puede alojar cuatro científicos; el *BIP XI* tiene como puerto a Guaymas, Sonora, es un arrastero de 22.56 metros de eslora y 7.32 de manga, velocidad de 10 nudos, autonomía de 15 días, equipado con navegador por satélite, radar, Lorán, radiogoniómetro, sonar y ecosonda de fondo y de superficie; puede alojar 6 científicos.

En el Golfo y el Mar Caribe trabajan el *BIP III*, con puerto base en Yucalpetén, Yucatán, de 12.3 metros de eslora por 4 de manga y velocidad de 7 nudos, equipado con navegador por satélite, radar y ecosonda de superficie y fondo, tiene capacidad para 4 científicos; el *BIP VII* de Ciudad del Carmen, Campeche, de pesca múltiple, con 12.2 metros de eslora y 4.06 de manga, equipado con Lorán, radiogoniómetro y ecosonda de fondo y superficie, puede llevar dos científicos, y el *BIP IX*, que hace investigación en oceanografía pesquera, está en Tampico, Tamaulipas, tiene 22.55 metros de eslora por 7.31 de manga, velocidad de 10 nudos, capacidad para 5 científicos y está equipado con radar, Lorán, sonar y ecosonda de fondo y superficie.

Además, la Secretaría de Pesca cuenta con embarcaciones de capacitación, que también se llegan a utilizar en programas de investigación pesquera, éstas

son: el *Genaro Estrada* y el *Padre Kino*, de 27 metros de eslora y 7 de manga, 9 nudos de velocidad y puerto base en Mazatlán, Sinaloa.

Los otros buques de capacitación pesquera son los *UNICAP* del I al XVI, que operan en ambos litorales; la mayoría son de pesca múltiple, con 14.94 metros de eslora por 4.93 de manga y velocidad máxima de 10 nudos, equipados con radar, Lorán y ecosonda; sus principales puertos de base son: Ensenada, Baja California; La Paz, Baja California; Guaymas, Sonora; San Blas, Nayarit y Manzanillo, Colima.

La Secretaría de Educación Pública también cuenta con una flota considerable de barcos de capacitación, que pertenecen a la Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar y son aprovechados para realizar investigaciones; entre ellos destaca el B/M *Columbia 3/82* que es un arrastrero con capacidad para 15 investigadores, autonomía de 30 días, eslora de 20.30 metros y manga de 6.0, velocidad de 12 nudos, equipado con navegador inercial; su puerto base es Mazatlán, Sinaloa.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes tiene el B/E *Náuticas México*, para la capacitación de oficiales de Marina Mercante, puede llevar 14 instructores; su autonomía es de 48 días, con 150.5 metros de eslora y 21.0 de manga, velocidad de 18 nudos y equipado con navegador por satélite, radar, Lorán y ecosondas de superficie y de fondo.

Por último, la Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, tiene dos modernos buques oceanográficos: el B/O *Puma*, abanderado en 1980, con puerto base en Mazatlán, Sinaloa, y el B/O *Justo Sierra*, abanderado en 1982 y que se localiza en Tuxpan, Veracruz; en ambos se desarrollan las diferentes disciplinas de investigación en ciencias del mar, ya que están diseñados para realizar múltiples operaciones en las diversas ramas de estas ciencias.

La eslora de estos buques es de 50 metros y la manga de 10.3, con velocidad de crucero de 13.5 nudos y autonomía de 25 a 30 días. Sus sistemas de propulsión y mando permiten, además de un desplazamiento regular, maniobras de movimiento lateral y giratorio.

El alojamiento para la tripulación y los científicos es confortable y funcional. El *Puma* alberga a 20 técnicos y el *Justo Sierra* a 21, que pueden trabajar en un laboratorio de uso general, un laboratorio húmedo, un laboratorio de biología, un laboratorio de recepción y preparación de muestras e instrumentos, una central de registro y cómputo, una sala de cartografía; además cuentan con salón de clases y biblioteca, sala de conferencias, taller mecánico y de electrónica y congeladores para la conservación de las muestras.

Están equipados con navegador por satélite, navegador Omega, girocompás y piloto automático, radares de 10 y 3 cm, radiogoniómetro, radiotransmisores, radiofacsimil e instrumentos de registro y cómputo como: computadora central MINC-II digital, graficadores y grabadoras, ecosondas y sonar, estaciones meteorológicas computarizadas y registrador continuo de salinidad y temperatura. Además, pueden llevar otros equipos, como diferentes tipos de redes y dragas de acuerdo con el programa que estén desarrollando.

No obstante la aparente abundancia de navíos oceanográficos y de investigación pesquera, los grandes océanos de nuestro planeta encierran una

multitud de incógnitas, lo que hace que el número de barcos destinados a realizar largas campañas de investigación, resulte muy limitado. Esto hace indispensable que los países, en lugar de competir entre sí por un dominio económico y gastar tanto dinero en operaciones bélicas, unan esfuerzos e inviertan fondos para incrementar estos buques de investigación y así conocer mejor nuestros mares, lo cual beneficiaría a la humanidad en su conjunto.

POR puerto se puede entender "un lugar de la costa, natural o artificial, protegido de los temporales, en el cual los barcos pueden permanecer al abrigo de éstos y realizar tanto las operaciones de carga o descarga como las de reparación o de mantenimiento que requieran".

Estos puertos se iniciaron cuando el hombre trató de proteger a sus barcos de la fuerza de los elementos del mar; primero utilizó las ensenadas, las bahías y las desembocaduras de los ríos, sin embargo, se encontró con el problema de las mareas, ya que en pleamar podía entrar y salir de estos lugares naturales de abrigo, pero en bajamar y con el azolve que generalmente se presenta en estas áreas sus embarcaciones quedaban varadas sin posibilidades de hacerse al mar.

Los puertos fueron complicándose, primero con la instalación de muelles para facilitar las maniobras de carga y descarga, posteriormente se construyeron instalaciones para lograr que siempre mantuvieran la misma profundidad, a pesar de la bajamar, inventándose así las esclusas; la más antigua que se conoce es la de "Damme" que permitía el acceso al puerto de Brujas, Bélgica, y que se reporta desde el año 1180.

Otro problema que enfrentó el hombre fue la defensa de sus aldeas de la invasión de otros hombres, y empezó a rodear sus rústicas instalaciones portuarias con empalizadas, haciendo posteriormente muros, hasta llegar a las grandes fortalezas.

Este esfuerzo culminó con la construcción de los puertos artificiales, con los que el hombre protegía su "zona costera" por medio de diques, muelles, dársenas y otras instalaciones. Los puertos artificiales fueron proliferando en todas las costas del mundo, siendo los primeros reportados los construidos en Alejandría.

Actualmente se considera, además de los "puertos naturales", como los que se han instalado en las bahías u otras zonas costeras cerradas, el llamado "puerto artificial", concepto que implica la existencia de complejas instalaciones especializadas cuyo diseño y estructura ha ido cambiando de acuerdo con las necesidades que el desarrollo de la humanidad ha ido planteando, hasta llegar a instalaciones de inmenso valor y complejidad. Esta transformación de los puertos ha sido paralela a la de los medios de transporte terrestre y marítimo que confluyen en el puerto, buscándose la mayor rapidez y eficacia en los servicios y rentabilidad en las inversiones.

El desarrollo del ferrocarril y la aplicación de la máquina de vapor a la navegación, hechos prácticamente simultáneos, redujeron el tiempo empleado

en el traslado de las cargas, tanto por tierra como por mar y, sobre todo, permitieron fijar calendarios y horarios en el transporte. Como la inversión en estos medios de transporte para el comercio creció rápidamente, el intercambio de productos entre los pueblos se incrementó, lo cual trajo como resultado la necesidad de crear puertos cada vez más especializados, por lo que, en un principio, éstos fueron mixtos y más tarde se fueron transformando según las actividades para las que eran utilizados.

Las instalaciones generales con las que en la actualidad cuenta un puerto se pueden dividir en cuatro grandes grupos: "obras de abrigo y acceso", "obras de atraque, tráfico y almacenamiento", "equipo para la manipulación de las cargas" e "instalaciones para la reparación y mantenimiento de los barcos".

Las *obras de abrigo y acceso* son las destinadas a proporcionar protección contra la acción de los elementos naturales, como los "diques de abrigo" o "rompeolas", que son fundamentalmente de dos clases, según el modo en que resistan el oleaje: "escolleras", que rompen la ola, y "diques verticales", que se encargan de reflejarlas.

Las escolleras están formadas por elementos sueltos depositados en el mar, que pueden ser rocas grandes, bloques de cemento que en ocasiones se construyen con cuatro brazos, llamándoseles tetrápodos, y en los últimos tiempos se utilizan costales de fibra rellenos con cemento que se colocan uno sobre el otro dentro del agua y al fraguar se endurecen quedando sólidamente unidos, formándose así la escollera. Una vez que queda bien asentada, es posible pavimentar sobre ella un camino por donde pueden circular vehículos y personas.

Los diques verticales están contruidos con elementos rígidos, en forma de grandes cajones de hormigón armado que se fondean sobre una base de cimentación y se entrelazan originando una pared vertical por el lado del mar, en donde la ola rebota, reflejándose así el oleaje. Para construir estos diques de abrigo, se toman en cuenta: la altura de la ola, el ángulo del talud y el peso y densidad del material que se utilizará.

Entre estos diques de abrigo y la costa queda una zona en la que el agua está más o menos tranquila, donde las embarcaciones pueden fondear y realizar el resto de su maniobra.



Figura 21. Características de un puerto: 1. Estacionamiento para autos y camiones; 2. Bodegas de almacenamiento; 3. Oficinas; 4. Edificio de abastecimiento; 5. Patio de maniobra; 6. Muelle de descarga; 7. Grúa y; 8. Barco atracado al muelle.

Para entrar al puerto se establecen canales de navegación calculados durante la bajamar y preparados convenientemente, por medio del dragado o de diques de encauzamiento; por estos canales son remolcados los barcos de gran calado hasta llevarlos a atracar en el muelle, cuya altura se calcula siempre para la pleamar.

Las *obras de atraque, tráfico y almacenamiento* son las instalaciones que facilitan la operación del puerto y entre las principales se encuentran: los muelles de atraque o fondeaderos donde quedan amarrados los barcos; los patios de estacionamiento, donde se detienen los trenes o camiones, y las instalaciones de depósito y clasificación de las cargas transportadas.

Los muelles de atraque ofrecen un parámetro vertical de suficiente calado para que los buques puedan atracar de costado, y una superficie horizontal suficientemente ancha donde se depositan las cargas. El pavimento del muelle debe ser muy resistente para soportar el intenso uso que representa el tráfico portuario. Para los muros del muelle se emplean diferentes técnicas, entre las más usuales están las que utilizan bloques de hormigón, cajones y pilotes de cemento o de madera.

Los diferentes tipos de muelles también llevan elementos complementarios que son, esencialmente, los medios de amarre y las defensas, y los pavimentos, canalizaciones y vías para el tráfico.

El *equipo para la manipulación de las cargas* es la maquinaria que se utiliza para facilitar el tráfico portuario, y está formado por poleas, cabrestantes, grúas tanto manuales como mecánicas, tolvas, succionadores mecánicos, etcétera. Este equipo varía mucho según el tipo de puerto, así como el avance del país al que pertenece. En los puertos comerciales ha alcanzado su máximo desarrollo y llama la atención la gran cantidad de grúas que se mueven sobre rieles para llegar a descargar un barco que transporte pacas de algodón, o las grandes succionadoras que vacían las bodegas de los barcos cargueros.

Las *instalaciones para la reparación y mantenimiento de los barcos* son indispensables para lograr que la navegación sea mejor, y las principales son los diques secos, dique flotante y varaderos.

La limpieza del casco del barco es una actividad que se tiene que llevar a cabo con cierta periodicidad y debe hacerse poniendo el casco en seco, aunque actualmente se están desarrollando técnicas para poderlos limpiar sin sacar el barco del agua.

Para colocar el barco fuera, se utilizan los "diques secos", cunas en forma de casco de barco, situadas bajo el nivel normal de las aguas y provistos de una puerta, que los cierra o abre según las necesidades, y un sistema de bombas que permiten el llenado o vaciado del dique. Quitada la puerta, la cuna se llena de agua y el barco entra; al cerrar la puerta, se bombea el agua del interior, con lo que el barco queda en seco, sostenido por una serie de apoyos de hierro o de madera que se ajustan a la forma del casco. Una vez terminada la reparación y

limpieza del casco, se deja entrar agua de nuevo y el barco sale.

El dique flotante es un barco con su casco en forma de U, con capacidad para aceptar barcos de menor calado, que entran en la cuna y luego, por medio de bombas, se saca el agua para poder trabajar en la limpieza del casco; posteriormente, se inunda y sale el barco ya listo para continuar navegando.

El varadero es una plataforma inclinada que tiene rieles; su extremo distal entra al agua y se prolonga según el tamaño de los barcos que se van a trabajar; por el riel se desliza un carro en forma de cuna quedando debajo del casco de la embarcación, el cual se fija y después con un cable se arrastra el carro ayudándose con un gúinche hasta que sale del agua para poder llevar a cabo los trabajos de limpieza y reparación del casco. Estos diques y varaderos se complementan con instalaciones auxiliares como muelles, talleres, almacenes, bodegas, laboratorios electrónicos, etcétera, con menor o mayor importancia según sea el tipo de reparación que se pretenda hacer.



Figura 22. Grúas de descarga en el puerto.

De acuerdo con su funcionamiento, los puertos se distinguen en cuatro tipos principales: "comerciales", "pesqueros", "deportivos" y "militares"; en muchos cascos pueden desempeñar todas estas funciones, siendo entonces "mixtos". También existen puertos que, dentro de su empleo comercial, se especializan en mercancías concretas, como los que manejan productos líquidos y los que tienen instalaciones para carga sólida o los puertos fábrica.

Los *puertos comerciales* representan un complejo sistema que tiene como finalidad el transbordo de las mercancías desde el barco hasta el transporte terrestre y marítimo, procurando tener el menor costo, la mayor rapidez y las mínimas pérdidas por avería o deméritos. Para todo esto, su localización se decide en un lugar que tenga fácil acceso, próximo a las líneas comerciales marítimas y terrestres de importancia y facilidades de flete, o sea, de entrada y salida de mercancía de todos los países.

Los puertos comerciales tienden, cada día, a la especialización para desarrollar sus actividades; actualmente se distinguen los muelles dedicados a los diferentes tipos de mercancía, como los de: carga en general, petróleos,

graneles líquidos no petrolíferos, graneles sólidos, pasajeros, etcétera.

Cuando las mercancías no salen de la zona de tránsito en un corto número de días, pueden causar embotellamiento y dificultar la operación de los otros barcos que están listos para atracar. Es por ello que esta área básica de tránsito tiene que ser auxiliada con la existencia de otras áreas y de almacenes llamados "zonas segundas", a donde pasan las mercancías cuando por una causa administrativa o contractual no pueden salir de inmediato.

A veces la mercancía tiene que ser tratada en el puerto, para realizar un paso de su proceso o para cambiar alguna condición especial en que se encuentra; por ello algunos puertos tienen estas facilidades de transformación industrial, lo que da origen a los llamados "puertos-fábrica".

En algunas terminales portuarias se manejan cargas unitarias de gran volumen y peso, como alternadores o transformadores para centrales eléctricas, grandes máquinas para la industria, vagones o locomotoras; para ello se utilizan las carbias o grúas flotantes que están montadas sobre un casco o pontón y que se atracan a un lado del buque, sacan la carga y, posteriormente, navegan hasta otra parte del muelle donde la depositan en camiones o vagones especiales que se acercan al borde del mismo. En ocasiones estas grúas tienen potencias de elevación que varían entre 25 y 400 toneladas.

