

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

APLICACION DE LOS SERVICIOS OCEANOGRAFICOS EN
LA INVESTIGACION BIOLOGICA MARINA

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O

P R E S E N T A

LUIS ALBERTO BRAVO INCLAN

México, D. F.
1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Mi especial reconocimiento para el M. en C. Raúl Gfo Argáez por su asesoramiento y dirección en el presente estudio; asimismo por su estímulo continuo en los últimos cuatro años y a cuyo auspicio debo, en gran parte, los lineamientos de mi formación profesional.

Hago extensiva mi gratitud a los sinodales: Dr. Alfredo Laguarda, M. en C. Juan Luis Cifuentes, M. en C. Arturo Contreras y Biol. Ernesto Bravo por el lapso invertido en la revisión y corrección de este trabajo.

Doy particularmente las gracias a las siguientes personas, por su tiempo y desinteresada ayuda:

- Dr. Agustín Ayala-Castañares.

Director del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

- Ing. José L. Jaspeado Solís.

Jefe del Departamento de Oceanografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, SPP.

- Contralmirante C. G. Demn. Gustavo Orozco Peralta.

Director de la Comisión Intersecretarial de Investigación Oceanográfica, SM.

- Cap. e Ing. Octavio A. Díaz González.

Director general de Ciencia y Tecnología del Mar, SEP.

- Ing. Francisco Grivel Piña.

Jefe del Departamento de Mareografía, Instituto de Geofísica, UNAM.

- Ocean. Eliseo Sandoval Tapia,

del Instituto Nacional de Pesca, SP.

Agradezco también a la Dra. Ana Luisa Carreño, a la Biol. Ana Cecilia - Tomasiní y al Ing. en Electrónica Ernesto de Lara por sus atinados comentarios y orientación. Asimismo a Yolanda Sotomayor, familiares y amigos por el apoyo que me han brindado.

C O N T E N I D O

Resumen	1
I. Introducción	2
II. Generalidades	7
III. Servicios Oceanográficos	13
1) Información	13
1.1 Datos oceanográficos	14
1.2 Comunicación marítima	20
1.3 Pronósticos meteorológicos marinos	24
1.4 Predicción de corrientes y oleajes	29
1.5 Predicción de mareas	35
1.6 Tablas de azimut	40
1.7 Información sobre islas, cayos y arrecifes	42
1.8 Cartografía marina	52
1.9 Cartas hidrográficas	53
1.10 Cartas batimétricas	54
1.11 Derroteros	59
1.12 Cartas náuticas	61
1.13 Portulanos	61
1.14 Cuadernos de faros	63
2) Contaminación, seguridad y bienestar	65
2.1 Problemática de la contaminación	65
2.2 Señalamiento marítimo y avisos a los marinos	78
2.3 Sistema de alerta contra los tsunamis	79
2.4 Higiene, sanidad y seguridad de la vida en el mar	83

3)	Herramientas de trabajo	87
3.1	Embarcaciones de Investigación oceanográfica y pesquera .	88
3.2	Plataformas de observación	95
3.3	La teleobservación	102
3.4	Instrumentación oceanográfica	109
IV.	Consideraciones generales	119
V.	Conclusiones	149
VI.	Literatura citada	152
	Anexos	159

RESUMEN

Los servicios oceanográficos bien implantados constituyen un sistema que beneficia múltiples actividades oceánicas, tales como: la efectividad y operatividad náutica, la confiabilidad en las predicciones, el transporte marítimo, el uso racional y óptimo de los recursos marinos, al igual que el desarrollo de las ciencias del mar.

En el presente trabajo se analizan los aciertos y las deficiencias con que son atendidos los servicios oceanográficos en México, los cuales son cumplidos de una parte por secretarías de Estado: Programación y Presupuesto, Marina, Comunicaciones y Transportes, Pesca y Educación Pública; y de otra parte por instituciones de educación superior: UNAM e IPN, entre otras.

De los 22 servicios estudiados se consideran básicos: a) Datos e información oceanográfica; b) Comunicación marítima; c) Meteorología marina; d) Predicción de mareas; e) Cartografía marina; f) Vigilancia de los niveles de contaminación; g) Seguridad de la vida en el mar; h) Plataformas de observación; e i) Instrumentación oceanográfica.

Del análisis efectuado, se muestra el beneficio potencial que estos servicios ofrecen a una amplia gama de usuarios pero, sobre todo, se enfatiza su aplicación en la Investigación Biológica Marina. En varios casos, se expone la problemática de dichos apoyos y se proponen recomendaciones al respecto.

Puede afirmarse que los servicios oceanográficos en México son insuficientes, que requieren de un fuerte impulso, reestructuración y definición de responsabilidades por parte de las instituciones encargadas de proporcionarlos.

"APLICACION DE LOS SERVICIOS OCEANOGRAFICOS EN LA
INVESTIGACION BIOLOGICA MARINA"

1. INTRODUCCION

Habiendo tenido la oportunidad de laborar en el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), en la obtención de algunos datos incluidos en el documento "Ciencia y Tecnología para el Aprovechamiento de los Recursos Marinos", se captó la urgente necesidad de ahondar en el estudio de la situación actual de los servicios oceanográficos, que prestan el Estado y las instituciones de educación superior, conectadas con los usos y recursos del mar en México. Dicha observación hizo nacer en el autor de esta tesis, la inquietud por el tema.

Los objetivos de esta monografía son: dar a conocer la situación actual y futuras posibilidades en nuestro país de los servicios oceanográficos, que proporcionan las instituciones vinculadas con las ciencias del mar, enfatizando la aplicación o relación de éstas a la Investigación Biológica Marina, para lo que, y debido a que la administración del mar es un complejo problema intersectorial, se investigó cuáles son las instituciones responsables de proporcionar los servicios oceanográficos, en qué consisten tales servicios, así como su beneficio potencial para los usuarios, entre otros, específicamente los biólogos marinos.

Una vez obtenida la información, se analizó la problemática global de los servicios oceanográficos a nivel nacional, con el fin de detectar sus deficiencias y proponer alternativas para su implementación.

Cabe mencionar que los servicios oceanográficos son de utilidad tanto para la comunidad científica, como para el gobierno y el público en general. Las principales ciencias cuyo objeto de estudio es el mar son: la

oceanografía física, la oceanografía química, la oceanografía biológica y la oceanografía geológica. Estas disciplinas se relacionan tan íntimamente que, en muchos casos, resulta imposible delimitar sus campos de acción (CONACYT, 1975). Además, se considera conveniente incluir otras áreas de interés para este tema, tan profundamente multifacético, tales como: hidrografía, meteorología, cartografía, vigilancia de la contaminación, comunicaciones, navegación e instrumentación oceanográfica, entre otras.

El sistema de servicios oceanográficos puede dividirse esquemáticamente, en las siguientes áreas principales:

a) Aprovechamiento de la información oceanográfica basada en el acopio y tratamiento de los datos captados -de origen físico, químico, geológico, biológico y meteorológico- para producir predicciones, cartografía, publicaciones sistemáticas, etc.; a cuya información deberá darse gran facilidad de acceso a los usuarios.

b) Seguridad, vigilancia y alertamiento, servicios principalmente enfocados a la protección de la vida humana y de bienes materiales en el mar, - así como a la prevención de la contaminación;

c) Herramientas de trabajo adecuadas y suficientes para la realización de las observaciones oceanográficas y de meteorología marina, por medio de buques, boyas, satélites y otras plataformas;

d) Vigilancia del Patrimonio Nacional y de la legislación y reglamentación, relacionadas con la soberanía, derechos y usos del mar y sus litorales.

Desde luego, las áreas antes mencionadas se sustentan en un servicio fundamental: la comunicación, la cual además de ser analizada en el tema 1.2, será objeto de mención frecuente en este trabajo.

Trabajos Previos

En México, la bibliografía que trata a los servicios oceanográficos es muy escasa o casi inexistente. Debido a que el tema abarca diversas disciplinas, la información se encuentra dispersa y desarticulada. Entre los pocos trabajos que manejan el tema de forma integral, se cuenta con los siguientes:

En 1975, el Comité del Programa de Ciencia y Tecnología para el Aprovechamiento de los Recursos Marinos (PROMAR) elaboró un estudio publicado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (número 13 de la Serie Documentos), en el que por primera vez, se hizo un diagnóstico sumario de las instituciones vinculadas con aspectos del mar en el país.

En 1982, con el fin de actualizar la situación de las instituciones que tienen conexión con las ciencias del mar, su problemática y sus perspectivas, se recopiló información para crear el documento "Ciencia y Tecnología para el Aprovechamiento de los Recursos Marinos". Para este propósito, el PROMAR contó con la asesoría de un Comité, integrado por profesionales de amplia experiencia y de reconocido prestigio en diversos campos de la Oceanografía, encomendándoles la formulación de dicho trabajo que constituye una invaluable fuente de información.

Por otro lado la Secretaría de Marina, por medio de la Comisión Intersecretarial de Investigación Oceanográfica (CIIO) durante los años 1983 y 1984, ha venido laborando en la coordinación de los servicios oceanográficos intersecretariales. El resultado de su trabajo dará lugar a una publicación.

"Todo lo referente a utilización, conservación y fomento de los recursos naturales - de toda índole - es de capital importancia -

al futuro de la humanidad y, en consecuencia, materia sobre la cual todos debemos estar informados''

Enrique Beltrán.

En nuestro país el estudio de los recursos marinos, pese a su vital importancia, constituye un campo poco explorado. Así, México cuenta con 10,000 Kilómetros de líneas de costa -en los que existen aproximadamente 1'500,000 hectáreas de lagunas costeras y esteros. En 1975, el país acrecentó su superficie en 2'892,000 Km² al establecer su Zona Económica Exclusiva. Con esta medida, el país amplió su territorio y la porción marina pasó a ser mayor que la terrestre, por lo que resulta urgente estimular nuestra preparación en los campos de la ciencia y de la tecnología nacionales, referida a dichos recursos que la naturaleza nos brinda en medida tan generosa.

Por otra parte, no existe un inventario completo de los recursos marinos nacionales, cuyo aprovechamiento integral es aún deficiente para satisfacer las necesidades del país, en aspectos de alimentación, portuarios, de navegación, industriales, turísticos, etc. (PROMAR, 1982).

Sólo mediante el adecuado estímulo a nuestra preparación, infraestructura y servicios oceanográficos, se podrá alcanzar la capacidad indispensable para explotar, preservar, administrar, e incluso, negociar con otros países los usos y recursos de nuestra Zona Económica Exclusiva (Ayala Castañares et al., 1982).

Habitualmente, los recursos marinos se han considerado infinitamente abundantes; sin embargo esto es un error, ya que estas riquezas naturales varían sensiblemente en cantidad, alterabilidad y posibilidad de nuevo aprovechamiento. Los recursos naturales se han dividido en: renovables, como el aprovechamiento de la fauna y la flora terrestres y marinas, así como de

la energía solar; y en no renovables, los cuales al utilizarse se destruyen, o se explotan hasta su agotamiento, como son los casos del petróleo, de los minerales tanto de la corteza terrestre, como del fondo marino y de la masa de agua (Owen, 1977). Pero "se ha dicho que la tierra es un vehículo espacial, que no puede contar sino con sus propios recursos, y que los seres humanos son sus pasajeros. El único suministro externo es la energía solar; el resto de nuestros suministros está con nosotros y deberá durar lo que dure la vida humana en el planeta" (Naciones Unidas, 1973).

De acuerdo a estas características, debe determinarse la mejor forma de administrar los recursos naturales renovables y no renovables, ya que la actividad humana puede deteriorar el ambiente y los valores estéticos, por medio de la explotación irracional y su consecuente contaminación. La explotación racional requiere de personas capacitadas que cuenten con el apoyo de servicios e información sistematizados, instalaciones y financiamiento amplios y una legislación apropiada; importantes son asimismo, el compromiso nacional y la cooperación internacional. Se precisa también, de una ciencia y una tecnología capaces de descentrar los procesos oceánicos. Estos conocimientos son útiles para la toma de decisiones, tendientes a la utilización óptima del espacio oceánico y del aprovechamiento más eficaz de tales recursos.

Ahora bien, uno de los pilares fundamentales que impulsan el desarrollo de las ciencias del mar son los servicios oceanográficos, que prestan el Estado y las instituciones de educación superior. Es obvio que cuanto más eficientemente sean prestados dichos servicios, mayor será el beneficio que reciban las actividades científicas y tecnológicas, dando como corolarios: el mejor desarrollo y fomento de la efectividad y operatividad marítima; protección del medio marino y de las zonas costeras; mejoramiento

to de la previsión meteorológica y del transporte marítimo. De ahí la importancia de desarrollar tales aspectos en forma integral y coordinada entre las dependencias nacionales, científicas y gubernamentales, ya que constituyen una inversión altamente redituable a mediano y a largo plazos.

Los servicios oceanográficos, integrados por datos sistematizados, información accesible, cartografía actualizada, predicciones confiables, medidas para salvaguardar vidas humanas, plataformas de observación, etc.; constituyen elementos fundamentales para el uso racional de los mares (Ayala-Castañares, 1982).

El principal motivo para prestar servicios oceanográficos es el beneficio potencial que puede esperarse de ellos. "La necesidad de información reciente sobre el medio marino, rebasa la comunidad oceanográfica y abarca las instituciones científicas e industriales, así como los gobiernos y los intereses públicos y privados, relacionados con los asuntos marinos" (Roll, 1979).

La investigación marina es costosa. Se requieren recursos humanos altamente calificados, embarcaciones e instalaciones especializadas, equipo sofisticado y elevados gastos de calibración, mantenimiento y operación. No obstante, los países en vía de desarrollo deben considerar la inmediata asignación de recursos, con mira a obtener amplios beneficios en el futuro (COLCIENCIAS, 1980).

II. GENERALIDADES

Antes del siglo XIX, las ciencias naturales estuvieron tradicionalmente a la zaga del desarrollo de la civilización, y quizás actualmente, la rama donde más se nota ello ha sido en la Oceanografía, ya que el hombre inició el estudio sistemático del mar apenas a principios del presente siglo.

Durante un largo período de la historia, nuestros antepasados no tuvieron una idea veraz acerca de las enormes extensiones de agua que cubren nuestro planeta. Actualmente se calcula que el océano, infinitamente complejo y variado, ocupa el 70.8% de la superficie terrestre (Ommanney, 1950; Dietrich, 1980).

Consecuentemente, la Oceanografía es una ciencia relativamente joven. Los viajes de los grandes descubridores -como la extraordinaria jornada de circunnavegación realizada durante los años de 1519 a 1522 por Magallanes-, contribuyeron considerablemente hasta el siglo XVIII al conocimiento de los océanos; pero ese conocimiento estaba limitado principalmente a las márgenes oceánicas y las islas o concernía a los fenómenos de la superficie marítima. Así, el viaje del naturalista inglés Charles Darwin, a bordo del "Beagle" 1831-1836, aunque no fué estrictamente oceanográfico, estimuló la atención de la comunidad científica hacia el mar. Por ello, se considera que la Oceanografía moderna, que incluye tanto los estudios de la superficie oceánica como de sus profundidades, comenzó hace aproximadamente cien años (Roll, 1979; 1982).

En 1892, se dió el primer paso firme en el estudio de la Oceanografía moderna, cuando Matthew Fontaine Maury, inteligente y experto oficial de la marina de los Estados Unidos, consiguió persuadir a los participantes de una conferencia oceanográfica internacional, celebrada en Bruselas, para que adoptaran un sistema uniforme en sus observaciones oceánicas (Roll, 1979). Maury enfatizó la conveniencia de que la abundante y valiosa información que se encontraba dispersa en todo el mundo, fuera reunida y sintetizada en forma metódica. Básicamente, su idea consistió en localizar las mejores rutas de navegación en las que se pudieran aprovechar las corrientes superficiales; evitando a la vez, las áreas con corrientes y vientos adversos o inadecuados (Moore, 1975).

"Estos datos se procesaron en centros hidrográficos y meteorológicos - de los países marítimos, y formaron la base de un gran número de atlas oceánicos, derroteros de navegación y cartas náuticas, que describían estadísticamente las condiciones naturales del mar; sin embargo, esta información se gufa estando limitada a fenómenos de la superficie, tales como corrientes, temperatura, hielo e interacciones meteorológicas" (Roll, 1979).

El desarrollo de la Oceanografía puede dividirse de modo esquemático, en tres fases distintivas:

La primera fase de la exploración oceánica se distinguió por expediciones largas y lejanas, que a menudo circunnavegaban el planeta y recogían datos y muestras de vastas zonas marinas. Se considera que dicha etapa se inició formalmente con el viaje de la corbeta británica de vapor H.M.S. - "Challenger". Este crucero, bajo el mando del profesor Charles Wyville - Thompson, navegó alrededor del mundo durante los años 1872-1876, con el fin de investigar los fenómenos y procesos físicos, químicos y biológicos (Roll, 1979; 1982). Las aportaciones del B/O "Challenger" son de gran trascendencia, debido a que no sólo se restringió al estudio superficial del mar, sino que marcó la pauta a seguir en investigaciones posteriores, al incluir - por primera vez los fenómenos de las profundidades oceánicas.

Posteriormente, entre los barcos que contribuyeron a reunir la amplia reserva de datos durante esta primera fase de la exploración oceánica, cabe citar a los siguientes buques: "Enterprise" (USA); "Gazelle" (Alemania); - "Hirondelle" (Mónaco); "Princess Alice" (Mónaco); "Vityaz" (URSS); "Michael Sars" (Noruega); y "Valdivia" (Alemania). Aunque las mediciones realizadas ofrecían una importante información sobre puntos aislados, eran de carácter fortuito o aleatorio y totalmente insuficientes para deducir de ellas un - concepto realista, por ejemplo, respecto de la circulación oceánica de las zonas de alta mar. Esta etapa terminó con la primera guerra mundial (Roll, 1979).

El estallido de la guerra promovió un período de aislamiento científico - y baja actividad en la investigación oceanográfica, lo cual duró aproximadamente tres décadas, ya que la segunda fase de investigación científica marina quedó delimitada por las dos guerras mundiales. Se caracterizó por el reconocimiento intensivo de zonas limitadas, mediante un sólo barco de investigación - (Moore, 1975; Roll, 1979; 1982).

Entre los cruceros que destacaron, se puede mencionar el alemán de investigación "Meteor", que efectuó el primer estudio sistemático en el Atlántico - Sur, 1925-1927, y fue el primer buque en utilizar la recientemente inventada sonda acústica, para medir más rápidamente las profundidades oceánicas. Su resultado fue una imagen casi coherente de la configuración del fondo marino, y del estado y movimiento de las masas de dicho océano, tanto en sus diferentes estratos, como en su circulación. En otros océanos, barcos de investigación - de diversos países de tradición marina, llevaron al cabo estudios semejantes.

Después de la segunda guerra mundial, la Oceanografía se vio impulsada por numerosos avances científicos, entre los que podemos citar el perfeccionamiento de los métodos e instrumentos de navegación, radar, sonar, registros acústicos de profundidad y los rápidos análisis de laboratorio (Moore, 1975).

A mediados del presente siglo, se vio que utilizar un sólo barco, era insuficiente para conseguir un conocimiento completo de los procesos oceánicos. La tercera fase, que comenzó al finalizar la segunda guerra mundial y que aún está vigente, se originó del conocimiento de la dinámica de los océanos, los - cuales están sujetos a cambios continuos, no sólo en su superficie, sino también en sus profundidades.

"Esto puso en duda la veracidad de las mediciones tomadas por un sólo - barco, en diferentes partes y en distintas épocas, ya que era improbable que

fueran suficientemente coherentes, para ofrecer una imagen realista de la estratificación oceánica. Se hizo evidente que sería necesario medir simultáneamente en varios lugares y durante un largo período, las propiedades oceánicas más representativas, para que la investigación del área en cuestión fuera realmente apropiada" (Roll, 1982).

Para efectuar exploraciones convenientes se requiere un gran número de barcos de investigación, pero la cantidad de estas herramientas es limitada en cada país. En el mejor de los casos, incluso si se empleara un gran número de buques, éstos se verían limitados a obtener sólo determinado tipo de datos. Hay muchos puntos del océano que no han sido visitados por el hombre y, menos aún, observados en detalle; incluso zonas de especial interés apenas han sido ocasionalmente observadas desde buques y, en últimos tiempos, desde aviones y satélites (Naciones Unidas, 1973).

La tercera fase de explotación oceánica puede caracterizarse por la cooperación internacional en programas conjuntos. Además de los barcos de investigación, se han mejorado las observaciones con innovadoras técnicas; por ejemplo, sistemas de boyas ancladas, boyas a la deriva, sistemas bajo la superficie afianzados con anclas, vehículos aéreos y satélites (Roll, 1982).

En las últimas décadas, conforme las analogías entre las diferentes disciplinas oceanográficas se han hecho más claras, y a medida que se exploran las correlaciones del medio marino, la Oceanografía ha llegado a convertirse en una ciencia interdisciplinaria con un campo de acción muy amplio.

La complejidad de las ciencias del mar surge precisamente del enfoque multifacético requerido, ". . . mismo que demanda la constante cooperación, relación y comunicación entre los científicos de diferentes ramas, como los matemáticos, los meteorólogos, los físicos, los químicos, los geógrafos, los geofísicos, los biólogos y los ingenieros; además de los juristas, los soció

logos y los economistas, entre otros, especialmente ahora, que la planeación y coordinación de los asuntos oceánicos son indispensables. El enfoque interdisciplinario e intersectorial permite comprender al mar como un todo y, en consecuencia, decidir razonablemente el uso y manejo de sus recursos" (Ayala Castañares, 1982).

Pero es evidente que, en el aprovechamiento de los mares, existen grandes diferencias entre los países desarrollados y los que están en proceso de serlo, en estos últimos, la capacidad científica es incipiente e impide que se alcance el objetivo de brindar plenamente los satisfactores socio-económicos apropiados.

III. LOS SERVICIOS OCEANOGRÁFICOS

Para el desarrollo del presente estudio se han enmarcado con el título de Servicios Oceanográficos, aquellos apoyos generalmente a cargo del Estado indispensables para el eficaz desarrollo de las actividades científicas, tecnológicas, de infraestructura y de información, que tienen como meta el uso racional, óptimo y seguro de los recursos marinos y que proporcionan facilidades y seguridad a la navegación y actividades conexas. Tales servicios son muchos y diversos, y para su examen en este estudio se les ha separado en los siguientes tres grupos:

- 1) Información
- 2) Contaminación, seguridad y bienestar
- 3) Herramientas de trabajo

1) Información

En la época actual, de amplio desarrollo de la ciencia y la tecnología, de la navegación de la explotación de los recursos oceánicos, ha cobrado una importancia excepcional la información actualizada, de amplia difusión y unificada en cuanto a su tratamiento. La captación de los informes se genera mediante una red de estaciones de observación y en las embarcaciones apropiada-

mente equipadas para este fin. Posteriormente, la información se transmite para ser procesada y almacenada por medio de registros manuales, mecánicos o computarizados. A menos de que se disponga de un sistema para integrar y diseminar la información a los usuarios, dicha recolección de datos y su procesamiento pierden utilidad.

1.1 Datos oceanográficos

En las expediciones oceanográficas y en los estudios de la zona costera se realizan observaciones y mediciones de carácter geomorfológico, geológico, oceanográfico, meteorológico y biológico (CONACYT, 1975). Estas mediciones pueden conservarse como Datos Oceanográficos y sirven de fundamento para investigaciones de diversas disciplinas.

Los centros de datos son entidades dinámicas, llenas de vida que crecen y se ponen al día constantemente, constituyen no sólo centros en los que se condensa la información, sino a menudo, también son núcleos de promoción y coordinación de investigaciones oceanográficas de muy diversa índole, sin menoscabo de sus funciones como institución de servicio para el gobierno, el público y para la comunidad científica en general.

El valor de los datos oceanográficos es incalculable, tanto para interpretaciones regionales en el tiempo y en el espacio, como para la evaluación y administración de los recursos (CONACYT, 1975).

Para la realización integral de la Investigación Biológica Marina se necesita capturar los organismos con el fin de estudiarlos, así como obtener la información básica del medio donde se extrajo el material -modificada de acuerdo al interés de cada trabajo-, e incluye los siguientes parámetros: la ubicación geográfica, profundidad de la colecta, temperatura, salinidad, nutrientes, cantidad de oxígeno y transparencia.

Los minerales, las rocas, los sedimentos, los gases, el magma, y el agua de la tierra se componen de moléculas, estas aportan las características físicas y químicas que constituyen los ambientes inorgánicos, tanto terrestres como marinos. Los elementos químicos y las propiedades físicas del agua de mar; - así como su distribución, concentraciones y cambios cíclicos, el movimiento del agua y la naturaleza de los suelos oceánicos; son factores decisivos en la historia y destino del asombroso conjunto de seres vivos (Sverdrup et al., 1970). La interacción de todos estos factores permite distinguir las diferentes masas acuáticas de los océanos. Son precisamente estas influencias, - las que hacen a ciertas zonas más adecuadas que otras para la vida de determinados animales y plantas (Ormanney, 1950).

Por esta razón, se deben estudiar los parámetros ambientales y su relación con los fenómenos orgánicos, tales como la distribución, propagación, sobrevivencia y las adaptaciones especiales del delicado balance de la vida. - Los organismos marinos nacen, respiran, comen, excretan, se mueven, crecen se aparean, se reproducen y mueren en un medio único interconectado. Así, las interacciones entre ellos mismos y, entre ellos y los procesos físicos y químicos del mar, recorren toda una amplia gama de variación, desde las simples y más firmemente constreñidas, hasta los complejos efectos de muchas sutiles relaciones (Isaacs, 1969).

El agua es una sustancia con propiedades poco frecuentes, que la diferencian mucho, tanto física como químicamente, de la mayoría de los líquidos corrientes: cuenta con un elevado calor específico, o dicho en otros términos, necesita absorber gran cantidad de calor para elevar su temperatura; por otro lado, el calor almacenado lo desprende paulatinamente, sin que se produzca un brusco descenso térmico y con lo cual, se goza de un clima benigno en muchas partes de la tierra; el agua de mar es una solución buffer, esto

es, que la condición alcalina inicial se resiste a un cambio (el pH normal del océano es 8.15); a excepción de los estuarios y zonas costeras, así como en mares pequeños, en alta mar se observa generalmente una salinidad promedio de 35 ‰, con una variación muy pequeña entre puntos distantes - (McIntyre, 1970).

Debido a la estabilidad del agua marina, los organismos en general no han desarrollado integumentos y sistemas de regulación altamente especializados, para protegerse contra cambios intensos y/o momentáneos, como lo han hecho la mayoría de los animales terrestres. Por tanto, se observa que pequeños cambios en el medio acuático, juegan un papel importante en sus poblaciones (Svardrup et al., 1970). Esto es muy importante de ser tomado en cuenta, en el momento de diseñar la instrumentación oceanográfica, ya que los aparatos, aparte de ser capaces de soportar el constante movimiento del medio - oceánico, requieren de una precisión muy fina en sus mediciones.

La flora y la fauna, en particular los individuos desprovistos de cubiertas o caparazones, son extremadamente sensibles a las variaciones térmicas, hasta el punto de no poder vivir más que entre límites muy estrechos de temperatura (Ommanney, 1950). La temperatura ejerce su mayor efecto, en la distribución de muchos organismos marinos, durante su época reproductiva. - Este parámetro puede funcionar a modo de "gatillo" en la época de apareamiento, ya que a menudo se requieren temperaturas más precisas para el desove y el desarrollo adecuado de los juveniles. Una variación térmica adecuada, puede significar el éxito y la supervivencia de bancos de peces comerciales, como las sardinas, el atún y la anchoveta.

Aunque el agua de mar ofrece un ambiente muy estable, al estudiar el medio oceánico como un todo, resulta impresionante en un principio las - amplias variaciones que se manifiestan en sus parámetros; estas variacio-

nes resultan de la magnitud del océano mismo, de su gran profundidad y extensión. La salinidad varía desde las aguas estuarinas, ya que algunas son diluidas por el agua dulce de los ríos, hasta concentraciones en el mar abierto de 37 ‰ o más; la temperatura se presenta desde los 30 ° centígrados, hasta un punto cercano a la congelación; la intensidad de la luz cambia desde el brillante resplandor solar en la superficie, hasta la absoluta y eterna obscuridad de las profundidades; y la presión aumenta desde una só la atmósfera en la superficie hasta cerca de 1,000 atmósferas en los más grandes abismos oceánicos (Sverdrup et al., 1970).

Aunque dicha diversidad de promedios se presenta impresionante, prevalecen condiciones muy uniformes sobre extensísimas áreas del ambiente acuático y, por esta razón, los organismos se han adaptado muy delicadamente a estas condiciones estables y permanentes. Esto ha evolucionado a un grado tal que ciertos organismos son indicadores de ambientes muy definidos; por ejemplo, los arrecifes de coral son indicadores de ambientes tropicales; los pastos marinos son tan sensibles a la contaminación, que se puede asegurar que, donde abundan estas comunidades, no existe contaminación o se ha mantenido en condiciones aceptables. Aunque el mar es continuo e interconectado, la temperatura, la salinidad y la profundidad, constituyen las barreras principales al movimiento libre de los organismos marinos (Odum, 1972).

Los gradientes de salinidad, temperatura, presión y luz, entre otros, son continuamente percibidos por una serie de animales nectónicos, los cuáles poseen la habilidad de nadar y desplazarse a zonas con condiciones óptimas para la especie. Para los animales que ocupan un lugar más elevado en una de las cadenas alimenticias, los lazos son más flexibles; viven en las aguas en las cuales abundan los seres de que se alimentan, y éstos viven en los parques de mar cuyas aguas poseen las condiciones físicas, químicas y biológicas

adecuadas para su vida (Carson, 1980).

Una variación vertical de suma importancia para la productividad de las aguas oceánicas, consiste en la cantidad y calidad de luz que atraviesa el agua conforme aumenta la profundidad. Los pastos marinos se establecen a profundidades apropiadas en relación con la capacidad que tienen para observar determinadas longitudes de luz; de acuerdo a la especie, las algas gigantes poseen cierto tipo de pigmentos, que las hacen susceptibles de absorber la luz a mayor o menor profundidad. Más del 90 % de los materiales orgánicos básicos que abastecen y edifican la vida oceánica, son sintetizados por el fitoplancton en las capas iluminadas de las aguas abiertas. En estos asoleados pastos de células vegetales pacen el zooplancton herbívoro y algunos pececillos; estos organismos son presa de diversas criaturas carnívoras que tienen a su vez sus depredadores (Isaacs, 1969).

En los párrafos anteriores, se ha mencionado la variedad de datos que son susceptibles de medición, esta información es la materia básica para cualquier investigación oceanográfica y, por lo tanto, requiere estar al alcance del usuario. Por supuesto, se sabe mucho más acerca del mar de lo que se ha podido expresar en las líneas anteriores; pero, por razones obvias, tan sólo es posible sugerir algunos aspectos del vasto conocimiento oceanográfico.

La investigación oceanográfica no puede basarse únicamente en experimentos de laboratorio; su desarrollo depende, principalmente, de mediciones realizadas en la naturaleza, donde no es posible aislar los procesos que se estudian de la influencia de factores secundarios. Esto explica la necesidad de recoger sistemáticamente una vasta cantidad de datos de observación. Los oceanógrafos se han dado cuenta de que es necesario medir simultáneamente las propiedades representativas del océano, si se quiere estu

diar convenientemente una zona marina dada. (Roll, 1982).

En México el desarrollo de los bancos de datos oceanográficos es reciente, ya que las instituciones nacionales a quienes corresponde esta función, han empezado a prestar atención a la obtención de estos datos apenas a principios de la década de los setenta; además se observa falta de coordinación entre dichas instituciones. En contraste, el valor de la información oceanográfica ha sido reconocido por los países más avanzados, quienes desde hace tiempo han establecido centros nacionales de datos oceanográficos, que permiten en un momento dado, analizar y reinterpretar cualquier información obtenida con anterioridad (CONACYT, 1975).

La Secretaría de Programación y Presupuesto, por medio del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), trabaja en el establecimiento de un Banco de Datos Oceanográficos a nivel nacional, con servicio permanente de información a usuarios. Lleva al cabo la recopilación, análisis y proceso de información del medio marino, de la Zona Económica Exclusiva de México y ha recopilado la información sobre campañas oceanográficas de buques extranjeros, existentes en el Centro Mundial de Datos "A" de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), en Washington, el National Oceanographic Data Center (NODC), de los EE.UU. y el Banco de Datos Oceanográficos del Canadá, entre otros (PROMAR, 1982).

El INEGI tiene el reconocimiento y apoyo de diversas instituciones oceanográficas nacionales para la obtención de datos, y mantiene relaciones con organismos subsidiarios de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, como el Intercambio Internacional de Datos Oceanográficos (IODE), del cual tiene la representación nacional y realiza esfuerzos para obtener la membresía de México, en el seno de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) de Mónaco (PROMAR 1982).

"La Secretaría de Marina cuenta con un centro de datos que, desgraciadamente, no está actualizado y ha tenido grandes problemas en la recolección y procesamiento de información, por lo que este servicio es pobre" (PROMAR, - 1982).

La UNAM tiene un centro de datos en el Instituto de Ciencias del Mar y - Limnología, en el cual está acumulada la información de sus cruceros. En - 1981, el Instituto firmó un convenio con la Secretaría de Programación y Presupuesto con el fin de intercambiar datos oceanográficos.

A pesar de las diversas instituciones interesadas en este servicio, se - observan retardos en los registros; los métodos de manipulación datan de muchos años y, en algunos casos, los datos obtenidos han permanecido durante - años sin que fueran evaluados. Se necesita establecer los procedimientos que unifiquen la metodología de la recolección de datos y de su apropiado análisis, así como las acciones que permitan conservarlos, dar a conocer de su - existencia y tenerlos disponibles cuando se requieran.

Es evidente que el acopio, procesamiento y disponibilidad de datos oceanográficos es pobre y que existen frecuentes duplicaciones y deficiencias del servicio (PROMAR, 1982).

1.2 Comunicación marítima

Comprende la transmisión de información siendo parte fundamental del sistema de servicios oceanográficos para las operaciones marítimas, en que se - ubicaría la utilización de la infraestructura de Instalación y de los medios de transmisión-recepción de los comunicados; así como los de localización y detección de fenómenos climáticos y oceanográficos en general.

Los medios de comunicación garantizan la navegación segura, ya que en ca

so de inminente peligro como naufragio, incendio, colisión, etc., permiten - transmitir llamadas de auxilio (OCHI, 1977); favorecen el contacto regular de la tripulación y los investigadores, con el litoral o con la estación terrestre de la organización a la que pudieran pertenecer. En general, el - empleo competente de la comunicación contribuye al incremento de la eficiencia en el trabajo de cada unidad operativa. Los canales de comunicación pueden diferenciarse en tres grupos:

a) Canales unidireccionales, en los que sólo hay una fuente emisora y una o varias fuentes receptoras de la información; ejemplos: señales de - tiempo, estaciones costeras de información meteorológica; estaciones de control y tráfico de puertos.

b) Canales bidireccionales, en los cuáles el equipo puede operar como transmisor y receptor, simultánea o alternativamente; ejemplos: comunicación entre embarcaciones en una operación de red de cerco; contacto tierra-embarcación; alimentación a una computadora de datos oceanográficos, mediante microondas; control de un batiscafo, tanto tripulado como no tripulado.

c) Canales de conferencia, en los que participan simultáneamente varias fuentes de información y receptores. Permite comunicar en una o más direcciones personas o máquinas, lo que constituye una red de comunicación que, entre otros usos, puede involucrar computadoras, satélites, televisión, telefonía, telefax (facsimil), etc.

Los diferentes equipos de comunicación, así como las frecuencias que se pueden utilizar (corta, media, larga, etc.), están íntimamente relacionadas con el radio de acción del barco. Los medios de comunicación se dividen, según el equipo en:

- De radiocomunicación.- Centrales radiotelegráficas litorales y de -
abordo: de ondas cortas, medias y largas, así como de centrales radio

telefónicas de ondas intermedias, cortas y ultracortas.

- De telefonía.- Centrales telefónicas de destino común en los puertos y en las embarcaciones, así como estaciones especiales.
- Medios sónicos y de señalamiento visual.- Sirenas, banderas y reflectores.
- Dispositivos radioeléctricos y de navegación y detección de objetos.- Radares, ecosonda, sonar, radiogoniómetros, y otros (PROMAR, 1982); - (El radiogoniómetro es un dispositivo receptor de ondas hertzianas, - que permite situar la dirección de estaciones emisoras en la costa, y calcular, de este modo, la ubicación y trayectoria del barco (OCHI, - 1977). Este instrumento sólo es capaz de medir el ángulo de la intensidad máxima de radiación, no así la distancia de la fuente emisora).

Aunque en las embarcaciones, el medio fundamental de comunicación es el radio; los medios sonoros no han perdido su importancia como señales de corta distancia, lo mismo ocurre en los recintos portuarios y sus aproximaciones, especialmente en situaciones de poca o nula visibilidad.

Todas las compañías, agencias navieras, instituciones de educación e investigación, así como las de servicios para trabajos de salvamento, exploración, explotación, submarinos, etc., deben estar provistas de centrales litorales radiotelegráficas o radiotelefónicas de recepción-transmisión, que en su conjunto deben a su vez garantizar la seguridad y el mantenimiento de las operaciones marítimas.

Antes de la era de los satélites, cuando las comunicaciones se realizaban por cable y por radio, generalmente se pasaba por alto a los países en desarrollo; y las rutas de tráfico de alta densidad transportaban la mayor parte de las comunicaciones mundiales. El advenimiento de las comunicaciones por satélite ha cambiado en gran medida todo esto (ver anexo I; Naciones -

Unidas, 1973).

La difusión de las observaciones llevadas al cabo en diversas plataformas de observación, como barcos, boyas, estaciones oceánicas, etc., en tiempo real o casi real, se ha visto favorecida enormemente por los satélites. La transmisión de información oceanográfica y meteorológica también se ha visto incrementada por la creación de nuevos medios de difusión, como son: la televisión, el facsimil (técnica que permite la transmisión de mensajes al reproducir escritos, cartografía marina, gráficas, imágenes, etc.) y la transferencia de datos por medio de pulsos, entre otros.

El desarrollo tecnológico de los países industrializados y de gran tradición marítima, ha impulsado en gran medida el progreso de sus comunicaciones. En México, se debe plantear un reforzamiento sistemático de la base técnica de los deficientes sistemas de comunicación marítima; ya que, a pesar de su gran importancia, la comunicación dista mucho de ser un apoyo regular, eficiente y confiable, encontrándose relegada en el país. Este servicio está bajo la responsabilidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por medio de la Dirección General de Telecomunicaciones (PROMAR, 1982).

Se debe coordinar la utilización racional de las bandas de frecuencia, dando prioridad a las llamadas de emergencia y seguridad (OCMI, 1977). Es de fundamental importancia para cualquier empresa en el mar, incluyendo a las investigaciones científicas, el tener la garantía de mantener continuamente la comunicación en cualquier región de la Zona Económica Exclusiva.

Sólo con una base sólida en los sistemas de apoyo, se tendrá la capacidad de explorar y explotar racionalmente los recursos marinos del patrimonio.

1.3 Pronósticos meteorológicos marinos

La Meteorología es la ciencia que estudia los fenómenos atmosféricos. Su estudio compete a los meteorólogos, quienes gradualmente desarrollan técnicas para pronosticar el tiempo, con uno, dos, tres y hasta siete días de anticipación (Revelle y Thompson, 1982). Tanto las fluctuaciones a corto plazo del sistema atmosférico (el tiempo), como las fluctuaciones a largo plazo del tiempo promedio (clima), son una parte importante de la historia del planeta (Ingersoll, 1983). La humanidad ha dependido, en gran medida, de las condiciones meteorológicas, para vivir y trabajar con bienestar y éxito. Esto resulta todavía más cierto, en el mundo actual, ya que la industrialización exige obras importantes de construcción, transportes seguros, etc.

"Para los efectos de las observaciones meteorológicas tradicionales, las extensas regiones escasamente pobladas y los océanos, que cubren más de siete décimas partes de la superficie terrestre, son zonas prácticamente mudas" (Naciones Unidas, 1973). Los conocimientos existentes sobre la dinámica atmosférica actual y la predicción del tiempo, han puesto de manifiesto que el océano es un elemento fundamental para la predicción del tiempo a largo plazo, para actividades pesqueras, útil para la navegación marítima y la aviación, prevención de desastres, planeación de la agricultura, de la ganadería y de los recursos hidráulicos, entre otros (COLCIENCIAS, 1980).

La utilidad práctica del pronóstico meteorológico marino se refleja en el desarrollo de los recursos pesqueros. El clima de la superficie de los mares varía de un año a otro con serias consecuencias para los recursos bióticos. Por ejemplo, la predicción del fenómeno llamado "El Niño" y sus efectos sobre la pesca de la anchoveta, frente a la costa occidental de América del Sur, es un caso notable de la manifestación de un amplio fenómeno que

ocurre en el clima océano-atmosférico (este tema se examinará más ampliamente en el tema 1.4; COI, 1979).

Las fluctuaciones poblacionales y migratorias de las pesquerías dependen, en gran medida, de los cambios climáticos anuales. Por ejemplo, la disminución de la temperatura en las costas occidentales de Alaska, durante los años 1971 y 1972, afectó años más tarde la captura comercial del salmón. Esta captura fue la más baja desde que se inició dicha pesquería, a finales del siglo pasado. Los inviernos severos y la demora en el deshielo de lagos y ríos, destruyeron huevos y larvas retardando la migración de peces juveniles al mar; las temperaturas marinas más frías de lo normal, atrasaron la migración de peces adultos hacia lagos y ríos para el desove (Revelle y Thompson, 1982).

Se ha descubierto que la predicción del tiempo puede ser posible, mediante ecuaciones y modelos matemáticos basados en simples principios físicos: como las leyes del movimiento de Newton, las ecuaciones termodinámicas y la ley de los gases. No obstante, el pronóstico del tiempo se complica enormemente, por el número exorbitante de operaciones matemáticas que se incrementan con el tiempo. Actualmente, los modelos globales atmosféricos, que requieren computadoras de alta velocidad, proporcionan la base para los pronósticos del tiempo regional y local. El límite de los pronósticos con utilidad práctica, es ahora de unos pocos días a una semana y es muy difícil que dicho lapso se extienda (Ingersoll, 1983).

Los meteorólogos más optimistas esperan que, a la larga, sea posible predecir el clima, es decir, las condiciones promedio del tiempo en períodos de meses o años, con bastante anticipación, siempre que los cambios de los movimientos y de las características del océano puedan vigilarse y comprenderse.

El clima oceánico influye determinantemente sobre el clima continental, no sólo por su gran cobertura superficial del planeta, sino también por la -

enorme capacidad de calentamiento del agua misma, que absorbe en gran proporción la energía solar; a los movimientos oceánicos lentos y a su inercia masiva, ya que las variaciones en las condiciones oceánicas pueden persistir - por meses o años. El pronóstico del clima se convierte entonces, en el problema de entender las causas de estas variaciones oceánicas y sus efectos sobre la atmósfera (Revelle y Thompson, 1982).

En nuestro país, el pronóstico meteorológico lo realizan tres dependencias: el Servicio Meteorológico para la Aviación Civil, el Servicio de Meteorología de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SARH) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Sin embargo, estos servicios son independientes unos de otros (CONACYT, 1975 ; PROMAR, 1982).

La SARH, a través de la Dirección General de Servicio Meteorológico Nacional, elabora diariamente los pronósticos para nuestro país y les da la difusión correspondiente. También elabora pronósticos especiales para las diferentes regiones hidrológicas, cuencas y distritos de riego (SARH, 80-81).

El pronóstico meteorológico marino está a cargo de la SCT, sin embargo - tanto los pronósticos de la SARH como los de la institución antes mencionada, se basan en los reportes de estaciones meteorológicas terrestres, ya que, - prácticamente, se carece de una red de estaciones oceánicas y la información obtenida por buques mercantes y de la armada se desaprovecha, al no difundirse a los centros de pronóstico nacional.

Por lo tanto, "la predicción meteorológica marítima es más deficiente - aún, que la del continente. Prácticamente no existe el servicio en México, - en realidad no se pronostica el tiempo ya que se da información equivocada. - En el momento actual, se hace sentir la falta de información para los pronósticos seguros a mediano y a largo plazo" (PROMAR, 1982). El país carece de la posibilidad de predecir el clima oceánico y, como en otros servicios, como

en la comunicación marítima, existe una alta dependencia de los servicios de países extranjeros (en este caso, de los Estados Unidos de América).

El conocimiento del estado meteorológico marino es más imperfecto que el del medio terrestre debido, principalmente, a las dificultades para realizar observaciones adecuadas, detalladas y sistemáticas de los fenómenos que ocurren en la superficie y el fondo marino. Los intentos para superar estas insuficiencias pueden avanzar en varias direcciones: aumentando cualitativa y cuantitativamente las estaciones meteorológicas oceánicas, boyas fijas y a la deriva; promover el empleo masivo de instrumentos adecuados a bordo de barcos; pedir asesoría a los países industrializados y promover la cooperación internacional; emitir radio boletines meteorológicos adecuados para la navegación; prevenir a los buques de vientos duros y tempestades tropicales - - (OCMI, 1977); y aprovechar la información proveniente de satélites exploradores del océano (ver anexo I).

El desarrollo técnico de los satélites y los avances en la esfera de las computadoras electrónicas, ha revolucionado la utilidad práctica de la meteorología (Naciones Unidas, 1973).

Los datos necesarios para realizar pronósticos meteorológicos adecuados son necesarios en cantidades tales, que nunca podrían ser obtenidos tan sólo de los buques oceanográficos. Este trabajo ha sido realizado, fundamentalmente, por barcos mercantes y por consiguiente, las observaciones están solamente concentradas a lo largo de las principales rutas de navegación. Sería de desear que el sistema se extendiera a otras regiones del océano; y que se alentara a los buques cercanos a una tempestad tropical o de fuertes marejadas, para que efectúen observaciones y los transmitan a intervalos frecuentes (OCMI, 1977). Con todo, es prioritario asegurarse de que los datos reunidos, de tal manera, sean razonablemente confiables, transmitidos y almacenados en

forma adecuada y de fácil y rápido acceso para su análisis.

El clima también puede ser estudiado a lo largo de siglos, milenios y - aún de épocas geológicas. Se ha descubierto que las proporciones del oxígeno O^{16} y O^{18} , presentes en las conchas de carbonato de calcio de los organismos enterrados en los sedimentos marinos, pueden usarse como termómetros fósiles y para determinar la salinidad de las aguas oceánicas en diferentes épocas - del pasado (Revelle y Thompson, 1982).

Mientras las masas de aire se alejan del ecuador, las moléculas de agua que incorporan oxígeno 18 son preferentemente removidas por precipitación. La nieve que cae en altas latitudes retiene una mayor proporción del isótopo menos pesado (16). Por lo tanto, cuando la nieve se acumula en la tierra, los océanos son ligeramente enriquecidos con oxígeno 18. Por esta razón, los - cambios en las proporciones de los isótopos en los fósiles existentes en el - lecho marino, reflejan el cambio en el volumen global de hielo (Ingersoll, - 1983).

La interpretación de este tipo de datos, ha proporcionado nuevas pruebas a favor de la teoría de la Deriva Continental, la cual ha revolucionado en - las últimas décadas la concepción que se tenía del mundo. También ha proporcionado nueva luz sobre las glaciaciones que ocurrieron durante el Pleistoceno. Se ha descubierto que la enorme cantidad de agua secuestrada durante la época glacial, bajó el nivel del mar en unos cien metros o más, alterando muchísimo la vida de los organismos litorales, como por ejemplo las formaciones coralinas. Este tipo de estudios no sólo permiten inferir los cambios climáticos pasados, sino también, contribuyen a crear modelos que permitan pronosticarlo en el futuro (Revelle y Thompson, 1982 ; Ingersoll, 1983).

1.4 Predicción de corrientes y oleajes

Las corrientes son desplazamientos de masas de agua cuyo origen puede ser la acción del viento, las diferencias de densidad y temperatura de las aguas, la atracción gravitacional de la luna y el sol, etc. Todos estos factores hacen que el movimiento del agua en el mar abierto sea variable y sumamente complejo.

Se pueden distinguir, según su origen, cuatro grandes clases de corrientes: 1) Las grandes corrientes oceánicas, por lo general permanentes, en las que se involucran enormes volúmenes de agua, influidos por la rotación terrestre; 2) Las corrientes de marea; 3) Las corrientes que acompañan a las olas, debido al efecto de arrastre del agua causado por el oleaje y; 4) La circulación profunda de origen termohalino, es decir, debido a las variaciones de densidad causadas por el cambio en la temperatura y la salinidad (Brin, 1979).

El movimiento de las aguas es básicamente el resultado de la interacción de dos finas capas que cubren nuestro planeta, la atmósfera y el mar, por tanto, hay una estrecha relación entre las corrientes oceánicas y la predicción del clima. Están tan íntimamente ligadas estas dos capas de fluidos, que es imposible separar la oceanografía física de la meteorología, al estudiar la problemática de la dinámica del mar (Moore, 1975).

Un conocimiento de todas las ramas de la Oceanografía, requieren antes del conocimiento de los fenómenos físicos del mar. Es indispensable tomar en cuenta el movimiento de las olas y las corrientes, cuando se está interesado en el desplazamiento de la arena, en la construcción y administración de puertos, en la navegación, en la investigación de modelos climatológicos, en el diseño de embarcaciones, en la pesca y acuicultura, en las perforaciones del lecho marino, etc.

Los principales beneficios biológicos derivados de la circulación son:

1) Oxigenación del agua subsuperficial y de aguas profundas; 2) Dispersión de los desechos, resultantes del proceso metabólico; 3) Dispersión de nutrientes vegetales y otros elementos esenciales para el crecimiento de la flora y la fauna; y 4) Dispersión de esporas, huevos, larvas e infinidad de adultos (Sverdrup et al., 1970).

Existen una cantidad de organismos inimaginable que vive errante a todo lo largo de la superficie marina. Estos vegetales y animales, denominados - plancton (esta palabra procede del vocablo griego que significa "vagar") se encuentran a merced de las corrientes que los transportan. La circulación - oceánica arrastra continuamente a estos microorganismos fuera de sus condiciones óptimas (Isaacs, 1969). Por ejemplo, el plancton de las aguas cálidas de la Corriente del Golfo finalmente muere por el frío, ya que es arrastrado cada vez más a latitudes septentrionales.

Muchos organismos bentónicos se reproducen y forman larvas de vida libre, que incluyen una parte importante del plancton; sin embargo, es muy común - que estas formas sean desplazadas, de los sitios adecuados para su establecimiento. La mayoría de los peces pelágicos ponen grandes cantidades de huevos flotantes, recubiertos por gotitas de aceite y otros elementos de flotación, huevos que no reciben atención alguna por parte de sus padres; no obstante, - estos peces efectúan instintivamente migraciones estacionales periódicas. Parece ser que éste fenómeno contrarresta parcialmente que los huevos y más adelante las larvas, se alejen demasiado de las zonas donde acostumbran vivir. - Por fin, estos animales tienen la suficiente fuerza para evitar ser remolcados y entonces efectúan el viaje de retorno a los lugares de cría (Odum, - 1972).

Los minerales, que los ríos de todo el mundo vierten por centenares de -

millones de toneladas junto con el material terrígeno, se introducen al ambiente marino y fertilizan la zona costera, lo que le confiere una mayor productividad. Todos estos nutrientes -como los fosfatos, nitratos, carbonatos y silicatos- son aprovechados por el fitoplancton; sin embargo, una gran cantidad de dicho material se hunde hacia las capas no iluminadas del fondo marino. Este proceso reduce el contenido en alimentos de las capas superficiales, particularmente en los que respecta a nutrientes básicos o fertilizantes, que atrapados en las capas inferiores no son asequibles para las plantas. Alimentos y nutrientes sufren, asimismo, un activo transporte hacia las profundidades desde las capas superficiales, por parte de los animales de migración vertical - (Isaacs, 1969).

En determinadas zonas costeras, existen corrientes ascensionales que acarrear los nutrientes depositados en las profundidades. Estas corrientes verticales se designan como surgencias y son de capital importancia para numerosas pesquerías. Las surgencias son movimientos ascendentes de las aguas profundas, por lo general cerca de la costa, que acarrear gran cantidad de nutrientes, sedimentos, bacterias y materia orgánica, cuyos elementos disueltos en el agua estimulan el crecimiento del fitoplancton, que es el primer eslabón de la cadena alimentaria y el soporte de la vida en el mar (Ayala-Castañares et al., 1982). De este modo, las aguas costeras gozan de una doble fertilización: - la procedente de tierra firme como la del fondo marino.

El ascenso de las aguas a lo largo de la costa, es resultado del concurso de varias fuerzas: los vientos, las corrientes de la superficie, la rotación de la tierra y la forma de los taludes continentales y de los fondos o de fosas, situadas en la base sumergida de los continentes. Cuando los vientos, combinados con la desviación producida por la rotación de la tierra, soplan sobre las aguas superficiales cerca de la costa, el agua profunda tiende a subir

para reemplazarlas (Carson, 1980). El conjunto de fenómenos que dan lugar a una surgencia costera se desarrollan en una franja del orden de los 200 kilómetros, y sus variaciones más conspicuas se manifiestan dentro de una distancia característica de un kilómetro; el agua que llega a la superficie proviene de una profundidad de aproximadamente 200 metros (Steven, 1970).

Las diatomeas son el principal componente del fitoplancton (aproximadamente el 70 % del total), estas abundantisimas algas microscópicas son el principal productor de la materia orgánica en el océano. El hundimiento de las grandes diatomeas, así como su dependencia de la convección vertical y de la turbulencia para sostenerse, las ayuda a alcanzar las regiones de surgencia, donde abundan los nutrientes; esto explica su dominancia y distribución en tales regiones (Isaacs, 1969). Gracias al ascenso de las aguas, se inicia la cadena alimenticia, tan benéfica para el hombre, y cuyos principales eslabones pueden ser: sales minerales, diatomeas, copépodos, arenques, etc.

Es importante hacer notar que el mar no es una fuente infinita o inagotable de recursos alimenticios. Aproximadamente, el 90% del océano está constituido por agua profunda y poco productiva, el fitoplancton que ahí vive es muy pequeño; debido a su reducido tamaño, estas plantas se denominan nanoplancton (de nano, que significa enano) y son células que miden de 5 a 25 micras, por lo cual, sus cadenas tróficas son largas y de baja productividad. Según Rhyther (En: Colinvaux, 1980) las aguas menos profundas, que se encuentran sobre las plataformas continentales, son más productivas y ahí habitan células de más de cien micras denominadas microplancton (cien micras equivalen a un décimo de milímetro). Y por último, las aguas bajas suelen ser ricas y productivas, en ellas se encuentran filamentos y colonias que miden milímetros y, en algunos casos, centímetros.

Las áreas marinas más productivas se encuentran a menudo en zonas de sur-

gencia, estas se sitúan en gran parte, en las costas occidentales, como lo demuestran las grandes pesquerías que ahí existen (Odum, 1972). Una de las principales pesquerías del mundo, se encuentra a lo largo de la costa occidental de América del Sur. La corriente de Humboldt o del Perú corre hacia el norte, a lo largo de la costa sudamericana. En 1803, el naturalista alemán Alejandro Von Humboldt descubrió dicha corriente, y pensó que el frío de sus aguas tenía su origen en el Antártico. Su conjetura era parcialmente cierta: la corriente incluye aguas meridionales, pero gran parte del frío procede de las aguas profundas, pues esta corriente es reforzada, casi continuamente, por la ascensión de las aguas procedentes de capas oceánicas muy inferiores.

Las aguas frías y la abundancia de alimento en esta zona, ha convertido a la pesquería del Perú, dedicada a una sola especie, en la mayor del mundo. En 1967, las capturas juntaron más de 10,5 millones de toneladas de anchoveta, para 1970 la captura culminó con el impresionante volumen de 12,3 millones de toneladas. No obstante, a partir de este año este recurso alimenticio ha disminuido considerablemente e incluso se teme que la pesquería peruana, de no ser explotada racionalmente, desaparezca para siempre; por tanto, se requieren estudios de dinámica poblacional de la especie, a fin de administrar adecuadamente dicha pesquería (Holt, 1969; Idyll, 1973).

En Baja California Norte también existe una importante zona de surgencia, que produce una importante captura de anchoveta. A pesar de que es una de las pescas más importantes de México, se sabe que el recurso se encuentra ligeramente sobreexplotado, a pesar de ello, no se cuenta con datos precisos sobre su distribución y abundancia, sus épocas y zonas de desove, etc.; lo cual imposibilita la evaluación de su rendimiento máximo sostenible (este concepto significa las máximas capturas que, en promedio, pueden obtenerse anualmente sin que aumente o disminuya la población).

Además de la pesquería, la Corriente del Perú soporta grandes poblaciones de aves marinas, que depositan incontables cantidades de guano de alta calidad. Durante milenios se han acumulado las defecaciones de cormoranes, nequeros y pelícanos en capas de hasta 45 metros de grosor en algunas islas. Este excremento, enriquecido en nitrato y fosfato, es el abono más productivo y eficaz de cuantos de un modo natural existen en el mundo (Odum, 1972; Idyll, 1973). Es evidente que la abundancia de las aves oceánicas depende, indirectamente, de la abundancia de plancton.