Los principales productos líquidos que se mueven en los puertos son los petrolíferos, aunque también se manejan aceites, sebos y vinos. Estos productos se transportan en buques-tanque. Las instalaciones portuarias dedicadas a este tipo de mercancía se componen de muelles con una plataforma en el sentido del costado del barco, montada sobre pilotes u otro sistema ligero, en donde se encuentran las tuberías que van hasta los tanques de almacenamiento del producto. La conexión con los barcos se hace por brazos metálicos articulados o por tramos de tubería flexible. Los amarres entre la embarcación y el muelle se hacen por medio de ganchos de disparo rápido que pueden soltarse velozmente, en caso de peligro.

En los muelles que manejan productos petrolíferos o inflamables, las instalaciones de seguridad contra incendio y explosiones tienen diseños especiales y deben encontrarse en perfecto estado.

Los *puertos pesqueros* no han tenido una evolución uniforme a lo largo del tiempo; su desarrollo ha sido irregular. En algunas regiones, la pesca continúa siendo artesanal y se realiza con barcos pequeños, muy cerca de la costa y con permanencia corta en el mar. Para atender las necesidades de estas flotillas bastan puertos muy pequeños con instalaciones sencillas.

Sin embargo, para la pesca industrializada que se lleva a cabo con grandes barcos, se hace necesaria la "terminal pesquera" con instalaciones especiales para realizar labores de carga y descarga, procesamiento del producto, almacenamiento, aprovisionamiento de la embarcación y reparación.



Figura 23. Puerto deportivo.

Otro tipo de puertos son los *deportivos* o de recreo, en los que se observa la especialización más moderna de este tipo de instalaciones; su existencia no llega a 50 años y está ligada a la elevación del nivel de vida de algunos países, que han incrementando su actividad dentro de los deportes náuticos.

Estos puertos se caracterizan por tener, además de las instalaciones generales de un puerto, una superficie de agua abrigada, con línea de atraque suficiente, tanto para las embarcaciones que tienen el puerto como base, como para aquellas que llegan de visita; espacios en tierra para el estacionamiento de vehículos y para la reparación y depósito de las embarcaciones; locales comerciales para implementos deportivos; suministros de agua, electricidad, carburantes, y lavanderías, servicios higiénicos, etcétera.

Los puertos o bases *militares* tienen que presentar características que permitan la protección contra la fuerza del mar y contra el enemigo; su emplazamiento obedece a razones de estrategia militar que, a su vez, depende de las fluctuaciones de la política internacional. Su entrada debe ser angosta y con posibilidades de ser minada o defendida por redes que la cierren completamente, para evitar la sorpresa de la flota enemiga dentro del puerto. Sus muelles no precisan grandes extensiones, tienen que disponer de lugares protegidos para depósitos de combustibles, polvorines y acuartelamiento. La posibilidad de defenderse contra los ataques aéreos también es importante y por eso se sitúan con preferencia en las costas montañosas. Las instalaciones de grúas para la carga y descarga, así como para reparar a los buques, tienen que ser modernas y funcionales y no es necesario, por el contrario, contar con muchas comunicaciones por tierra; de ser posible esta comunicación debe ser una sola, fácilmente vigilable.

La tendencia actual en el diseño y construcción de las instalaciones portuarias, hace que los puertos sean cada vez más especializados, aunque sus diseños tienden a aprovechar al máximo sus instalaciones y se han ido concentrando en zonas accesibles en las costas de los mares del planeta. La arquitectura y la ingeniería portuaria se desarrollan para llegar posiblemente a la instalación de una red portuaria mundial.

DE ENTRE todas las realidades y posibilidades que el mar ofrece a la humanidad, las rutas marítimas" que el hombre ha trazado a través del tiempo son de gran trascendencia y satisfacen la necesidad de incorporar el océano a su medio de vida, logrando la posibilidad de cruzarlo en todas direcciones y hacer accesible cualquier punto por lejano que se halle.

La razón del tránsito marítimo que se ha desarrollado radica en las crecientes necesidades de la humanidad, tanto comerciales como turísticas e industriales. Las rutas marítimas, para ser consideradas como tales, requieren tener permanencia, y representan vías por donde fluye una corriente continua de viajeros y de mercancías, significando un medio de servicio a la economía.

Las rutas marítimas se fueron estableciendo para satisfacer las necesidades crecientes de los pueblos alejados, para poder intercambiar sus productos elaborados y sus materias primas de toda clase, ya fueran en materia de alimentación o en general para todo su desarrollo económico. Los primeros pueblos con interés comercial que la historia reporta son los egipcios.

Aunque el egipcio no fue un pueblo de elevadas dotes maríneas y comerciales como el fenicio, o más tarde el griego, la experiencia que sus hombres lograron con la navegación fluvial, pudieron utilizarla en el mar en expediciones de envergadura, como la comercial que realizaron al país de Punt, en la costa meridional de Somalia, en el año de 1500 a.C., de donde importaban productos de perfumería y animales exóticos, a cambio de las manufacturas egipcias.

Se cuenta que sólo el faraón poseía barcos capaces de aventurarse por el "Gran verde", construyéndolos en el Líbano, lo que simplificaba el transporte de la madera para la construcción de su casco. Estos navíos alcanzaban hasta 50 metros de eslora por 17 metros de manga, tenían una vela rectangular y dos remos fijados a la popa que servían de timón.

El faraón estaba interesado en conseguir los productos de lujo que podía proveerle el Oriente. Un canal que unía el Delta oriental a los Lagos de Maer y al Golfo de Suez, permitía a los navíos llegar a Arabia, Ur, al fondo del Golfo Pérsico y a la desembocadura del Indo. El comercio exterior de Egipto se veía limitado a los deseos del faraón y se consideró desproporcionado con respecto a la riqueza del país.

Si Egipto era un Estado cerrado, Mesopotamia, por el contrario, fue abierta, creando la más brillante civilización comercial de la época. Hasta el norte, su tráfico era tan desarrollado que mercaderes asirios se establecieron en colonias en el corazón de Asia Menor y trabajaban como agentes que realizaban importaciones y exportaciones para Mesopotamia.

Con la comercialización nacen los documentos mercantiles y se transmiten pagarés y letras de cambio. Se reporta que en Mesopotamia no se pensó en acuñar monedas pero se inventaron las formas modernas del comercio como son la cuenta corriente, la orden de pago, el cheque, el cheque-trigo, cheque-cebada, y el cheque-metal plata.

Paralelamente a la formación de los grandes imperios terrestres de Egipto y Mesopotamia, surgió en Creta un auténtico imperio marítimo, basado en el poder

de la riqueza proporcionada por el comercio y no en el de las armas.

La isla de Creta, situada a medio camino, por vía marítima, de las altas culturas de la antigüedad, posiblemente desempeñó el papel de agente comercial intermediario en la cuenca oriental mediterránea para convertirse en el primer pueblo fundamentalmente marino de la historia. Sus naves comerciales pusieron en contacto las grandes civilizaciones del mundo antiguo. Fue un primer contacto que estableció el desarrollo internacional de la economía y representó un valioso ejemplo para los pueblos que posteriormente navegaron para realizar el comercio.

Más tarde, al llegar a la llamada Edad de Bronce, se produjo una especie de "fiebre del estaño": marinos cretenses navegan por toda la orilla mediterránea en busca de este metal, básico en aquella nueva era de la historia.

Sus naves llegaron hasta Sicilia para importar mineral y exportar aceite, vino y productos manufacturados, especialmente púrpura y objetos de cerámica y bronce. Este activo comercio promovió una ola de prosperidad económica, sobre la que se estableció una de las más brillantes culturas de la antigüedad, la "minoica", que fue rica y muy activa.

En la primera mitad del segundo milenio anterior a la era cristiana, el dominio naval cretense en el Mediterráneo fue muy grande, y de los cretenses aprendieron el arte de navegar los fenicios, y más tarde los griegos, los cuales heredaron sus rutas y métodos.

La Edad de Bronce representa algo más que una simple división del tiempo; constituye la definición de todo un tipo de economía y el inicio de los itinerarios marítimos.

El estaño, elemento indispensable para la fabricación de bronce y, por tanto, materia prima para muchos productos útiles al hombre, existía en abundantes cantidades en las "islas Casitérides", tierra considerada como misteriosa y difícil de localizar, por encontrarse en un océano poco conocido en el Mar del Norte, y por eso entonces no debió ser frecuentada por los pueblos civilizados.

Acerca de estas islas se sabe poco, ya que no se ha logrado establecer su situación precisa, pues por haber sido de gran importancia comercial, los fenicios guardaron el secreto de la llamada "ruta del estaño", por la que ellos solos navegaban, recurriendo a numerosas maniobras para mantener en secreto su localización.

La historia habla del emporio comercial griego de "Tartessos", situado en el extremo oeste del Mediterráneo en lo que actualmente es España, antes que los fenicios establecieran allí su dominio comercial. En Tartessos se comerciaba con metales, suscitándose la rivalidad de los fenicios y después de los cartagineses, principalmente a causa del estaño, que tenían los tartesios en ese entonces como monopolio y que más tarde sería heredado por los fenicios.

La navegación tartesia tenía un gran radio de acción antes de la llegada de los fenicios, los cuales se situaron en Cádiz, antes Gadir, en el año 1000 a.C., y probablemente ellos ya habían comerciado con las misteriosas islas Casitérides. Así, los fenicios fueron discípulos de los tartesios en la explotación del estaño.

En el año 814 a.C., los cartagineses fundaron Cartago en el actual territorio de

Túnez, mientras las ciudades de Fenicia, Tiro, Sidón y Biblos quedaban esclavizadas por los asirios y babilonios; así, esta "Nueva Fenicia" se establecía lejos del alcance de aquellos conquistadores y podía desarrollar activamente su comercio.

La transformación económica que en el mundo antiguo se presentó debido a la actividad de los fenicios y los cartagineses es muy clara, y además transmitieron a los griegos, etruscos e iberos el alfabeto, cuyos signos tomaron diferente significado dependiendo del progreso de los pueblos que lo utilizaban.

En la época precartaginesa, el comercio fenicio asiático explotó los metales y además transmitió las formas del arte oriental en pequeñas figurillas de tierra, que imitaban el arte egipcio, babilónico y griego arcaico, pero como "miniatura". Y mientras imitaban los grandes temas de la escultura egipcia y mesopotámica, los fenicios no pusieron nada de su parte, ni siquiera en la construcción de sus sepulcros, los cuales imitaban las cajas de momias egipcias.

En este intercambio comercial se manejaron otros productos como la púrpura, los tejidos finos, los perfumes, las plumas de avestruz y muchos otros artículos, propiciando el desarrollo económico, y cuando Cartago comenzó a dominar extensiones de territorio en los continentes, este desarrollo se extendió también a otras actividades como la agricultura y la industria, que incrementaban la producción.

Existen muy pocos documentos que describan la forma exacta que tuvieron los navíos fenicios, debido quizá a que sus constructores procuraban mantenerla como secreto tecnológico; entre estos escasos documentos se cuenta con una reproducción de un barco fenicio en una escultura asiria, un bajorrelieve del palacio de Senaquerib, monarca que vivió a principios del siglo VII a.C. Se trata de un birreme, es decir, un barco con dos hileras completas de remos, dos a cada lado, que se considera como la más sencilla nave de guerra de aquella época. Muestra el espolón de la nave, colocado tradicionalmente en la parte más baja del casco del buque con el fin de abrir, en los de sus enemigos, una vía de agua por debajo de la línea de flotación.

Las rutas marítimas siguieron desarrollándose; las más antiguas son las que se establecieron en el Mediterráneo y sirvieron para llevar hasta Grecia los cereales que ésta necesitaba para su alimentación. Después se abrieron las que partiendo de este mar cerrado conectaron con las costas atlánticas. Los cartagineses fueron quizá los primeros en atravesar las "columnas de Hércules", el hoy llamado Estrecho de Gibraltar, para comerciar con Iberia.

Una de las primeras y más célebres de estas rutas marítimas fue la que permitió a los portugueses llegar hasta las Indias, doblando el Cabo de Buena Esperanza. Ésta se amplió posteriormente al extenderse a la China y al Japón, en el Extremo Oriente, y fue establecida como consecuencia de la desaparición de una ruta terrestre, la llamada "Ruta de las especias".

Las especias, clavo, canela, nuez moscada, pimienta, etcétera, ocupan un puesto importante en la condimentación de los alimentos y en la fabricación de medicinas en la Edad Media, y las caravanas las transportaban desde el sur de Asia hasta las costas del Mar Negro y del Asia Menor, en donde eran cargadas en las "galeras venecianas" y distribuidas por todo el mundo entonces conocido.

Posteriormente y movidos por el mismo empeño, otros navegantes, entre ellos

Cristóbal Colón y sus seguidores, descubrieron el continente americano. Lógicamente, portugueses y españoles trataron de ser los únicos en aprovecharse de sus descubrimientos, y así establecieron un monopolio para la importación de las riquezas de sus colonias, y la exportación a éstas de todo cuanto necesitaban para su desarrollo económico; para lograrlo formaron las famosas "Flotas de oro" que partían rumbo a la América Central cada dos años; de esta manera trazaron una ruta que se hizo clásica y así el oro y la plata de México y Perú llegaron a España.

A mediados del siglo XVI se habían establecido tres grandes rutas marítimas que conectaron Europa con América: la de las Indias, la de Centroamérica y la de América del Sur. En el siglo XVIII se incrementó el desenvolvimiento de estas rutas y, de manera paralela el de los puertos que con ello se beneficiaron.

Aumentó el tráfico con las Antillas, sobre todo el del azúcar, y se dirigió a Nantes y a Burdeos.

Un trascendental suceso para el desarrollo de las rutas marítimas a nivel mundial fue el descubrimiento del oro, primero en California en 1848, y luego en Australia en 1851. Esto trajo el establecimiento de dos nuevas líneas marítimas.

Aquellos que llegaban primero a tan alejados parajes eran quienes sacaban mejor provecho de sus cargamentos. Así, los veleros del tipo de los "clippers" hicieron verdaderas competencias de velocidad. Los astilleros de Nueva York y de Boston botaron los veleros considerados como los más hermosos y rápidos de todos los tiempos.

Gracias al oro, el Cabo de Hornos, que antes sólo era navegado por algunos bergantines y fragatas que lograban un tráfico de poca importancia entre las jóvenes repúblicas sudamericanas de Chile y Argentina, se animó notablemente, debido al intenso intercambio comercial. Esta actividad duró hasta los primeros años del siglo XX, pues el descubrimiento del precioso metal había provocado el desarrollo en la costa oeste de los Estados Unidos, y los grandes veleros seguían cargando el trigo y la avena en San Francisco y en los nuevos puertos del río Columbia.



Figura 24. Clipper *Cutty Sark*, uno de los más famosos del mundo.

Entre Europa y Chile se estableció una ruta marítima, merced al descubrimiento

del poder fertilizante de los nitratos o salitre, de los que contaban con inmensos yacimientos las provincias chilenas del norte.

Al abrirse el Canal de Panamá, hecho que coincidió con la progresiva desaparición de los veleros, la vía por Cabo de Hornos fue cada vez menos frecuentada, volviendo a disminuir su actividad.

La apertura del Canal de Suez adquirió mayor importancia, sobre todo con la generalización del barco de vapor, ya que la estrechez del Mar Rojo y el régimen de sus vientos hacían casi imposible el paso de los veleros de gran tonelaje. Por eso se puede decir que el canal ha devuelto al Mediterráneo su antigua importancia. Este mar, antes cerrado, se ha convertido en una activa vía comercial y de pasajeros, ya que los puertos existentes en las rutas de los barcos han permitido acrecentar su progreso y se han convertido en lugares para carga de combustible.

Una de las últimas rutas marítimas comerciales que se han abierto al tráfico, es la de la Bahía de Hudson; el 16 de agosto de 1932, en el muelle de Churchill, de reciente construcción en aquella bahía, amarraba por primera vez un barco, el mercante inglés *Pennyworth*, que desembarcó 400 toneladas de las más diversas mercancías: cuchillería, porcelana, mantas, juguetes, etcétera, además de 1 200 cajas de buen whisky escocés. Estos productos no iban destinados a los esquimales de esta región, el propósito era cargarlos en los vagones del nuevo ferrocarril para en su trayecto distribuirlos en el resto del Canadá.

Entre las antiguas rutas marítimas rehabilitadas en la actualidad, se encuentra la que une las costas del Atlántico de América del Norte con las de América del Sur. Durante mucho tiempo, el incipiente desarrollo de la industria del Brasil y de la Argentina obligó a estos países a adquirir los productos manufacturados, especialmente los de la industria pesada, en los Estados Unidos, a cambio de materias primas. Esta corriente de intercambio comercial se ha intensificado durante los últimos años, gracias a la exportación, siempre creciente del petróleo mexicano y venezolano a los estados americanos del Atlántico.

En la actualidad existe un gran número de rutas que unen a los pueblos del planeta y son el resultado del desarrollo del comercio entre ellos. Este comercio, que por desgracia no siempre ha sido edificante, debido al espíritu de lucro y posesión, es y será siempre el resultado de la energía humana, que además de aumentar riquezas, debe aumentar también los conocimientos, la comprensión y la solidaridad entre los pueblos.

LAS ACTIVIDADES MARINAS TURÍSTICAS COMO UNA INDUSTRIA DE LA ERA ACTUAL

EL AGUA, el Sol y el aire han gozado desde los tiempos más remotos de un prestigio bien ganado como medios para conservar y mejorar la salud; como en las zonas costeras y en el propio mar éstos son abundantes día a día, se incrementan las actividades marinas como parte de la industria turística de los

países que cuentan con costas y cada vez son más visitadas las playas de todos los continentes del planeta, construyéndose maravillosas ciudades a lo largo de ellas, rodeadas de lujosos hoteles, que a la entrada de la noche se convierten en un espectáculo de luces de colores dispuestas al borde del océano, pudiéndose complementar las magníficas realizaciones de la naturaleza con las del hombre.

En 1778 el capitán Cook pisó tierra en una de las playas de las Islas Hawai, descubriendo una de las regiones más bellas de la actualidad, en donde las dos montañas más grandes del mundo, medidas desde su base en el fondo del océano hasta su cima, el Mauna Loa y el Mauna Kea, forman la mayor de las Islas Hawai, que presenta grandes atractivos turísticos por su pesca deportiva, por las actividades que en sus aguas se pueden realizar y por el número de excelentes hoteles con que cuenta.

Otra de las islas hawaianas es Oahu, donde los reyes celebran sus reuniones y cuya capital, Honolulu, presenta maravillas naturales, que, combinadas a las modernas construcciones turísticas que el hombre ha realizado, son de gran atractivo, haciendo que la vida en esta encantadora isla sea una excitante y dinámica mezcla de Oriente y Occidente.

En Florida se encuentra otro de los lugares turísticos marinos más visitados del mundo, Miami Beach, isla de 12.8 kilómetros de longitud separada del Miami de tierra firme por la Bahía de Biscayne, cruzada por varias carreteras y puentes. Como el Sol brilla la mayor parte del año, sus 805 hoteles de lujo y gran lujo, así como sus playas y piscinas, son visitados los doce meses del año.

En Europa se localizan varias zonas turísticas de importancia; una de ellas es la Costa Brava en España, visitada por cientos de personas en busca de descanso. La Costa Azul es la costa mediterránea más famosa por sus centros de recreación; se extiende desde Marsella hasta la frontera italiana, cuenta con infinidad de poblaciones a la orilla del mar que ofrecen hermosos paisajes para el esparcimiento de miles de turistas que la visitan durante todo el año. Mónaco, puerto situado en la costa del Mediterráneo, al sureste de Francia, complementa el atractivo turístico de sus playas y paisajes con el famoso Casino de Montecarlo.

México cuenta con hermosas playas en ambos litorales, en las que cada día se incrementa su industria turística. En el Pacífico mexicano se encuentra la península de Baja California, que ofrece a los visitantes uno de los lugares más bellos; tiene 1 290 kilómetros de largo en los que se localizan montañas, salinas, desiertos y costas vírgenes, que son el destino favorito de cazadores, pescadores y amantes de la naturaleza debido a la gran diversidad de paisajes y recursos bióticos que posee.

La costa oeste de México tiene playas famosas por su paisaje y por las posibilidades de pesca deportiva, tales como: Guaymas, en Sonora, considerada como el centro más popular para la pesca deportiva; Puerto Vallarta, en el estado de Jalisco; Zihuatanejo y Acapulco, en el estado de Guerrero, con playas de aguas transparentes y cálidas.

La costa este de México presenta cinco puertos de gran interés turístico: Tampico, en Tamaulipas; Tuxpan y Veracruz, en Veracruz; Ciudad del Carmen y Campeche, en el estado de Campeche, con hermosas playas y magnífica comida regional, así como con ciudades de gran tradición histórica. El Caribe

mexicano es el más antiguo centro vacacional de México; hace miles de años los monarcas mayas visitaban las islas de Cozumel e Isla Mujeres o las playas de Tulúm y Cancún, para gozar de sus aguas de variadas coloraciones, únicas en el mundo.

Dentro de las actividades marinas que se han desarrollado en los tiempos actuales para impulsar a la industria turística, los deportes marinos ocupan un lugar relevante, señalando como los de mayor importancia a: la natación, el escafandrismo, la pesca submarina, la pesca deportiva, el esquí náutico y el surfing, el remo, la vela, la motonáutica y la acuariología.

Desde su aparición sobre el planeta, el hombre debió aprender a sostenerse instintivamente en el agua, puesto que el cuerpo humano flota en el líquido elemento; a continuación el desplazarse fue una consecuencia lógica al observar que otros animales utilizan sus extremidades como remos para avanzar, y se considera que así nació la natación.

La historia reporta que entre los griegos, los mejores y más famosos nadadores eran los nativos de la isla de Delos, y muestra de ello es la leyenda que cuenta que Leandro de Abydos atravesaba todas las noches el estrecho de Helesponto, más conocido hoy como estrecho de los Dardanelos, lo que se creía una hazaña imposible hasta principios del siglo XIX, en 1810, cuando el capitán Ekeweat y lord Byron lo atravesaron a nado utilizando una hora cinco minutos, tiempo que fue registrado como el de la primera prueba deportiva que menciona la historia para natación de medio fondo.

Se ha reportado que los japoneses fueron los primeros en establecer la enseñanza de la natación para los niños como se entiende en la actualidad; en el año de 1603 se emitió un edicto imperial donde se declara la natación como "obligatoria en educación escolar". En 1810, los japoneses organizaron la primera reunión de natación deportiva.



Figura 25. Caribe mexicano.

En 1837 los pueblos anglosajones dan el impulso definitivo a la natación fundando primero, en Londres, la Sociedad Nacional de Natación y, posteriormente, la Asociación Amateur de Natación; desde entonces, las competencias para mejorar los tiempos en todas las distancias se multiplican año con año en todo el mundo. Como ejemplo se tiene la primera travesía del

Canal de la Mancha realizada por el británico Matthew Webb que, en 1875, empleó 21 horas y 45 minutos. para atravesarlo. Con los años, muchos nadadores, hombres y mujeres, se han lanzado a la aventura logrando vencerlo; entre ellos se encuentra el nadador mexicano Daniel Pizá.

Al popularizarse la práctica de la natación, bien a través de las hazañas deportivas o por el contenido de los programas educacionales de las juventudes de todo el mundo, se contempla, actualmente, que cada día se incrementa la actividad en todas las playas y piscinas del mundo.

La *natación marina* constituye uno de los más bellos ejercicios deportivos, y es sumamente ventajosa para poder realizar otros tipos de actividades acuáticas; un escafandrista o un pescador submarino, buen nadador, se moverá con mayor facilidad y sin temor en el fondo del mar, y al salir a la superficie podrá vencer las situaciones difíciles que se le presenten.

En la natación se generaliza, cada vez más, el uso de las aletas, una prolongación artificial de los pies del nadador que le permite tener mayor propulsión que la que le confiere únicamente su esfuerzo muscular.

El *escafandristo* convirtió en realidad la exploración submarina por el hombre, al permitirle desplazarse en el seno del agua de manera autónoma, y gracias a los tanques de aire se pudo liberar de la dependencia de una bomba situada en la superficie y realizar movimientos totalmente libres.

Las escafandras han evolucionado hasta llegar a diseños que dan seguridad a los usuarios y constan de tanques de aire comprimido a 150 kilogramos por centímetro cuadrado, que se colocan en la espalda y de los que sale un regulador que se conecta con la boca del buceador, regulando la presión que necesita según la profundidad donde se encuentre, para así igualarla con la del medio ambiente.

El hombre provisto de la escafandra autónoma ha invadido el dominio que, hasta hace poco, era exclusivo de los peces y otros animales, permitiéndole gozar de insólitas bellezas, lo que ha hecho que la práctica del escafandristo se desarrolle como una actividad turística con gran porvenir.

La *pesca submarina* se inició como deporte en Europa alrededor del año de 1936 en aguas de la Costa Azul, utilizando los avances de la escafandra autónoma. Los pescadores submarinos franceses se inspiraron, sin duda, en la técnica de los pescadores japoneses y polinesios que desde tiempos inmemoriales acosaban a los peces en su propio elemento provistos de un arpón o lanzas y de lentes binoculares montados en madera, cuyos "vidrios" eran láminas de transparente carey.

La mayoría de los mares tropicales como el Mar Rojo, el Caribe y la Gran Barrera Australiana, son ideales para la práctica de la pesca submarina por la abundancia de peces que se encuentran en ellos y porque las aguas son transparentes y cálidas, asimismo, todos los pescadores submarinos y buceadores pueden disfrutar de la variedad y colorido de sus fondos coralinos.

La práctica de la pesca submarina debe ser cuidadosamente reglamentada, ya que la experiencia ha demostrado que en algunas regiones se abusa de ella; algunas especies han desaparecido totalmente, por lo que muchos países prohíben el uso de botellas de aire comprimido y otros sistemas que permitan la

inmersión autónoma, entendiéndose por tal aquella que no precise la salida del buceador a la superficie para respirar, ya que esto da grandes ventajas al hombre sobre los peces. Esta medida tiene que ser *adoptada por todos los países* para evitar que la fauna sufra un acoso constante disminuyendo en número y para que este bello deporte no se transforme en un asesinato de especies. Todo hombre tiene la obligación de conservar las bellezas naturales para él mismo y para las generaciones futuras.

La *pesca deportiva marítima* constituye un apasionante deporte que puede practicarse desde la costa o desde embarcaciones, utilizando el mismo equipo aunque con diversas adaptaciones, según sea el lugar y el pez que se quiera capturar. El equipo está formado por las "cañas", que deben ser largas, flexibles y livianas para hacerlas manejables por cualquier pescador; los "carretes", que presentan características especiales para cada uso y tienen tambores giratorios donde se enreda el hilo; los "anzuelos", cuyo diseño depende de lo que se va a capturar; y los "cebos", que pueden ser naturales, es decir, los procedentes de otros organismos tanto vegetales como animales, y artificiales, que representan un conjunto de imaginativos conceptos del hombre sobre los gustos nutritivos y el comportamiento de los peces.

La pesca desde la playa es la más simple y requiere tan sólo de una buena técnica de lanzado para que el pescador alcance la máxima distancia desde la orilla, con el fin de que pueda encontrar más peces y de mayor tamaño. También se puede hacer pesca desde los muelles y, en este caso, la línea se tiene que arrojar en forma casi vertical, requiriendo ser de un material resistente ya que sufre roces con las aristas rocosas o con los hierros sumergidos; además los peces tienden a refugiarse en cuevas, al sentirse en peligro, en el momento de morder el anzuelo, y es difícil sacarlos de ellas.

Los peces de aguas libres viven normalmente alejados de la costa y realizan migraciones periódicas que, a veces, los alejan aún más de los parajes de pesca deportiva; por esto se ha desarrollado la pesca desde embarcaciones, en las que se capturan especies pelágicas, es decir, las que viven en la superficie del agua, como sardinas, atunes, etcétera. Con la creación de nuevos métodos de pesca deportiva se ha empezado a capturar otro tipo de peces, como el marlín, que vive a ciertas profundidades, lo que agrega un nuevo atractivo a este apasionante deporte.

El *esquí náutico* se originó simultáneamente en la Costa Azul de Francia y en los Estados Unidos, en las décadas de 1920 y 1930; desde entonces, ha alcanzado la popularidad de ser practicado en todas las playas turísticas del mundo, llevándose a cabo multitud de competencias nacionales e internacionales.

Las modalidades del esquí acuático son, entre otras, el "eslalom", que consiste en pasar en zigzag por la parte exterior de seis balanzas, tres situadas a la derecha y tres a la izquierda de la embarcación de tracción; las figuras que se realizan con distancias, poses y giros del esquiador, se califican según su mayor o menor dificultad de realización, y las "pruebas de salto", que se desarrollan sobre rampas y sobre obstáculos.

El *surfing* es un deporte que toma su nombre de la palabra inglesa que significa oleaje, marejada o rompiente; se cree que se originó en las Islas Hawai a partir de 1778, cuando el capitán Cook al llegar al archipiélago pudo contemplar a los nativos subidos en una tabla, dejándose deslizar por encima de las olas. El

"surfing" se practica en las playas donde las olas rompen desde lejos, y el aficionado tiene que ser un buen nadador para poder entrar y salir fácilmente del mar; además, debe tener buen equilibrio y aprender a dominar las olas. Este deporte adquiere cada día más adeptos.

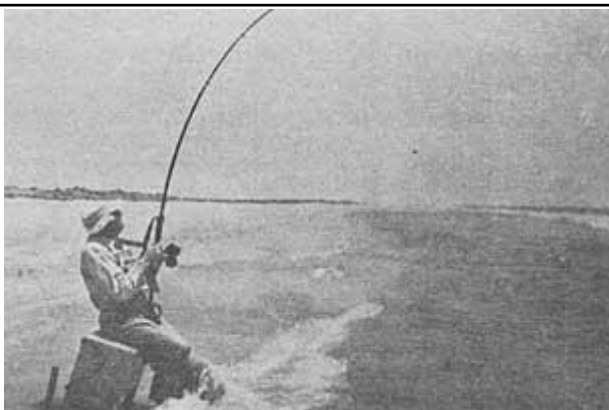


Figura 26. Deportes acuáticos.

La *vela* es un deporte de origen inglés llamado también *yachting*, palabra derivada del holandés que significa "seguimiento". Cada día surgen nuevos modelos, materiales, sistemas y técnicas que revolucionan su práctica y hoy las competencias de vela están perfectamente organizadas y controladas, de modo que los participantes se encuentran en igualdad de condiciones, lo mismo que las embarcaciones; un ejemplo de esto es la Copa América que se disputa cada año en aguas australianas.

Las embarcaciones de vela han proliferado, existiendo en el mercado gran variedad de tipos, que van desde la embarcación ligera, que puede ser una simple tabla con una vela usada como medio de locomoción para un paseo en aguas litorales, hasta lujosos y complejos barcos cruceros transoceánicos equipados con uno o más motores, que realizan viajes de placer. Entre ambos extremos se sitúa una amplísima gama de modelos de barcos que han requerido el establecimiento de una industria compleja para atender a esta actividad turística marina.

Otro atractivo turístico que se establece en los puertos del mundo se encuentra en una nueva técnica desarrollada, la *acuariología*, que permite llevar los seres del océano a acuarios, con el fin de que un número mayor de personas puedan admirar las bellezas que el mar atesora. Son famosos algunos acuarios, como los de Sea World en California, el de Nápoles en Italia, o el de Mazatlán en Sinaloa, México, donde gracias al adiestramiento que se ha podido dar a algunas aves marinas como pingüinos y mamíferos, como delfines, orcas y focas, se realizan espectáculos de exhibición que hacen el deleite de chicos y grandes.*+*+

Una de las aventuras más llamativas de la era actual son los *cruceros*, organizados para conocer distintas regiones marinas del mundo, a bordo de los barcos más lujosos que existen; por ejemplo, el navegar por las costas del Mediterráneo visitando Malta, Túnez, Costa Esmeralda, Elba, Porto Fino y Niza; o los cruceros entre las islas griegas que permiten admirar Creta, Santorini, Rodas, Estambul y Nicanor o los realizados por el maravilloso Caribe.