En esta misma región, de manera irregular y hasta ahora impredecible, aparece una corriente denominada "El Niño" que con su masa de aguas cálidas desvía la Corriente del Perú, especialmente en los días de Navidad. El agua caliente se mueve hacia el sur por encima de la corriente fría del Perú que fluye hacia el norte. Muchas especies mueren por la temperatura elevada y la disminución de la salinidad de las aguas, así como el abatimiento e incluso la desaparición de la surgencia. Según disminuye el aporte de nutrientes, la vida planctónica, base de la cadena alimentaria oceánica, va haciéndose menos abundante. Como resultado comienzan a escasear los hervíboros planctónicos, y así se puede continuar eslabón por eslabón a lo largo de toda la cadena trófica (Idyll, 1973).

"El Niño" representa un ejemplo de las manifestaciones de un amplio fenómeno que ocurre en el clima océano-atmósfera, conocido como la Oscilación Austral (IOA). Perú no sólo se ve afectado en su economía pesquera, sino que el clima de la región, normalmente muy seco, se transforma radicalmente al producirse lluvias torrenciales (Revelle y Thompson, 1982). Estos aguaceros de las regiones ecuatoriales, que se precipitan sobre las laderas polvorientas de las cordilleras litorales del Perú, arrastran la tierra suelta; las viviendas de paredes de barro o adobes se deshacen materialmente y se

vienen abajo; y las cosechas se pierden (Carson, 1980).

El fenómeno "El Niño" también se manifiesta en las costas mexicanas del Pacífico, ya que el desplazamiento de las corrientes frías alejan numerosas especies comerciales -como la anchoveta, la sardina y el atún- del mar patrimonial.

En nuestro país, a pesar de su notable utilidad, el servicio de predicción de corrientes se ha aplazado indefinidamente, ya que a excepción de la predicción de mareas, prácticamente no existe este apoyo esencial. Existe el problema de la falta de actualización de los estudios en estas investigaciones básicas (PROMAR, 1982).

1.5 Predicción de mareas

El fenómeno denominado marea se caracteriza por un movimiento rítmico y periódico del mar, producido por la atracción gravitatoria de dos cuerpos celestes: la luna en mayor proporción y el sol en proporción menor.

La luna, por su cercanía, ejerce una atracción que es aproximadamente el doble de la del sol. Debido a la rotación y traslación terrestre, la posición de la luna y del sol varían conforme al tiempo, de esta forma, se presentan variaciones en la amplitud de las mareas. Sobresalen dos tipos de mareas: - a) Marea viva o pleamar, cuando el satélite de la tierra se presenta en las fases de la luna llena o luna nueva; de este modo la luna y el sol actúan conjuntamente, dando lugar a las máximas o mínimas amplitudes de marea; y - b) Marea muerta, baja o de cuadratura, que se presenta durante las fases de cuarto creciente o menguante, en este caso la influencia de la marea solar -contrarresta a la del satélite, produciéndose una mínima variación en los niveles de agua. La luna tarda alrededor de 28 días en trasladarse alrededor de la tierra, por tanto, las pleamares se presentan cada 14 días.

La amplitud de oscilación de las mareas es muy variable, desde unos 15 cm en el Mediterráneo, hasta uno a tres metros en el Atlántico. Se observan amplitudes mucho mayores en parajes propicios, especialmente, en las bahías que penetran profundamente en tierra, como en la de Fundy en Canadá, donde las mareas de equinoccio (cuando la duración de los días es igual que las noches) tienen una amplitud de hasta 15,4 metros y son las mayores conocidas. En grandes extensiones de la zona cálida, prácticamente no se reconoce más que una onda diaria de amplitud inferior a un metro e inclusive menor al medio metro (Margalef, 1974).

Las mareas del Golfo de México son pequeñas (cerca de 30 cm); en el Océano Pacífico, su amplitud va aumentando de sur a norte. Debido a su angostura, el Golfo de California posee las mareas más altas del país, las cuales llegan a elevarse hasta 9 metros. Estas mareas son muy peligrosas ya que al retirarse las aguas, se llega a formar un aparente desierto. Hay gente que se ha ahogado, sienten tierra firme y caminan kilómetros adentro, de repente viene la ola de marea y los arrastra. Es un fenómeno que en pocas partes del mundo se presenta (Burg, 1982).

Aunque la atracción celeste actúa de un modo uniforme en toda la superficie del globo, las características de la marea en cada lugar, como ya se explicó, es un fenómeno muy local que se produce con asombrosas diferencias y a distancias geográficas muy pequeñas; de ahí la necesidad de contar con una extensa red de mareógrafos en todo el país. La topografía local es sumamente importante para determinar la fisonomía peculiar de la marea. El comportamiento del agua, hasta donde y con qué fuerza sube, dependen de factores tan diversos como: el declive del fondo, de la profundidad del estero o bahía, de la anchura de la boca, de los cambios producidos por los vientos y la presión atmosférica, de microsismos, etc. (Carson, 1980). Por estas ra-

zones, el registro que proporcionan los mareógrafos es muy complicado y requiere análisis profundos.

El conocimiento preciso del nivel medio del mar y la predicción diaria de las variaciones de mareas en las costas, lagunas costeras y estuarios, constituyen elementos que reúnen información de vital importancia para la navegación, las construcciones marítimas y portuarias; por otra parte, aumenta la precisión de las cartas hidrográficas, el conocimiento de la dinámica litoral, la zonación y distribución de la flora y la fauna, y beneficia el recreo y la navegación deportiva marítima (Roll, 1979).

De acuerdo al tipo de sustrato, la región litoral se ha dividido en playas arenosa y rocosa. Por sus características y facilidad de estudio, la playa rocosa ha sido ampliamente investigada en las últimas décadas (Southward, 1958; Connell, 1961; Johnson, 1975, entre otros). Se ha descubierto que los organismos bentónicos de esta región, exhiben una zonación pronunciada. Estos organismos suelen ser muy distintivos y específicos en cada una de las tres zonas primarias en las que se ha dividido el litoral rocosa a saber: la supralitoral (superior), la intercotidal (intermedia) e infralitoral (inferior). Mientras los estudios progresan, se ha llegado a tener la seguridad de que, aunque las especies y géneros pueden ser diferentes, se presentan muchas características en común en la zonación mundial (Southward, 1958).

La zona de mareas (o zona intercotidal) es una estrecha banda entre el océano y la tierra; esta región se presenta tanto alternadamente inmersa en agua como expuesta al aire, este fenómeno se debe principalmente a la marea y al oleaje. Desde el punto de vista biológico, las condiciones físicas reinantes en esta zona son muy difíciles. Los seres vivos tienen que soportar variaciones extremas en varios de los parámetros que influyen su existencia;

no obstante, debido a la poca profundidad y al constante movimiento de las - aguas, la característica de una renovación permanente, así como la intensificación de la asimilación de las plantas son, con todo, favorables para la vida marina la cual se encuentra a menudo variada y densa (Odum, 1972; Margalef, 1974).

Tanto las mareas como la agitación de las olas sientan las normas de colonización en las costas. Puesto que la intensidad de dichos factores mecánicos y otras características asociadas, varían estrictamente según una dimensión vertical, no es de extrañar la rigurosa demarcación de tipos biológicos, que se manifiesta en la zona entre mareas. Estos factores actúan directamente en la fauna y flora, o influyen la capacidad competitiva inter o intraespecífica por espacio y comida. Sólo cuando el nivel del agua sufre un frecuente cambio, se llega a presentar el patrón característico de la zonación, en el cual se observan las tres zonas primarias antes mencionadas. Las periódicas inmersiones y exposiciones al aire dan por resultado una variación en la exposición a la desecación, altas temperaturas y altibajos en la iluminación (Southward, 1958).

En uno de los extremos, en la línea de marea alta o arriba de ella, los organismos han de estar en condiciones de resistir la desecación y los cambios de la temperatura del aire, puesto que sólo están cubiertos brevemente por el agua o la espuma del mar. En la zona infralitoral en cambio, los organismos están cubiertos permanentemente. El flujo y refluo constante de las olas entre las líneas de marea, producen un gradiente ambiental con respecto a la exposición al aire y al agua (Odum, 1972).

Cabe mencionar que las mareas no sólo varían en amplitud, sino también en su forma; la subida y bajada de las mareas puede ocurrir una vez al día (marea diurna), o dos veces (marea semidiurna); cuando en el segundo caso, -

Las dos líneas de marea alta y marea baja tienen diferentes alturas, se presenta la marea mixta. Esta variación afecta directamente a los organismos, ya que se modifican sensiblemente los tiempos de exposición e inmersión; por ejemplo, donde se tienen mareas diurnas un organismo costero puede llegar a estar fuera del agua, durante períodos de más del doble de lo experimentado en un nivel correspondiente a una costa con mareas semidiurnas (Southward, 1958).

La tolerancia de los organismos a diversas características, como temperatura, salinidad, desecación, iluminación entre otros, puede ser correlacionada con su posición en la región litoral; los organismos que viven en la zona supralitoral o cercana a ella son, generalmente, más resistentes a cambios ambientales que aquellos que viven en las regiones más bajas (Johnson, 1975). Es importante recalcar que las olas y las mareas, no son los únicos factores causantes de la zonación, aunque muchos de ellos pueden ser considerados como secundarios; como ejemplos se pueden citar: la competencia por espacio, la depredación, la acción mecánica del oleaje, el poder abrasivo de la arena, etc.

Lo primero que debe hacerse en una investigación biológica de la zona costera, es consultar el horario de las mareas locales. Debido a que las mareas varían de acuerdo a las características topográficas locales así como por las condiciones atmosféricas, es necesario contar con la información mareográfica tan cerca como sea posible del área de estudio (Johnson, 1975). Es importante que el servicio de predicción de mareas tenga un grado de precisión muy alto, y que pueda ser transmitido oportunamente a los bancos de datos oceanográficos, lo cual redundará en el estudio óptimo de la zona costera.

El servicio nacional de predicción de mareas está a cargo fundamentalmente del Instituto de Geofísica de la UNAM, el cual tiene la responsabilidad de

estudiar y registrar las mareas de los mares mexicanos. Mediante un convenio, el Instituto de Geofísica y la Secretaría de Marina se encargan de publicar - anualmente dicha información en los Calendarios Gráficos de Mareas, referidos a los veinte puertos más importantes del país.

En su mayoría, el equipo utilizado para la predicción de mareas es obsoleto. Sería deseable además de factible, la ampliación de la red de mareógrafos costeros e insulares, para cubrir los mares de una manera más completa. - La magnitud de los usuarios actuales y potenciales de este servicio, justifica la necesidad de modernizar los equipos y ampliar su capacidad actual, con objeto de contar con información más adecuada (CONACYT, 1975).

1.6 Tablas de azimut

Las tablas de azimut se basan en la posición temporal de las estrellas en la bóveda celeste. Por medio del sextante -efectuando correlaciones trigonométricas de los astros- se puede saber la posición en la que uno se encuentra, con un grado admisible de exactitud.

En los tiempos modernos, especialmente después de la segunda guerra mundial, se ha modificado sustancialmente la navegación debido al franco desarrollo de la instrumentación electrónica. El gran avance de dichas herramientas consiste en el grado asombroso de exactitud. En general, los métodos -clásicos de navegación -que incluye a la navegación terrestre y a la astronómica, entre otras- no son lo suficientemente precisas para las investigaciones oceanográficas. Por lo tanto, los métodos más precisos de navegación -electrónica juegan un papel importante en la Oceanografía (Dietrich et al., 1980).

Antes, un barco situado en medio del océano rara vez sabía su posición con un error menor de un kilómetro; a decir verdad, cinco kilómetros estaba

probablemente más cerca de lo cierto. Hoy, un barco que se encuentre a 1,000 Km de la tierra, puede fijar su posición con una aproximación de 0.1 km. Si se halla a 500 km de tierra, la posición se puede determinar con un error de 0.01 km, y si a 10 km de la costa, puede calcularse con un error de unos cuantos metros. Las técnicas que hacen posible esta exactitud en las determinaciones de la navegación, se valen de satélites puestos en órbita y de una diversidad de aparatos electrónicos, que comparan las fases de ondas hertzianas (radionavegación; Bascom, 1969).

A pesar de todo, las modernas técnicas de navegación requieren de sofisticadas instalaciones en tierra, las cuáles faltan sensiblemente en nuestro país. Por supuesto, el instrumental para obtener esta precisión también es sumamente caro y en su mayoría tiene que ser importado. En los últimos años, como antes se ha dicho, la posición se determina por medio de satélites; — — — empero, estas eficientes plataformas no tienen una cobertura continua de las aguas mexicanas, por lo que esta nueva técnica se puede utilizar, pero con varias interrupciones (aproximadamente cada dos horas o más), de acuerdo con el intervalo de tiempo en que pasa un satélite sobre la posición del barco (Dietrich et al., 1980).

No hay que olvidar, por otro lado, que la navegación celeste demuestra ser invaluable cuando el resto del equipo falla. El almanaque es un libro publicado mensualmente por las principales naciones marítimas, que contiene los datos astronómicos requeridos para la navegación, entre los que destacan las fases de la luna, sol y otros planetas y estrellas, eclipses, carta celeste, horas standar, etc. Los almanaques, junto con las cartas náuticas, el sextante, el cronómetro y el compás, siguen siendo las principales herramientas para la navegación en alta mar. La exactitud de estos cálculos se ha visto muy aumentada con la transmisión de la hora por medios radiotele-

gráficos.

La Secretaría de Marina, mediante la Dirección de Oceanografía, publicó dos tablas:

a) Tablas de azimutes de sol. Incluye latitudes, direcciones, distancias y velocidades, con una cobertura nacional e internacional del ecuador a 70° de latitud norte. Publicada en 1978.

b) Tablas de azimut y altura calculada, con una cobertura nacional e internacional. Latitud $10^{\circ} - 19^{\circ}$; $20^{\circ} - 29^{\circ}$; $30^{\circ} - 39^{\circ}$. Publicada en 1976.

Aunque estas tablas no son muy recientes, abarcan la totalidad del territorio mexicano y aún se extienden a una latitud que lo sobrepasa (PROMAR, 1982).

1.7 Información sobre islas, cayos y arrecifes

Isla es una porción natural de tierra enteramente rodeada de agua, que se conserva emergida aún en el caso de marea alta, y con capacidad suficiente para mantener habitación humana o vida económica propia. La superficie de las islas no está bien definida, ya que puede oscilar de unos pocos kilómetros hasta varios millones.

Hay dos clases de islas: las continentales y las oceánicas. Las continentales estuvieron antiguamente unidas a los continentes, dichas islas representan las porciones no sumergidas de la plataforma continental. Las oceánicas son formaciones volcánicas o corallinas, por lo general, lejos de los continentes y siempre separadas de estos por aguas muy profundas; en estado vigente, carecen totalmente de mamíferos terrestres o anfibios, pero abundan los pájaros o insectos y usualmente algunos reptiles (Mayr, 1979).

A principios de este siglo, aún se pensaba que las plantas y los anima-

les habfan poblado las islas a través de puentes naturales, idea muy difícil de sostener, en especial en el caso de las islas oceánicas, las cuales están separadas notablemente del continente mas próximo por miles de metros de profundidad (Mayr, 1979). Estudios posteriores mostraron una fauna y flora isleñas fuera de lo común. Aparte de las formas de vida recientemente introducidas por el hombre, las islas alejadas de los continentes no están pobladas por mamíferos terrestres, excepto a veces de algunos murciélagos, únicos mamíferos que han aprendido a volar. No viven en ellas ranas, salamandras u otros anfibios (Carson, 1980).

Por estas razones, se cree que los organismos pudieron haber colonizado las islas por aire o por agua. Una colonización de este tipo habrá sido un acontecimiento fortuito y plagado de peligros; realizada a una velocidad infinitamente lenta e irregular.

Las formas de dispersión transoceánicas son más diversas de lo que en un principio se pensó. La dispersión, por supuesto es más obvia para las aves, los murciélagos, e incluso los insectos. Las aves, a su vez, pueden traer consigo semillas susceptibles de ser transportadas en su aparato digestivo sin sufrir daño. A las aves que viven en lechos de agua dulce, muchas veces se les adhiere barro en las patas; es posible que de esta manera se transporten semillas, huevecillos de moluscos terrestres e insectos.

La anemocoria (dispersión por medio del viento) constituye un medio de transporte rápido y de gran alcance para varias especies pequeñas. Las arañas, cuya presencia general en las islas oceánicas fué un enigma, han sido capturadas a más de 4,500 metros sobre el nivel del mar. Estos arácnidos son arrastrados por el viento a los mares y océanos; con el fin de aminorar la caída, descienden colgadas en "paracaídas" de seda. Desde un avión con redes parecidas a las utilizadas para capturar plancton marino se han obte

nido un gran número de artrópodos, principalmente dípteros y coleópteros, al igual que ácaros e insectos de grupos diversos (Margalef, 1974).

En agua, las plantas y los animales pueden ser arrastrados por las corrientes, flotando sobre troncos, matas o raíces. Este tipo de dispersión por el movimiento del agua, es conocida como hidrocoria.

Las balsas vegetales pueden transportar un gran número de especies de insectos, reptiles o moluscos. Varias especies, que hoy habitan el archipiélago de las Galápagos, fueron arrastradas de las playas sudamericanas por la corriente de Humboldt. Los animales que peor soportan estas arriesgadas travesías son los mamíferos.

El naturalista Charles Darwin (1809-1882) fué el primero en dirigir su atención a la importancia de las islas. Durante su viaje de exploración, tuvo la oportunidad de estudiar infinidad de organismos alrededor del mundo. En el citado archipiélago, Darwin observó la asombrosa variabilidad de las especies nativas; las cuales presentaban una vaga relación con los habitantes del continente americano.

Obsesionó a Darwin explicar las diferencias que presentaban las especies existentes en estas islas; el enigma no era del todo sencillo, ya que las islas del archipiélago estaban situadas a la vista unas de otras, participaban de la misma naturaleza geológica, altitudinal y climática, entre otras cosas. Después de reflexionar por muchos años, escribió lo siguiente: "Durante mucho tiempo me pareció esto una gran dificultad; pero nace en gran parte del error profundamente arraigado de considerar las condiciones físicas de un país como las más importantes, cuando es indiscutible que la naturaleza de otras especies, con las que cada una tiene que competir, es un factor del éxito, por lo menos tan importante como aquellas y generalmente muchísimo más" (Darwin, 1978).

Por el aislamiento de islas oceánicas con los continentes, sin la posibilidad de que unos organismos se crucen con otros, estos territorios se han convertido en un laboratorio ecológico. En ellos se ha desarrollado una singular comunidad de organismos. Casi todas las islas han propiciado la formación de especies endémicas, es decir, que son peculiares de un sólo lugar y no se encuentran en ninguna otra parte de la tierra (Carson, 1980).

La vida de las islas, donde se pueden ver claramente las fuerzas que trabajan para crear nuevos seres, fué indispensable en la formulación de la famosa obra "El Origen de las Especies". La monumental síntesis de Darwin planteó convincentemente la idea de la selección natural como un mecanismo de evolución orgánica (Moore, 1975). Los pequeños territorios insulares reducen la confusión de la vida continental a proporciones más simples; se pueden separar la multiplicidad de factores implicados con más facilidad (Eiseley, 1956).

Animales marinos, como aves, elefantes marinos, focas y tortugas, entre otros, encuentran en las islas lugares idóneos para la reproducción y la cría, recintos que llegan a ser refugios naturales, a salvo de los depredadores, en la época más crítica y vulnerable.

Sin embargo, el equilibrio ecológico de las islas se ve seriamente afectado por la llegada del hombre, el cual casi invariablemente introduce animales y plantas domésticos -e incluso ratas- produciendo un gran impacto en la fauna y flora insulares, de cuyas especies muchas son únicas en el mundo. Aún hay islas deshabitadas o poco afectadas que pueden conservarse intactas. La correcta planificación junto con medidas restrictivas de vigilancia e investigación, deben permitir que dichos santuarios, fruto de millones de años de evolución, se disfruten y conserven para las futuras generaciones.

Los arrecifes coralinos son comunidades muy diversas que crecen abundantemente en las aguas tropicales poco profundas, y a partir de su esqueleto -

conservan y/o construyen una sólida estructura de carbonato de calcio. Los arrecifes de coral, junto con los pantanos de mangle, son importantes "constructores terrestres", ya que forman la orilla de islas y costas terrestres y las protegen contra el oleaje; figuran entre las comunidades biológicamente más productivas, taxonómicamente más diversas y estéticamente más célebres. Los arrecifes coralinos son ecosistemas de gran madurez y complejidad, que sólo se manifiestan en áreas marinas de condiciones muy estables.

Se desarrollan en aguas con poca turbiedad, a temperaturas que raramente bajan de los 20° C, y en profundidades menores a los 50 m. Debido a la distribución de las temperaturas en los océanos, la mayoría de los arrecifes coralinos se encuentran cercanos a las costas occidentales, donde reciben las corrientes cálidas provenientes del ecuador; por ello, se encuentran restringidos dentro de una banda tropical, entre los paralelos con 30° de latitud norte y sur (Ommanney, 1950).

En un principio se creyó que los corales eran plantas debido a su apariencia vegetativa. Más tarde se descubrió que los corales son animales, pertenecientes al Phylum Coelenterata o Cnidaria, el cual incluye también a las hidras, meduzas y anémonas de mar (Barnes, 1977). Sin embargo, los corales siguen siendo tema de gran interés, ya que su papel ecológico es similar al de las plantas; por ejemplo, predominan en la comunidad y tienen la capacidad de depositar carbonato de calcio, en cantidades suficientes para mantener el sustrato de la comunidad.

Estudios posteriores han encontrado algas simbióticas en los tejidos de los pólipos, las cuales contribuyen activamente en la producción primaria de la comunidad (Odum y Odum, 1955); estas algas, que se alojan dentro de los tejidos del pólipo (endozoicas), se les identificó como dinoflagelados y se les conoce como zooxantelas; en tanto que algas verdes filamentosas (miem-

bros de las Chlorophyta, Orden Siphonales) viven alrededor y debajo de los pólipos, dentro de los poros del esqueleto inerte. Por otro lado otras especies, tanto de tipos carnosos como calcáreos, se encuentran por doquier en el sustrato de roca caliza.

Experimentos llevados al cabo por Odum y Odum (1955), demostraron que los arrecifes de coral poseen un mayor peso de biomasa vegetal, que de biomasa animal. También sugirieron que, debido a la falta de zooplankton -principalmente reducido en las aguas oceánicas tropicales- para alimentar a la población existente, debía existir una recirculación de nutrientes a través de los organismos simbiotes. Se supone que el agua corriente y la recirculación biológica eficiente de los elementos nutritivos, son dos factores esenciales de la alta productividad, que hacen de los arrecifes un ecosistema autosuficiente, a pesar de la pobreza de nutrientes en el medio acuático.

Los arrecifes coralinos se pueden dividir en tres tipos: costeros, los de barrera y los atolones. Los arrecifes costeros o bordeantes son formaciones relativamente pequeñas, que se localizan al margen de las costas de continentes e islas, este tipo de arrecife se encuentra tan cerca de la costa, que tan sólo los separa un estrecho canal de aguas someras; el lado que mira hacia el mar tiene más profundidad, ya que la pendiente del suelo marino está suavemente pronunciada.

Los arrecifes barrera también se sitúan enfrente de las costas, pero tienden a ser masivos y se ubican más lejos de tierra firme, por consiguiente, están asentados en aguas más profundas. Este tipo de arrecifes es muy estrecho en proporción con su largo, en bajamar se encuentran interrumpidos por numerosos canales. En ocasiones, los arrecifes barrera se separan de la costa por un canal tan ancho que permite la navegación, sirviendo así, como magníficos puertos naturales. Los arrecifes coralinos crecen pocos centímetros al año.

Es sorprendente que el Arrecife de la Gran Barrera, situado frente a la costa nororiental de Australia, sea la estructura biológica más grande en el mundo, con un largo de poco más de 2,000 kilómetros.

El atolón es un arrecife calcáreo de muy diversas formas que rodea a una o varias lagunas, el cual se forma a consecuencia del hundimiento de una isla volcánica. Los atolones al igual que las islas oceánicas se encuentran a una distancia considerable de tierra firme, en la parte externa del atolón el declive es generalmente muy pronunciado. Numerosos canales permiten la entrada a la laguna de aguas tranquilas y cristalinas.

Los atolones han salvado de naufragar a numerosos barcos en los casos de tormentas, aunque también por contra, han sido causa del hundimiento de otros. Los islotes que se forman en el atolón tienen casi siempre pocos metros de altura, y cabe preguntarse cómo pueden conseguir esa elevación, si los pólipos coralinos no soportan una larga exposición al aire; la explicación es que los bordes externos del arrecife, generalmente conocidos como prearrecife o contrafuerte, reciben el empuje de las olas y el viento, agentes erosivos que sedimentan pedazos de arrecife y arena de coral por encima del nivel del mar, en donde se asientan organismos colonizadores como algas, animales escavadores de galerías, etc. (Margalef, 1974). Lo anterior explica la altura que, sobre el nivel del mar, pueden alcanzar estos despojos coralinos.

En los últimos 2,000 ó 3,000 años, en muchas áreas del Caribe, el nivel del mar ha descendido alrededor de un metro, quedando emergidas antiguas comunidades de madréporas, erosionadas y fragmentadas (Margalef, 1974). Estas estructuras -denominadas localmente "cayos"- son muy comunes en el Mar Caribe y en el Golfo de México. Por su posición con respecto al nivel del mar, los cayos equivalen a islas rasas o escollos; están frecuentemente anegadas y cubiertas en gran parte por manglares.

El mangle figura entre las pocas plantas que enraiza cerca del agua marina y tolera su alta salinidad. Esta comunidad ocupa la zona intermareal, con la ayuda de raíces de punta (nematóforos o raíces aéreas especiales). El mangle rojo (Rhizophora mangle) habita en la zona exterior extrema - - de la costa, y es muy común en la América tropical. Estos vegetales atrapan sedimentos, contribuyendo así a la formación de tierra. Crean un "habitat" - que es ocupado por muchos animales y otras plantas (Barnes, 1977). El mangle no sólo es importante por cuanto extiende las costas y forma islas, sino también por la protección que presenta a las mismas contra la erosión excesiva - que, en otro caso, podría producirse como consecuencia de las violentas tormentas tropicales.

A manera de recapitulación, se puede decir que los arrecifes son importantes por múltiples causas: desde tiempos remotos han constituido un serio peligro para la navegación marina; paradójicamente, algunos arrecifes se han utilizado como puertos naturales, ya que sirven como rompeolas que disminuyen el fuerte oleaje que ataca a las costas; a pesar de la pobreza de nutrientes en las aguas tropicales, los arrecifes son comunidades sumamente eficientes, poseedoras de una alta productividad y riqueza biológica; tanto los arrecifes coralinos como los pantanos de mangle, son importantes "constructores terrestres" formadores de amplias costas, islas y cayos. Protegen estos lugares - contra la erosión del viento y el agua, y crean un lugar apropiado para el establecimiento de nuevos organismos.

La estructura porosa de los arrecifes fósiles proporcionaron excelentes trampas de petróleo; como los corales hermatípicos (que poseen una notable simbiosis con las algas) se desarrollan en lugares con factores físicos específicos, los arrecifes fósiles son buenos indicadores de paleoambientes tropicales someros; por último, se puede mencionar que la comunidad arrecifal es

sumamente bella, un paraíso que por sus requerimientos específicos ha comenzado a resentir la contaminación y las ingerencias humanas negativas.

El hecho de que el arrecife de coral sea un ecosistema estable, diverso en sus especies y bien adaptado, con un alto grado de simbiosis interna, no lo hace en modo alguno inmune a las perturbaciones por parte del hombre. Las aguas negras y los desperdicios industriales, los derrames de petróleo, la sedimentación y el estancamiento del agua producidos por el dragado, la contaminación termal y la inundación con agua de poca salinidad o cargada de cieno; todo ello está empezando a cobrar su tributo (Odum, 1972).

Dentro del contexto mundial, México es uno de los países que cuenta con un elevado número de islas (poco más de 220), las cuales son potencialmente ricas en lo económico, demográfico, naval, científico y turístico, sin embargo el territorio insular no se conoce adecuadamente, encontrándose desaprovechado y subdesarrollado (García-Segura, 1984).

En los últimos años, varias secretarías de Estado han intentado mejorar la información sobre islas, cayos y arrecifes:

La Secretaría de Marina publicó el "Régimen Jurídico de las Islas Mexicanas y su Catálogo" (Julio 1977), que incluye una carta a escala de 1:3'700,000 y con los siguientes rubros: antecedentes, situación geográfica, definición, constitución de los estados ribereños y la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal referente a islas. Este catálogo ha sido actualizado en los últimos años (Informe de labores de la Secretaría de Marina, 1981-1982).

Independientemente, la Secretaría de Gobernación a través del Departamento de Administración de las Islas de Jurisdicción Federal, puso a disposición del público en 1981, el "Régimen Jurídico e Inventario de Islas, Cayos y Arrecifes del Territorio Nacional".