Toda esta actividad "turística marina" permite una mejor interrelación entre los pueblos, sin importar su lengua o costumbres, ya que aporta a la humanidad la posibilidad de recreación y de mantener contacto con todas las bellezas que la naturaleza le legó en el océano, desarrollándose así una nueva industria de la era actual.

EL AGUA del mar contiene sales minerales en una proporción promedio de 35 gramos disueltos en cada litro de agua, donde se hallan prácticamente presentes, en concentraciones variables, todos los elementos químicos

conocidos, y que forman los recursos minerales del mar. Las sales que se encuentran en proporciones constantes son: cloruro de sodio, cloruro de potasio, sulfato de magnesio y bicarbonato de calcio; además figuran, en cantidades pequeñas, los llamados oligoelementos, difíciles de determinar y extraer con las técnicas usuales.

Desde hace mucho tiempo, el hombre recurre al océano para alimentarse y viajar por él, pero sólo recientemente ha comenzado a apreciar su potencial como fuente de combustibles minerales, y utilizando los actuales conocimientos de las ciencias del mar, que han desarrollado el aprovechamiento de estos recursos, trata de extraerlos en condiciones económicamente competitivas con respecto a los que proceden de fuentes localizadas en tierra firme.

Como uno de los principales recursos químicos de los océanos se debe considerar el "agua del mar", que permitirá la obtención de agua potable a partir de ella, ya que existe gran déficit de ese apreciado líquido en varios lugares de la superficie terrestre.

La obtención de agua potable ha sido uno de los objetivos permanentes del hombre a lo largo de los dos últimos siglos, pero sólo hasta la segunda mitad del presente se logró descubrir métodos de potabilización en gran escala, y en la actualidad se están llevando a cabo programas importantes en diversas naciones, entre las que destacan Gran Bretaña, Israel, Estados Unidos y la Unión Soviética.

En la actualidad, los métodos de desalación más económicos se basan en la evaporación del agua, y el que más se utiliza es el denominado de evaporación multietapa, en el que se aprovecha el vapor de agua producido para calentar más agua del mar antes de enfriarlo y obtener el agua dulce. En las plantas instaladas en el Golfo Pérsico y en el Caribe se destila el agua por este procedimiento con un promedio de cuatro etapas de calentamiento aprovechando el propio vapor producido.

La planta más moderna, instalada en Freeport, Texas, produce 4 000 metros cúbicos de agua dulce por día, utilizando doce etapas de evaporación, con un rendimiento de 10 kilogramos de agua por kilo de combustible quemado. La mayor planta que emplea este proceso está localizada en el área de Los Ángeles, California, y produce 570 mil metros cúbicos de agua dulce diarios.

Otro sistema para desalación es el método por congelación, en el que se aprovecha la formación de hielo para que cuando el agua se solidifique se separen las sales disueltas en ella; posteriormente, la masa de hielo es fundida y convertida en agua dulce. Se han diseñado métodos distintos para congelar el agua del mar, principalmente haciéndolo por medio de presiones bajas. Las plantas que usan este método no han tenido gran desarrollo y sólo se cuenta con pequeñas plantas piloto que llegan a desalar menos de 400 metros cúbicos de agua por día.

Uno de los métodos modernos para obtener agua potable a partir de la salada, es el que emplea una membrana semipermeable en donde se llevan a cabo reacciones fisicoquímicas complejas y sólo se realiza con aguas de una concentración salina baja, más o menos de 8 gramos de sales por litro; por eso, sólo se trabaja con aguas de lagos salados o como etapa final de otros procedimientos en los que se siga un proceso de desalación progresiva.

También en la actualidad se ha puesto en práctica la utilización del hielo de los dos grandes casquetes polares, para obtener agua dulce. Los primeros trabajos los realizó la armada de los Estados Unidos al desplazar enormes icebergs en el Océano Glacial Ártico; sin embargo, parece que por las características de las grandes masas de hielo, la operación es más rentable en la Antártida.

Se ha calculado que los icebergs del banco de Ross podrían abastecer de agua dulce a las tierras áridas del oeste de América del Sur; los del banco de Amery al oeste de Australia y el gran banco de hielo de Filchner a la costa oeste de África. Se estima que de un iceberg de 2 500 metros de largo y 230 metros de grueso se podrían obtener 785 mil millones de litros de agua; el problema radica en el costo del proceso.

El aprovechamiento de las sales contenidas en el agua del mar hoy en día todavía está limitado por la falta de métodos adecuados para hacerlo industrialmente, ya que la construcción de plantas capaces de tratar grandes cantidades de agua, hasta el momento, resulta antieconómica. Sin embargo, se están realizando estudios que tratan de asegurar su rentabilidad.



Figura 27. Iceberg, fuente de agua dulce.

En un futuro próximo la utilización de estas sales de agua del mar se tendrá que estimular ya que es alarmante el estado en que se encuentran las reservas terrestres de estos compuestos químicos; los expertos han calculado que en algunos casos no durarán ni 50 años, si se sigue el actual ritmo de extracción. Al mismo tiempo, cada día se desarrollan tecnologías para la explotación de aquellos compuestos cuya extracción del agua del mar interese.

En la corteza del planeta que forma el fondo del océano, se encuentran grandes yacimientos minerales que el hombre siempre ha tratado de explotar, operación considerada como "minería submarina". La primera industria minera en el mar que aparece en la historia de la humanidad y de la que se tiene registro, es cuando el hombre aprende a obtener "sal común" por evaporación solar del agua del mar, hace más de 4 000 millones de años.

Como el cloruro de sodio se obtiene utilizando la energía del Sol, esta sal es llamada también "sal solar"; para esto se necesita una serie de lagunas de evaporación por donde va circulando el agua para que se depositen diferentes compuestos en cada una de ellas, hasta llegar a obtener la sal pura que puede

servir para consumo humano.

Una de las plantas que obtiene la sal más pura es la de la compañía Leslie Salt situada en la Bahía de San Francisco, California. Sin embargo, existen otras que también logran buenos índices de pureza, como la Diamond Crystal Salt de Bahamas; la International Salt en Bonaire, Antillas Holandesas, y la que opera en Guerrero Negro, Baja California Sur, en México: hace 30 años considerada como la principal productora de sal en el mundo, produce cinco millones de toneladas anuales de sal y ocupa 25 mil hectáreas, siendo éstas las salinas más grandes de la Tierra; Japón compra el 95% de esa producción.

También existen salinas importantes en América del Sur, como las de Santiago del Estero, en Argentina, y las de Iquique, en Chile.



Figura 28. Salinas de Guerrero Negro, Baja California Sur, México.

Además del consumo humano directo, este cloruro de sodio se utiliza para descongelar las carreteras y para obtener la llamada "sosa cáustica" o "sosa de los jaboneros", así como otros componentes importantes en la industria, como el ácido clorhídrico.

Se considera que el segundo paso del hombre en el aprovechamiento de los recursos químicos del mar se dio cuando los fenicios aprendieron a extraer por molienda de los caracoles del género *Murex* un producto para tintes, estableciendo la primera industria química con productos del mar. Después los polinesios utilizan los bloques de los arrecifes de coral en la industria de la construcción. Muchos otros pueblos han empleado conchas marinas para fabricar cal. Realmente, el mar no debe considerarse como un campo minero nuevo, sino como un campo potencial que será aprovechado conforme se desarrolle la tecnología adecuada.

Aunque es muy extensa la lista de los minerales que se podrían extraer del mar, son pocos los que tienen en la actualidad rentabilidad económica, y menos todavía los ya explotados comercialmente. Con excepción del petróleo crudo y del gas, sólo una docena más o menos de sustancias minerales se explotan en este momento en fuentes oceánicas de todo el mundo, entre ellas se encuentran: arena, grava, carbonatos de las conchas, titanio, circonio, estaño, uranio; todos estos minerales se extraen de depósitos superficiales, mientras el carbón y el hierro se explotan debajo del suelo del mar como una prolongación de los yacimientos terrestres; el azufre se extrae fundido en los depósitos del subsuelo marino.

La incipiente minería marina no ha logrado llegar a grandes profundidades, ya que está concentrada en las terrazas continentales submarinas hasta profundidades de 120 metros y todavía el valor total anual de estos productos minerales del océano es mínimo, alrededor de 4 mil millones de dólares, lo que equivale a sólo el 6% de los 73 mil millones de dólares estimados como valor anual de todos los productos minerales explotados en los continentes. De estos minerales, el petróleo crudo y el gas suman cuatro quintas partes del valor total, mientras que todos los otros sólo representan la otra quinta parte.

El requerimiento futuro de estos minerales fue estimado en 1976, considerándose que para 1985 se duplicaría y que para el año 2000, se triplicaría; sin embargo, algunos científicos han pensado que salvo pocas excepciones, como el oro, la plata y el uranio, las fuentes terrestres tradicionales seguirán siendo adecuadas para satisfacer la mayor parte de las necesidades de minerales, por lo menos hasta el fin del presente siglo; aunque por ahora no existe una necesidad urgente de explotar los recursos minerales submarinos, es conveniente evaluar su potencial presente y futuro.

Estos minerales se pueden encontrar en diferentes formas, unos se localizan en los depósitos superficiales del suelo oceánico formados por sedimentos de restos orgánicos, como acumulaciones de pedazos de concha, lodo calcáreo de origen biológico, así como gránulos minerales y fragmentos de rocas erosionadas de los continentes. En los sedimentos detríticos se encuentran minerales pesados que contienen metales valiosos, como el estaño y el uranio; a estas concentraciones se les llama "placeres".

Los minerales pesados de los placeres proceden principalmente del desgaste y la erosión de rocas y debido a su peso se necesitan fuertes corrientes para realizar su acarreo y depósito, por lo que generalmente se encuentran en las áreas donde los ríos desembocan, quedando los metales en la arena de la playa.

<i>Localización</i>		<i>Materiales</i>	<i>Composición Química</i>	<i>Exi</i>
Playas antiguas submarinas		Minerales pesados o arenas negras "placeres" Arenas con metales preciosos	Cobalto, cromo, hierro, plata, tierras raras, titanio Oro, plata, platino	

Plataforma Continental		Cristales de barita Gravas diamantíferas Concha Nódulos de fosfato Arenas de gluconita	Sulfato de bario Carbón (Diamante) Carbonatos Fosfato Potasa
Fondos Oceánicos		Diatomita Nódulos de manganeso Esférulas de ferroníquel Fango de globigerinas (Foraminíferos) Arcillas rojas Restos de animales y vegetales	Sílice Manganeso, cobre, cobalto, níquel, molibdeno, vanadio Níquel, fierro Carbonato de calcio Aluminio, cobre, cobalto, vanadio Cobre, cinc, cromo, f'sforo, plomo, banadio, tierras raras

Figura 29. Principales minerales del océano.

Así, es posible encontrar placeres de alto valor económico, principalmente en playas de formación reciente y en depósitos de antiguos cauces de ríos sepultados en la plataforma continental; por ejemplo, depósitos de metales muy pesados como los que contienen platino, estaño y oro se localizan, por lo general, dentro de los 20 kilómetros de sus fuentes originarias, en cambio, los depósitos de metales no tan densos, como el circonio y la magnetita, pueden estar ubicados a varias decenas de kilómetros de ellas.

Actualmente, el estaño es explotado en los placeres marinos con resultado económico; en Tailandia, Indonesia y Malasia se extrae el estaño de depósitos originados por cauces de ríos sumergidos que se encuentran en la plataforma y son prolongación de los de la tierra. El estaño también se draga en las costas de Inglaterra, y la magnetita se extrae de placeres de playas sumergidas en el Japón. Estos depósitos minerales están ubicados a menos de 35 metros de profundidad y a 10 kilómetros de la costa.

También en placeres de playas sumergidas del sudoeste de África se recogen diamantes a profundidades comparables; otros minerales como el circonio, la

ilmenita y el rutilo se extraen en playas de formación reciente y se dragan en las de Australia y de la Florida; la monacita se produce, sobre todo, en Brasil.

Aunque todavía no se explotan comercialmente, los placeres marinos formados por oro, platino y cromita son promesas para el futuro. El valor total mundial de todos los minerales de placeres marinos que se explotan en la actualidad se estima en más de 50 millones de dólares; de esta suma el estaño representa más de la mitad.

El bromo, elemento utilizado como antidetonante en la gasolina y para volatilizar el plomo e impedir que se acumule en los motores, es extraído del agua del mar, en la que se calcula que por cada metro cúbico existen 65 gramos de este valioso elemento.

Hasta hace poco tiempo la mayor parte del bromo procedía del agua del mar; sin embargo, en la actualidad también lo obtienen de "salmueras" concentradas en el subsuelo costero, alcanzando una producción mundial de cientos de miles de toneladas.

La fosforita y los nódulos de manganeso, que se forman como precipitados químicos en el fondo del océano, son otras sustancias minerales con posibilidades de utilización futura.

La fosforita está limitada a las márgenes continentales a lo largo de las plataformas externas y de los taludes continentales superiores, en profundidades por lo general menores de 300 metros. Aparece, principalmente, a lo largo de las márgenes occidentales de los continentes, donde la cantidad de organismos en tierra es mínima; por ejemplo, frente a las regiones desérticas del mundo.

Los grandes depósitos de fosforita se extienden frente a Baja California, al sudeste de Estados Unidos, al oeste de México, de Perú, de Chile y en la Unión Sudafricana; también es posible que aparezcan en el noroeste de África y en el oeste de Australia. Las acumulaciones de fosforita en el fondo del océano son grandes y ayudan a la producción de fertilizantes, constituyendo su aplicación más importante.

Los nódulos de manganeso son concreciones de tierras negras, que se localizan en los fondos oceánicos y son ricos en óxidos de hierro y magnesio, además de níquel, cobalto y cobre.

Estos nódulos, de los que no se conoce su origen y naturaleza exactos, generalmente se encuentran a profundidades mayores de 4 000 metros; sin embargo, en la meseta de Blake, al sudeste de los Estados Unidos, aparecen a 300 metros de profundidad. Se han localizado en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico, donde cubren decenas de millones de kilómetros cuadrados y si sólo una pequeña parte del total de los depósitos conocidos pudiera explotarse, suministrarían una fuente prácticamente inagotable no sólo de manganeso sino de los otros metales.

Aparte de estos minerales submarinos próximos a la superficie se encuentran otros recién descubiertos en las depresiones profundas, calientes y llenas de salmuera del Mar Rojo. Los sedimentos de granulación fina que cubren estas cuencas contienen cinc, cobre, plomo, plata y otros metales. Hasta ahora, se ignora si estos minerales pueden ser explotados económica mente. Se ha sugerido que su origen es hidrotermal: proceden de salmueras calientes y ricas

en minerales, provenientes de fallas vinculadas con la hendidura del Mar Rojo. De ser así, podrían existir otros depósitos de este tipo en valles oceánicos con características similares.

Como minerales del lecho rocoso de los océanos, se explotan actualmente el carbón, el hierro y el azufre. Se han encontrado yacimientos de carbón bajo el mar análogos a los continentales y, en muchos casos, son prolongación de éstos; su explotación sólo se realiza en las plataformas continentales poco profundas, como ocurre en el Japón. Otros países que tienen minería submarina de carbón son: Canadá, Reino Unido, Chile, Taiwán y Turquía. El hierro se explota en forma similar a la del carbón en Finlandia y Canadá. El azufre, que se extrae fundido mediante perforaciones, se explota frente a la costa del Golfo de México.