En el mismo año (1981), el Instituto Nacional de Estadística, Geografía

e Informática (INEGI) de la Secretaría de Programación y Presupuesto, editó el "Catálogo Provisional de Islas y Arrecifes" en el que se incluyen: nombre, latitud, longitud y la fuente de información (SPP, 1981).

Pese al esfuerzo de estos tres organismos públicos, la información referente a islas, cayos y arrecifes es incompleta y ambigua. Los catálogos e inventarios antes mencionados fueron realizados independientemente, y de acuerdo a los criterios particulares de cada dependencia, lo que ha generado gran confusión; por ejemplo, la imprecisión para definir claramente y a nivel nacional el término isla, ha provocado que no se conozca con exactitud cuántas islas pertenecen a México.

Uno de los requerimientos más actuales e importantes en el país, consiste en la impostergable necesidad de contar con un catálogo nacional, serio y pormenorizado, que dé cuenta del número de islas, cayos y arrecifes, de su ubicación y recursos potenciales (García-Segura, 1984).

Frente al crecimiento industrial y la demanda del limitado espacio costero para fines residenciales y de recreación, los países en desarrollo se han hecho cada vez más conscientes de la necesidad de proteger sus valiosos recursos marinos, entre ellos, los arrecifes coralinos. Un gran interés ha surgido en establecer parques marinos, especialmente alrededor de áreas coralinas (COLCIENCIAS, 1980). En México se ha reconocido recientemente la importancia de establecer parques naturales marinos. El establecimiento de estos parques, con la vigilancia apropiada, impulsa no sólo la conservación de la comunidad coralina; sino también aporta divisas al país, por su alto valor recreacional para buceo, navegación y turismo en general.

Entre los parques naturales marinos en México, se puede mencionar al Arrecife la Blanquilla, Veracruz (Yáñez-Arancibia, 1982) el cual, debido a una deficiente administración y vigilancia así como a la contaminación procedente

del Puerto de Veracruz, ha perdido en gran parte su belleza original de hace unos cuantos años.

1.8 Cartografía marina

La Cartografía es la técnica de trazar mapas, en las que se representan áreas geográficas de la superficie terrestre, y que más recientemente incluyen ya las superficies de algunos planetas y satélites. La Cartografía constituye un servicio integrador y de referencia, mediante el cual es posible identificar cualitativa o cuantitativamente diversos elementos, tanto en la corteza terrestre, como en la superficie y profundidades oceánicas.

La Cartografía Marina es el conjunto de cartas generales indicadoras de la infraestructura, las actividades humanas y los accidentes físicos de las costas y mares adyacentes. Son de suma importancia para las investigaciones oceanográficas de todo tipo, las actividades pesqueras, la navegación costera y de altura, así como el estudio y aprovechamiento del litoral y lagunas costeras, etc. (CONACYT, 1975).

Su importancia se puede juzgar mejor, cuando se considera que en los litorales se realizan múltiples explotaciones como: de hidrocarburos y minerales, pesquerías y crianza de moluscos, peces y crustáceos marinos, etc. Alrededor de dos tercios de la población mundial vive cerca de las costas, y más del 90 % de la pesca marina proviene de la plataforma continental (COLCIENCIAS, 1980).

Por razones prácticas, la cartografía marina se puede dividir en los siguientes apartados más específicos: a) Cartografía Marina Básica, que comprende de productos referentes a la topohidrografía y a la navegación marítima, e incluye a las cartas hidrográficas, las cartas batimétricas, las cartas náuticas y los portulanos; b) Cartografía Marina Temática o de Recursos, que en-

global información gráfica sobre la oceanografía física, oceanografía química, oceanografía geológica, oceanografía biológica y meteorología.

La Secretaría de Marina, por medio de la Dirección General de Oceanografía, ha publicado 13 estudios geográficos por localidades costeras. Incluyen cartas a diferentes escalas y con los siguientes temas: población, comunicaciones, energía eléctrica, agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, industria, flora y fauna, y características geográficas.

"La cartografía marina en México es hasta el momento insuficiente, además de que se observa falta de coordinación. Se requiere la participación de las diversas dependencias para realizar un esfuerzo común, lo cual permitirá la obtención de mejores resultados y evitará la multiplicidad de esfuerzos" - (PROMAR, 1982).

1.9 Cartas hidrográficas

La Hidrografía es la disciplina que se encarga de la medición y descripción de las características físicas de los océanos, mares, lagos, ríos y sus áreas costeras adyacentes. Las cartas hidrográficas muestran fundamentalmente, la dirección y el volumen de las corrientes y el oleaje, así como la configuración del fondo marino (anónimo, 1952; Lyman, 1977). Cabe decir que la cartografía se limita a representar el medio geográfico y, por tanto, contiene diversos aspectos importantes que les son comunes a todas las cartas, como por ejemplo, la configuración y batimetría del suelo marino, líneas de costa, infraestructura, entre otras; por lo tanto, resulta de interés para programar una gran proporción de usos, así como la base para un aprovechamiento racional de los recursos marinos.

A pesar de su gran utilidad para la Oceanografía el servicio de cartografía hidrográfica en México es pobre. Su periodicidad y número indican falta-

de agilidad y continuidad. A menos que se disponga de un sistema para integrar y diseminar la información, la recolección y su procesamiento, los datos vigentes tiene poca utilidad (PROMAR, 1982).

La Dirección General de Oceanografía, de la Secretaría de Marina, ha elaborado 8 memorias de los levantamientos hidrográficos de las siguientes regiones del país (entre paréntesis se indica el número de trabajos y/o el año de publicación):

- Tampico, Tamps. (anexo 1, en 1980 y el anexo 2 en 1981).
- Veracruz, Ver. (anexo 1 en 1980 y el anexo 2 en 1981).
- Cabo San Lucas B.C.S., Lázaro Cárdenas, Mich. y Puerto Vallarta, Jal. (1975-1976).
- Coatzacoalcos-Pajaritos, Ver. (1972).
- Lerma-Campeche, Camp. (1973).
- Progreso-Yukaipeten, Yuc. (1971).

Las memorias incluyen cartas a diferentes escalas con los siguientes rubros: verificación de campo, monumentación, control terrestre horizontal y vertical (parámetros geodésicos), astronomía de posición, mareografía, batimetría, fotogrametría, información portuaria, información turística e información meteorológica.

La Secretaría de Marina también ha publicado un "Compendio de Hidrografía (parte I en 1974 y parte II en 1976) con procedimientos técnicos para los levantamientos hidrográficos y geofísicos.

1.10 Cartas batimétricas

Estas cartas definen la forma del fondo sobre del cual se encuentra un cuerpo de agua, a través de curvas de nivel que unen puntos con igual profundidad (llamadas isóbatas). Las cartas batimétricas son un elemento indispensable

ble para la ordenación de los asuntos oceánicos, tales como la explotación petrolera y de minerales, la pesca, la construcción de estructuras y otras operaciones sobre el fondo del mar o por encima de él.

Por muchos siglos, la topografía del fondo marino ha sido inaccesible y distante. Hacer sondeos de las grandes fosas del océano era -y sigue siendo- una operación laboriosa, el conocimiento de la topografía submarina estaba mucho más retrasado que el correspondiente al de la luna, en el hemisferio que mira a la tierra. Con los años, la técnica se ha perfeccionado extraordinariamente, sin embargo, un sondeo con finos cables de acero exigía varias horas o a veces un día entero. En 1854, los informes de la profundidad efectuados en el Atlántico, correspondieron a sólo 180 sondeos. Poco antes de que se inventara la ecosonda, el total de sondeos efectuados en todas las cuencas oceánicas era sólo de unos 15,000, cifra que equivale aproximadamente a un sondeo por cada 15,500 km² (Carson, 1980).

El desarrollo de la ecosonda, en los años de la primera guerra mundial, se anticipó al radar y ha revolucionado el conocimiento del fondo marino. Los registros de los sondeos se están reuniendo más de prisa del tiempo que se emplea para consignarlos en las cartas batimétricas. Aunque es difícil lograr una gran precisión en la lectura desde un barco en movimiento, la medición es instantánea y no se requiere detener el buque.

Desde la década de los cincuentas, los levantamientos batimétricos de porciones selectas del fondo marino ha empezado a detallarse cada vez más. Sin embargo, aún quedan inmensas regiones del suelo marino sin un adecuado conocimiento, especialmente en los países ribereños del Tercer Mundo.

Los océanos constituyen un enorme recipiente del material terrígeno removido por las fuerzas de erosión. Los sedimentos continentales y marinos se acumulan bajo la fuerza de la gravedad y forman depósitos, que se sitúan apro

ximadamente paralelos con relación a la superficie oceánica. En cualquier -
 área, particularmente si los sedimentos no han sido alterados tanto por plega
 mientos como fracturas, la secuencia de estos depósitos que van sedimentándose
 uno sobre otro, registran el transcurso del tiempo a través de la historia en
 la tierra.

Las cartas batimétricas, junto con las muestras de sedimento, ayudan a -
 conocer la Geología y evolución del mundo; ya que mientras que al continente
 se le puede comparar con un pizarrón, en el que la erosión borra regularmente
 los datos, los océanos son más bien como un muro que recibe varias capas de -
 pintura. La información está en ellos presente pero sepultada. Basta con -
 atravesar las capas superiores para llegar a ella (Le Pichon, 1977). Esto es
 justamente lo que está haciendo el Proyecto de Perforación Profunda de los Ma
 res (Deep Sea Drilling Project), desde 1968, a bordo del B/O "Glomar Challen
 ger".

En este tipo de perforaciones, el estudio de los microorganismos fósiles
 (Micropaleontología), es uno de los principales elementos para correlacionar -
 la edad de las rocas. Entre los microfósiles más característicos cabe mencio
 nar a los siguientes: foraminíferos, ostrácodos, radiolarios, diatoméas, dino
 flagelados, coccolitofóridos, discoastéridos, pólen y esporas.

Los microfósiles se distribuyen ampliamente en el fondo oceánico, y algu
 nos de ellos son magníficos indicadores de las condiciones de depósito de los
 sedimentos. Entre las más importantes aportaciones de estos estudios se puede
 incluir: la Deriva Continental y la Expansión del Fondo Marino, que han perm
 itido formular un esquema coherente de la tectónica global del planeta, y - -
 comprender los eventos climáticos del pasado a nivel mundial (ver final del te
 ma 1.3; Moore, 1975 ; Le Pichon, 1977).

Actualmente, la búsqueda de energéticos a nivel mundial es una de las -

preocupaciones más importantes, y la micropaleontología es una de las herramientas indispensables en la exploración y explotación de estos recursos.

En la capa superficial y subsuperficial del fondo oceánico, existe también una amplia gama de seres vivos. El estudio de estos organismos bentónicos se apoya constantemente en la batimetría, posicionamiento y tipo de sustrato. Muy recientemente, se ha descubierto que los organismos bentónicos y pelágicos ocupan una gran proporción de las cuencas oceánicas. Dentro de esta variada riqueza biológica, se encuentran las especies faunísticas que integran gran parte de la pesca comercial. Los procedimientos de dichas pesquerías implican un conocimiento previo y detallado, de las características de los fondos sobre los que ha de operarse. Una red de arrastre, por ejemplo, no puede ser empleada sin peligro de pérdida, sobre un fondo de topografía muy accidentada o excesivamente fangoso (Lozano-Cabo, 1970).

La información batimétrica dista mucho de ser la deseable, por lo que se teme que puedan ocurrir accidentes náuticos graves. El acondicionamiento portuario ha sufrido enormes cambios en las últimas décadas: a mediados del presente siglo, las características de la flota internacional exigían un calado mínimo de 7 metros; posteriormente, aparecieron buques de mayor desplazamiento que requerían calados de 12 a 15 metros (Doumenge, 1972). Hasta hace dos décadas, a ningún obstáculo con una profundidad mayor de 18 metros se le consideraba un peligro real; actualmente los buques-tanque, cargados con millones de barriles de petróleo crudo, llegan a tener un calado de 21 metros o más.

El tamaño de estos buques presenta un peligro inminente, en especial cuando se desvían de las rutas usuales; como el accidente del Amoco Cádiz, ocurrido en las costas de Francia en 1978, lo que ocasionó el derrame petrolero por naufragio más importante hasta la fecha (millón y medio de barriles de petróleo, 1 barril = 159 litros). Debido a las consecuencias contaminantes, estos

accidentes son una seria amenaza para la vida marina, ya que cinco años después del percance del Amoco Cádiz, las costas del norte de Francia aún guardan abundantes residuos de hidrocarburos (Sullivan, 1983).

Los levantamientos hidrográficos consisten esencialmente de dos operaciones: determinación de las coordenadas geográficas en la superficie marina - (posicionamiento), y determinación de la profundidad del suelo marino. Debido al laborioso zigzag que se requiere para trazar adecuadamente las cartas batimétricas, los reconocimientos hidrográficos resultan muy costosos y lentos, ya que la información se obtiene principalmente por sondeo de barcos oceanográficos, mercantes, etc., siempre que cuenten con el instrumental apropiado. Es importante conocer la posición exacta, a fin de obtener información confiable. Sólo cuando la carta batimétrica posee la calidad adecuada, el investigador o el navegante pueden valerse de la ecosonda, como una ayuda para fijar confiablemente la posición del barco en una carta.

Recientemente, el INEGI ha logrado la cobertura nacional en lo referente a cartas batimétricas. Este servicio comprende ocho cartas a escala - - - 1:1'000,000 y con curvas batimétricas a cada 100 metros. El mismo centro comienza a incluir la información batimétrica en su centro de cómputo de datos.

Las cartas batimétricas actuales, con excepción de las del INEGI antes mencionadas, tienen casi medio siglo de atraso, ya que su exactitud se ve limitada por la distancia entre las isóbatas.

1.11 Derroteros

Con este nombre se designa la línea que se traza en las cartas de navegación para gobierno de los pilotos, respecto del itinerario o rumbo seguido por una nave. Pero el término derrotero principalmente se aplica al libro que, en forma monográfica, describe los hechos y referencias que ayudarán al marino a

seleccionar la ruta más segura y rápida. Entre otros, los derroteros incluyen datos sobre: vientos predominantes promedio, corrientes, barometría, temperatura, salinidad, puertos, descripción de la costa, obstáculos, precauciones y balizamiento -término este último, con que se designan las señales fijas o flotantes, que indican a los navegantes los márgenes, los canales navegables y las áreas de peligro- (anónimo, 1952; S.P.P., 1981).

Siendo las vías marítimas la manera más barata para transportar materiales en volúmenes considerables, el incremento mundial del uso del mar como medio de transporte ha sido sorprendente. En los últimos diez años, la flota mercante mundial se ha duplicado; se construyen embarcaciones de gran calado y enorme capacidad (500,000 toneladas); el tráfico marino internacional se ha triplicado en el mismo período. El desarrollo de puertos adecuados y servicios marinos para control y facilidad de tráfico, ha sufrido transformaciones acordes con el desarrollo de la flota mercante (COLCIENCIAS, 1980).

Este incremento mundial del uso del mar obliga a las naciones a organizar el tráfico, seleccionar los derroteros más convenientes que eviten congestiones, marquen las regiones que los barcos deben eludir y prevengan situaciones que entrañen riesgos. El Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS), documento aprobado por México en 1977, recomienda que todo buque debe contar con los adecuados derroteros, instrucciones para la navegación, libros de faros, avisos a navegantes, tablas de mareas y cualquier otra publicación náutica, necesaria para el viaje proyectado, todo ello debidamente actualizado.

Algunos países imprimen libros (como el Coast Pilot, publicado por la U. S. Coast and Geodetic Survey) con la información tan detallada que no es posible reducirla en una carta, en tales libros se incluye: descripción de rutas, condiciones climáticas, instalaciones portuarias y facilidades de reparación,

entre otros datos.

La Secretaría de Marina, por medio de la Dirección General de Oceanografía, publicó cuatro derroteros de los siguientes lugares (entre paréntesis se indica el año de publicación): 1) Costas sobre el Océano Pacífico de México, América Central y Colombia (1978); 2) Costas Atlánticas de México, América Central y Colombia (1978); 3) Antillas Menores y Venezuela (1978); y 4) Antillas Mayores y Mar Caribe (1981).

1.12 Cartas náuticas

Son la representación cartográfica en una superficie plana, de una porción de las aguas navegables de la tierra, que físicamente constituyen una superficie curva del globo. Todas las cartas de navegación se trazan (excepto la de los polos, áreas adyacentes y casos especiales) mediante la proyección de Mercator -o cilíndrica- en la cual los meridianos y paralelos se representan por medio de líneas rectas, que se intersectan entre sí en ángulos rectos; las coordenadas de una posición determinada se establece así con gran facilidad y precisión. Mediante el señalamiento de diversas posiciones así fijadas, es posible consignar gráficamente el rumbo de una nave.

La Secretaría de Marina, por conducto de la Dirección General de Oceanografía, ha publicado más de 25 cartas náuticas que contienen los siguientes rubros: rutas de navegación, batimetría, configuración de la costa y relieve. Este servicio se ha realizado de manera razonable.

1.13 Portulanos

Los portulanos constituyeron originalmente las cartas marinas más antiguas del mundo. Estos documentos se limitan al tráfico portuario y de sus costas adyacentes, ya que para la navegación de altura se utilizan, como ya se di

jo, las cartas náuticas.

La Carta Pisana actualmente en la Biblioteca Nacional de París, es el mapa más antiguo conocido realizado alrededor de 1275, dibujado a mano en una piel de oveja incluye al Mar Mediterráneo en su totalidad (Lyman, 1977).

Los antiguos portulanos, trazados con indicación de rumbos y distancias, sólo se utilizaron para derroteros en los que no se excediera de 24 horas sin ver la tierra, lo que los hacía aptos para navegar sólo en mares pequeños como el Mediterráneo o el Báltico. Con el tiempo, la información contenida en este tipo de cartas se fué ampliando. En ellos se hacía referencia destacada a las siluetas de las costas, y a los puntos más notables que pudieran servir de referencia a los navegantes; también incluían indicaciones sobre corrientes, mareas y otros aspectos de interés para la navegación (García-Franco, 1947).

Por tradición, se continúa llamando portulanos a los mapas que describen las zonas portuarias y sus cercanías. Ya que estas regiones son muy transitadas y de poca profundidad, este tipo de cartografía es impresa a gran escala, lo que proporciona una alta precisión y seguridad.

La Secretaría de Marina, mediante la Dirección General de Oceanografía, tiene publicadas cartas portulanas referidas a líneas de navegación local, que contienen datos sobre rutas de navegación, batimetría, configuración de la costa y relieve, para los siguientes puertos (entre paréntesis se indica el año de publicación y revisión):

- Salina Cruz, Oax. (1975, Rev. 1979).
- Manzanillo, Col. (1973, Rev. 1979).
- Yucatpetén, Yuc. (1975).
- Mazatlán, Sin. (1975, Rev. 1979).
- Veracruz, Ver. (1981).
- La Paz, B.C.S. (1980).

- Ensenada, B.C.N. (1975, Rev. 1979).
- Puerto Madero, Chis. (1977, Rev. 1978).
- Acapulco, Gro. (1978).

En consideración a que la configuración batimétrica de los puertos se modifica continuamente, por efecto de las corrientes marinas y el acarreo de sedimentos por el aire y el agua, el INEGI tiene iniciado un programa de edición de portulanos actualizados para los 21 puertos principales del país. Hasta el momento, ha publicado las cartas de cuatro puertos: Mazatlán, Lázaro Cárdenas, Salina Cruz y Ensenada.

1.14 Cuadernos de faros

Los cuadernos de faros contienen la descripción y ubicación de los señalamientos marítimos. La navegación costera se apoya esencialmente en la identificación y reconocimiento de estos puntos notables de la costa. Para que dichas señales se puedan reconocer e identificar con rapidez y seguridad, y para que los bajos aislados y los canales navegables se puedan ubicar y no constituyan peligro, es preciso señalarlos con marcas visibles, tanto de día como de noche. Estas marcas forman en conjunto el denominado "balizamiento" de una costa y se identifican durante el día por su forma y color, y durante la noche por medio de luces y destellos distintivos. Destacan dos tipos principales: los faros y los radiofaros.

Los faros sirven, durante las noches, como señal y aviso a lo largo de las costas peligrosas. Además de sus haces de luz, a veces están equipados con señales sonoras, sirenas, diáfonos, etc., los cuáles se utilizan cuando la nubosidad o niebla impiden distinguir las luces. La mayoría de los faros se construyeron en los días de los buques veleros y, pese a la ayuda de la tecnología actual, siguen siendo tan necesarios para la navegación como siempre lo

han sido.

La visibilidad, o distancia en millas náuticas a la cual se puede ver la luz de un faro, es información muy útil que permite al navegante calcular la distancia a que se encuentra su nave, con respecto a la costa o lugar de peligro. Muchas luces son suficientemente poderosas para ser vistas a la distancia en que se localiza el horizonte, influyendo para ello dos factores: altura del faro y elevación sobre el nivel del mar a que se encuentre el ojo del observador.

Los radiofaros, estaciones radioeléctricas que envían señales características, son operadas continuamente durante la niebla o en condiciones de baja visibilidad, y también a intervalos convencionales en condiciones climáticas normales de día y de noche. Las señales pueden ser recibidas a bordo de un barco por medio del radiogoniómetro (ver tema 1.2). Las estaciones más poderosas tienen un alcance efectivo superior al que ofrecen las señales de luz y sonido, por tanto, su detección permite al observador una indicación más valiosa respecto de su posición, mucho antes de que la tierra pueda avistarse (anónimo, 1952).

La Secretaría de Marina, por medio de la Dirección General de Oceanografía, publicó en 1975 y 1976, tres cuadernos de faros: a) Antillas Mayores; b) Antillas Menores y Venezuela; y c) Costas de México, América Central y Colombia. En ellos se observa la localización de las balizas, tipo de luz, número de destellos por hora y alcance de la luz, en la situación de óptima visibilidad.

2) Contaminación, seguridad y bienestar

La contaminación constituye el cáncer de la sociedad moderna. La creciente población mundial, el desarrollo industrial, el uso reciente de plaguicidas químicos y otros factores, han dado lugar al problema contaminación; los servicios de prevención son insuficientes, particularmente en los países en vías de desarrollo encontrándose México entre ellos.

En cuanto a los servicios dedicados a la conservación y bienestar de la vida humana y la prevención de daños a bienes materiales, tanto en el mar como en zonas litorales, son obviamente renglones que el Estado debe atender con eficacia.

2.1 Problemática de la contaminación

La contaminación marina es "la introducción, directa o indirecta, de sustancias o energéticos en el medio marino (incluyendo los estuarios), la cual acaba por dañar los recursos vivos, poner en peligro la salud humana, alterar las actividades marinas, entre ellas la pesca y reducir el valor recreativo y la calidad del agua marina" (Grupo de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Contaminación Marina, GESAMP, 1972).

En los albores de la existencia del hombre, mientras su población fue poco numerosa, dispersa y errante, la naturaleza fue capaz de asimilar y procesar los desperdicios de los productos humanos (Dasmann, 1975). Más tarde, la gente tuvo la oportunidad de establecerse durante largos períodos en áreas limitadas. El descubrimiento y desarrollo de la agricultura y la domesticación de animales, constituyeron enormes adelantos para la humanidad, pero con las facilidades de la vida sedentaria, la población humana aumentó considerablemente; fue en este momento cuando el hombre comenzó a contaminar.

Se denomina Biósfera a la capa que rodea nuestro planeta en la que se desarrollan todos los organismos vivos, mediante una serie de ecosistemas autosuficientes, mismos que actúan recíprocamente en el medio físico como un todo. Cuando el hombre introduce elementos contaminantes, degrada el sistema dinámico de la Biósfera y afecta gravemente la recirculación de los elementos en que se sustenta la vida.

El hombre es una especie que utiliza mucha energía, con gran capacidad de transporte y comunicación. Ha llegado a ser numericamente muy importante. Afecta a toda la Biósfera, contrariando la organización de los distintos ecosistemas e intensificando las relaciones de unos con otros. La explotación directa, el transporte, los contaminantes químicos y radiactivos tienden a simplificar los ecosistemas, a aumentar su tasa media de renovación, a alterar las condiciones de selección a favor de las especies más prolíficas y, en resumen, a alejarlos del clímax o a reducir su madurez. El hombre es causa de un deterioro general de los ecosistemas naturales (Margalef, 1974).

Los problemas de la contaminación no son recientes, ya que han sido sufridos en forma local por las grandes ciudades de la antigüedad y del medioevo; el problema creció a partir de la Revolución Industrial. A pesar de todo, no es sino hasta las últimas décadas de este siglo, que la contaminación acelerada, junto con el rápido incremento de la población y el excesivo consumo de los recursos, se han convertido en problemas mundiales crecientes, que requieren de un conocimiento y control efectivos.

Según Foyn, 1969 (En: Botello, 1982) las principales fuentes de contaminación, derivadas de la actividad humana, son: desechos municipales, domésticos, agrícolas, químicos, mineros e industriales y muy destacadamente los radioactivos y los del petróleo.

Los mares y océanos del mundo siempre han sido los depositarios de mate-

rial originado en tierra y acarreado por ríos, erosión costera y corrientes de aire (Ranken, 1976). Emplear el mar para eliminar los residuos puede poner en peligro sus demás recursos; por tanto, el uso del mar debe realizarse con prudencia, considerando la contaminación como un problema prioritario, el cual debe ser controlado. Uno de los mitos muy difundidos en la actualidad, consiste en creer que el mar, debido a su grandeza, tiene una dilución infinita y que, por lo tanto, puede servir como un gigantesco vertedero al servicio del hombre. Este mito estaría justificado si los desechos se dispersaran y diluyeran instantáneamente, pero esto no es así, pues el mar es una cuenca cerrada y los procesos físicos y biológicos no actúan tan rápido (Botello, 1982).

Los contaminantes naturales del medio marino incluyen componentes no refinados del petróleo, metales pesados como el mercurio y el cadmio y nutrientes derivados del nitrógeno y del fósforo. El flujo de estos compuestos se ha incrementado por la intervención humana.

Los contaminantes artificiales son aquellos que han sido sintetizados por el hombre: algunos productos refinados del petróleo, hidrocarburos halogenados (DDT), bifenilos policlorinados (PCB), plásticos, detergentes y ciertos elementos radioactivos (Botello, 1982); estas sustancias nuevas o poco frecuentes en estado natural, por su poder destructivo provocan uno de los daños más grandes que pueda infligirse a la naturaleza: la extinción de diversas especies.

La contaminación marina se ha constituido en un problema muy grave a nivel nacional, regional e Internacional. Y actualmente se reconoce su prevención y control, como un objetivo legítimo que debe ser considerado por todos los países (COLCIENCIAS, 1980). Por su importancia, se ha considerado conveniente examinar, como se hace a continuación, algunos de los más destacados problemas de la contaminación:

a) Desechos radiactivos.-

La tierra primitiva carecía inicialmente de una protección atmosférica - contra la radiación ionizante. Se ha llegado al consenso de que la vida se - originó en los océanos, pero los seres vivos no pudieron salir de la protec- ción que les brindaban las aguas e invadir el medio terrestre, sino hasta que la intensa radiación llegó a ser filtrada y mitigada por los gases de la at- - mósfera, fundamentalmente por la capa de ozono (Margalef, 1974). Actualmente, el hombre libera radiactividad al medio, procedente de las explosiones nuclea- res y de los llamados "usos pacíficos" de la energía nuclear.

En 1968, cerca de 80 países firmaron el tratado de no proliferación nu- clear. Sin embargo, en el mismo año se registraron 479 explosiones nucleares, de las cuales, los océanos recibieron una parte considerable de los desechos - radiactivos (Botello, 1982).

La contaminación radiactiva es, quizás, uno de los problemas más discuti- dos e investigados en la actualidad. Sus propiedades dañinas actúan en concen- traciones muy bajas, no pueden ser neutralizadas por tratamiento químico y tie- nen una vida media muy larga; por todo lo cual debemos sufrir su presencia du- rante tiempos especialmente amplios, hasta que se desactiven por decadencia na- tural (Goldberg, 1978).

Análisis recientes, muestran que los organismos que habitan en las zonas costeras -el ostión, el mejillón, la almeja, el fitoplancton y algunas espe- cies de algas bentónicas-, bioacumulan los desechos radiactivos (Botello, - - 1982). La radiación produce graves efectos en el código genético de los orga- nismos, ya que eleva considerablemente la frecuencia de mutaciones sobre el ni- vel de ocurrencia espontánea. La humanidad debe adquirir mayor conciencia, - del peligro que representa tratar con demasiada despreocupación, esta fuente -

de contaminación.

b) Hidrocarburos fósiles.-

Desde hace millones de años han existido filtraciones submarinas importantes de petróleo y gas, en forma natural. La presencia de hidrocarburos en el Golfo de México se remonta mucho tiempo atrás.

La contaminación por petróleo en gran escala, ha sido consecuencia inevitable de las grandes cantidades de hidrocarburos que en las décadas recientes se explotan, transportan y consumen en todo el mundo. Adicionalmente, accidentes como los derrames de buques-tanque como el Torrey Canyon en Inglaterra (1967), el Amoco Cádiz, en las costas del norte de Francia (1978); y recientemente, la fuga del pozo Ixtoc 1, en el Golfo de México (1979), el cual vertió al océano poco más de 3 millones de barriles de petróleo crudo (anónimo, 1980). Por si fuera poco, el lavado de las cisternas de carga de los buques-tanque también es motivo de contaminación (Goldberg, 1978).

El petróleo contiene miles de componentes que varían en cuanto a su estructura y composición, debido a esto, una evaluación real de este contaminante plantea problemas metodológicos, que hacen difícil determinar los niveles actuales de hidrocarburos fósiles en las aguas y en los organismos marinos. - Una vez en el mar, gran parte de los compuestos del petróleo permanecen inalterados. Una fracción del petróleo forma una capa superficial. El plancton dispersa y consume estos componentes, de manera que se incorporan a la cadena alimenticia; la fracción restante se precipita al fondo marino, donde es bioacumulada por los organismos bentónicos; o bien, llega a formar parte de los sedimentos marinos por un período largo, debido a la lentitud de los procesos de degradación y transformación (Botello, 1982).

Pequeñas partículas flotantes de petróleo pueden enturbiar el agua; por

debajo de esta capa, la penetración de la luz puede restringirse hasta un 90 %. El fitoplancton, primer eslabón de la cadena alimenticia, se ve seriamente afectado en su función fotosintética. También se puede entorpecer las migraciones verticales diurnas del zooplancton, las cuales dependen de la intensidad de la luz (Botello, 1979).

Gran número de organismos bentónicos filtradores, tales como los ostiones, mejillones, lapas, balanos, entre otros, pueden morir por asfixia al ingerir partículas de hidrocarburos, ya que se obstruye su sistema respiratorio y de filtración. En los bivalvos, ostiones, almejas y mejillones, las partículas de petróleo se bioacumulan en sus tejidos. La venta comercial de estas especies se afecta drásticamente, ya que adquieren un sabor y olor a petróleo. En 1978, a consecuencia del derrame Amoco Cádiz, 5,000 toneladas de ostras - contaminadas tuvieron que ser destruidas (Sullivan, 1983).

En peces el petróleo parece tener efectos de tipo mecánico más que biológico, ya que al obstruir sus branquias impide el intercambio gaseoso, lo que les produce muerte por asfixia.

Otros organismos muy afectados son las aves, el petróleo se impregna externamente en su plumaje, lo que les reduce la capacidad aislante, la resistencia al frío y les impide el vuelo. Las aves ingieren el petróleo al sumergirse, así como al tratar de limpiar sus plumas para quitarlo; dentro del cuerpo, el petróleo les irrita el sistema digestivo con efectos tóxicos. Todo lo anterior es causa de una gran mortandad en las aves. Por ejemplo, el incidente de Torrey Canyon, fué probablemente responsable de la muerte de unas - 100,000 aves (Dix, 1981).

c) Metales pesados.-

No se ha registrado variación apreciable del contenido de metales pesados

en las aguas del mar abierto (Goldberg, 1978); sin embargo, su cantidad se ha incrementado considerablemente en los estuarios y en las costas, debido a las actividades humanas. Es difícil evaluar la toxicidad de los metales pesados en el medio marino, ya que sus concentraciones naturales, además de ser poco conocidas, varían en aguas no contaminadas. Por otro lado, no se conocen adecuadamente los factores que determinan su destino final en las aguas (Botello, 1982).

Los oligoelementos se presentan muy diluidos en la hidrósfera en concentraciones del orden de microgramos por litro. La mayoría de los metales pesados, biológicamente activos o potencialmente tóxicos, son altamente reactivos y se acumulan fácilmente en organismos acuáticos (Botello, 1982). Entre los más dañinos se encuentran las sales de cobre, cromo, cadmio, zinc, plomo y mercurio (Margalef, 1974). Los compuestos metálicos se vierten a los océanos por medio de los procesos de intemperismo y vulcanismo. El hombre ha intensificado este flujo al provocar la erosión del suelo, que resulta de la práctica intensiva e inadecuada de la agricultura, de la explotación mineral y de la descarga de desechos domésticos e industriales.

Buscando el incremento de la eficiencia en los motores de combustión interna, se descubrió que los alquillos de plomo actúan como agentes antidetonantes, lo que permite una operación más suave en los vehículos. Desafortunadamente, este proceso ha provocado gran aumento de plomo en la atmósfera y por consiguiente, en las aguas costeras superficiales (Goldberg, 1978). La ignición de los combustibles fósiles -carbón, petróleo y gas natural- origina la saturación de partículas de metales pesados en la atmósfera y más tarde en los mares.

La salud humana también se ha visto afectada por la bioacumulación de los metales pesados en los organismos acuáticos. De 1953 a 1960, ciento once

personas se intoxicaron en Minamata, Japón, presentando severos desórdenes - neurológicos y aún mortales; se descubrió que la enfermedad era provocada - por el consumo de pescado y mariscos, contaminados con mercurio, el cual se había esparcido en la bahía por los desagües de una industria química. Los reponsables de dicha contaminación negaron durante varios años la evidencia; asombrosamente, el tiempo transcurrido entre la inaplazable tragedia, y la - creación de nuevos reglamentos contra la introducción de mercurio en el me- dio fué de dos decenios (Goldberg, 1978).

d) Hidrocarburos clorados.-

Uno de los peores intentos de la humanidad para destruir a los organis- mos indeseables, fué la creación de los pesticidas (insecticidas, herbicidas y fungicidas). "La aplicación y la amplia distribución de los pesticidas, - prometía erradicar enfermedades como la malaria, el tifo y el paludismo; - además, al proteger las cosechas contra las plagas, se aseguraba la alimenta- ción de muchos pueblos" (Botello, 1982). Ahora se vislumbra que éste optimis- mo fué la causa, en parte, del grave desacierto que resultó de la saturación del medio con venenos persistentes, que sólo se degradan muy lentamente. En la actualidad, casi todo el planeta se encuentra contaminado por pesticidas, y se ha visto la necesidad de suspender el empleo de muchos de ellos (Odum, - 1972).

En 1939, se descubrió un poderoso hidrocarburo clorado que exterminaba a los insectos con gran eficacia. El DDT (dimetil-difenil-tricloroetano) se pu- so de moda después de la segunda guerra mundial. Sin embargo, en 1946 se ob- servó que muchos insectos habían desarrollado resistencia al DDT y, por tanto, se crearon insecticidas nuevos y más potentes (Botello, 1982). Entre ellos - están otros compuestos organoclorados como el Dieldrin y el Aldrin, así como

compuestos fosforados y nuevos herbicidas y fungicidas.

En la década de los sesentas, la producción de DDT alcanzó cifras peligrosas: cerca de 100.000 toneladas al año. En 1965 se demostró, por numerosos estudios, que la presencia del DDT y sus metabolitos afectaban el sistema reproductivo de algunas aves. Por desgracia, un año antes, el halcón (Falco peregrinus) declinó drásticamente en los Estados Unidos de América; también disminuyó la población de pelícanos castaños (Pelicanus occidentalis californicus) en la isla de Anacapa y a lo largo de la costa de California, 1962-1972. Las elevadas concentraciones de DDT en las aves producen alteraciones en el metabolismo del calcio (Margalef, 1974; Goldberg, 1978). Este compuesto, al igual que otros insecticidas clorados, provoca un trastorno en las hormonas esteroideas de las aves. Los huevos se producen con una cáscara tan delgada, que disminuye el número de sobrevivientes entre los nacidos.

Diversas propiedades de los insecticidas organoclorados, los sitúan entre los compuestos sintéticos más contaminantes de la biósfera. Son dispersados a todos los rincones de la tierra por corrientes de aire y agua.

Otros hidrocarburos clorados ampliamente difundidos en los mares son los difenil policlorados (PCB). Se inició su producción a principios de los años treinta debido a sus múltiples usos industriales; en los primeros años de la década de los setentas su demanda llegó a alcanzar poco menos de 100.000 toneladas anuales (Goldberg, 1978). Poco después se limitó su empleo, debido a su gran toxicidad. Sin embargo, el PCB y el DDT son, probablemente, los productos sintéticos más difundidos y abundantes en los mares.

Se ha comprobado que los compuestos organoclorados destruyen las etapas larvales de valiosos organismos acuáticos e inhiben la fotosíntesis del fitoplancton marino, lo que podría afectar seriamente el equilibrio gaseoso de la

osfera. La finalidad específica de los pesticidas es la destrucción de organismos competitivos (plagas de campo), del mismo nivel trófico que el hombre; pero los compuestos deletéreos se difunden también al hombre mismo y a los niveles tróficos superiores. Los pesticidas persistentes al igual que los radionúclidos se concentran a lo largo de la cadena alimenticia en lugar de dispersarse.

El efecto negativo de los compuestos organoclorados en el sistema nervioso y la hormona sexual de los vertebrados está bien documentado. Estos tóxicos se acumulan en el tejido adiposo y están presentes en animales de los más diversos grupos, incluido el hombre (Odum, 1972; Margalef, 1974). Sus efectos fisiológicos imprevistos, como el daño causado a poblaciones enteras de aves de rapiña, ha conculentizado a los países desarrollados a restringir su empleo.

e) Residuos.-

Los desperdicios o residuos constituyen una de las peores consecuencias de la urbanización. Aunado a la explosión demográfica, el volumen de desechos ha aumentado vertiginosamente en este último siglo; obviamente, escasean más los lugares donde desembarazarse de los desechos; por estas razones, cada vez con mayor intensidad se vierten basuras al mar.

Los residuos marinos comprenden aquellos sólidos producidos por la actividad humana, que son desechados en el mar o llegan a él a través de vías de navegación, o de canales de desagüe e industriales.

Su mayor parte consiste en materiales de embalaje; plástico, metal, textil, vidrio o derivados de la madera, que envuelven de una u otra manera, los productos que nuestra sociedad consume (Goldberg, 1978).

Los desechos domésticos que son vertidos al agua contienen, además de -

una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos, una serie de microorganismos que causan graves enfermedades a diversos animales, entre ellos el hombre. Las bacterias originan enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea, la disentería y la gastroenteritis, entre otras; los virus son causantes de la poliomielitis, la hepatitis infecciosa, etc.; también deben mencionarse las etapas larvarias de algunos animales parásitos como el nemátodo Ascaris lumbricoides (Dix, 1981). Todos estos organismos se pueden presentar en las heces y en las aguas de albañal, y las enfermedades se pueden contraer por contacto directo o por el consumo de alimentos infectados, entre ellos los de origen marino.

Para su desarrollo, los microorganismos utilizan los compuestos orgánicos e inorgánicos, degradándolos hasta convertirlos en productos más simples de este modo, reducen el grado de contaminación; pero este proceso disminuye el contenido de oxígeno en las masas de agua. Si la descarga de desechos persiste, se crea una seria limitante para los organismos acuáticos, ya que el oxígeno es vital para la respiración de casi todos los seres vivos (Dix, 1981).

El dragado periódico de los puertos es un servicio indispensable, que conlleva el continuo asolvamiento de los fondeaderos y canales de acceso. Pero esta actividad, cuyos residuos son vertidos al mar, causa una serie de cambios físicos que alteran el equilibrio ecológico marino. Las pequeñas partículas suspendidas producen turbiedad en el agua, esto reduce la penetración de la luz y disminuye la actividad fotosintética. La alteración de la transparencia del agua también interfiere la capacidad visual de los animales y por tanto, limita su aptitud para conseguir alimento. Los peces y muchos invertebrados reducen su eficiencia metabólica, ya que su aparato respiratorio se obstruye con el material en suspensión (Dix, 1981).

f) Medidas de prevención en México.-

Como un intento tendiente a prevenir y controlar fenómenos relativos a contaminación, surge en México el Plan Nacional de Contingencias con las siguientes finalidades: evitar derrames de hidrocarburos, evaluar el grado de contaminación en las aguas marinas, mantener el saneamiento ambiental en los principales puertos, emitir técnicas para prevenir y resolver los problemas de contaminación, investigar la contaminación en los lugares de mayor contaminación humano, realizar actividades contra la contaminación radiológica, laborar la reglamentación nacional al respecto, etc. Dentro del Plan colaboran en forma estrecha las siguientes secretarías y dependencias: Pesca, Mar y Acuicultura, Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Salubridad y Asistencia, Programación y Presupuesto, Comunicaciones y Transportes, Desarrollo Urbano y Ecología y Petróleos Mexicanos (PROMAR, 1982).

"A pesar del gran número de instituciones interesadas al respecto, la contaminación en los ríos mexicanos va en aumento; en los mares, no existe una vigilancia permanente y sistematizada del grado de contaminación" (PROMAR, 1982).

El gran volúmen de las aguas oceánicas dificulta remover los contaminantes persistentes, aún cuando se tiene conocimiento de su peligro. De ahí la necesidad apremiante de vigilar el medio, a modo de tener la certeza de en qué momento se necesitan medidas de control, y si las que existen funcionan o no (Odum, 1972; Goldberg, 1978). Las tácticas para proteger los océanos deberán incluir una identificación del contaminante, la determinación de los niveles actuales de exposición, la previsión de los niveles futuros y, por último, una investigación de los niveles de tolerancia en los que no se alteren la salud del hombre ni la ecología marina.

Cada especie puede, tan sólo, tolerar un conjunto determinado de condiciones. La existencia o abundancia de cada especie (animal o vegetal) la determina la frecuencia con que se cumplen estas condiciones favorables (Colinvaux, 1980). Este fenómeno tan generalizado es de suma importancia, ya que la comunidad biológica contiene más "información" acerca de los efectos totales de la contaminación, de los que pueden medirse de factores individuales tales como la concentración del contaminante clave, o como el oxígeno, el cual se agota por la contaminación). El reto que se impone a la investigación biológica es el de encontrar rápidamente la forma de descifrar esta información (Odum, 1972).

Las naciones en vías de desarrollo toleran un mayor grado de contaminación en sus aguas territoriales, ya que deben alcanzar el desarrollo económico de forma más rápida que las desarrolladas (Goldberg, 1978). México se sitúa en la primera categoría y, por tanto, debe efectuar un gran esfuerzo para explotar adecuadamente sus recursos naturales -principalmente el petróleo-, pero cuidando con responsabilidad y energía que la contaminación no signifique una limitante de la riqueza del mar patrimonial.

Actualmente, este problema representa un gran reto. Es indudable que México necesita de un creciente desarrollo industrial y urbanístico; pero deben llevarse al cabo estudios que permitan administrar y aprovechar adecuadamente los múltiples valores que ofrecen sus recursos, principalmente los existentes en zonas costeras; impedir que los diferentes intereses entren en conflicto, evitar que se ponga en peligro la delicada trama de la vida marina.

En todos los casos conflictivos de contaminación, la prevención es mucho más fácil y menos costosa. Pero dicha acción sólo es posible, cuando el gobierno y el pueblo adquieran conciencia de la gravedad del problema (Ranken, 1976).

2.2 Señalamiento marítimo y avisos a los marinos

El señalamiento es un factor determinante en la navegación marítima, fluvial o lacustre. Son las ayudas a la navegación base fundamental para poder efectuar la salida de la nave, su trayecto y arribo al punto de destino con todo éxito, proporciona al marino los medios para conducir su embarcación por lugares libres de peligro, en las entradas y salidas a puertos, y también los elementos necesarios para que pueda determinar en cualquier momento su situación geográfica.

El mar es un medio en continuo cambio y movimiento. Los intentos del hombre por señalar el tráfico, los escollos y otros peligros para la navegación, se ven contrarrestados por la acción de las corrientes, del viento y de la corrosión, entre otras; las señales pueden desaparecer o apartarse de sus posiciones y los bajos siguen constituyendo un peligro permanente (Scheen, 1979). Infinidad de pináculos rocosos, situados a pocos metros de la superficie, ponen en peligro la seguridad de vidas humanas y embarcaciones. Estas amenazas ocultas son capaces de razgar el fondo de cualquier nave que cruce por encima de sus aguas.

El trabajo de una oficina hidrográfica no termina con la impresión de una carta. Este servicio debe ser adecuadamente puesto a disposición del usuario; por consiguiente, se debe establecer una red de locales de venta, en los principales puertos del país, donde los marinos puedan obtener esta información (Lyman, 1977). Como ya se indicó, es sumamente importante que la cartografía esté actualizada y que contenga datos correctos. El sistema de avisos a los marinos tiene como finalidad, permitirles conocer las modificaciones que afecten las diversas cartas hidrográficas.

Cuando se suscitan modificaciones que afecten la cartografía ya distri-

buida, la oficina hidrográfica que tenga a su cargo las correcciones en el inventario de cartas, mientras éstas se re-editan, debe dar a conocer tales correcciones por radiotelegrafía y radiotelefonía. La información transmitida puede referirse a muy diversos hechos: boyas desplazadas por temporales, nuevos escollos, faros apagados, derelictos (buques u objetos abandonados en el mar), hielos flotantes, islas volcánicas recién emergidas, etc.

Toda la información con la ayuda a la navegación es transmitida a través de la Red de Comunicaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por medio de la Dirección General de Marina Mercante. A su vez, la Dirección de Señalamiento Marítimo, hace una recopilación mensual de esta información y la publica con el nombre de "Folleto de Información sobre Señalamiento Marítimo". La SCT mantiene estrecha relación con la Secretaría de Marina, al proporcionarle la situación geográfica y las características de las señales marítimas. No obstante, se requiere un considerable acopio de recursos humanos, físicos, financieros y tecnológicos, así como de una comunicación confiable, para mejorar los niveles de eficiencia en la realización de dichos servicios.

Una vez comprada la carta, es responsabilidad del usuario mantener actualizada las modificaciones que se transmitan. En lugares con amplia tradición marítima, las autoridades legales consideran que cuando una embarcación no tiene su información náutica actualizada, ésta carece de valor en el mar; y por ejemplo, si la embarcación está asegurada pero sus cartas no están correctas, la póliza del seguro no se podrá hacer efectiva. Enormes cantidades de dinero se arriesgan si los mapas no están al corriente (Lyman, 1977).

2.3 Sistema de alerta contra los tsunamis

Se emplea la palabra "tsunami" para designar las gigantescas olas origi-

nadas en serie, por fenómenos sísmicos ocurridos en el fondo del mar. Originalmente, se pensó que este fenómeno era atribuible a excepcionales mareas, relacionadas con la acción gravitatoria de la luna y el sol; lo que dió lugar a un error en su denominación, ya que en japonés tsunami significa "ola de marea". Sin embargo de ese error, el nombre ha prevalecido (Bascom, 1959).

Al final de los taludes continentales, alrededor del Océano Pacífico, se localizan las más profundas depresiones del lecho marino conocidas como fosas o trincheras. Adicionalmente, en estas zonas se encuentran algunos de los más activos focos sísmicos del planeta. Ambas características hacen que estas áreas se consideren de poca estabilidad, y que ocasionen el hundimiento del fondo oceánico de las fosas. Cuando esto ocurre, el agua es succionada e inmediatamente después forzada a salir con gran fuerza; ello origina un tren de olas gigantes de gran poder destructivo en las costas e islas del Pacífico. Además del hundimiento de enormes cantidades de material submarino, los tsunamis pueden ser generados por: el derrumbamiento de grandes riscos o acantilados costeros, la ruptura de la corteza oceánica debida al efecto de fuerzas excesivas de compresión o tensión, y por erupciones volcánicas.

Los tsunamis son muy frecuentes en dicho océano, Japón ha padecido 15 maremotos (ocho de ellos desastrosos) desde 1596. Las islas Hawai sufren daños importantes, con un promedio de uno cada 25 años (Bernstein, 1954). Sin embargo, las zonas de inestabilidad no son exclusivas de este océano, ciertas costas son particularmente propensas a estas olas destructivas, especialmente las del Mediterráneo, del Caribe y las occidentales de Asia. A escala mundial, los tsunamis ocurren más frecuentemente de lo que en general se supone: cerca de una vez al año (Bascom, 1959). A excepción de las costas noroccidentales de Baja California, los tsunamis son poco corrientes en México.

Desde las más antiguas civilizaciones hasta los tiempos modernos, existen

numerosas noticias y relatos de la devastación producida por los tsunamis, en los pueblos costeros. Estas grandes olas, indetectables a principios de siglo, se encuentran entre los fenómenos más aterradores y desastrosos, conocidos por la humanidad. Su altura está muy relacionada con la configuración de la costa y los contornos submarinos inmediatos (Bascom, 1959). Los puertos y las bahías son muy propensos al ataque de estas olas; cuando se introducen en puertos o en costas en forma de V, pueden alcanzar proporciones de montañas (Bernstein, 1954).

"La distancia entre cresta y cresta de tales olas, que se propagan a velocidades superiores a 1,000 km/h, puede ser de varios centenares de kilómetros, mientras que su altura en aguas profundas es de sólo un metro aproximadamente. En consecuencia, estas olas no pueden distinguirse desde un barco ni desde un aeroplano; pero cuando se acercan a la costa y penetran en aguas poco profundas, su longitud y velocidad disminuyen, con un gran aumento simultáneo de su altura que puede superar los 35 metros" (Roll, 1979).

El primero de abril de 1946 un grupo de oceanógrafos se encontraban en el atolón de Bikini (islas Marshall), con objeto de investigar los efectos de la detonación de bombas atómicas en ese lugar. Su visita coincidió con la formación de un tsunami en la fosa de las Aleutianas, el cual llegó a ser por accidente el maremoto más investigado en la historia (Bernstein, 1954).

Con los conocimientos que se obtuvieron del tsunami de 1946, el gobierno de los Estados Unidos instaló, dos años más tarde, un Sistema de Alerta contra los Tsunamis; estructurado por varias estaciones sismológicas y mareométricas alrededor del Océano Pacífico, y con sede en Honolulu, Hawai. De este modo, si se produce un terremoto de magnitud suficiente para generar un tsunami, se calcula la posición de su epicentro y se da aviso a las estaciones mareográficas cercanas. Si los registros mareométricos son positivos (incluso una

numerosas noticias y relatos de la devastación producida por los tsunamis, en los pueblos costeros. Estas grandes olas, indetectables a principios de siglo, se encuentran entre los fenómenos más aterradores y desastrosos, conocidos por la humanidad. Su altura está muy relacionada con la configuración de la costa y los contornos submarinos inmediatos (Bascom, 1959). Los puertos y las bahías son muy propensos al ataque de estas olas; cuando se introducen en puertos o en costas en forma de V, pueden alcanzar proporciones de montañas (Bernstein, 1954).

"La distancia entre cresta y cresta de tales olas, que se propagan a velocidades superiores a 1,000 km/h, puede ser de varios centenares de kilómetros, mientras que su altura en aguas profundas es de sólo un metro aproximadamente. En consecuencia, estas olas no pueden distinguirse desde un barco ni desde un aeroplano; pero cuando se acercan a la costa y penetran en aguas poco profundas, su longitud y velocidad disminuyen, con un gran aumento simultáneo de su altura que puede superar los 35 metros" (Roll, 1979).

El primero de abril de 1946 un grupo de oceanógrafos se encontraban en el atolón de Bikini (Islas Marshall), con objeto de investigar los efectos de la detonación de bombas atómicas en ese lugar. Su visita coincidió con la formación de un tsunami en la fosa de las Aleutianas, el cual llegó a ser por accidente el maremoto más investigado en la historia (Bernstein, 1954).

Con los conocimientos que se obtuvieron del tsunami de 1946, el gobierno de los Estados Unidos instaló, dos años más tarde, un Sistema de Alerta contra los Tsunamis; estructurado por varias estaciones sismológicas y mareométricas alrededor del Océano Pacífico, y con sede en Honolulu, Hawai. De este modo, si se produce un terremoto de magnitud suficiente para generar un tsunami, se calcula la posición de su epicentro y se da aviso a las estaciones mareográficas cercanas. Si los registros mareométricos son positivos (incluso una

ola sísmica muy pequeña puede ser registrada por su período y características peculiares), se difunde la noticia del tsunami, indicando las horas previsibles de llegada a determinados lugares del Pacífico (Bernstein, 1954; Roll, 1979; Carson, 1980).

En el anexo 2, se presenta un mapa de la localización de las estaciones que integran el Sistema de Alerta contra los Tsunamis (tomado de Roll, 1979). En este mapa, se indica la forma de calcular el tiempo que tarda en llegar un tsunami a diversos puntos del Océano Pacífico. Para ello, se señala el epicentro del terremoto sobre el mapa, y se lee, por medio de círculos concéntricos, el tiempo que tardará un maremoto en alcanzar las zonas costeras. Cabe hacer notar que, tarde o temprano, los tsunamis alcanzan todos los lugares de la costa del Pacífico, pero con diferente intensidad.

Generalmente, la primera actuación de un tsunami es una ola, no lo bastante diferente de las ordinarias para alarmar a los observadores. En seguida se origina una tremenda retracción del agua, la cual se aleja de la costa. Los arrecifes quedan emergidos, y las playas cubiertas de peces encallados sobre la arena (Bernstein, 1954). Los avisos recomiendan que se evacúen inmediatamente las zonas bajas de la costa. Por ningún motivo se debe explorar el área acuática momentáneamente descubierta. Hay que tomar en cuenta que los tsunamis no son una ola única, sino una serie de olas que se producen a intervalos muy espaciados. Las olas pueden continuar llegando durante horas. Normalmente, de la tercera a la octava de la serie, suelen ser las mayores (Bernstein, 1954).

Por su importancia, el Sistema de Alerta contra los Tsunamis se ha conformado en un empeño internacional. En 1962, cooperaban diez países con los Estados Unidos de América; se exhortó a los demás países costeros del Pacífico a unirse en un esfuerzo conjunto. En 1965, la Comisión Oceanográfica In-

tergubernamental de la UNESCO, creó el Grupo Internacional de Coordinación, - formado por los Estados Miembros de la región del Pacífico. El número de - miembros de este grupo ha aumentado de 6 en 1968, a 14 en 1971 y a 18 en diciembre de 1978. Paralelamente, el sistema se ha ampliado y mejorado considerablemente (Roll, 1979).

En México, la Secretaría de Marina forma parte del Sistema. Para ello - ha instalado equipo mareográfico especializado en las Islas Revillagigedo a - fin de establecer la estación que liga a California con América Central, utilizando tanto el mareógrafo como la estación de radiocomunicaciones de la Armada, en Manzanillo, Col.

En este caso, la comunicación marítima de estaciones sísmicas y mareográficas, juegan un papel decisivo para salvaguardar las poblaciones y bienes - costeros del Océano Pacífico, en el eventual caso de un maremoto (PROMAR, - 1982). Se requiere estimular las investigaciones sobre las causas, la naturaleza y los efectos de los tsunamis, ya que dicha acción permitirá prevenir - las pérdidas de vidas y bienes; contribuirá a mejorar la seguridad en los - puertos; y dará las bases científicas para un mejor conocimiento de los fenómenos internos de la tierra.

"En el futuro, las perturbaciones geológicas incontrolables causarán muchas más olas sísmicas en el mar y, puesto que la población de las costas se está incrementando continuamente, el mayor desastre producido por una ola está todavía por llegar. Dentro del próximo siglo podemos suponer que, en alguna parte, una ola al igual que la que aplastó las costas de la bahía de Bengala en 1876, producirá 200,000 muertos" (Bascom, 1959).

2.4 Higiene, sanidad / seguridad de la vida en el mar

Esta asistencia tiene por objeto la conservación de la salud y la protecc

ción de la vida humana en el medio marino. Comprende la cura y prevención de las enfermedades, así como la previsión de daños a los recursos humanos y a los bienes materiales, presentes tanto en el mar como en zonas litorales.

En el usufructo de nuestros mares, es de alta prioridad estructurar las acciones que logren el mejor rendimiento del individuo. El confinamiento a bordo de las naves mientras estas se encuentran navegando, impide salir a sus tripulantes fuera del estrecho espacio de la embarcación (Bandala, 1982). El costo de la salud da, por concepto de la atención médica requerida y horas de trabajo pérdidas por causa de enfermedad, un notable detrimento en la productividad humana. La higiene y sanidad naval tiene por objeto la conservación de la salud de los marinos, así como los medios de evitarles enfermedades.

La Secretaría de Salubridad y Asistencia, a través de la Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente, ha realizado desde 1982, el proyecto "Integración de Comités de Saneamiento Ambiental en los Puertos Nacionales", con carácter permanente (PROMAR, 1982).

Dentro de la SCT, la Subsecretaría de Puertos y Marina Mercante, por medio de la Dirección General de Medicina Preventiva, coordina el servicio de higiene y sanidad naval (PROMAR, 1982).