Independientemente de estos elementos químicos que se encuentran en el agua del mar, existen otros que se pueden extraer de los organismos marinos que los sintetizan, como es el caso de algunos carbonatos y fosfatos.

Algunos animales marinos poseen poderosas toxinas, las cuales, convenientemente dosificadas, pueden ser utilizadas con fines benéficos; por ejemplo, de una de las esponjas marinas más venenosas, la del género *Haliclona*, se extrae toxina en concentraciones de 10 partes por millón, compuesto que tiene propiedades antibióticas muy activas frente a varios tipos de bacterias, por lo que con ella se están elaborando antibióticos que matan bacterias altamente patógenas, como la *Staphylococcus aureus* y que pueden ser muy resistentes a la penicilina.

Este hecho ha producido la necesidad de realizar diferentes tipos de estudios, que caen dentro del campo de la llamada "farmacología marina".

De los corales blandos conocidos como "abanicos de mar", que pertenecen a la especie *Plexaura homomalla*, abundante en el mar Caribe, se extraen las prostaglandinas utilizadas para elaborar productos farmacéuticos que se emplean para regular la actividad del músculo liso, por lo que son usadas en el tratamiento de afecciones gastrointestinales, principalmente en la cicatrización de las úlceras; además estimulan la contracción del músculo del útero y actúan como reguladores hormonales.

Algunos tipos de algas, vegetales marinos que abundan en las zonas costeras, han sido utilizados en la industria farmacéutica, como por ejemplo las del género *Gelidium*, algas rojas usadas para preparar sustancias como el agar-agar que se emplea en el revestimiento de las grageas y en la preparación de medios de cultivo para bacterias y hongos. Otras algas rojas, las del género *Chondras*, son empleadas como anticoagulantes, y el alga parda denominada *Laminaria* produce el ácido algénico usado en farmacia para preparar el alginato de hierro asimilable con el que se combaten algunos tipos de anemia y de avitaminosis como el escorbuto, enfermedad que se presenta por la carencia de vitamina C; también sirve para el tratamiento del bocio, producido por la deficiencia de yodo.

En el alga marina *Asterionella japonica* se ha descubierto, en Niza, un antibiótico probablemente superior a la estreptomycin y sus derivados, el que además de destruir bacterias parece que también es eficaz contra los virus.

Los científicos de la Universidad del Sur de California han estudiado un grupo de protocordados que viven adheridos a las rocas y que pertenecen al grupo de los

Tunicados, que se caracterizan por rechazar todo tipo de tumor que se les quiera injertar, y han logrado extraer un compuesto al que denominaron "Didemnis" que posiblemente tiene propiedades que permiten controlar ciertos tipos de cáncer.

De los hígados de algunos animales, como el bacalao y los tiburones, se extraen aceites que contienen "ergocalciferol", compuesto que al ser activado con radiaciones ultravioletas tiene propiedades antirraquíticas al permitir la fijación del fósforo y el calcio en el tejido óseo; además, en el aceite de hígado de tiburón se ha encontrado una concentración muy elevada de vitamina A y en el del bacalao de vitamina D.

El valor de la farmacología marina es inestimable para la ciencia médica, por lo que cada día un número mayor de científicos se están dedicando al estudio de productos naturales, derivados de plantas y animales marinos, que poseen actividad farmacológica.

Para el desarrollo de la industria química del mar, se hace necesario el incremento de la capacidad tecnológica, que permita atraer grandes inversiones para convertir los recursos potenciales en recursos económicos. Es indispensable que se avance de manera ordenada y metódica para resolver muchos problemas que se presentan en la explotación de los recursos químicos marinos y así llegar a utilizar la riqueza de los océanos en toda su magnitud.

LA EXPLOTACIÓN de las sustancias minerales de la corteza terrestre, que pueden encontrarse tanto en la superficie como en las profundidades, puede realizarse por procedimientos de extracción sólida, líquida o gaseosa.

Las características de las zonas marinas de donde se obtienen estas sustancias, son como las de tierra firme, es decir, un conjunto de huecos de distintas formas, en donde las labores que se pueden llamar mineras deben ejecutarse para llegar al yacimiento, enlazarlo con la superficie, dividirlo en secciones para extraer el mineral de una manera ordenada, segura y económica. Antes de iniciar las labores mineras se tiene que localizar y determinar el yacimiento, realizando los trabajos conocidos como "búsqueda y prospección".

La minería submarina puede llevarse a cabo de diferentes formas: por dragado o excavación directa del fondo del mar en los yacimientos situados en superficie de rocas; por la explotación subterránea de pozos o galerías, cuando el mineral está situado a mayor profundidad, y por la explotación con sondeo para las sustancias especiales, como el petróleo, el gas, el azufre, y diferentes sales.

El petróleo, hidrocarburo líquido oleaginoso, es de origen orgánico y su formación comprende un complicado proceso que se inicia con la acumulación de residuos de origen orgánico de plantas y animales, los cuales se depositan junto con otros sedimentos como la arena, el limo y la arcilla, productos de la erosión continental.

A medida que aumenta la profundidad en donde se depositan estas sustancias, una porción de la materia orgánica se transforma, por procesos químicos, en

hidrocarburos, incluyendo el petróleo crudo y el gas.

Las principales condiciones que requiere la acumulación de estos productos comprenden espesas secciones de estratos sedimentarios, constituidos por capas permeables como las formadas por piedra arenisca y capas impermeables de restos orgánicos compactos.

También es necesario que las capas presenten algún tipo de arreglo que permita interceptar y guardar las acumulaciones de sedimento, como son las estructuras abovedadas o vueltas hacia arriba, que se pueden localizar en estratos permeables para dar cabida al petróleo crudo y al gas, y contenerlos dentro de estas capas de tipo reservorio.

Mediante el uso de técnicas geofísicas y de perforación, que permiten el relevamiento y la exploración de los estratos sedimentarios a grandes profundidades por debajo de las plataformas continentales, se han descubierto, en muchas zonas marítimas, las condiciones favorables para la acumulación del petróleo crudo y de gas.

Las plataformas no sólo se extienden sobre un gran espesor de sedimentos sino que satisfacen las otras condiciones requeridas para la acumulación del petróleo crudo y del gas.

Aunque el primer descubrimiento de petróleo bajo el mar fue reportado hace 75 años más o menos, en aguas poco profundas frente a la costa de California, no fue sino hasta 1946 cuando se inició la exploración intensiva de las zonas costeras mundiales.

Desde esa época se calcula que más de 16 000 pozos han sido perforados en plataformas continentales a profundidades mayores y a distancias cada vez más alejadas de la costa, lo cual confirma la aseveración de algunos investigadores de que la reserva mundial petrolera se reduce año con año, y que si en 1985 alcanzaría para 30 años de consumo, en el año 2000 sólo habrá para 20.

Las técnicas modernas permiten extraer petróleo crudo en aguas con profundidades que llegan a los 100 metros y localizadas hasta a 100 kilómetros de la costa. La exploración ya está en marcha en las plataformas continentales de 75 países, 28 de los cuales están produciendo o están por producir petróleo crudo y gas submarinos.

La producción mundial en estas áreas frente a las costas ha aumentado hasta alcanzar el 17% del total de la producción de petróleo crudo, y las reservas estimadas próximas a la costa suman un 21% de los 60 mil millones de toneladas que constituyen el total de la reserva mundial.

La razón principal para esta gran actividad de exploración y de explotación de la zona costera es el rápido aumento de la demanda mundial de energía, y la probada capacidad de las plataformas continentales para suministrar una parte sustancial de hidrocarburos. Aun cuando se espera que las plataformas continentales satisfagan una parte significativa de los futuros requerimientos petroleros, la industria ya está recurriendo a las zonas de aguas más profundas de los taludes continentales para la futura provisión del petróleo, y, posiblemente, en los próximos años se llegará a trabajar en las regiones continentales todavía más profundas y en los mares semicerrados también

profundos, que se caracterizan por sus espesos sedimentos.

Las operaciones marinas de exploración geológica y geofísica son diferentes de las realizadas en tierra firme, aunque, en esencia, los métodos sean los mismos; sin embargo, los estudios marítimos exigen que los aparatos de medida sean colocados en el fondo del mar, descendiénolos con cables y nivelánolos con mando a distancia, antes de efectuar las lecturas y además que estén contruidos con materiales especiales que resistan la acción corrosiva del agua del mar.

Ya se cuenta con la tecnología necesaria para investigar, no sólo las partes exteriores de las márgenes continentales y los mares semicerrados, sino también las cuencas oceánicas profundas. Buques perforadores de profundidad han trabajado en profundidades de más de 1 500 metros en el talud continental superior del Golfo de México y en el Atlántico occidental; el buque perforador *Glomar Challenger* se halla realizando varios trabajos similares en los mares semicerrados y en las cuencas oceánicas a profundidades superiores a los 6 mil metros, como parte del proyecto de perforación bajo aguas profundas de los Estados Unidos.

Recientemente se reportó que el *Glomar Challenger*, al perforar una de las elevaciones estructurales debajo de la planicie abisal del Golfo de México, a 3 580 metros, extrajo petróleo y azufre, utilizando para ello tubería que penetró a 137 metros de la corteza. Si bien no se trata de un descubrimiento con valor comercial, es la mejor prueba de que posiblemente existe petróleo en mares semicerrados a esas profundidades.

En la exploración de los recursos petroleros costeros se utilizan plataformas flotantes y barcos para perforar pozos, y la tecnología para hacerlo está limitada a una profundidad máxima de unos 450 metros.

Después de esta exploración, y a medida que van apareciendo acumulaciones de petróleo consideradas como comercialmente explotables, las naves flotantes son remplazadas por enormes estructuras fijas para perforar los pozos requeridos y para alojar las instalaciones de producción y almacenamiento. Hasta ahora, se han utilizado con este propósito grandes plataformas ancladas en el fondo por medio de pilotes que salen sobre la superficie del agua. La profundidad máxima a la que se han instalado esas estructuras no pasa de 100 metros.



Figura 30. Plataforma petrolera anclada en el fondo del mar.

Entre las posibilidades para diseñar nuevos métodos, se encuentran en estudio las estructuras totalmente sumergidas, levantadas sobre el fondo a profundidades a las que los buzos pueden trabajar en muchas de las tareas de producción.

Tanto para la búsqueda del petróleo como para su explotación se emplean los sondeos, cuya perforación en el mar requiere de técnicas y equipos especializados, que constantemente son perfeccionados.

Se han construido diversos tipos de plataformas como base de apoyo de las torres de sondeo, que se utilizan en función de varios factores: la profundidad, los objetivos del sondeo, las características del mar, el calado, etcétera.

Las plataformas de perforación submarina disponen entre sí de unos elementos comunes, indispensables para cumplir su función. Por ello, el aspecto de todas es muy parecido: llevan una o dos torres de sondeo, e instalaciones de producción de energía y accionamiento, bombas y estanques del lodo de circulación; almacenes, talleres, laboratorio y oficinas. Además, alojamientos para el personal y pista para helicópteros, que garantizan su enlace con tierra firme.

La característica importante que sirve para clasificarlas es la forma como se fijan en el lugar de trabajo, pues mientras unas flotan y se fijan con anclas, otras se apoyan firmemente en el fondo del mar. Se pueden considerar los siguientes tipos: buques-sonda, plataformas sumergibles, plataformas autoelevadoras, plataformas flotantes semisumergibles y barcazas.

Los *buques-sonda* son embarcaciones en las que se monta la torre de perforación y se instalan los elementos y servicios necesarios, dejando sobre cubierta la pista para helicópteros; su ventaja principal es que pueden trabajar a grandes profundidades y su operación resulta la más económica en comparación con los demás métodos. Tienen gran libertad de movimiento porque sus desplazamientos son rápidos y poco costosos; sin embargo, presentan el inconveniente de su escasa estabilidad.

Las *plataformas sumergibles* están construidas sobre columnas con las que se apoyan en el fondo del mar. La maniobra de estas plataformas no es difícil y son estables al ser remolcadas, pero su transporte alcanza costos elevados sobre todo para distancias grandes; son apropiadas cuando desde un punto se efectúan varios sondeos con direcciones diferentes, de modo que no haya que cambiarlas de sitio con frecuencia: generalmente son utilizadas para calados de más de 50 metros.

En las *plataformas autoelevadoras*, las columnas llevan gatos que elevan a la plataforma, por lo que pueden ampliar su calado hasta 90 metros; son de difícil transporte y generalmente se utilizan en estaciones desde las que se efectúan varios sondeos con una campaña de larga duración.

Las *plataformas flotantes semisumergibles* cuentan con columnas que están unidas a unos grandes cilindros o pontones con armaduras, situados alrededor de la plataforma, y hacen las veces de flotadores que pueden llenarse de agua a

voluntad para conseguir la altura adecuada para el trabajo, de acuerdo con la intensidad del oleaje. La parte inferior con los pontones queda sumergida, de modo que el conjunto se estabiliza mejor, aunque se trabaje en zona de fuerte oleaje.

Las estructuras más altas de estas plataformas llegan a 40 metros; sin embargo, si se colocan parcialmente sumergidas se puede trabajar sobre los 150 metros. Resulta poco económico desplazarlas a distancias grandes, por lo que son apropiadas para realizar sondeos de exploración localizados en distancias cortas.

Las *barcazas* son embarcaciones de fondo plano sobre las que se montan las torres de sondeo y los servicios, llegando a sumergirse un poco al llenar de agua los tanques de inmersión, de modo que en lugares con poca profundidad se pueden apoyar sobre el fondo del mar y cuando flotan trabajan hasta a 20 metros.

Algunos países, como Estados Unidos, hacen la prospección del petróleo submarino desde espaciosa plataformas llamadas "rigs", que pueden ser de dos tipos muy distintos en su diseño y modo de empleo. Unas están provistas de pies móviles, que son bajados en el momento en que la plataforma llega al lugar de trabajo; las otras, en cambio, son flotantes, y se sumergen parcialmente en el momento de la perforación, inundando de lastre sus depósitos situados en la base de la plataforma.

Las primeras están provistas de patas móviles y sólo pueden trabajar en fondos inferiores a 50 metros, pues la longitud de estas patas, que hay que recoger cuando la plataforma se traslada de un emplazamiento a otro, impone una limitación.

En cambio, las plataformas semisumergibles permiten perforar a cualquier profundidad, pero en la práctica se limitan a 200 metros, porque la inmovilidad lateral no es suficiente para fondos mayores. Estas plataformas son más eficientes cuando se las estabiliza en el momento de la perforación mediante anclas y procedimientos automáticos basados en localizaciones y marcaciones con el radar y el sonar.

Los diseños de las estructuras están cambiando constantemente, y la industria espera disponer de instalaciones capaces de producir petróleo y gas cada día a mayor profundidad, tratando, si el potencial petrolífero de estas zonas más profundas y los factores económicos lo justifican, de construir instalaciones de producción para estas profundidades.

La explotación de los yacimientos de petróleo en el mar sigue bases semejantes a la de tierra firme. Después de evaluar la capacidad y productividad comercial por medio de estudios y ensayos, que constituyen la "prueba de producción", se acondiciona la tubería de extracción de petróleo, cementando el tubo de revestimiento para asegurar su impermeabilidad al paso de las filtraciones de agua, y así evitar su mezcla con el petróleo.

Posteriormente se colocan en la parte superior de la tubería, en su salida a la superficie, los cierres con llaves de seguridad y tuberías secundarias de transporte, necesarias para soportar la presión interna del gas disuelto en el petróleo o la de los mantos acuíferos localizados en el área, y así hacer brotar el

petróleo de manera espontánea.

Durante esta fase, que generalmente es la más prolongada, se colocan los equipos de bombeo del petróleo que se van a usar cuando la presión natural se agote, y finalmente se dispone de un complicado equipo de seguridad y lucha contra incendios, estallamientos imprevistos, contaminación del agua del mar por derrames de petróleo, etcétera.

El principal inconveniente de estas maniobras es la lucha con las condiciones del mar, por la situación flotante de las plataformas, expuestas a ser arrastradas y destruidas por los temporales.

Uno de los yacimientos petrolíferos y gasíferos más importantes del mundo se localiza en el Mar Caspio, en donde, por ejemplo, está el yacimiento "28 de Abril", a una profundidad de 100 metros, y que cuenta con una plataforma de acero desde la cual se han perforado 21 pozos marítimos.

La plataforma continental del Caspio, que se ha explotado desde hace 20 años, es actualmente considerada como la principal región de las explotaciones marítimas de petróleo de la Unión Soviética, y sus técnicos estiman que existen más de 100 yacimientos de hidrocarburos; para explotarlos se han construido grandes plataformas llamadas "islas de acero" de casi 200 toneladas de peso, que trabajan a 200 metros de profundidad.

En otros lugares del océano la situación no es tan halagadora; por ejemplo, los científicos han calculado que si la producción de petróleo británico continúa al actual nivel en el Mar del Norte, se agotará en aproximadamente diez años, por lo que opinan que es urgente que Gran Bretaña reduzca su producción de crudo.

Las necesidades mundiales de energía continúan creciendo a fuerte ritmo en todo el planeta. Se espera que el consumo se multiplique por 4 en los años que faltan del presente siglo, y en el año 2000 seguirá siendo el petróleo la fuente de energía principal de que disponga la humanidad, por lo que es importante seguir investigando y trabajando para evaluar y comprobar que existe tanto petróleo por descubrir como el que ya se ha descubierto, pues se considera que dentro de 20 años más de la mitad de la producción mundial provendrá de yacimientos aún no descubiertos, sobre todo de las plataformas continentales, principalmente en América del Norte, el Oriente Medio y las Antillas.

EL MAR ofrece a la humanidad un sinnúmero de productos con los que ha podido, desde la antigüedad, adornar tanto su persona como objetos y muebles que ha utilizado. Entre los más bellos productos que el mar ofrece a la vanidad de los humanos está, sin duda alguna, el coral rojo, que en todos los tiempos ha servido de preciado adorno con el que muchos pueblos se engalanaban y ornamentaban, para distinguir sus atavíos de guerra.

En algunas cultura de Oriente, el coral rojo no representa sólo un adorno muy estimado, sino que también es señal de dignidad o mando: los mandarines de China lo llevaban como atributo de su autoridad. Los turcos eran también muy

aficionados a los adornos de coral, que no sólo usaban en su persona, sino también en la decoración y ornato de sus viviendas. Los griegos designaban al coral con el nombre de *korallion*, que significa "adorno del mar", este vocablo pasó al latín como *corallium*, del que se derivó la palabra coral.

La parte realmente aprovechable del coral para fabricar las joyas y que es por la que se le extrae, es el eje duro calizo que sirve de sostén, armazón y esqueleto a la viviente corteza blanda en la que se encuentran pequeños organismos llamados pólipos.

El color del eje calizo ofrece gran variedad de matices que van del rojo al rosado y algunas de estas coloraciones tienen una delicada y suave tonalidad rosa, la más buscada por los buceadores. El eje calizo tan compacto y homogéneo es susceptible de ser sometido al más perfecto pulimento sin que se disgregue y resquebraje, propiedad que permite trabajarlo y tallarlo de mil diversas formas para lograr infinidad de objetos de adorno o de arte.

La extracción del coral se efectúa con gran intensidad en el Mediterráneo, a pesar de que hoy día ha disminuido mucho el uso del coral fino, al que se ha sustituido por bisutería, aunque siempre se puede reconocer el auténtico coral, ya que se observan las capas concéntricas de los materiales que forman el eje y porque al quemarlo produce un olor a cuerno.

Se han utilizado muy diversos procedimientos para la explotación del coral, desde la recolección a mano, buceando a poca profundidad, hasta el empleo de escafandras. También se emplean barcos coralleros de cierto tonelaje, los cuales llevan un cabrestante en la proa que permite lanzar al agua el instrumento para la recolección, que está compuesto por una cruz de madera con suficiente lastre para que pueda descender hasta el fondo; cada brazo de la cruz va provisto de trozos de redes. La cruz queda prendida en las ramas del coral, las rompe y durante una hora aproximadamente los colgantes de las redes retienen el coral suelto; luego se iza a bordo y se recoge el producto que después se ha de comercializar.

Al coral, cuando se le saca del agua, se le llama "coral bruto"; tiene un cierto valor, que va aumentando de acuerdo con la calidad de elaboración o trabajo de que es objeto. En esta evaluación intervienen las características del coral, la perfección de la labor y el valor artístico de la obra. Uno de los factores que más influyen en la mayor estimación del coral es su coloración, siendo los de tonalidades delicadas los más apreciados, en tanto que el matiz rojo es menos buscado.

Otro tipo de coral, que últimamente ha tenido mucho auge, es el coral negro, mismo que se conoce desde hace miles de años y que en las antiguas civilizaciones se utilizaba como materia prima para elaborar amuletos de diversas formas. Los griegos lo consideraron como "amuleto de la buena suerte contra cualquier mal agüero"; y en la India los sacerdotes lo utilizaron en sus ritos religiosos.

Abundaba en las aguas del Mar Rojo, donde fue explotado durante varios siglos hasta su virtual extinción. Posteriormente, se le encontró en zonas de aguas tibias, pero era de inferior calidad; en 1960, el investigador francés Jacques Yves Cousteau lo descubrió de igual calidad que el oriental en el Arrecife de Palanzar, al sur de la isla de Cozumel, en México, en donde los nativos ya lo explotaban

en pequeñas cantidades.

El coral negro pertenece a la familia de los Gorgoneáceos, y es una colonia de organismos que tiene la forma de un pequeño árbol de 50 centímetros de altura; los biólogos han calculado que crece más o menos 10 centímetros cada 50 años; por su belleza, calidad, escasez y difícil extracción, alcanza altos precios en el mercado internacional y con él especulan los coleccionistas y comerciantes en objetos preciosos. Se encuentra generalmente a grandes profundidades, entre los 30 y 60 metros, pudiendo llegar a los 100.

El promedio de extracción de coral, actualmente, por jornada de los buzos es de 5.5 kilos, aunque se reportó que en una ocasión se obtuvieron 22 kilos en una sola inmersión.



Figura 31. Coral negro

El coral extraído sufre mermas por deshidratación, parásitos y durante el tallado, por lo que 8 kilogramos de coral negro en bruto equivalen a un kilogramo de coral de primera semiprocesado.

El precio de este coral semiprocesado es de 1 100 dólares por kilogramo y los artesanos talladores ganan del 1 al 10% por gramo trabajando.

Los corales finos comienzan a escasear en las regiones costeras, y hay que buscarlos en profundidades hasta de 300 metros, por lo que los pescadores de Sicilia y Taiwán han comprado minisumergibles contruidos por la República Federal de Alemania. Los aparatos, que fueron diseñados originalmente para investigaciones científicas de diversos tipos, se acondicionan para la recolección de corales mediante unas tenazas hidráulicas que quiebran los tallos y los colocan en una red de acero situada en la proa.

Estos minisubmarinos pueden albergar una tripulación de 3 personas como máximo; para desplazarse en la superficie tienen 2 motores diesel, pueden permanecer 48 horas bajo el agua, comunicarse con el barco nodriza mediante teléfono submarino y cuentan con sistemas ultrasónicos de localización.

En Italia, la industria del coral está hermanada con otra que tiene como base otros organismos marinos, la de los "camafeos" y "tallados de conchas", en la que los napolitanos son grandes maestros, haciendo verdaderas maravillas con las conchas de moluscos que abundan en sus costas.

Otro de los productos del mar más cotizados en la joyería es la perla. En todos los tiempos y por todos los pueblos de la Tierra han sido apreciadas las perlas por su delicada belleza, siendo su rareza la causa de su extraordinario valor, y de que aventureros y esforzados viajeros realizaran memorables hazañas para conseguir esta preciada joya de los mares.

La concha que cubre el cuerpo de la ostra llamada "madreperla" es de naturaleza caliza y es segregada por el manto del animal, que se localiza cerca de su pie; los materiales calcáreos pueden formar dos tipos de caliza cristalina: la calcita y el aragonito. Sólo ciertas ostras, pertenecientes al género *Avicula*, poseen conchas formadas por aragonito; las demás conchas son de calcita.

Las ostras del grupo de las Meleagrinas son consideradas como las únicas productoras de perlas finas. Esto no quiere decir que las ostras planas y las portuguesas sean incapaces de formar perlas, sino que las perlas de las meleagrinas son las más empleadas por los joyeros por sus características y rareza.

Las perlas pueden ocupar diferente posición dentro del cuerpo del molusco; las que están situadas en la parte interna de la concha de la ostra y soldadas a ella por un pequeño punto de adherencia, son llamadas "perlas de nácar", y las que están libres en el manto o en otros órganos del molusco, son las "perlas finas", más cotizadas, que se alojan en el interior del cuerpo, sin presentar la menor adherencia con ninguna parte dura de la concha.

Desde la antigüedad se han explotado las perlas para ser utilizadas como adorno personal, y demostrar el gran poder adquisitivo de su dueño. En Grecia los jóvenes acaudalados hacían moler estas maravillas de la naturaleza para adornarse el pelo con su polvo iridiscente. Se cuenta que Cleopatra disolvió en vinagre una de las enormes perlas que adornaban sus aretes y luego se la bebió como demostración de su enorme poderío.

A los lugares donde había concentraciones de madreperlas se les llamaba "placeres", y muy grandes deben haber sido los del Mar Rojo durante el reinado de los Tolomeos, para llenar las arcas reales egipcias. La expansión del Imperio Romano les quitó de las manos la preciada posesión, que pasó en forma de botín a los invasores, quienes dieron en llamarles "lágrimas de las diosas". Posteriormente, una fiebre perlífera se apoderó de los romanos, quienes adornaban hasta el calzado y los muebles con perlas.

Los placeres del Mar Rojo se agotaron, pero quedaron aún los del Golfo Pérsico y los del Estrecho de Manaar para cubrir, durante siglos, la demanda. El descubrimiento de América proporcionó nuevas fuentes perlíferas: las de California, las del Golfo de México, las de Panamá y Venezuela. Entre las más notables perlas encontradas en aguas del Nuevo Mundo, se cuenta la denominada "peregrina", del tamaño de un huevo de paloma y de 134 kilates que, conseguida en las costas de Panamá, fue enviada a Felipe II.

En el México prehispánico, las perlas también tenían gran valor como objetos suntuarios y un comercio regular de ellas hacía que las trajeran hasta el altiplano desde las costas de la zona nayarita y del Golfo de California. Buena cantidad de ellas fueron encontradas en la tumba de Monte Albán y se han hecho hallazgos similares en Teotihuacán.

En la población de Loreto, Baja California, fundada en 1697, se instaló la primera

base de explotación perlífera de la Nueva España, cuyos productos llenaron las arcas reales españolas durante toda la Colonia. A partir de la mitad del siglo XIX, los pescadores de perlas de Loreto se trasladaron a los recién descubiertos placeres de La Paz. Ya para 1880, esta localidad se había convertido en el centro perlífero más importante del país. Al iniciarse el siglo XX, se empezó la explotación más organizada, instalándose pequeños criaderos de madreperlas para propiciar su reproducción y cultivo.

Hacia 1908 en el Japón comenzó una nueva época para la perla, ya que se inició la producción de perlas por métodos artificiales, llegando a formar las perlas "falsas-verdaderas". Observando con detenimiento cómo se forma una perla natural, se puede ver que si un cuerpo extraño, grano de arena o larva de organismo marino, se introduce entre las dos valvas del animal, entonces el manto segrega alrededor de este cuerpo extraño una capa de nácar idéntica a la que forma la zona interna de la valva.

Si en tales circunstancias el cuerpo extraño deprime el manto, se forma en torno a él un pequeño saco, que lo engloba completamente y segrega el aragonito nacarado en capas concéntricas, estructurándose así la perla; desde ese momento la perla va engrosando y en ocasiones es expulsada como un objeto molesto.

En Italia, los naturalistas atribuyen la formación de la perla a una verdadera enfermedad que el molusco soporta, ya que las ostras perleras son atacadas por infinidad de parásitos que viven a costa de ellas; para defenderse de estos molestos huéspedes, la madreperla los "encierra" en una perla que tiene como núcleo de formación el cadáver del organismo invasor. Alrededor del parásito se forman capas y más capas de sustancia perlífera, que engruesan sus paredes y aumentan su tamaño.

Otros naturalistas opinan que las perlas no son otra cosa que una especie de cálculo, semejante a los que en el hombre se forman en la vesícula biliar o en la vejiga urinaria, que tienen como causa una afección o enfermedad que sufre el molusco y que en la actualidad es desconocida.

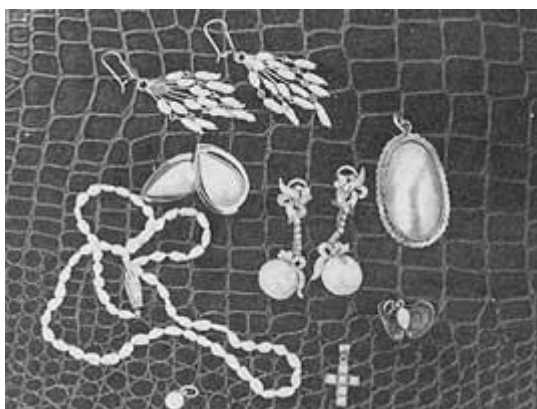


Figura 32. Perlas.

La perla de cultivo no se diferencia en nada de la perla natural y la mano del hombre sólo interviene para provocar la formación del saco perlífero. Se puede considerar el proceso que se realiza para provocar que el molusco secrete la

perla como semejante a la intervención de un injerto de hueso por un cirujano.

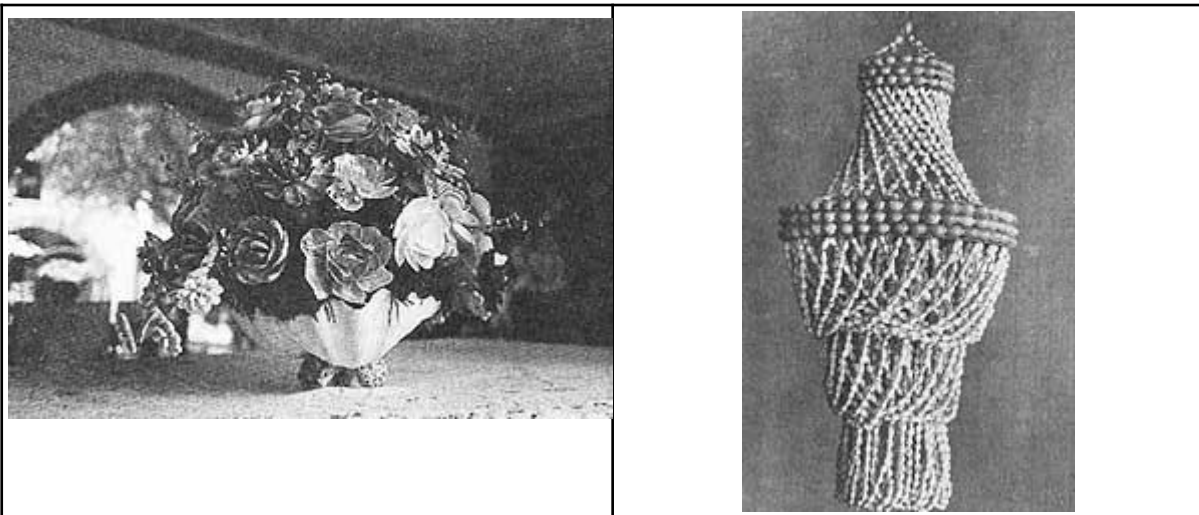
Se envuelve una esferilla de nácar en un trozo de manto arrancado a una ostra perlera, y esferilla y manto juntos se introducen a otra, intacta. Entonces se establecen adherencias entre el manto de la ostra y el que se ha introducido, y el injerto queda realizado. A partir de aquel momento, la primitiva esferilla de nácar seguirá engrosando mediante la envoltura de nuevas capas concéntricas de nácar, con lo cual, al cabo de unos años se habrá obtenido una bella perla de notable pureza y con el diámetro que se desee.