El recurso humano es, sin duda, el tesoro máspreciado e irremplazable de la Nación. Por ello, se deben encaminar esfuerzos continuos enfocados a la seguridad de la vida humana, así como en la búsqueda y salvamento marítimos, lo que generará un franco desarrollo de la Marina Mercante, así como una mejora en las investigaciones oceanográficas nacionales.

En lo que respecta a seguridad, miles y miles de buques hundidos integran un mudo testimonio de los peligros que acechan a una embarcación en su diario singlar de un puerto a otro (la singladura es la distancia que recorre un buque durante 24 horas, desde un mediodía al siguiente). Curiosamente los

barcos naufragados constituyen, al igual que los escollos superficiales, un peligro potencial; con frecuencia sus estructuras permanecen debajo de la superficie, flotando a la deriva, antes de que se asienten en el lecho marino. En el pasado, antes de que se construyeran los faros o luces indicadoras, era prácticamente imposible navegar de noche. Sin embargo, en la actualidad, los faros sufren averías con demasiada frecuencia (Scheen, 1979).

Otros peligros para el navegante puede ser: incendios, colisiones, agotamiento de provisiones o de combustible, fallas mecánicas, etc. Un gran porcentaje de los desastres marítimos en todo el mundo, son consecuencia de errores humanos; lo que refleja una evidente deficiencia en el adiestramiento de los oficiales y la tripulación, sobre todo en los países que, como México, se carece de experiencia en el tráfico marítimo.

Los botes y chalecos salvavidas deben mantenerse en perfectas condiciones. En los buques oceanográficos se debe realizar un simulacro de zafarrancho de abandono del buque, durante el cual, el personal científico y la tripulación suponen una situación de emergencia, debiendo presentarse en la cubierta de botes con sus chalecos salvavidas. Es indispensable leer con mucha atención los planes de abandono del buque, así como enterarse de la ubicación de los chalecos salvavidas, extinguidores y mangueras contra incendios. También debe aprenderse el uso de señales de socorro, de modo que siempre se esté preparado para resolver una situación de emergencia (Scheen, 1979).

La SCT, a través de la Dirección General de Marina Mercante, realizan las inspecciones de seguridad naval que se practican a los buques en puerto; aunque aún falta mucho por desarrollar este apoyo en el país, esta Dirección se esfuerza para lograr el cumplimiento de todas las normas, contenidas en los reglamentos internacionales para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS, que en inglés corresponde a Safety of Life at Sea).

Se requiere de la implementación de medios para la cooperatividad y administración de la seguridad marítima, a través de "Comités de Seguridad Marítima"; y de otros aspectos en relación con el Decreto publicado en el Diario Oficial del 9 de mayo de 1977, en el que se promulga el Convenio Internacional de SOLAS. Es esencial contar con frecuencias radiofónicas exclusivas y oportunas de socorro marítimo, así como poseer unidades de salvamento formadas por personal capacitado y del equipo apropiado, con el fin de realizar operaciones eficientes de búsqueda y salvamento (OCHI, 1977; 1979).

3) Herramientas de trabajo

Entre los problemas de mayor interés de que tratan las investigaciones oceanográficas, figura el descifrar los ciclos vitales de todos los organismos del mar, lo mismo plantas que animales, sus relaciones recíprocas, su distribución, su reproducción y todos los factores de orden físico, químico, geológico y biológico que les afectan. Para estos estudios, se necesita un barco especialmente construido para tal objeto, y equipado con gran número y variedad de instrumentos para la recolección, medida y análisis de muestras de agua del mar, así como con tipos muy diferentes de redes para plancton y pesca; dragas y redes de arrastre, que permitan capturar ejemplares de los animales marinos (Ommanney, 1950).

Bajo este rubro se analizarán los elementos materiales necesarios para el desarrollo integral de las actividades marinas, trátense éstas de investigación, docencia, exploración y explotación. Estas herramientas de trabajo son cada vez más sofisticadas, sumamente caras y de difícil adquisición para los países en proceso de desarrollo como el nuestro. Por otra parte, la utilización de embarcaciones oceanográficas, plataformas de observación, e instrumental oceanográfico del mar y de laboratorio a bordo, deberán estar apoyados por otras instalaciones terrestres: institutos oceanográficos, laboratorios, bancos de información, computadoras, bibliotecas, etc.

Todo este acervo requerirá de la preparación oportuna de los recursos humanos, tanto de científicos como de técnicos que se ocupen del manejo del instrumental, de su mantenimiento y calibración y, a su tiempo, del diseño y construcción de tales herramientas.

En las últimas décadas, el desarrollo científico y tecnológico de las ciencias del mar, ha provocado la proliferación de instrumentos y plataformas

oceánicas de un modo inusitado. Como se verá en el siguiente tema, por razones económicas el número de buques de investigación mundial es restringido. No obstante, en los últimos años se han realizado esfuerzos muy grandes a nivel internacional, con el fin de obtener información sinóptica de diversos parámetros físicos, que permitan realizar pronósticos confiables a mediano y a largo plazo. Para ello se requiere una red de estaciones trabajando simultáneamente, mediante varios barcos u otras plataformas de observación (Roll, 1979).

Aparte de los buques de investigación y exploración, los datos pueden reunirse por medio de buques mercantes que colaboren ocasionalmente, por boyas a la deriva o ancladas, por estaciones oceánicas o costeras, e incluso por aviones y satélites.

Las plataformas se pueden dividir en estacionarias y móviles. Las estacionarias reúnen datos locales y continuos; mientras que las móviles acopian la información de muchos lugares, pero en diferentes momentos. Las boyas fijas, faros, torres y estaciones costeras, son ejemplos de plataformas estacionarias; los buques, boyas móviles, aviones y satélites, corresponden al caso de plataformas móviles (Williams, 1973).

Actualmente, los buques son las más importantes plataformas de investigación (Williams, 1973; Dietrich *et al.*, 1980); por esta razón se ha decidido darles dentro de este trabajo un tratamiento particular, separado del resto de las otras plataformas de observación, que se caracterizan por su reciente cuño.

3.1 Embarcaciones de investigación oceanográfica y pesquera

Las embarcaciones para investigación y exploración oceanográfica y pesquera son plataformas móviles de muy alto costo y versatilidad, requieren ser

dotadas de equipo muy especializado y según ha demostrado la experiencia, la única manera como se justifica su adquisición, es mediante un uso en el mar de por lo menos la mitad de cada año (CONACYT, 1975).

Las actividades oceanográficas deben analizarse en dos grandes parámetros: tiempo y espacio. Relativas a tiempo, se consideran, desde estadfas de estudio de unas cuantas horas en playas, bahías, estuarios y lagunas costeras, hasta viajes de estudio de varios meses de duración, que requieren de embarcaciones de gran autonomía (PROMAR, 1982).

Los requerimientos que una embarcación de investigación debe cumplir, dependen del tipo de labores a realizar, así como el área marina y sus condiciones climáticas y de corrientes. Un buque oceanográfico debe ser fácil de maniobrar y tener gran fineza en sus movimientos; a tal grado que sea posible su emplazamiento estacionario en cualquier posición, con respecto al viento y el oleaje. Atendiendo al tipo de labores, se puede dividir a los vehículos oceánicos en: embarcaciones de investigación, que sobresalen por su número e importancia; y los minisubmarinos, que últimamente se han puesto en boga (Dietrich et al., 1980).

Los cruceros varían de acuerdo al radio de acción y al presupuesto de que se disponga, sin embargo no hay que perder de vista, que dichas campañas oceanográficas son previamente organizadas por medio de programas de investigación. Cerca de la costa y en aguas protegidas los barcos pequeños son apropiados; para el trabajo en alta mar se requieren embarcaciones grandes y con un mayor radio de acción.

Con la experiencia, se ha visto que existe un promedio apropiado en el tamaño de las embarcaciones oceanográficas. Una embarcación demasiado grande (cerca de los 100 metros de eslora), no se presta para ser manejada de acuerdo a los deseos de un gran número de científicos; habrá por ejemplo, oceanó-

grafos físicos que deseen recorrer lo más rápido posible un gran número de estaciones, a fin de reunir datos de una zona muy amplia; mientras que por ejemplo, un biólogo marino puede tener el interés de coleccionar en un número restringido de estaciones, y de regresar o detenerse en aquellos puntos donde la abundancia de alguna especie sea excepcional.

Con mucho, el problema más crítico en la investigación oceanográfica es el de conseguir amplios recursos económicos, ya que todos los aspectos del estudio oceánico son caros, y los barcos son particularmente costosos (Moore, 1975). La operación de un barco oceanográfico como el B/O "El Puma" de la UNAM (de 50 metros de eslora y un desplazamiento de 1,058 toneladas) cuesta varias decenas de millones de pesos anuales; este costo no sólo se desembolsa cuando se realizan cruceros en alta mar, sino también cuando el barco está anclado o recibiendo mantenimiento en el muelle.

Un barco grande requiere de una tripulación numerosa; como ejemplo el buque alemán "Meteor", con una eslora de 82 metros y un desplazamiento de 3,020 toneladas, tiene acomodo para 24 científicos; sin embargo, requiere una tripulación de 54 gentes que comprenden: marinos, ingenieros, personal de servicio general, un doctor, un meteorólogo, un operador de radio, técnicos para el levantamiento topográfico y personal técnico para operar y dar servicio al equipo científico de medición. (Dietrich et al., 1980). Por supuesto, el costo diario de un buque de este tipo, está totalmente fuera de nuestra realidad nacional.

Uno de los principales requerimientos de las embarcaciones de investigación, operadas por organizaciones privadas o pequeñas, consiste en la economía de operación. Esto generalmente significa un barco relativamente pequeño, con un costo de mantenimiento menor, y que pueda ser manejado por una tripulación reducida (Sverdrup et al., 1970).

A continuación se mencionan las características deseables en un barco de investigación, tanto oceanográfico como pesquero: 1) Que sea resistente, con un amplio radio de acción y amplitud para el trabajo de laboratorio y almacenaje de colecciones; 2) Facilidad de manejo; 3) Estar equipado con instrumentos modernos de navegación y ecosondeo; 4) Su cubierta de trabajo debe estar despejada, a fin de poder manejar adecuadamente el instrumental, y tan cerca como sea posible de la superficie del mar; 5) Contar con winches especiales (montacarga) para el manejo de equipo pesado, tales como dragas y redes de arrastre y pesca; 6) Los laboratorios deben estar localizados, preferentemente en un lugar tranquilo, donde se resienta menos la vibración y el bamboleo (Sverdrup et al., 1970; Dietrich, et al., 1980).

Muchas embarcaciones de investigación han sido diseñadas para la aplicación de todas las ramas de las ciencias del mar; desde la investigación geofísica hasta la hidrográfica, pasando por la meteorológica, la geológica, la física, la química, la biológica y la explotación pesquera (Burg, 1982). Por el contrario, otras embarcaciones son construidas para cumplir objetivos muy específicos; por ejemplo, para el levantamiento de mapas de los fondos marinos; para perforación oceánica profunda, como el buque "Glomar Challenger"; para observaciones en zonas cubiertas por hielo; o para transportar y apoyar el trabajo de los minisubmarinos (Dietrich et al., 1980).

Aunque en México no se tienen minisubmarinos de investigación, gracias a la colaboración internacional que nuestro país mantiene, se ha participado en inmersiones en la Dorsal del Pacífico, particularmente en las fallas Rivera y Tamayo. Tres geólogos mexicanos fueron invitados para realizar descensos en dos minisubmarinos: el "Cyana", de Francia y el "Alvin", de los Estados Unidos de América (Burg, 1982 y PROMAR, 1982).

El número total de embarcaciones de investigación en el mundo, es de de aproximadamente 500, de las cuáles cerca de 150 son de gran tamaño (Dietrich, et al., 1980).

Con el fin de economizar en lo posible, algunos buques cargueros y de la Armada han sido adaptados para la investigación oceanográfica. A principios de la década de los setentas, la Secretaría de Marina fué la primera institución que demostró tener los recursos materiales y la experiencia, para el adecuado manejo y mantenimiento de embarcaciones de este tipo; durante esta época, la Armada transformó una corbeta en el primer barco oceanográfico mexicano, el B/O "Virgilio Uribe". A pesar de tratarse de una embarcación muy vieja, se logró su óptimo aprovechamiento ya que realizó en muy pocos años una labor sin precedentes, conforme a programas cooperativos, principalmente con la UNAM y proporcionó datos y materiales a numerosos investigadores (CONACYT, 1975).

En la actualidad, el país cuenta con un regular número de embarcaciones, propiedad de distintas dependencias;

De investigación oceanográfica:

- B/O "El Puma", UNAM
- B/O "Justo Sierra", UNAM
- B/O "Mariano Matamoros", Secretaría de Marina
- B/O "Dragaminas 20", Secretaría de Marina.

De investigación pesquera, tanto experimental como exploratoria:

- B/I "Alejandro von Humboldt", Secretaría de Pesca
- B/I "Antonio Alzate", Secretaría de Pesca
- B/I "Onjuku", Secretaría de Pesca.

Estas tres últimas embarcaciones han sido generosamente donadas por: la República Federal de Alemania, la FAO y el Japón, respectivamente. "Las tres

son propiedad de la Secretaría de Pesca, pero por un acuerdo presidencial, y debido a los problemas que se han presentado para su funcionamiento, las opera la Secretaría de Marina. En términos generales, puede decirse que su funcionamiento ha sido ineficiente, en parte, por algunos problemas laborales y por los procedimientos burocráticos. Por tanto, el funcionamiento de estas tres embarcaciones debe optimizarse" (PROMAR, 1982).

Existen además, otros muchos barcos destinados a docencia e investigación costera, capacitación pesquera y entrenamiento de marinos mercantes y cadetes navales, los cuales no se listan por considerarlo innecesario para los fines de esta tesis.

Antes de contar con los barcos oceanográficos adecuados, la investigación del mar en México había sido restringida a la zona costera. Las investigaciones en alta mar eran y han sido realizadas en gran proporción por los países extranjeros, ya que se carecía de embarcaciones de investigación grandes, con amplia capacidad de autonomía.

Para este tipo de investigaciones, las cuatro naves antes mencionadas - dos de la UNAM y dos de la Secretaría de Marina - satisfacen plenamente la capacidad actual de investigación y las posibilidades de exploración del país. Los buques de la UNAM son de fabricación reciente, con equipos muy avanzados, constituyen vehículos de investigación de gran valor. Están siendo operadas bajo convenio UNAM-CONACYT-PEMEX/IMP, lo que pone dichas embarcaciones a disposición de la comunidad científica nacional (PROMAR, 1982). Aunque las dos embarcaciones de la Secretaría de Marina tienen serias limitaciones y son realmente incómodas, no hay que olvidar que han iniciado la investigación oceanográfica en el seno de la Zona Económica Exclusiva, y que complementan apropiadamente el trabajo de los otros buques.

Un programa de adquisición y mantenimiento de barcos oceanográficos, sus

equipos y personal debe cuidar de no caer en la imprevisión, evaluando los requerimientos económicos para su sostenimiento a largo plazo. Los datos y materiales colectados por un buque oceanográfico en un mes, requiere de un gran esfuerzo para su estudio y procesamiento por numerosos científicos, técnicos y estudiantes en el laboratorio en tierra por cerca de un año. Esto implica que el número de embarcaciones debe ser congruente con los recursos humanos del país. En conjunto, estas embarcaciones están en posibilidad de abordar un ambicioso proyecto a largo plazo, de exploración y evaluación de la Zona Económica Exclusiva de México. Para ese proyecto, dichas embarcaciones pueden ser apoyadas con algunos buques menores, propiedad de la SEP y de otras instituciones, para trabajar en aguas someras.

"Para la realización de ese proyecto, se requiere de un amplio financiamiento, en el que se integre una verdadera coordinación a nivel nacional entre las diferentes dependencias gubernamentales, y con un fuerte compromiso de la comunidad científica mexicana, para optimizar el uso de la infraestructura lograda hasta ahora" (PROMAR, 1982).

Existen treinta buques de enseñanza, educación tecnológica e investigación costera propiedad de diversas instituciones, a saber, 27 de la SEP, 2 de la Universidad Autónoma de Nayarit y una del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), en la Paz, B.C.S. Estos barcos de tamaño relativamente mediano (entre 10 y 22 metros de eslora), son adecuados para la capacitación y la investigación en aguas costeras. Cabe hacer notar que por lo general, dichas embarcaciones sólo satisfacen las necesidades de la institución a la que pertenecen y, por tanto, no prestan un servicio externo.

La Secretaría de Pesca, por medio de la Dirección General de Organización y Capacitación Pesquera, está desarrollando un programa denominado Unidades de Capacitación (UNICAP); está dotando a dichas unidades con embarcacio-

nes de capacitación pesquera que, hasta el momento, suman 15. Con ellas se capacitará a pescadores en el manejo y operación de barcos y equipos pesqueros que se requieren emplear en México.

Ya que existe una serie de instituciones de educación superior y de investigación, dedicadas al estudio de las pesquerías, éstas deben tener acceso a las embarcaciones de investigación pesquera, mediante un convenio entre CONACYT, Pesca, Marina y Educación Pública, similar al establecido entre CONACYT, UNAM y PEMEX/IMP para la operación de los B/O "El Puma" y "Justo Sierra" (PROMAR, 1982).

La situación es tal que ahora, en 1984, no puede de ninguna manera considerarse que la falta de embarcaciones sea un problema. Lo que debe hacerse es optimizar su uso, creando un centro coordinador que estimule la colaboración interinstitucional. No hay que perder de vista que, debido a los altos costos que requiere el mantenimiento y operación de los buques oceanográficos, la única manera en que se justifica la inversión es mediante su uso intensivo en procesos multidisciplinarios a nivel nacional.

3.2 Plataformas de observación

Las plataformas de observación son herramientas tanto estacionarias como móviles, útiles en el acopio de información del medio marino. Estas plataformas son en su mayoría de muy reciente cuño; no obstante, se han diversificado ampliamente. Comprenden las siguientes categorías: a) Estaciones costeras e insulares; b) Estaciones tripuladas (buques meteorológicos, oceanográficos, etc.); c) Estaciones sin tripulación (boyas automáticas, minisubmarinos tele-dirigidos, etc.); d) Mediciones hechas en las rutas marítimas por barcos que colaboran ocasionalmente; e) Estaciones de referencia en alta mar visitadas regularmente; y f) Aviones y satélites (Roll, 1979).

Se ha descubierto que los procesos oceánicos en el tiempo y en el espacio, son más variables de lo que se suponía a principios de siglo. La movilidad de los mares no sólo se manifiesta en la superficie, sino también en la profundidad.

Como ya se ha expresado en la introducción de este trabajo, el punto de partida de la tercera fase de la investigación oceanográfica marina y que aún se encuentra vigente, se caracteriza por la ejecución de programas internacionales conjuntos de observación; en los que se trata de estudiar la nueva concepción que se tiene del océano. Hace más de dos décadas, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) reconoció la necesidad de incrementar las mediciones, a fin de que los oceanógrafos pudieran comprender la naturaleza real de los océanos, su composición, estratificación y sus movimientos. Con esta finalidad, se han hecho esfuerzos tendientes a estudiar y extender la red de estaciones oceanográficas.

Una plataforma adecuada habrá de contar con un mínimo de requerimientos: Los datos que registre no deben ser afectados a pesar del movimiento; debe ser estable, esto es, fija con respecto a un nivel vertical de referencia; - quedar situada en un lugar preestablecido por ciertas coordenadas. Cuando se le asigne medir la temperatura a una profundidad dada, se debe evitar que el dispositivo de medición se balancee, ya que el agua en los niveles relativamente poco profundos, varía notablemente con respecto a su posición vertical (Williams, 1973).

Hasta hace pocos años, los buques de investigación constituyeron las estaciones alejadas de la costa más conspicuas. Actualmente, las boyas de anclaje, con instrumental de medición, transmisión y grabación automática de datos, juegan un papel cada vez más significativo; los buques son más versátiles en cuanto a su área de operación y al tipo de mediciones a efectuar, pero sus -

trabajos se complementan con las estaciones sin tripulación, que captan diversos datos por lapsos más amplios y repetidos, son menos afectadas por el medio marino y resultan más baratas (Dietrich et al., 1980).

De la experiencia obtenida con las boyas, se han adquirido algunas enseñanzas: se presentan dificultades para alimentar de energía a largo plazo al instrumental; requieren un programa sostenido de mantenimiento e inspección; cuando una boya debe permanecer fija respecto a lo que se trata de medir, esta se ancla para evitar que se mueva a la deriva, por ejemplo, mediante una cuerda tensa de poliamida (nylon); los peces grandes, particularmente los tiburones sienten menos tentación de morder una cuerda dorada que una blanca; su cubierta debe ser lo bastante plana para que se pueda atender el instrumental, pero lo suficientemente incómoda para que no permitan a las focas y leones subir a bordo y aplastar el equipo, y aún volcar la embarcación (Behrman, 1972).

Las estructuras fijas, como algunos faros, torres petroleras, etc., son estaciones muy apropiadas ya que reducen en gran medida el movimiento de los instrumentos; pero estas construcciones estables tan sólo pueden asentarse en profundidades someras, dentro de la plataforma continental.

Los sistemas flexibles de anclaje por medio de cables pueden situarse a cualquier profundidad. Las estaciones de anclaje superficial ofrecen la posibilidad, no sólo de medir datos oceanográficos a distintos niveles en la columna de agua, sino también detectar información meteorológica simultáneamente. En contraste, las estaciones de anclaje submarino tienen una importante ventaja sobre las anteriores, estas no se ven afectadas por el movimiento de las olas, corrientes superficiales y tormentas. Además no representan un peligro para la navegación, mientras que las boyas superficiales sí lo representan y deben ser incluidas en las cartas náuticas (Roll, 1979; Dietrich et al.,

1982).

Los oceanógrafos físicos utilizan boyas a la deriva, a fin de seguir la trayectoria de una masa de agua. Este tipo de boya puede ser utilizado durante el recorrido de un buque oceanográfico, ya que se le incorpora un dispositivo de señalización, generalmente electrónico, con el fin de ubicarla y recogerla más tarde.

Los submarinos tripulados y el buceo autónomo en aguas someras, son importantes herramientas para las ciencias marinas, en aquellos casos en que la investigación requiera la observación directa y la toma de muestras específicas; siempre y cuando este tipo de trabajo no pueda ser realizado apropiadamente a control remoto, es decir, mediante la telemetría y el telecontrol, utilizando diversas herramientas como cámaras de televisión, hidrófonos, medidores de pH, etc.

Las embarcaciones submarinas resuelven el problema de la inestabilidad, producida por el movimiento del mar superficial. Un submarino es capaz de introducir al científico en el lugar mismo de estudio. Esta herramienta se aplica, en especial, a las investigaciones biológicas y geológicas, en las que es muy importante observar el medio marino. Estas reducidas embarcaciones permiten contemplar el comportamiento de los organismos marinos, descubrir nuevas especies, llevar al cabo estudios poblacionales de las formas de vida bentónicas y pelágicas; así como elucidar las causas de la formación de las capas marinas de dispersión profunda (Williams, 1973; Dietrich et al., 1980).

Durante la segunda guerra mundial y en los años que le siguieron, numerosos capitanes, provistos de equipo de sonar en sus barcos, informaban sobre la existencia de bajos en aguas profundas, donde se suponía no debían existir. Al pasar los años, las cartas náuticas se plagaron de cientos de bajos marcados con las siglas ED, de "existencia dudosa". Ya que las señales ED no se -

registraban de manera continua en el mismo lugar, se hizo evidente que algo en la profundidad reflejaba las ondas sonoras antes de que llegaran al fondo verdadero, desorientando así a los temerosos navegantes.

Los registros indicaban una reverberación difusa y suave, a diferencia del agudo eco que provoca un submarino. Los trazos de la plumilla registrada aparecían como una capa densamente sombreada. Pero se observó que esta confusión en las lecturas sólo ocurría durante el día; al atardecer, la capa parecía ascender a la superficie y desvanecerse. Con las primeras luces del alba, volvía a formarse y a descender hasta su profundidad normal. Nunca reflejaba toda la energía sonora que incidía sobre ella, a su través podía detectarse siempre, aunque a veces débilmente, el eco procedente del fondo oceánico. Se denominó a la fuente de esta inexplicable reverberación "capa profunda de reflexión, conociéndosela con las siglas DSL (del inglés, Deep scattering layers).

El zoólogo Martin W. Johnson, de la Scripps Institution of Oceanography en la Jolla, California, supuso que el eco debía proceder de organismos capaces de realizar migraciones verticales diurnas. Esta suposición se acepta ahora universalmente; no obstante, se tuvieron numerosos fracasos al intentar capturar estos organismos con redes, e incluso fotografiarlos con cámaras a control remoto. Esto debido a numerosas dificultades, entre ellas: los organismos son muy pequeños y se encuentran demasiado dispersos; y en su mayoría suben hacia la superficie por la noche (Dietz, 1962); obviamente, evitan la luz de los reflectores, así como las redes, las cuales muchas veces, no se pueden manejar con la velocidad adecuada para atrapar a estos veloces nadadores.

Por medio de un batiscafo (submarino utilizado para descender grandes profundidades) se pudo identificar qué tipo de animales podían sobrevivir a

los enormes cambios de presión y temperatura, que se relacionan con este tipo de migraciones. Las capas de dispersión profunda son casi, pero no totalmente, universales en el océano profundo. Predominan tanto crustáceos como peces: los crustáceos -identificados como eufasiáceos y sergéstidos- se encuentran en mayor concentración; menos abundante es la familia Myctophidae o peces linterna, pero el gas que contienen en su vejiga natatoria ofrece un obstáculo mayor a las ondas sonoras, lo que los hace más detectables (Dietz, - 1962; Odum, 1972).

Este descubrimiento, apoyado tanto por el equipo de sonar como por los submarinos de investigación, ha proporcionado valiosa información sobre la distribución y las cadenas tróficas de los organismos en el mar.

El trabajo con submarinos es más bien restringido. El personal que desciende en los vehículos sumergibles de grueso casco queda prisionero de su propia armadura (Macinnis, 1966). Entre las principales desventajas se encuentra su excesivo costo; además se cuenta con un tiempo de operación muy corto, de 4 a 24 horas y de poca velocidad, la usual es de un nudo y la máxima de unos 2 a 3 nudos (1 nudo = 1 milla náutica/h = 1,852 km/h). Generalmente, poseen una capacidad de dos a tres tripulantes y excepcionalmente hasta seis (Dietrich et al., 1980).

Estos vehículos tienen ventanillas para observaciones visuales y fotográficas. Los más modernos están equipados con brazos mecánicos y charolas para la recolección de muestras, así como instrumental oceanográfico de medición, comunicación y navegación (Macinnis, 1966; Williams, 1973). A modo de ejemplo, el equipo del minisubmarino norteamericano "Alvin" incluye un sistema de monitoreo de oxígeno, medidor de corrientes, circuito cerrado de televisión, ecosonda, sonar, teléfono submarino y un radio-transmisor para su uso en la superficie; otros instrumentos para la observación científica pueden ser - -

adaptados de acuerdo al estudio a realizar. Este submarino de 7 metros de eslora, puede operar con tres tripulantes, a una profundidad máxima de 3,600 metros (Dietrich et al., 1980).

Dentro de las fronteras de la investigación tecnológica marina, se ha estudiado la posibilidad de poder vivir bajo el mar. Se ha demostrado que las aguas poco profundas que comprenden la plataforma continental -con 180 metros de profundidad o menos-, son factibles de ser habitadas por el hombre. La razón principal para el florecimiento de las actividades encaminadas a la consecución de vivir bajo el mar, es la posibilidad de hacer más eficaces la exploración y explotación del petróleo y del gas, ya que podrían realizarlas hombres trabajando directamente sobre el suelo de la plataforma continental.

Existen otras razones, una de ellas, es el creciente interés en todos los aspectos de la Oceanografía, ya que podría conseguirse una mejor información geológica y biológica en las investigaciones directamente submarinas; - otra razón es el avance de las técnicas de buceo libre que comenzaron en la década de los cuarentas, con la invención del aparato respiratorio submarino autosuficiente (SCUBA, de Self-contained underwater breathing apparatus). - Por último, está la necesidad de mejorar los métodos de salvamento subacuático y rescate de submarinos (Macinnis, 1966).

Con este propósito, se han construido laboratorios submarinos experimentales, en los que destaca su utilidad en el campo de la Investigación Biológica Marina, con facilidades tan grandes como tener un laboratorio en el mismo campo de estudio, poder bucear durante varias horas a relativamente grandes profundidades, así como contar con un lugar de almacenamiento bajo el mar.

Si un buceador debe descender hasta cierta profundidad para realizar una tarea submarina larga, resulta bastante más eficaz para él permanecer en ella que volver a la superficie repetidamente gastando varias horas en la descom-

presión cada vez que emerge (Macinnis, 1966). Es necesario recalcar que hasta el momento, todos los esfuerzos realizados para vivir bajo el mar, no han rebasado el campo de simples demostraciones de la capacidad del hombre para hacerlo. Por esto, la posibilidad de laboratorios submarinos se presenta, - más bien, como un conjunto de ambiciosos proyectos para el futuro cercano.

No hay duda de que el buceo libre ha añadido una nueva dimensión al estudio de la biología marina. Permite no sólo la observación directa de los organismos en su ambiente, sino también apoya la utilización de diversos tipos de instrumental oceanográfico, muchos de los cuáles no pueden ser correctamente manejados en la superficie (como botellas de agua, trampas, algunos muestreadores, nucleadores, pequeños aparatos eléctricos y por supuesto, cámaras de cine y televisión). El buceo tiene la importante capacidad de permitir estudiar el comportamiento de las redes de plancton y de pesca, y ha dado la oportunidad de estudiar la ecología marina con un grado apreciable de continuidad (Parker, 1962; Williams, 1973).

Por contra, el buceo libre tiene una lista impresionante de peligros - principalmente cardio-vasculares y respiratorios- que aumentan con la profundidad; por ello, el buceador debe conocer perfectamente sus restricciones fisiológicas, así como cuidar de sumergirse siempre acompañado. Cabe mencionar que este maravilloso invento es tan sólo una herramienta más, por ello no se le debe considerar como un fin en sí misma.

3.3 La teleobservación

La teleobservación o aerofotografía consiste en obtener información de la superficie terrestre, desde un punto situado en lo alto, ya sea un avión o un vehículo espacial tripulado o no, y adquirir datos sobre los recursos situados en la superficie terrestre y ocasionalmente también, a varios metros -

debajo de la superficie (Naciones Unidas, 1973).

El uso de aviones y satélites como plataformas de investigación oceanográfica, abre nuevos caminos en la rápida y sinóptica exploración de las propiedades de la superficie marina. Los aviones se utilizan, tan sólo, como plataformas de transporte de instrumental de medición remota; mientras que los satélites pueden también operar como estaciones difusoras, aptos para transmitir los datos registrados en los buques o boyas oceánicas; son una ayuda a la navegación, ya que permiten calcular la posición de una embarcación con gran exactitud (Dietrich et al., 1980).

La energía electromagnética -en sus diferentes longitudes de onda- puede utilizarse para revelar una cantidad impresionante de información desde grandes alturas. Se utilizan diferentes bandas en el espectro visible, en el infrarrojo cercano y en el lejano y en las ondas centimétricas de radio; todas ellas útiles para discernir varios parámetros oceanográficos (Naciones Unidas y Williams, 1973).

En los últimos años, ha destacado la gran posibilidad que brindan tanto - los satélites como los aviones, para distinguir con claridad ciertos aspectos de la superficie terrestre, entre las cuales destacan: la información relativa a recursos naturales, como la distribución de suelos, vegetación, yacimientos de petróleo, minerales y agua continental (anónimo, 1981). Las técnicas - de teleobservación se aplican a múltiples disciplinas: como la agricultura, - silvicultura, oceanografía, hidrología, control de la contaminación, geología, y geografía (ver anexo 1; Naciones Unidas, 1973). La observación de los océanos por medio de satélites es ya una posibilidad concreta; así pues, los países en desarrollo no tienen por qué vacilar en prepararse para utilizar dicha tecnología, que les traerá enormes beneficios.

Existen numerosas ventajas en utilizar a los satélites como plataformas -

de medición; la principal consiste en su corto período de cobertura y repetición de extensísimas áreas. Por ejemplo, el Landsat circunda la tierra en una órbita cercana a la polar cada 103 minutos, es decir, unas catorce veces al día. Sus sensores graban y transmiten unas 200 escenas de la tierra durante ese lapso, cada una de las cuales abarca una superficie de 100 millas náuticas cuadradas (1 milla náutica = 1,852 kilómetros; anónimo, 1981). Por lo tanto, los cambios ambientales que se producen a intervalos de tiempo pequeños, pueden ser detectados fácilmente.

La velocidad con que viajan los satélites es tan rápida, que el tiempo de obtención de datos es muy reducido. El satélite es una plataforma sumamente costosa, pero proporciona tal acervo de datos en tan poco tiempo, que cada unidad de información cuesta menos que la que pudiera obtenerse por cualquier otro método (Williams, 1973). La utilización de la tecnología espacial se justifica ampliamente en México, ya que su Zona Económica Exclusiva y su territorio abarcan áreas extensas.

Este tipo de plataforma de observación presenta por primera vez, la oportunidad de obtener mediciones sinópticas de la hidrósfera superficial. Ya que uno de los principales objetivos de la investigación oceanográfica es la predicción de los eventos hidrográficos y meteorológicos, es muy deseable obtener estos datos de un modo claro y sintetizado, este tipo de información puede utilizarse en los modelos matemáticos de predicción (Williams, 1973). A diferencia de las plataformas oceánicas, el satélite se mueve en un medio homogéneo sumamente estable, lo cual se refleja en los datos que produce.

Los satélites son muy versátiles. Escogiendo la órbita apropiada, estos pueden ser usados tanto como plataformas fijas, como móviles. En la órbita polar o móvil, por ejemplo, el satélite cubre todo el mundo en órbitas cruzadas cada 18 días (anónimo, 1981). Un satélite se denomina geoestacionario si se -

coloca en una órbita alrededor de la tierra, que es lo mismo que tarda el planeta en realizar una rotación completa sobre su eje; en consecuencia, será estacionario con respecto a cualquier punto de la tierra en su rotación. Lo anterior presenta muchas ventajas, ya que este tipo de satélite puede observar permanentemente una determinada región de la tierra, y puede ser rastreado continuamente desde una plataforma estacionaria (Naciones Unidas, 1973).

Las desventajas de usar los satélites como plataformas de medición son - su lejanía respecto de lo que se va a registrar, esto da como resultado una serie de restricciones. Un satélite geosincrónico, ubicado a unos 36,000 km, dominará continuamente una tercera parte del globo; si bien, en este caso, - la mínima resolución (nitidez requerida para que se puedan distinguir accidentes mediante el instrumental) será del orden de 3×3 km. Un avión que vuela a una altura de 10 km, puede abarcar una superficie de $5,000 \text{ km}^2$ en un vuelo de tres horas. Dado que la superficie de la tierra es de $5 \times 10^8 \text{ km}^2$, dicho avión necesitaría 100,000 vuelos, esto es, 35 años para abarcar todo el planeta. Sin embargo, la resolución será mucho mejor, ya que la superficie que podría detallarse sería de casi 2×2 m (Naciones Unidas, 1973).

Debido al problema de la resolución, muchos datos carecen de la precisión deseable para las predicciones a mediano y a largo plazo.

La energía electromagnética no penetra el agua a una gran profundidad. - Las ondas verde-azules del espectro, por ejemplo, penetran en la columna de agua poco menos de 120 metros (Williams, 1973). La atmósfera también restringe el paso de los rayos electromagnéticos y a veces es imposible registrar algo en la superficie, debido a la absorción y dispersión de la radiación; por ejemplo, cuando hay la presencia de nubes (Dietrich et al., 1980).

Los aviones pueden medir con mayor nitidez los parámetros detectados por los satélites; no obstante estas naves carecen de la posibilidad de servir

como plataformas de comunicación o de ayuda a la navegación. En años recientes, se han utilizado helicópteros e hidroaviones para la toma de muestras convencionales (Williams, 1973).

La temperatura superficial puede ser calculada a distancia por la observación de la radiación infrarroja del mar. El método más común para medir las corrientes superficiales es utilizando diversas longitudes de onda de la luz visible. Los sistemas de corrientes están compuestos por aguas con características ligeramente diferentes a las que les rodean. Los diferentes tonos de color pueden revelar la presencia de aguas estancadas o en movimiento; o dónde y con qué magnitud se descargan los sedimentos de los ríos (ver anexo 3).

La radiación infrarroja puede detectar las diferencias térmicas presentes en las masas de agua y ubicar importantes surgencias. Este principio se ha aplicado particularmente en corrientes como las del Golfo de México, ya que sus aguas mucho más cálidas (por provenir de regiones ecuatoriales), se distinguen fácilmente de las frías zonas laterales (Williams, 1973; Dietrich et al., 1980).

Se presenta estrecha relación entre la temperatura del océano y la ubicación de los grandes cardúmenes, de modo que los datos sobre la temperatura, reunidos mediante sensores de infrarrojo, serán útiles para la industria pesquera. Las mediciones de las temperaturas superficiales, también son útiles para localizar los mayores concentraciones de plancton y por tanto, las posibles ubicaciones de grandes poblaciones de peces (Naciones Unidas, 1973). Así, el conocimiento de la temperatura superficial junto con el análisis de los tonos del color del agua permiten con ciertas limitaciones conocer el desplazamiento de los bancos de peces.

Técnicas modernas de microondas hacen posible medir, desde grandes distancias, pequeñas diferencias en altura de la superficie marina. No sólo se pue-

den calcular las variaciones de nivel producidas por las mareas y tsunamis; si no también es posible detectar las olas originadas por vientos. Aunque no es fácil la medición de las olas superficiales, se han intentado usar diversas ondas electromagnéticas; sin embargo, falta mucho para el desarrollo de esta actividad (Williams, 1973; Dietrich, et al., 1980).

El uso de rayos laser ha permitido la determinación precisa del nivel del agua. Esta herramienta ha contribuido muy recientemente, a la elaboración de cartas batimétricas más completas de la topografía del fondo marino. Las cartas del hemisferio norte están poco menos que bien trazadas; empero, los océanos meridionales no son conocidos adecuadamente, en particular extensas zonas del Pacífico, Atlántico e Indico.

Con ayuda del satélite Seasat, dos geólogos norteamericanos están actualmente estudiando el lecho marino. Entre las novedades que han descubierto describen una meseta del tamaño de California, docenas de volcanes submarinos, rastros de antiguas zonas fructuradas, etc. La gravedad de la tierra es reflejada claramente en la superficie del océano, como una función de la topografía submarina. Las aguas sobre un profundo foso se deprimen -hasta 18 metros- en la superficie de éste. Los abultamientos y las depresiones son graduales y no se advierten a simple vista. El gradiente gravitacional sigue justamente la topografía del lecho marino. La topografía afecta dicho gradiente, a causa del contraste en la densidad entre la roca y el agua (Blakeslee, 1983).

El Seasat midió todos los senos y valles gravitacionales de la superficie oceánica, colaborando de este modo, a refinar la teoría de la Deriva Continental, y permitirá estudiar los mecanismos de la formación de montañas e islas oceánicas, así como interpretar más adecuadamente lo que ocurre en el interior de la tierra.

La luz ambiental puede ser utilizada para determinar el color del agua y

su transparencia, especialmente en aguas someras donde se pueden efectuar comparaciones. Por medio del uso de fotografías de color, se ha tratado de ubicar la existencia de densas poblaciones de fitoplancton. Utilizando filtros -que detectan bandas muy estrechas de color- se pretende diferenciar entre la luz reflejada por las pequeñas plantas y la que reverbera del agua misma (Williams, 1973; anónimo, 1981). Al igual que los intentos por determinar la salinidad, estas técnicas no se han desarrollado satisfactoriamente por el momento. Los errores que se obtienen son muy amplios y las causas de este defecto no son comprendidas todavía con exactitud.

Ya que los satélites detectan estructuras poco profundas valiéndose de los tonos de los colores, resultan ser de gran utilidad para ubicar y cuantificar islas, cayos, bajos, arrecifes, atolones y pastos marinos, entre otras cosas. Estas fotografías oceánicas son utilizadas en la elaboración de cartografía marina.

Así por ejemplo, en los últimos años, el INEGI ha colaborado en la localización de algas marinas gigantes del género Macrocystis (del Griego "Makros", largo y "Kystis", vejiga), clasificadas dentro de las algas cafées más grandes, con especímenes de unos 40 a 43 metros de largo. Estas plantas se fijan en aguas relativamente profundas, en la base de sus hojas poseen vejigas llenas de aire llamadas neumatocistos (Bold, 1967); entre sus cualidades se encuentran su gran volumen, un alto grado de regeneración y su gran demanda en las industrias farmacéutica y alimenticia.

En las costas de Baja California Norte, se aprovecha la Macrocystis pyrifera como una rica fuente de alginatos, sustancia de consistencia chiclosa que puede representar del 10 al 25 % de su peso seco. Los alginatos tienen una importancia comercial considerable como estabilizadores y emulsiones, sustancia

líquida capaz de formar un coloide al mezclarse con otro líquido, se utilizan en la elaboración de medicinas, comida y cosméticos (Bold, 1967). Esta sustancia natural es muy usada también para dar cuerpo a los helados y otros postres. Por tanto, las algas caféas antes mencionadas son explotadas en Baja California y exportadas a San Diego, U.S.A.; su abundancia y localización en el país han sido determinadas por medio de aviones y satélites Landsat.

Hay que recalcar que los satélites tan sólo pueden hacer mediciones de la capa superficial oceánica, cuyos datos deben ser corroborados por las mediciones de barcos, boyas y otras plataformas oceánicas. Estas plataformas convencionales son aún esenciales para medir los parámetros de las profundidades del mar. Los datos procedentes de vehículos espaciales proporcionará información que se sumará a la eficacia de la información obtenida desde aviones o mediante estudios directos sobre el mar. Los datos adquiridos desde aviones complementarán la eficacia de las exploraciones con base oceánica. De esta manera, puede lograrse una estructuración sistemática y completa (Naciones Unidas, 1973).

Todas las plataformas antes mencionadas, tanto oceánicas como de teleobservación, están siendo desarrolladas por la tecnología de los países industrializados. México no debe quedarse a la zaga, al depender en un alto grado de la tecnología extranjera. Para un aprovechamiento integral a mediano y a largo plazo de los recursos marinos, se debe nutrir constante y cuidadosamente la infraestructura científica y tecnológica del país.

3.4 Instrumentación oceanográfica

Estas herramientas permiten conocer los fenómenos del medio marino, al convertir el parámetro medido en una cantidad o gráfica comprensible para el hombre. Algunos instrumentos sirven para extraer muestras del objeto de estu-

dio, a fin de analizarlas inmediatamente en el laboratorio de una embarcación, o tiempo después en laboratorios terrestres.

El trabajo de laboratorio a bordo de un buque es por lo general poco amplio, debido a las condiciones inapropiadas para la investigación, que muchas veces surgen por el espacio reducido, el movimiento y vibración del barco, y el tiempo que se dedica tan sólo para coleccionar dichas muestras. A pesar de todo, ciertos análisis químicos -como la determinación de oxígeno disuelto en el agua- deben de hacerse en el momento. En cruceros prolongados es indispensable realizar más estudios en el barco; pero entonces, dichas observaciones pueden practicarse cuando el estado del mar sea favorable o cuando la embarcación se encuentre anclada o en puerto.

El trabajo biológico a bordo de embarcaciones generalmente es limitado, debido a que los organismos pueden ser fijados para examinarse posteriormente en tierra. La vibración y el movimiento del buque hacen practicamente imposible el uso de los microscopios (Sverdrup et al., 1970).

Las demandas en la técnica de medición varían de acuerdo al tipo de problema oceanográfico que se quiera investigar. En relación con las mediciones oceanográficas, sin embargo, hay un número de requerimientos que se repiten. El comportamiento físico-químico del agua puede ser descrito en base a los siguientes parámetros: a) por su temperatura, presión y salinidad; b) Por el contenido de material particulado o disuelto en ella; y c) Por su movimiento. A pesar de esto, para la mayoría de los estudios básicos del medio marino, las diversas propiedades del agua de mar, pueden ser satisfactoriamente descritas con los datos señalados en el inciso a: temperatura, presión y salinidad (Williams, 1973 ; Dietrich et al., 1980).

Otra medición importante consiste en determinar las fronteras superior e inferior del ambiente oceánico (batimetría), esto es, calcular con referencia

a la superficie, las profundidades de la medición y del lecho marino. Como ya se ha mencionado anteriormente, todas estas propiedades influyen decisivamente en la evolución y destino de los organismos marinos.

Existen grandes dificultades para el diseño adecuado de los instrumentos de medición utilizados en el mar. La gran magnitud del océano crea el serio problema de contar con instrumentos capaces de registrar un parámetro cualquiera, aún a miles de metros de distancia del investigador. La mayoría de las veces, el usuario no podrá ver el instrumento del que recibe información y, por esto, el dispositivo debe diseñarse para funcionar sin una cabal vigilancia (Williams, 1973).

Se requiere una alta sensibilidad y precisión en los instrumentos, para que aún las más pequeñas variables termodinámicas puedan ser detectadas. Esto es aplicable principalmente a los mares profundos donde la variación de temperatura es mínima; el conocimiento de las pequeñas modificaciones termohalinas, por ejemplo, pueden contribuir a la determinación de las corrientes profundas. En este caso, se requiere de una resolución térmica de aproximadamente 10^{-2} °C y para la salinidad de unos 10^{-3} ‰ (Dietrich et al., 1980). Por otro lado en los estuarios, donde ocurre una mayor variación de las condiciones, las medidas de temperatura y salinidad con una resolución de 10^{-1} son, casi siempre, consideradas adecuadas (Sverdrup et al., 1970; Williams, 1973).

La corrosión es una reacción electroquímica; se distinguen varios mecanismos para su desarrollo, los principales son: la galvánica, la de hendiduras y la erosión. La galvánica ocurre por la diferencia de los potenciales de electronegatividad entre dos metales y la presencia de un electrolito (agua marina en este caso), que permite la corriente de electrones entre dichos metales. La corrosión en hendiduras ocurre por la acumulación de sal tras la evaporación del agua, y no requiere la presencia de dos metales (caso de un empa-

que de neopreno y un metal). Desde luego, la corrosión en el mar aumenta por: a) Contaminación, especialmente sulfatos; b) Microorganismos; c) Aeración - por el efecto combinado del oxígeno y el agua y d) Variaciones térmicas. - - Ahora bien, el equipo oceanográfico debe diseñarse para resistir la corrosión (Fontana y Greene, 1978). Por otra parte, cualquier material que se introduce en el océano por mucho tiempo, es vulnerable también al desgaste por causas físicas -como el golpe de las olas-, la abrasión producida por la arena y severas mordidas de grandes peces (Behrman, 1972; Williams, 1973; Dietrich et al., 1980).

Los instrumentos de medición deben resistir la presión hidrostática, así como contrarrestar las modificaciones que ésta refleja en los registros; por ejemplo, el CTD (de las siglas en inglés, conductivity, temperature and depth) es un instrumento muy útil que permite medir "in situ" la conductividad eléctrica, la temperatura y la profundidad, datos que permiten calcular conjuntamente el grado de salinidad del agua marina; no obstante, si no se llevan al cabo las correcciones apropiadas, la presión y la temperatura deforman las mediciones de la conductividad eléctrica del CTD. Los datos reportados se modifican a tal grado, que aún a unos cientos de metros de profundidad, la información así obtenida llega a carecer de utilidad (Dietrich et al., 1980).

El instrumental debe ser lo suficientemente resistente para soportar las adversas condiciones provocadas por el movimiento de las plataformas. El maltrato mecánico más serio ocurre cuando el equipo de medición es bajado del barco al mar, o al ser recobrado.

Otras características importantes al diseñar el complejo instrumental oceanográfico son, por ejemplo: equipo durable, capaz de funcionar durante lapsos considerables con un mínimo de mantenimiento; fácil de manejar e interpretar. Por otra parte, debe evitarse la construcción de dispositivos que re-

quieran de análisis posterior, para poder comprender qué es lo que significan sus reportes y, finalmente uno de los aspectos más limitativos del diseño, consiste en que el equipo debe ser lo más barato posible.

El instrumental debe reunir la mayor cantidad de requerimientos posible. Sin embargo, existen infinidad de casos en que dichas características se contraponen. Por ejemplo, cuando se requiere una gran precisión en los datos, - los bajos costos y la simplicidad se presentan, frecuentemente, incompatibles (Williams, 1973). En resumen, se puede afirmar que el equipo e instrumentos que se utilizan para las diversas actividades de investigación, tecnología y - desarrollo industrial en el mar, son muy costosos y requieren de un mantenimiento sumamente especializado, por su complejidad, condiciones de trabajo y - el efecto de los factores ambientales marinos (CONACYT, 1975).

La diversidad de instrumentos oceanográficos aumenta a una velocidad abrumadora; por ello, se complica en gran medida el simple intento de mencionar a los más importantes. No obstante, es conveniente examinar con algún detalle - por lo menos dos instrumentos muy destacados, no sólo en la investigación oceanográfica en general, sino también en la navegación, a saber: la ecosonda y - el sonar.

Durante siglos, se creyó que los océanos eran un mundo silencioso. Nada más alejado de la realidad, ya que las ondas sonoras son la única energía que puede ser transmitida en el medio marino, con pérdidas mínimas durante su propagación. La energía acústica se transmite a través del océano aproximadamente cien veces más fácil que la energía electromagnética (luz, ondas de radio, - radar, etc.). Por esta razón, las ondas de sonido son inigualables al abrir - una ventana de cierta importancia para atisbar el océano interior. El oceanógrafo utiliza el sonido para muchos propósitos, incluyendo exploración, identificación de objetos vivos e inanimados, comunicación submarina, telemetría de

datos, e investigación del fondo marino (Behrman, 1972; Williams, 1973).

Durante la primera mitad de este siglo, se desarrollaron dos tipos de dispositivos acústicos que se diferencian por tener un transductor fijo o móvil (el transductor funciona simultáneamente como audífono y micrófono). En ambos aparatos un pulso eléctrico es transformado en energía sonora, la cual es enviada y recibida por el transductor. El primer dispositivo, llamado Ecosonda, mantiene el transductor en posición fija y vertical, con el fin de determinar la profundidad del lecho marino y los organismos u objetos presentes en la columna de agua. El segundo dispositivo, llamado Sonar (del inglés: Sound Navigation And Ranging, que significa navegación y determinación de la distancia por sonido) es más versátil debido a la completa movilidad del transductor en los planos horizontal y vertical, siendo capaz de detectar objetos u obstáculos tanto en el fondo como cerca de la superficie (Behrman, 1972; Reynaga, 1978).

La estaticidad o movilidad de la ecosonda y del sonar no parecen, de primera intención, revestir una marcada diferencia; pero en realidad el sonar es una herramienta más complicada y, por tanto, más difícil de operar y de interpretar su registro. Mientras que la ecosonda funciona relativamente de manera automática, el sonar requiere de un operador capacitado que, además de estar pendiente de transmitir señales en la dirección adecuada para la búsqueda de un blanco, tenga la experiencia necesaria para interpretar las diferencias acústicas captadas por el aparato.

El principio de funcionamiento del sonar es, básicamente, el mismo que el de la ecosonda. Ambos instrumentos son dispositivos de escucha que utilizan la transmisión y reflexión de un pulso de energía como base de su operación. Parte de los ecos que se reflejan son captados y amplificados por el equipo así como presentados de manera apropiada para su interpretación, ya

sea en un registro gráfico sobre papel, en un monitor de televisión y/o por medio de sonidos (Reynaga, 1978; Dietrich, et al., 1980).

La eficacia probada de la ecosonda y del sonar, artefactos de origen belga, hizo pensar a Einar Lea, consultor del Departamento de Pesca en Noruega, - en la posibilidad de que dicho equipo pudiera ser útil para detectar cardúmenes de arenque. En mayo de 1945, Lea se entrevistó con el personal del primer barco británico equipado con sonar que arribó al puerto de Bergen, Noruega. - "Los operadores le informaron que los bancos de peces sí podían ser detectados y que, en varios casos, las corbetas y cazasubmarinos habían caído en el error de atacar cardúmenes, por creer que eran submarinos; descubriendo luego, que lo único que habían conseguido sus cargas de profundidad, era la muerte de miles de peces" (Reynaga, 1978).

A mediados de este siglo, se instaló en el B/O "G. O. Sars", noruego, el primer sonar construido específicamente para la detección de peces. A partir de este momento, se demostró definitivamente la utilidad con fines pacíficos - de esta innovación. El sonar se está convirtiendo en una herramienta tan indispensable en las flotas pesqueras, como lo es a la fecha la ecosonda para el registro de la profundidad (Reynaga, 1978).

Como se mencionó en la página 100, los peces que contienen vejiga natatoria son más apropiados para reflejar el sonido; esto se debe a que el cambio entre el medio acuoso marino y la bolsa de aire, contenida en su vejiga natatoria, produce una desaceleración muy brusca de las ondas sonoras (en el aire, - el sonido viaja aproximadamente cuatro y media veces más despacio que en el - agua). Al cambiarse tan drásticamente la velocidad del sonido por atravesar - medios diferentes, parte de la energía sonora se refleja como un eco desde el objeto alcanzado.

Los peces que carecen de vejiga natatoria, por ejemplo, el lenguado y el

tiburón también son capaces de reflejar el sonido, no obstante la señal que rebotan llega con menor intensidad, ya que no existe gran diferencia entre las densidades de la carne y huesos de estos peces, y la del agua que les rodea.

El desarrollo tecnológico de la ecosonda y el sonar ha llegado a tal punto, que la adecuada interpretación de las señales permite conocer, no sólo la distancia a la que se encuentra un banco de peces con respecto al transductor, sino también el límite del banco, su profundidad, el número relativo de individuos e incluso la posible especie que los forma; este último aspecto obviamente posee restricciones muy marcadas, sin embargo reviste gran importancia ya que es posible distinguir, aunque con limitaciones, las especies comerciales de las que carecen de valor en el mercado (Lozano-Cabo, 1970).

En el tema 3.2, se habló de la contribución de la ecosonda al descubrimiento de la capa profunda de dispersión (DSL). El registro de dicha capa indica, por lo general, una zona de pesca apropiada. La ecosonda no sólo registra fácilmente la profundidad del fondo oceánico, sino además, puede detectar a grandes rasgos la calidad del sedimento. Este fenómeno es de gran utilidad práctica para la pesca con redes de arrastre, ya que la detección de fondos irregulares, duros o rocosos, permite alterar oportunamente el curso de la captura a fin de prevenir costosos daños en las artes de pesca.

En la pesca de organismos pelágicos, se puede situar el transductor de una ecosonda a la boca de la red, en vez de su posición habitual en la quilla del barco. La sonda, cercana a la red y conectada a la embarcación por un cable que conduce la información, transmite informes sobre la ubicación del arte de pesca con relación al fondo marino, y si esta se encuentra correctamente abierta; de este modo, es posible realizar los ajustes adecuados al detectar un cardumen en las cercanías. Gracias a estos instrumentos, la producción de alimentos del mar a escala mundial ha aumentado al conseguirse mayores captu-

ras pesqueras (Reynaga, 1978; Dietrich et al., 1980).

Cabe destacar que, siendo la actividad pesquera tan promisoría y fundamental para el futuro de nuestro país, la Secretaría de Educación Pública, por medio de la Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar, ha instalado 24 centros de capacitación pesquera a todo lo largo de las costas mexicanas. Dicha dependencia pretende elevar el nivel tecnológico profesional de sus egresados, enfocando aquellos aspectos de la ciencia y tecnología del mar necesarios para favorecer el desarrollo de las industrias marinas, en especial la pesquera, en sus sectores de extracción, transformación, administración, conservación y distribución (PROMAR, 1982).

En los aspectos de extracción pesquera y de navegación, dicha dependencia ha reconocido la utilidad de capacitar a sus estudiantes, en el uso e interpretación de diversos equipos electrónicos, tales como la ecosonda, el sonar y el radar. De este modo, la SEP pretende evitar la sub-utilización que padecen estos valiosos instrumentos una vez obtenidos (Reynaga, 1978; PROMAR, 1982).

Aunque se han logrado avances muy importantes en lo que respecta a la adquisición de equipo especializado en el país, aún existen serias limitaciones para satisfacer los requerimientos, tanto en la investigación como en los diferentes programas del sector educativo, público y privado. El desarrollo actual de la instrumentación oceanográfica es muy deficiente en el equipo de navegación y comunicación, al igual que en los aparatos de mar y laboratorio (PROMAR, 1982).

El mantenimiento, calibración, reparación, diseño y construcción del equipo, tanto mecánico como electrónico es precario y en gran parte, está en manos de las compañías comerciales extranjeras que generan grandes dificultades, no siempre cuentan con suficiente provisión de refacciones, además de cobrar ex-

tremadamente caros sus servicios. A resulta de nuestra incipiente capacidad tecnológica, una gran proporción de los aparatos que se utilizan en el país son de importación.

La preocupación por desarrollar la instrumentación marina se ha ido acrecentando progresivamente y en este momento, existen varias instituciones interesadas en contribuir a ese inconveniente (PROMAR, 1982); Entre ellas pueden citarse:

- UNAM, en un esfuerzo conjunto de tres lugares: 1) Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML); 2) Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS); y 3) Centro de Instrumentación (CI).
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C.N. (CICESE).
- IPN, a través de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), así como de sus dos centros: a) Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), en Mérida, Yuc.; y b) Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), en la Paz, B.C.S.