El japonés Korichi Mikimoto, fallecido a la edad de 97 años en 1954, fue el que diseñó este tipo de cultivo perlífero, por lo que se le llamó "el rey de las perlas". El cultivo de perlas se ha convertido en una nueva fuente de trabajo y de ingresos; por este medio se incrementó tanto la producción, que en poco tiempo se presentó un descenso de precios en el mercado internacional de perlas.

Se tuvieron que establecer normas de calidad que impedían la salida de perlas imperfectas al mercado, consiguiéndose así elevar nuevamente los precios. Anualmente, los más importantes productores del Japón cumplen con el ritual de tirar al mar todas las perlas imperfectas, acompañados en esta ceremonia por todo el personal empleado a sus órdenes; en ocasiones se han arrojado al mar 16 mil kilos de perlas que presentaban ligeras imperfecciones.

Se calcula que en la actualidad existen unos 5 mil cultivos de perlas en Japón, siendo la región de Toba la que produce, anualmente, 50 toneladas de perlas, casi la mitad de la producción total japonesa.

Todos los moluscos bivalvos, e incluso ciertos caracoles, pueden producir perlas, pero las que se usan en joyería provienen de la madreperla y especies afines.



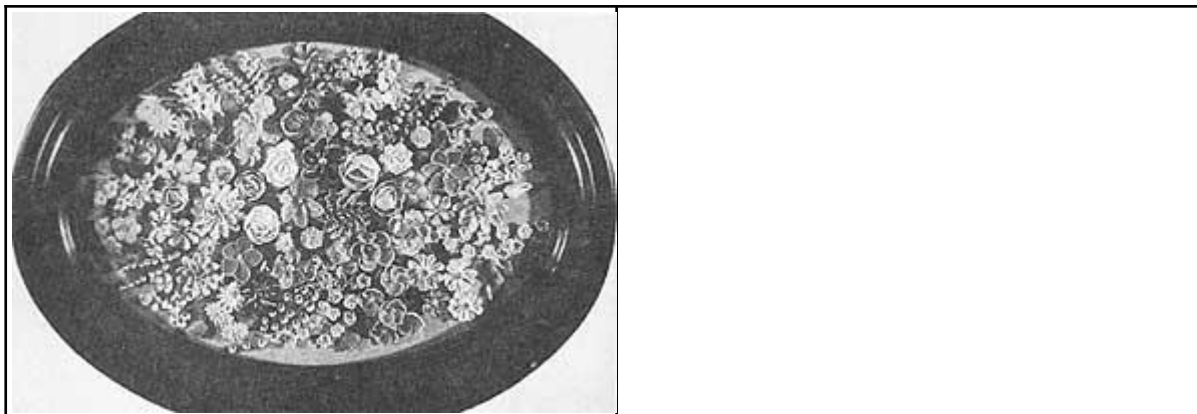


Figura 33. Artesanías hechas con conchas y caracoles de moluscos.

Las ostras, los mejillones, los abulones, las pernas, etcétera, originan también perlas muy bellas teñidas de un color rosa. El "taclobo", molusco gigante, produce grandes perlas a las que se les llama "perlas de coco" por sus enormes dimensiones; son de calidad muy diferente a la de otras especies.

Entre los caracoles que también elaboran perlas son los más notables los enormes "estrombos gigantes" que viven en las aguas del Golfo de México y en la costa de las Antillas, que producen perlas de un delicado color rosa. También segrega perlas muy parecidas el caracol sagrado o "chank" del Océano Índico, y hasta el nautilus es capaz de fabricar pequeñas perlas imperfectas de color amarillento.

Las orejas de mar, conocidas como abulón, que pertenecen al género *Halliotis*, producen el "nácar de incrustación" formando las llamadas medias perlas de coloraciones variadas.

En cuanto al nácar que sirve para fabricar botones, suele extraerse de moluscos gasterópodos del género *Trochus*, muy abundantes en las costas de Madagascar.

El nácar no tiene realmente color alguno y sus reflejos, de distintos matices, se deben a su peculiar estructura, que es causa de que se efectúen en él brillantes y vistosos juegos de colores provocados por la descomposición de la luz. Las conchas con nácar las utilizan con éxito artífices de ingenio para fabricar bellas artesanías adornadas con las conchas de estos moluscos. Se elaboran toda clase de objetos de joyería así como ceniceros, saleros, charolas, vasos, etcétera.

Recientemente se han utilizado las conchas y caracoles de los moluscos para elaborar arreglos, como cuadros imitando flores, también espejos, maceteros y macetas y bisutería para uso personal de las mujeres como peinetas, dijes, collares, aretes, etcétera.

Muchos han sido los productos que el mar le ha brindado al hombre, y éste ha sabido, con su ingenio y tenacidad, extraerlos para colmar, en parte, su vanidad y deseo de poseerlos, a la vez que sabe que su explotación ha servido para elevar el nivel tanto cultural como económico de los pueblos. Sólo le queda al hombre velar porque esa explotación se realice de una forma racional para evitar su extinción que, en muchos de los casos, es el sostén económico de los

pueblos.

PARA satisfacer sus necesidades de alimentación, el hombre, desde tiempo inmemorial, ha realizado la pesca, la cual se ha ido desarrollando con la construcción de instrumentos de captura y de los elementos de desplazamiento en el medio acuático, hasta transformarse en una actividad productiva.

Por las crónicas se sabe que ya en el primer siglo de la era actual, los romanos realizaban pesca marina en las costas de muchos de los países que habían conquistado durante su imperio. No sólo pescaban en el Mediterráneo, también lo hacían en el litoral Atlántico de Europa y en ambos lados de La Mancha, habiendo programado el emperador Claudio llegar hasta el Mar del Norte.

En los primeros siglos la pesca siguió siendo una recolección o cosecha de los animales y vegetales que vivían muy cerca de las costas y sólo hasta el siglo X se puede decir que la pesca se tecnifica y se construyen artes y barcos pesqueros específicos.

Durante el periodo comprendido entre los siglos XIV y XIX no se presentaron grandes cambios, sólo se utilizaban las "goletas", barcos de 200 toneladas, para la captura de peces, y fue al principio del siglo XIX cuando aparecen buques hasta de 500 toneladas, lo que amplió considerablemente las posibilidades de ir a nuevas áreas de pesca.

También el desarrollo de las vías de comunicación terrestre, ferrocarril y carretera que conectaron los puertos con otras poblaciones, así como la aparición, a finales del siglo XIX, de los métodos mecanizados para la construcción de las redes y el avance en el diseño y construcción de barcos pesqueros, como los primeros arrastreros botados a fines de los años 80, permitió darle una nueva organización a la industria pesquera.

El volumen mundial de pesca para los últimos años del siglo XIX alcanzó aproximadamente 7 millones de toneladas, correspondiendo el 70% del total al norte del Atlántico y siendo realizada principalmente por los países de Europa Occidental. Los Estados Unidos y el Japón practicaban la pesca cerca de sus litorales.

Para los inicios del siglo XX se incrementó la captura a 8.5 millones de toneladas, de las que correspondía a Japón el 20%. Los barcos pesqueros siguieron aumentando, cambiando los veleros y los barcos de vapor al motor diesel y para 1913 Noruega contaba con cerca de 6 500 barcos pesqueros, Suecia con 2 100 y Dinamarca con 2 800, incrementándose la captura a 21 millones de toneladas en 1938, época en que la Unión Soviética inició un desarrollo pesquero que la ha llevado a ser uno de los principales países pesqueros de la actualidad.

Para ese entonces la captura de los países europeos, Estados Unidos, Canadá y Japón representó el 60% del total mundial y se trabajaba en los mares de Noruega, de Barents y de Groenlandia, así como en la región septentrional del

Océano Pacífico.

Después de la segunda Guerra Mundial la captura de productos del mar se triplicó hasta llegar, en 1966, a 57 millones de toneladas, pero este incremento impresionante exigió un mayor esfuerzo pesquero, que puso en peligro algunas pesquerías que llegaron al nivel de su máxima captura y, por lo tanto, a la explotación excesiva.

La captura mundial ha seguido aumentando, y contra la opinión de Hugo Grotius (que creyó que "la pesca era inagotable" y que llevó a pensar a algunos hombres que "las ballenas, las focas, el salmón y el arenque eran como los búfalos de las praderas del oeste de los Estados Unidos", por lo que la captura mundial podría mantenerse, o bien incrementarse por muchos años), ya en la actualidad existe la creencia de que las pesquerías deben regularse, en algunos casos reducirse y en otros, como la captura de mamíferos marinos y de la tortuga, llegar a cuotas mínimas de explotación con el fin de que las poblaciones de organismos puedan continuar proporcionando rendimientos adecuados.

En los últimos 15 años la captura mundial se ha mantenido alrededor de los 70 millones de toneladas, las que se obtienen principalmente en las aguas cercanas al litoral; de éstas, el 90% se captura en las aguas sobre la plataforma continental y sólo el 10% en aguas propiamente oceánicas.

Esta captura se inició en las aguas frías (septentrionales) de los océanos Pacífico y Atlántico, las que por sus características oceanográficas de temperatura, salinidad, movimientos de masas de agua, etcétera, hacen que abunde el plancton y, por lo tanto, las cadenas de alimentación que permiten que las poblaciones de otros organismos sean grandes y aprovechables para la pesca.

Posteriormente, los países pesqueros empezaron a pescar en las zonas tropical y subtropical (meridional) del océano, e iniciaron su despegue pesquero los países en vías de desarrollo, lo que trajo un incremento en la producción pesquera mundial, llegando en 1984, según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a 82.7 millones de toneladas, ya que en el periodo 1972-1975 había descendido mucho debido a cambios oceanográficos en la captura de anchovetas en el Océano Pacífico cerca del litoral de Perú y de Chile.

Las principales especies que componen esta captura son atunes, anchoas, sardinas, boquerones, caballa, pescadilla, bacalao, saira, salmones, merluza, y lenguados, entre otros peces; así como los crustáceos: camarones, gambas, langostas, cangrejos y jaibas, etcétera; los moluscos: pulpos, calamares y ostras, y algas.

Entre las causas que han permitido el mayor aprovechamiento de los recursos pesqueros está en primer lugar la realización de grandes investigaciones oceanográficas y pesqueras que aportaron los datos para que la pesca se pudiera industrializar.

En el desarrollo de la industria pesquera actual, se observa que la flota ha evolucionado, siendo cada vez mejores las embarcaciones y apareciendo una flota oceánica moderna que ha liberado a la industria de su dependencia de los puertos; que los medios de trabajo de esta industria son altamente productivos, y también que han progresado las instalaciones portuarias, creándose los "puertos

y terminales pesqueras".

Algunos países, como Estados Unidos, Japón y la Unión Soviética, cuentan con puertos pesqueros, que pueden atender a los grandes buques pesqueros por disponer de atracaderos de gran profundidad, y por la maquinaria para realizar la carga y descarga que les permite atender a estas grandes embarcaciones, algunas de las cuales pueden ser "barcos factoría", especies de fábricas flotantes.

Puertos pesqueros importantes son: Cuxhaven y Bremerhaven en Alemania Occidental; Hull y Grimsby en Inglaterra; Boulogne y Lorient en Francia; Burgas en Bulgaria; Rostock en Alemania Oriental; La Habana en Cuba; Gdynia, Szczecin y Swinoujscie en Polonia. Se puede considerar que la Unión Soviética es el país con mayor número de puertos pesqueros, por contar con 48 que se distinguen por las dimensiones de sus obras y las características de sus instalaciones, que permiten atender a una de las mayores flotas pesqueras del mundo.



Figura 34. Barco factoría.

También disponen de poderosas flotas pesqueras el Japón, Alemania Federal, Estados Unidos, España, Gran Bretaña y Francia.

El 85% de la captura mundial la realizan 24 países, siendo los más importantes Japón, la Unión Soviética, la República Popular de China, Estados Unidos, Chile, etcétera; entre ellos se encuentra México, en 16° lugar en la extracción de productos del mar.

La mayor parte de la pesca la realizan los países desarrollados, gracias a sus poderosas flotas y al potencial científico, técnico y económico con el que cuentan, que les ha permitido desarrollar una extensa red de centros docentes para la industria pesquera, así como de instalaciones de investigación científica y tecnológica, en donde tienen cuadros altamente calificados de científicos e ingenieros pesqueros que han confeccionado los métodos modernos de explotación de los recursos pesqueros, preocupándose principalmente por aprovecharlos para suministrar productos alimenticios a su población y aumentar

las fuentes de trabajo.

Mientras tanto, los países en desarrollo, por el deficiente nivel socioeconómico que se presenta en la mayoría de ellos, no han salido de la pesca inicial para alcanzar el nivel de pesca industrial, aunque en algunos de ellos la escasez de alimentos con los que cuentan los ha estimulado a fomentar con ritmo acelerado la pesca nacional.

El crecimiento de las capturas de los países en vías de desarrollo ha estado condicionado principalmente por el aumento en las capturas de Perú y Chile, pero éstas principalmente han sido aprovechadas para producir harina de pescado para la exportación; no obstante, en los últimos años se ha empezado a prestar atención a la captura con fines alimenticios.

<i>Países</i>	<i>Toneladas</i>
Japón	11 443 702
URSS	10 522 896
República Popular de China	6 778 819
Chile	4 804 430
Estados Unidos	4 766 805
Perú	4 168 355
India	281 000
República de Corea	2 649 880
Tailandia	2 123 600
Noruega	2 106 696
Indonesia	2 067 090
Filipinas	1 867 701
Dinamarca	1 696 253
Canadá	1 425 775
España	1 337 738
México	1 226 244

FIGURA 35. Captura mundial, según la FAO, 1985.

Algunos investigadores estiman que la producción pesquera se está acercando a su límite natural, pero se basan en los cálculos sobre los recursos convencionales, que son los que en la actualidad se consumen y por lo tanto tienen mercado, sin embargo, si se toman en cuenta otros recursos, las posibilidades de la pesca son todavía mayores.

El Departamento de Pesca de la FAO estimó que las capturas mundiales podrían incrementarse para el año 2000 a 130 millones de toneladas, que en un 80% podrían utilizarse para el consumo humano, siempre y cuando los países fijen adecuadamente sus objetivos a largo plazo para el desarrollo pesquero.

Las investigaciones pesqueras que se realizan en los diferentes océanos muestran que algunos recursos han llegado a la explotación excesiva, pero que otros están siendo subexplotados. Inclusive en mares tan trabajados como las aguas de Europa occidental se han encontrado poblaciones de bacaladilla que

podrían producir 2 millones de toneladas por año, por lo que se están haciendo los estudios para la captura y elaboración de este tipo de bacalao.

Con la explotación de los recursos no convencionales, que ahora no se explotan porque los consumidores no están familiarizados con ellos, la FAO ha estimado el potencial mundial en 370 millones de toneladas, de las que actualmente sólo se aprovechan 83 millones, y queda una reserva que tendrá que explotarse, como es el caso del pequeño crustáceo llamado "krill", del que se ha calculado que se podrían capturar 60 millones de toneladas.

Para poder lograr el éxito en los programas de crecimiento y desarrollo pesquero se tendrán que tomar algunas medidas, como el hecho de contar con los fondos necesarios, disponer de expertos que lleven a cabo las investigaciones pertinentes, sobre todo para el desarrollo que consiste en introducir nuevas pesquerías y no sólo incrementar las ya existentes como sucede en el crecimiento; evitar los despilfarros que en la actualidad se tienen durante la captura y el manejo de los recursos, o porque algunos de ellos son utilizados en la fabricación de harina de pescado en lugar de consumirlos directamente en la alimentación; incrementar los programas de acuicultura que actualmente sólo producen 6 millones de toneladas y, sobre todo, seguirá siendo indispensable la capacitación de las personas que intervienen en la industria pesquera.

También se hace necesario el establecimiento de programas que permitan lograr que se consuman las diferentes especies que viven en el océano, evitando que sólo se utilicen las conocidas en el mercado, como generalmente sucede en muchos países, y que en la comercialización se evite el complejo sistema de revendedores que sólo encarece el costo del producto.

Estas posibilidades que brinda el aprovechamiento de los recursos vivos del océano, permiten a la humanidad fincar esperanzas de poder solucionar el problema de la alimentación de su población que constantemente se incrementa.

El consumo de pescado y mariscos se justifica por su riqueza en proteínas, compuestos energéticos y vitaminas. La calidad proteica del pescado es superior a la de la carne de cerdo, ganado vacuno y a la de la leche; además, se ha calculado que las pesquerías pueden producir de 3 a 30 veces más proteínas animales que la agricultura intensiva, con igual consumo de energía.

Se han hecho cálculos de que el consumo medio actual de productos acuáticos es de 13.5 kilogramos *per capita*, es decir, que una persona se come estos kilos durante un año, y se espera que en el año 2000 llegue a 16 kilogramos y que este incremento se presente sobre todo en los países en desarrollo.

El desarrollo de la industria pesquera requiere de metas claras a largo plazo, pero sobre todo exige el esfuerzo colectivo de los países, tanto ricos como pobres, para beneficiar a la humanidad.

RICARDO MONGES LÓPEZ (1886-1983)

Nació en Ciudad del Carmen, Campeche, el 2 de octubre de 1886, y realizó sus

estudios de primaria, secundaria y preparatoria en ese lugar.

Cursó la carrera de ingeniería civil en la Escuela Nacional de Ingenieros en 1904 y fue becado por la Secretaría de Instrucción Pública para realizar estudios en los Estados Unidos de ingeniería hidráulica, y en Bélgica, Gran Bretaña y Alemania, donde se dedicó al estudio de matemáticas superiores y física teórica.

En los puertos de Londres, Amberes, Hamburgo y Kiel enfocó su atención a las investigaciones hidráulicas y marítimas, preparando su tesis profesional *Principales puertos europeos* que constaba de seis tomos. El azolve de los puertos y las construcciones submarinas y de alta marea fueron tratados en esta obra.

En 1914 fue nombrado por la Secretaría de Comunicaciones Subdirector de Obras en el Puerto de Tampico y posteriormente ocupó el puesto de delegado de la Comisión Técnica del Petróleo en los puertos de Tampico y Veracruz, dedicándose en especial a la exploración y explotación del mismo. Organizó en 1916 la Campaña de Geofísica Exploradora, de la que fue director hasta 1931, iniciando con esto los estudios de geofísica en México; fundó la revista *Geofísica*, en la que se publicaron los resultados de las investigaciones de esta materia en la Escuela Nacional de Ingenieros, en la que durante 14 años desempeñó la cátedra respectiva.

Durante esta época siguió con sus actividades en la Universidad Nacional, con el principal interés de formar investigadores en matemáticas y física, y en 1936 logró fundar la Escuela Nacional de Ciencias Físicas y Matemáticas en la Universidad Nacional Autónoma de México, de la que fue nombrado primer director; en 1939 esta Escuela se transformó en la actual Facultad de Ciencias de la UNAM, incorporándose además las carreras de biología, geología y geografía.

En 1940 fue designado director de la Facultad de Ciencias, puesto que

desempeñó hasta 1946, y durante este tiempo gestionó la creación de los Institutos de Matemáticas y Física. También organizó el Consejo Consultivo de los Institutos, que tuvo como fin coordinar la investigación científica de la Universidad, formado por los directores de los institutos del área; siendo su presidente el director de la Facultad de Ciencias. Este consejo pasó a formar el actual Consejo Técnico de la Investigación Científica.

Fue director del Instituto de Geología de la UNAM en 1946, y ahí empezó a gestionar la creación del Instituto de Geofísica, el cual entró en funciones en 1949, nombrándosele también primer director, y ocupó este cargo hasta 1959.

Además de estos puestos administrativos continuó con su labor de investigación, donde destacan los estudios para explicar, por métodos gravimétricos, la diferencia de nivel medio del mar en los extremos del Canal de Panamá.

También realizó estudios para explicar las marcadas diferencias en el gradiente térmico entre las partes norte y sur del Golfo de California. Para estos estudios estuvo en contacto con la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California, de la que fue nombrado profesor visitante.

Como director del Instituto de Geofísica colaboró en la organización del Comité Mexicano del año Geofísico Internacional en 1954, del cual fue designado

presidente, puesto que desempeñó hasta 1958; durante este periodo fundó la Comisión de Oceanografía de la UNAM, que fue presidida y coordinada por él.

Su actividad en esta Comisión de Oceanografía permitió el desarrollo de las ciencias del mar en el país y gestionó y supervisó la estación de investigaciones marinas del Instituto de Biología en Ciudad del Carmen, Campeche.

Esta comisión fue la base para la organización del Primer Congreso Nacional de Oceanografía en 1963, realizado en la Universidad Autónoma de Guerrero, y en la que participó activamente el ingeniero Monges López.

Al cumplir 80 años se jubiló de la UNAM, la cual le rindió un homenaje al designarlo, por acuerdo del H. Consejo Universitario, profesor emérito de la Facultad de Ciencias.

También como reconocimiento a su gran actividad científica, el gobierno de Francia le otorgó las Palmas Académicas y el Grado Superior de la Cruz Oficial.

Murió el 21 de abril de 1983 en la Ciudad de México.

a popa. Movimiento de la embarcación hacia atrás.

a proa. Movimiento de la embarcación hacia adelante.

alidada. Instrumento accesorio de las agujas magnéticas consistente en un anteojo colocado sobre una regla móvil, para calcular la altura de los astros.

antibiótico. Sustancia producida por un organismo vivo que se difunde a su alrededor y es tóxica para individuos de otras especies.

abor. Costado izquierdo de la embarcación.

bajamar. Nivel más bajo alcanzado por las aguas.

bajo. Banco de arena o roca sumergida, extensión donde la profundidad de la masa de agua es poca.

barlovento. Lugar de donde sopla el viento.

batimetría. Arte de medir grandes profundidades oceánicas.

bergantín. Embarcación de dos palos, el trinquete con velas cuadras, el mayor con velas cangrejas.

borda. Contorno superior que limita a la embarcación.

bordada. Navegar a vela con el viento.

botadura. Operación para trasladar un buque desde la grada de construcción hasta el mar.

boza. Cabo firme colocado en proa para amarrarse en el muelle.

braza. Medida de longitud que equivale a 6 pies o 1.82 metros.

cable. Cuerda manufacturada con alambre de acero.

cablero. Buque especial convenientemente armado y equipado para el lanzamiento y tendido de cables telegráficos submarinos y para su reparación.

cabo. Cuerda manufacturada con fibra vegetal.

calado. Distancia vertical que existe entre la línea de flotación y la quilla de la embarcación.

carabela. Embarcación a vela estable y ligera, de dimensiones pequeñas.

carraca. Barco del siglo XV.

cubierta. Cada uno de los pisos del barco.

cultivo. Método para conservar y favorecer el crecimiento de organismos vivos proporcionándoles los requerimientos necesarios.

declinación magnética. Ángulo que forma la aguja magnética en un punto con relación al meridiano.

derivar. Alterar el rumbo de una embarcación por acción del viento o de la corriente.

derrota. Rumbo o ruta que sigue una embarcación, en su desplazamiento de un lugar a otro del océano.

draga. Instrumento que portan algunos barcos para realizar la limpieza del fango y arena del fondo del mar en los puertos o en ríos.

driza. Cabo para izar las velas.

ecosonda. Instrumento que sirve para conocer la profundidad del mar y para detectar organismos en él.

eskorado. Inclinação de una embarcación.

escota. Cabo para maniobrar las velas.

escotillas. Aberturas que hay en la cubierta de un barco, generalmente de forma rectangular.

eslora. Distancia entre la proa y la popa de un barco; es decir, su longitud.

estribor. Costado derecho de una embarcación.

fiordo. Golfo en las costas noruegas, estrecho y profundo, entre montañas y laderas escarpadas, formado por los glaciares durante el periodo cuaternario.

gabarra. Embarcación que sirve de sostén para la construcción de puentes o para la carga y descarga en los puertos.

galeón. Barco de mediados del siglo XVI, pesado, a vela, con proa y popa levantadas, que servía para transportar oro y plata de América a España.

goleta. Embarcación de dos palos con sendas velas cangrejas.

grumete. Joven que se incorpora al ambiente naval; aprendiz de marinero.

hidrocarburo. Compuesto a base de carbono.

línea de flotación. Nivel del agua alrededor del casco de la embarcación.

Lorán. Instrumento que permite a una embarcación determinar su posición comparando las ondas emitidas por tres estaciones.

manga. Ancho máximo de la embarcación.

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

mástil. Palo de una embarcación sostenido por medio de cables.

muelle. Es la obra en los puertos que tiene por objeto ofrecer un parámetro vertical suficiente para que en él atraquen de costado los barcos.

navegación. Gobierno de un barco desde un punto a otro de la superficie del mar.

nudo. Unidad de velocidad de los barcos, equivalente a una milla por hora (milla náutica: 1 852 metros).

orzar. Poner el rumbo de la embarcación hacia el viento o a babor.

plataforma continental. Prolongación del continente que se continúa con suave pendiente hacia el mar, y termina en las zonas en que la profundidad del agua aumenta de manera abrupta.

pleamar. El nivel más alto alcanzado por las aguas.

popa. Porción posterior de la embarcación.

portilla. ventana redonda que llevan los barcos, también llamada claraboya.

potable. Es aquello que se puede beber.

proa. Porción anterior de la embarcación.

punte. Lugar donde se encuentra el centro de mando o control del barco.

quilla. Pieza longitudinal que recorre la parte inferior del casco de la embarcación.

rumbo. Dirección expresada en ángulo respecto al meridiano en el cual está orientado un barco.

salmuera. Agua cargada de sal. Bañar al pescado en salmuera como tratamiento previo a una elaboración ulterior.

sotavento. Lugar protegido del viento.

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.

virar por avante. Cambiar el rumbo de la embarcación pasando la proa por el

viento.

virar por redondo. Cambiar el rumbo de la embarcación pasando la popa por el viento.

vela cuadra. Tipo de vela de una embarcación en forma cuadrangular.

vela latina. Tipo de vela de una embarcación en forma triangular.

Aguayo, A. *et al.* "El lobo fino antártico, *Arctocephalus gazella* (Peters), en el Sector Antártico Chileno (Pinnipedia-Otariidae)", en *Serie Científica Antártica*, (Chile) 5(1): 5-16, 1977.

Almonacid, F. *Guía del mariner*. Ediciones de la Secretaría de Marina, México, 1986.

Anónimo. *La educación naval en México*. Secretaría de Marina, México, 1986.

Anónimo. *Ciencia y tecnología para el aprovechamiento de los recursos marinos*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 1982.

Anónimo. **Buques oceanográficos** El Puma y Justo Sierra. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México, 198.

Anónimo. *Catálogo de buques oceanográficos*. Comisión Intersecretarial de Investigación Oceanográfica, México, 1986.

Anuario estadístico de Pesca. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, Roma, 1984.

Cifuentes, J.L. y G.L. Kesteven. *Programa de Investigaciones y fomento pesquero de México/PNUD/FAO*. Instituto Nacional de Biología Pesquera, México, 1970.

Clancy, E. *Las mareas*. Editorial Universal, Buenos Aires, 1972.

Clary, P. *et al.* *Le livre de la mer*. Editions G.P. Rouge et Or, París, 1985.

Departamento de Pesca. *Objetivos a largo plazo para el desarrollo de la pesca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, Roma, 1978.

Duché, J. *Las grandes rutas del comercio*. Editorial Noguer, Madrid, 1970.

Duxbury, A. *The Earth and its Oceans*. Addison-Wesley Publishing Co., Londres, 1971.

Gallach, J. *Albatros. Enciclopedia del mar*. Tomos I - IV. Compañía Internacional Editora, Madrid, 1977.

Hantke, H. *The Use of Iceberg for Water Supply. Natural Resources and Developments*. Vol. 23. República Federal Alemana, 1986.

Lacroix, B. *Criterios sobre política pesquera internacional*. Academia Internacional de Derecho Pesquero, 1986.

Lozano-Cabo, F. *Oceanografía, biología marina y pesca*. Paraninfo, Madrid, 1978.

Rosa de E. *et al. Le grand livre de la mer*. Editions des Deux Coqs d Or, París, 1986.

Salmikov, S. *Geografía económica del océano mundial*. Editorial Progreso, México, 1984.

Scott, W. *Explorando los mares (Riqueza y leyes)*. Editorial Pax-México, México, 1972.

Skinner, B. y K. Turekiam. *El hombre y el océano*. Ediciones Omega, Barcelona, 1976.

Vargas, J. *Terminología sobre el derecho del mar*. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, México, 1979.

Vetter, C. *Oceanografía. La última frontera*. El Ateneo, Buenos Aires, 1976

Este libro se terminó de imprimir y encuadernar en el mes de agosto de 1997 en los talleres de Impresora y Encuadernadora Progreso, S.A. (IEPSA),calzada de San Lorenzo 244, 09830 México D.F.

Se tiraron 3 000 ejemplares.

La Ciencia para Todos

es una colección coordinada editorialmente por *Marco Antonio Pulido y María del Carmen Farías*.

Todavía a principios del siglo XX se creía que los recursos del mar eran inagotables. No se pensaba entonces que el avance de la técnica haría posible que en sólo veinte años, a partir del fin de la segunda Guerra Mundial, el hombre triplicara la producción pesquera anual al grado de poner en peligro de extinción a numerosas especies marinas indispensables en la alimentación humana, depredación semejante a la que se hizo con las ballenas. La mayor parte de la pesca la realizan los países desarrollados gracias a su tecnología y grandes flotas; sin embargo, México ocupa el decimosexto lugar en la extracción de productos del mar. El consumo de pescado y mariscos se justifica por su riqueza en proteínas, energéticos y vitaminas que podrían constituir una opción ante la deficiencia de tales nutrientes en los países del Tercer mundo. En este volumen de la serie La Ciencia desde México se reseña cómo aprovecha el hombre los

recursos, renovables y no renovables, de los océanos; de qué manera, a lo largo de los siglos, se ha venido creando una tecnología marina, desde la balsa a los grandes barcos trasatlánticos, los gigantescos buques tanques y las naves de guerra. Estudia igualmente el establecimiento de industrias derivadas del aprovechamiento de los recursos marinos, industrias químicas y petroleras, sin olvidar el turismo. La publicación de *El océano y sus recursos* se corresponde con la exhortación de sus autores: "¡ Hay que conocer el mar!" En el pasado, trabajos de esta magnitud eran labor exclusiva de los países desarrollados. En nuestros días y por diversas razones —una de ellas la sobreexplotación de los recursos marinos— participan en el estudio de los océanos la mayoría de los países. Existe ya la conciencia de que si seguimos usando el mar sin un conocimiento adecuado de sus posibilidades reales, podría presentarse una disminución de su fertilidad e incluso su muerte y con ella el fin de la humanidad. Deber de la ciencia es impedir que tal catástrofe llegue a presentarse. Juan Luis Cifuentes, maestro y director de la Facultad de Ciencias de la UNAM de 1973 a 1977, y dos de sus discípulas y colaboradoras, María del Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón, han emprendido la valiosa tarea de ofrecer al lector una obra panorámica, en doce volúmenes, que cubre todos los ángulos de las investigaciones oceánicas más dignas de difusión.