El sentimiento de frustración y de encontrarse en una posición inferior, que produce la falta de capacidad y de independencia, es muy evidente en todo el mundo hoy en día. Únicamente una infraestructura adecuada permitirá que el país empiece a ser su propio dueño, que desarrolle varias opciones y que pueda escoger entre ellas y en general, que se sienta poseedor del grado de independencia y dignidad, que beneficie, a un socio igual, más que a un subordinado (Moravcsik, 1981).

IV. CONSIDERACIONES GENERALES

El propósito fundamental de este trabajo ha sido el de examinar, con criterios objetivos, la forma en que se vienen atendiendo en nuestro país los servicios oceanográficos, y la relación que estos tienen con la Investigación Biológica Marina, ya que una gran proporción de actividades marítimas, incluyendo a la Oceanografía Biológica y el uso racional de los mares, requieren de la utilización de uno o varios de los servicios oceanográficos antes descritos.

Al analizar el contenido de las páginas anteriores, se pone de manifiesto que en México los servicios oceanográficos se encuentran en una etapa inicial e insuficiente, que precisan de un fuerte impulso, y que es urgente delimitar las áreas de responsabilidad que corresponden a las diversas dependencias del sector público.

Apenas se ha logrado conformar y concretar algunos de los elementos prioritarios; sin embargo, las comunicaciones, la obtención y tratamiento de la información con fines sinópticos y de pronóstico, las publicaciones y su difusión, la vigilancia de la contaminación y la instrumentación, son obsoletos o son atendidos desorganizadamente por varias dependencias.

De los 22 servicios oceanográficos analizados en esta investigación, sólo en embarcaciones, cartas batimétricas, cartas náuticas, derroteros, cuadernos de faros y tablas de azimut, se puede considerar que alcanzamos un nivel admisible, pero de estos seis servicios, los cuatro últimos son de ayuda a la navegación y por tanto, un apoyo indirecto a la investigación oceanográfica. El estado de los 16 servicios restantes es, en su mayoría, incompleto y modesto para poder coadyuvar adecuadamente en el desarrollo tecnológico y científico del país. Por ejemplo: es indispensable activar los servicios que permitan a los investigadores y a la comunidad pesquera utilizar la información física, -

química, geológica, biológica y meteorológica del medio marino, con el fin de incrementar una captura más acorde con las crecientes exigencias alimenticias del país.

A continuación, se hacen algunas consideraciones limitadas a la aplicación de los servicios oceanográficos, de interés en la Investigación Biológica Marina en nuestro país:

- Datos oceanográficos.

Este servicio fundamental reúne, archiva y ofrece para consulta e intercambio la información biológica, física, química, geológica y meteorológica, de cada lugar donde se vayan completando dichos estudios.

Los bancos de datos oceanográficos se encuentran en etapa de inicio y falta la debida coordinación entre las instituciones involucradas. Cabe destacar la encomiable labor que está realizando el INEGI al respecto.

- Comunicación marítima.-

Permite intercambiar información de muy diversa índole entre los investigadores, estaciones oceánicas y terrestres, buques, bancos de datos, computadoras, facsímiles, etc. También promueve la seguridad de la vida humana y, en general, colabora al mantenimiento de todo tipo de operaciones en el mar.

La comunicación marítima existente, dista mucho de ser un apoyo regular, eficiente y confiable.

- Pronósticos meteorológicos marinos.-

La predicción del tiempo es indispensable para las actividades pesqueras,

la investigación biológica y la prevención de desastres; en los continentes, un mejor conocimiento del clima promueve la planeación de la agricultura, de la ganadería y de los recursos hidráulicos, entre otros.

La información meteorológica no es debidamente aprovechada y, por tanto, los pronósticos no son confiables. Prácticamente no existe el pronóstico meteorológico marino en México, por lo que se presenta una evidente dependencia del servicio realizado por los Estados Unidos de América.

- Predicción de corrientes y oleajes.-

La utilidad de la información de los fenómenos físicos del mar es básica para todas las disciplinas oceanográficas, incluyendo a la investigación biológica. Es indispensable tomar en cuenta el movimiento de las olas y las corrientes, cuando se está interesado en la pesca y la acuicultura, el estudio de las surgencias, dispersión de nutrientes, de plancton, de contaminantes, de oxígeno, etc.

Esta información es muy escasa y carece de la debida actualización.

- Predicción de mareas.-

Las tablas de mareas son lo primero que se consulta, al realizar una investigación biológica del área costera. Su información es vital para la zonación y distribución de la fauna y flora marinas en la franja litoral.

Se publica anualmente y de modo aceptable, una serie de Calendarios Gráficos para los veinte puertos más importantes del país.

Sin embargo, la Red Mareográfica Nacional es escasa en relación al extenso litoral que se pretende cubrir y a las múltiples necesidades de los usuarios. Además, se requiere modernizar el equipo mareográfico.

- Información sobre islas, cayos y arrecifes.-

El servicio comprende la información sobre los nombres de dichas estructuras, su ubicación y tamaño, y su régimen jurídico; no obstante se carece de un inventario completo sobre sus recursos renovables y no renovables, datos útiles para la investigación biológica. Además de la información anterior, en el caso de las islas habitadas por el hombre debe incluir referencias sobre infraestructura.

Las informaciones existentes, además de incompletas, se presentan en forma independiente y con criterios diferentes por: el INEGI, la Secretaría de Marina y la Secretaría de Gobernación.

- Cartografía marina.-

Incluye gran acopio de información geográfica, de infraestructura y de recursos naturales, de gran utilidad para el aprovechamiento integral de la zona costera. Se benefician de ella la navegación, la ingeniería costera y diversas actividades de exploración y explotación del litoral; entre ellas, la pesquería y la acuicultura.

Este apoyo no se encuentra debidamente integrado, se considera insuficiente y falto de coordinación.

- Cartas hidrográficas.-

Muestran fundamentalmente la dirección y el volúmen de las corrientes y el oleaje, referidas a líneas de costa y de batimetría.

El servicio es pobre. La periodicidad de su publicación es inadecuada, pues los lagos entre uno y otro tiraje pueden contarse - por años.

- Cartas batimétricas.-

Constituyen un útil elemento en el conocimiento de los organismos bentónicos, facilitan la toma de muestras de sedimentos con mira a realizar estudios biológicos y geológicos, ayudan a la pesca de arrastre y complementariamente, contribuyen a calcular la posición de un barco.

El INEGI ha realizado un esfuerzo sostenido desde 1981, con el fin de actualizar las cartas batimétricas. Dicha información es de fácil acceso y tiene cobertura nacional.

- Prevención de la contaminación.-

La vigilancia y el control adecuados de la contaminación permiten la conservación de la fauna y la flora marinas, evita daños a las pesquerías, la acuicultura, la producción de algas, la conservación de parques y santuarios marinos, etc. Como un intento tendiente a impedir y controlar fenómenos relativos a la contaminación, surge en México el Plan Nacional de Contingencias, en el que colaboran siete secretarías de Estado y un organismo público descentralizado.

A pesar de dicho propósito, la contaminación marina va en aumento, ya que la vigilancia

cia y prevención han sido principalmente - enfocadas a la contaminación en alta mar, - pero las zonas costeras, que son las más - afectadas, no reciben hasta ahora la debida atención.

- Seguridad de la vida humana en el mar.-

La salvaguarda de los recursos humanos en el mar es una servicio prioritario, ya que la vida humana es el tesoro máspreciado e irremplazable de la Nación. Al igual que la armada nacional y la marina mercante, las embarcaciones de investigación oceanográfica y pesquera, también deben acatar todas las normas contenidas en el Reglamento Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS).

Aunque el país se rige por dicho convenio, la vigilancia de su cumplimiento es insuficiente.

- Embarcaciones de investigación oceanográfica y pesquera.-

Los barcos son los principales vehculos para el desarrollo de las diversas actividades en el mar, entre otras, la investigación, la docencia, la exploración del medio acuáticos y la explotación pesquera.

El número de embarcaciones nacionales de investigación puede considerarse suficiente, aunque se requiere optimizar su uso, diversificar su cobertura y estimular la colaboración interinstitucional.

- Plataformas de observación.-

Las boyas, las estaciones costeras e insulares, así como las mediciones - efectuadas por buques mercantes y de la armada, proporcionan información sobre oceanografía física y meteorología, que es básica para el desarrollo de todas las ciencias del mar. Los minisubmarinos de reciente uso y el buceo autónomo han probado ser de gran utilidad, principalmente en la oceanografía biológica y geológica, en cuyas disciplinas es muy importante poder observar y coleccionar directamente en el medio marino.

La mayoría de estas herramientas son - extremadamente onerosas, aún para los países desarrollados. No obstante, México debe mantenerse al corriente en estos adelantos, con el fin de aprovechar aquellos que brinden amplios y comprobados beneficios.

- La teleobservación.-

El empleo de aviones y satélites ha permitido en los últimos años la rápida y eficiente exploración de nuestro planeta. La información sinóptica que - proporcionan resulta ya insustituible en la vida moderna. Concretamente, en - lo que se refiere a los océanos la teleobservación permite estudiar con gran - eficacia el plancton, cardúmenes, bancos de algas, arrecifes, surgencias, etc. Las comunicaciones y la previsión meteorológica ya no se conciben sin el apoyo de esta técnica. Por dichos medios, la posición de un barco puede ahora fijarse con un alto grado de precisión.

Nuestra insuficiencia económica, científica y tecnológica hacen que México dependa de países extranjeros, para beneficiarse del

uso de estas disciplinas.

- Instrumentación oceanográfica.-

La información biológica marina se sustenta en primer término de los equipos de mar y de laboratorio y en segundo, de la ayuda de los instrumentos de comunicación y navegación.

Aunque varias instituciones de educación superior han acrecentado su interés y esfuerzos por desarrollar estos instrumentos, la situación nacional aún se enfrenta a una serie de limitaciones, principalmente en actividades relacionadas con su adquisición, calibración, reparación y mantenimiento. Alentar su desarrollo propiciará con el tiempo, la producción nacional de este equipo.

En resumen, el sistema de servicios marinos nacionales no se encuentra bien encausado y presenta numerosas deficiencias, consecuentemente, las investigaciones oceánicas se ven frenadas por la falta de agilidad de los mecanismos para obtener la información existente, en el momento en que se requiere.

El fomento integral de la Zona Económica Exclusiva, principalmente de las áreas costeras, con frecuencia origina confrontación de intereses entre los diversos sectores gubernamentales y privados. Al no aprovecharse adecuadamente los océanos, la interacción de dichos intereses provoca que la obtención de beneficios para algunos sectores, vaya en detrimento de otros, debido a que los problemas se han enfocado de manera aislada y fragmentada, sin el conocimiento integral de los requerimientos de cada región marina a estudiar.

Después de las consideraciones hechas sobre la situación de los servicios oceanográficos, cabe preguntar: ¿Qué se puede hacer para mejorar la situación?

Como ya se ha mencionado en la introducción, la Comisión Intersecretarial de Investigación Oceanográfica (CIIO) dependiente de la Secretaría de Marina, realiza actualmente un positivo esfuerzo por estudiar y coordinar dichos servicios. El CIIO ha dado el primer paso serio hacia tal estudio, ya que ha reunido un grupo interdisciplinario de profesionales de diversos sectores -como son el IPN, la SEP, la SM, la SP, la SPP y la UNAM-, con el fin de conocer la problemática de los servicios y recomendar a las autoridades competentes las acciones que juzguen oportunas. Sin embargo, la revisión de cada uno de los servicios identificados se ha desarrollado muy lentamente; puede considerarse - que sigue, después de un año de trabajo, en etapa de arranque.

Es indispensable enfatizar la bondad del trabajo en equipo de las instituciones involucradas y desterrar de una vez por todas viejos vicios, entre - - otros: la falta de coordinación, el burocratismo y la rivalidad. Por ello, - se recomienda la integración de un sólido Organismo Coordinador de los Servi-

cios Oceanográficos, que asegure que las secretarías de Estado e instituciones de educación superior funcionen articuladamente, con un enfoque intersectorial y multidisciplinario para asegurar la efectiva participación de las diversas dependencias nacionales; dicho Organismo Coordinador debe estar formado por los profesionales de mayor experiencia en las instituciones prestadoras de los servicios, a fin de responsabilizar enérgicamente las funciones de cada una, e impedir el predominio -o la impresión de predominio- de uno de los sectores sobre los demás.

El Organismo Coordinador debe ser un instrumento capaz de identificar, priorizar, reorganizar, evaluar y difundir los servicios oceanográficos; que vincule dicha estructuración con los principales intereses de la política nacional. Es importante que esta base tenga el suficiente poder legal, no sólo para recomendar la ejecución de las acciones que juzgue pertinentes, sino imponer sus decisiones de un modo racional y justo.

La escasa vinculación entre el sector público y las instituciones de investigación científica y educación superior, provoca que un alto porcentaje de los trabajos realizados se mantengan desconocidos, y que sus resultados se pierdan o trasciendan sólo hasta cierto punto. Los documentos quedan muchas veces hundidos en los archivos de la organización que los patrocina, y no están disponibles en el momento en que podrían ser más útiles para la toma de decisiones. Esto es un desperdicio. Y como dichos trabajos no están disponibles o no se conocen, se ordenan más investigaciones y/o encuestas, a menudo replitiendo el trabajo ya antes hecho. Nuestro país no puede darse el lujo de desperdiciar y duplicar la información ya obtenida. Por lo anterior, es importante que cualquier trabajo relacionado con el Organismo Coordinador propuesto, sea concentrado y sistematizado en este centro para su eficaz aprovechamiento.

Es importante destacar que muchos usuarios desconocen la información exis

tente para resolver muchos de los problemas que se les presentan. Esta desvinculación se origina en la forma en que operan algunas dependencias oficiales. El Organismo Coordinador puede propiciar la efectiva difusión del sistema de apoyos, dando a conocer con óptima actualización la siguiente información: - a) Lista de servicios; b) Descripción y utilidad de los mismos; c) Instituciones que los llevan al cabo; d) Cubrimiento geográfico de cada servicio; y e) Periodicidad, formato y facilidades de su presentación a usuarios o instituciones.

No debe pasarse por alto la opinión de los usuarios e instituciones que requieran cualquier tipo de apoyo, ya que sólo por medio de la retroalimentación, se podrán tomar las medidas más efectivas para corregir, actualizar, evaluar y mejorar los diversos servicios.

APROVECHAMIENTO DE LOS DATOS E INFORMACION OCEANOGRAFICA

Un centro de datos bien organizado propicia la explotación racional de los recursos naturales y la utilización integral de nuestros mares. En los últimos años, la información acumulada por diversos sectores ha aumentado en una forma inusitada. No obstante, como ya se ha mencionado al final del tema 1.1, es evidente que el procesamiento y las facilidades para tener acceso a los datos e información oceanográfica son insuficientes. Por otra parte existen frecuentes duplicaciones.

Entre los problemas que habrá que resolver figuran los siguientes:

-La información carece de fácil acceso; las dificultades para su disposición oportuna crean graves obstáculos en la toma de decisiones, en materia de

políticas de desarrollo y de acciones operativas, lo que frena la expansión de las investigaciones marinas en el país.

- La proliferación de los bancos de datos en centros de estudio como el IPN y la UNAM, en secretarías de Estado como las de Pesca, Educación Pública, Programación y Presupuesto, Marina, e incluso en empresas particulares, todos ellos sin coordinación, con diversidad de métodos para coleccionar, procesar y almacenar la información, ha conducido a una total desvinculación entre dichos sectores aún cuando realizan trabajos semejantes. La mayoría de estos bancos captan la información directamente del exterior y la procesan en función exclusiva de sus objetivos, lo que propicia duplicación de funciones, de información y de esfuerzos.

- No existe, ni siquiera, un eficaz formato de intercambio de la información a nivel nacional.

- Durante varias décadas, los países desarrollados han tomado la iniciativa en las principales investigaciones oceanográficas de nuestros mares. Por ello, un alto porcentaje de la información procedente de la Zona Económica Exclusiva de México se encuentra en el extranjero, se adquiere a un costo muy elevado y posiblemente en forma incompleta. Debido a las dificultades que presenta el intercambio internacional, gran parte de esta información no está al alcance de usuarios nacionales.

Ante esta perspectiva, en la década de los setentas surgieron dos centros de datos oceanográficos: a) El Centro de Datos de la Secretaría de Marina, que cuenta con parte de la información de los cruceros realizados en México por instituciones nacionales y extranjeras; este banco ha tenido grandes problemas en la recolección y procesamiento de datos, también ha carecido de apoyo para la actualización de los mismos. Sin embargo, se ha esforzado por contar con adecuados recursos humanos e infraestructura para seguir su función. Des-

de que el centro fué establecido en 1973, propugna por ofrecer un servicio de información a nivel nacional; b) El Centro de Datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), de creación más reciente (1977), se ha esforzado seriamente por establecer un banco de datos a nivel nacional con servicio permanente y oportuno a usuarios, así como por mejorar el intercambio de la información a nivel nacional e internacional.

Aunque estos dos centros presentan evidentes duplicidades en sus funciones -principalmente en lo que se refiere a datos físicos, químicos y batimétricos- no existe un adecuado convenio de colaboración que beneficiaría por igual a ambos y al país. Es innegable el deseo común de dichas dependencias por crear un Centro Nacional de Datos Oceanográficos, que llegue a tener reconocimiento internacional; pero este objetivo ha provocado distanciamiento y contienda, por una meta que no puede ni debe ser lograda individualmente.

Convendrá adoptar las medidas siguientes:

1.- Establecer y fortalecer los mecanismos adecuados y coordinados para el acopio y organización de la información oceanográfica, poniéndola al alcance de los diferentes sectores de manera económica, eficiente, oportuna y confiable.

2.- Delimitar la responsabilidad de los sectores encargados de proporcionar la información oceanográfica, evitando la duplicación de funciones. Fomentar los intercambios institucionales de datos e información.

3.- Se recomienda la creación de un Centro Nacional de Datos Oceanográficos, que facilite e incremente la consulta e intercambio permanente de datos e información multidisciplinaria por parte de usuarios nacionales y extranjeros. Las dependencias relacionadas con el servicio deben prestar amplio apoyo y colaboración a dicho Centro, proporcionándole la información sin renuencia.

El Centro debe tener las siguientes funciones: planear el desarrollo del

sistema de información, regulando su operación con otros bancos; buscar la manera de optimizar la distribución de datos generados por instituciones nacionales y extranjeras; establecer formatos coordinados para la recolección uniforme de la información a nivel nacional; efectuar regionalmente estudios para conocer el acervo de información disponible, y las facilidades existentes para establecer las redes de comunicación; procesar y publicar periódicamente una serie de productos: atlas, cartas, inventarios, catálogos, revistas y boletines informativos, divulgándolos adecuadamente dentro del país.

4.- Extender la temática de los datos, hasta ahora limitados a la oceanografía física, la oceanografía química y la batimetría, a otras disciplinas tales como la Geología, la Biología, la contaminación y la Meteorología; también puede abarcar datos relativos a hidrografía, Ingeniería, administración portuaria y pesqueras.

CARTOGRAFIA MARINA

Dependencias nacionales de los sectores público y privado e instituciones extranjeras, realizan observaciones y mediciones tanto en alta mar como en la zona costera. Mediante estas investigaciones se obtienen datos por procedimientos muy variados, con objetivos particulares. Los datos son analizados por la misma institución que los obtuvo, y la información que se genera es comúnmente archivada en un centro de cómputo para su aprovechamiento interno. Algunas veces la información -más no los datos- de dichos estudios son del dominio público, ya que se editan los resultados de la investigación.

La representación cartográfica es una de las formas más clara y adecuada de presentar la información. La cartografía marina es de gran utilidad para múltiples funciones como la construcción de obras en puertos y en alta mar;

para la explotación de minerales y combustibles presentes en el lecho marino; para actividades náuticas, pesqueras e investigaciones oceanográficas de todo tipo. Pero como ya se indicó al final del tema 1,8, este servicio en nuestro país es insuficiente y carece de la debida coordinación.

En el citado tema, se mencionó que la cartografía marina se puede dividir en los siguientes incisos más específicos: a) Cartografía Marina Básica, que comprende productos referentes a la hidrografía y a la navegación marítima, e incluye cartas hidrográficas, cartas batimétricas, cartas náuticas y portulanos; b) Cartografía Marina Temática o de Recursos, que engloba información gráfica sobre oceanografía física, oceanografía química, oceanografía geológica, oceanografía biológica y meteorología.

Desde 1973 la Secretaría de Marina, con grandes esfuerzos y serias limitaciones, viene elaborando cartografía marina básica. La mayoría de sus productos son de interés para la navegación, entre los que se encuentran las cartas hidrográficas, las cartas náuticas y los portulanos. También ha publicado cartografía marina temática -principalmente de parámetros físico-químicos- pero -este esfuerzo se ha realizado de modo inconsistente y escaso.

Las cartas batimétricas tienen enorme utilidad práctica en la mayoría de las operaciones marítimas, y cubren una necesidad trascendente en las ciencias del mar. La Secretaría de Programación y Presupuesto ha concluido ocho cartas de reconocimiento nacional con escala 1:1'000,000. No obstante, dicha escala es pequeña y por su poca magnitud no permite distinguir los detalles. Cabe -mencionar que, a diferencia de la Secretaría de Marina, la SPP no genera sus -propios datos oceanográficos, sino que requiere la colaboración de todas las -instituciones nacionales que realizan investigaciones de la Zona Económica Exclusiva.

La Secretaría de Pesca labora en el establecimiento de la cartografía te-

mática relacionada con los recursos pesqueros y su ambiente. Con este tipo de cartas se desea cubrir los siguientes temas: a) Batimetría, incluyendo tipo y calidad de los fondos y localización de áreas apropiadas de acuerdo a los recursos pesqueros; b) Demarcación de los parámetros ambientales -temperatura, salinidad y oxígeno- en relación a las pesquerías pelágicas y demersales; c) Señalamiento de las corrientes imperantes en el área de estudio; y d) Distribución y épocas de presencia de los recursos ictiológicos de interés económico. El Instituto Nacional de Pesca pretende iniciar este servicio en forma sistemática, pero se enfrenta con el problema de que la cartografía pesquera requiere información oceanográfica diversificada y abundante.

Para proporcionar este servicio de modo eficiente y actualizado se requieren amplios recursos humanos, financieros y materiales. Por ello, el servicio de cartografía marina no puede ser manejado óptimamente por un sólo sector; salta a la vista la conveniencia de que coadyuven las diversas dependencias interesadas para realizar dicho esfuerzo en común.

Para mejorar la calidad de los productos cartográficos, habrá que resolver los siguientes problemas:

- La actual falta de coordinación y la insuficiencia de la cartografía marina, tanto básica como temática, en particular esta última por la carencia de un inventario completo de los recursos marinos nacionales.

- La falta de actualización permanente de los productos cartográficos; - hay que considerar que debido a la gran movilidad de los mares, estos documentos pierden rápidamente su validez.

- Carencia de un sistema que organice y promueva la cooperación institucional en el acopio y tratamiento de los datos, a cuyo sistema debe corresponder una estrecha participación, que siga una metodología nacional, generalizada y uniforme, al elaborar, publicar y difundir los productos cartográficos.

- Las cartas marinas sólo pueden elaborarse cuando las zonas a las que se refieren han sido investigadas a fondo. La calidad y cantidad de las publicaciones cartográficas están en función a la abundancia de los datos disponibles, puesto que su insuficiencia obstaculiza la producción de cartas, capaces de satisfacer los requerimientos de los sectores interesados en ella.

- No están actualizados los portulanos que realiza la SM, esto ha originado que la SPP haya iniciado independientemente la producción de nuevas cartas portulanas. Esta falta de coordinación entre ambos sectores se observa también en la información sobre islas, cayos y arrecifes que, aunque sin ser un producto cartográfico, se duplica innecesariamente.

Se recomienda adoptar las medidas siguientes:

1.- Organizar y fortalecer el sistema de captación de datos, procesamiento, publicación y difusión cartográfica. El costo de estas actividades será menos gravoso y aumentará la calidad de los productos, si de cada servicio se responsabiliza a una sólo dependencia, la cual debe contar con el eficaz apoyo de las demás.

2.- Las Secretarías de Marina y Programación y Presupuesto deben establecer convenios a fin de adjudicarse la responsabilidad, entre otras, de las siguientes actividades:

a) Programas de reconocimiento hidrográfico y levantamiento de mapas costeros e insulares. Es indispensable que la SPP, que actualmente tiene a su cargo el servicio de información geodésica nacional, defina con la SM sobre cual de las dos dependencias, con la franca colaboración de la otra, habrá de responsabilizarse de los diferentes trabajos cartográficos básicos que involucran toda la Zona Económica Exclusiva, con lo que se ganará en precisión y confiabilidad.

b) Esforzarse conjuntamente en actualizar los portulanos que así lo -

requieran, evitando costosas duplicidades.

c) Plasmar en cartas temáticas los parámetros físico-químicos (marinos y meteorológicos) a nivel regional y nacional, estudiando la posibilidad de dividir este trabajo entre ambos sectores, de acuerdo a la capacidad de sus recursos humanos, la infraestructura e información existente en sus centros de datos.

3.- Realizar investigaciones más detalladas de la morfología del mar en ciertas zonas definidas, aumentando la escala actual de las cartas batimétricas de 1:1'000,000 a 1:250,000, cuya mayor definición resulta más recomendable para los estudios regionales.

4.- La Secretaría de Pesca debe establecer convenios con las Secretarías de Marina y Programación y Presupuesto, con el fin de aprovechar la experiencia y la infraestructura que estas dependencias tienen, así como la información batimétrica y físico-química con que ya cuentan.

5.- La colaboración de las tres secretarías ya mencionadas (SP, SM y SPP) puede extenderse a las actividades de publicación de sus productos, y a impulsar la difusión apropiada y oportuna de las cartas marinas, entre todos los estados ribereños del país e instituciones interesadas. Estudiar la posibilidad de difundir aquellos productos que puedan ser de utilidad a los países vecinos de Centroamérica y el Caribe.

6.- Proyectar a largo plazo, la cartografía marina temática en los aspectos de Geología, Biología y Meteorología.

7.- Promover la producción uniforme de cartografía marina básica, de acuerdo con normas y metodologías establecidas internacionalmente, basadas por ejemplo, en la Organización Hidrográfica Internacional de Mónaco. El resultado de este esfuerzo facilitará la consulta de la cartografía nacional por parte de usuarios e instituciones extranjeras; la adopción de dichas normas acre

centará la calidad de los productos oceanográficos, y propiciará el intercambio de conocimientos y experiencias entre especialistas nacionales y extranjeros.

8.- Atender las necesidades de información oceanográfica por parte de ingenieros, navegantes, pescadores, científicos, autoridades administrativas y público en general, planeando las publicaciones pertinentes.

PREDICCIÓN DE MAREAS

El conocimiento preciso del nivel medio del mar y la predicción diaria de sus variaciones a través del tiempo, constituyen elementos prácticos de gran importancia para ingeniería costera, navegación, generación de energía e investigaciones marinas y terrestres; también aumenta la precisión de los estudios cartográficos e, inclusive, beneficia el recreo y la navegación deportiva marítima.

Como ya se ha indicado en el tema 1.5, el Instituto de Geofísica de la UNAM, mediante un convenio con las Secretarías de Marina y de Comunicaciones y Transportes, lleva al cabo el procesamiento de los datos provenientes de las estaciones mareográficas. El Instituto de Geofísica y la SM elaboran Calendarios Gráficos de Mareas para los veinte puertos más importantes del país. Asimismo, la SCT por medio de la Dirección General de Obras Marítimas, tiene a su cargo el diseño y la construcción de las casetas mareográficas. Aunque este servicio no presenta duplicidad de esfuerzos, su desenvolvimiento actual dista de ser el deseable.

Habrá que resolver los siguientes problemas:

- Resulta insuficiente la Red Mareográfica Nacional -que incluye los principales puertos del país- en relación al extenso litoral que es indispensable

cubrir, ya que apenas se cuenta con aproximadamente 25 mareógrafos, distribuidos en más de 10,000 km de líneas de costa.

- Algunas veces, las estaciones mareográficas son destruidas por tormentas marítimas; frecuentemente su reposición se pospone por meses y aún por años.

- Gran proporción del equipo utilizado es obsoleto o se encuentra en mal estado. Los mareógrafos han venido funcionando poco más de 30 años, sin embargo, los que se conservan son instrumentos de muy buena calidad y proporcionan registros constantes. En los últimos años, se han presentado problemas con la reparación de sus mecanismos de relojería.

- Los fondos que se dedican a este servicio son escasos y poco acordes con las necesidades de los usuarios nacionales. De hecho, el peso de este apoyo recae sobre la UNAM, quien lo mantiene con serios problemas de presupuesto; esta situación ha provocado al estancamiento de tan esencial servicio.

Convendrá adoptar las medidas siguientes:

1.- Ampliar y fortalecer la Red Mareográfica Nacional, instalando equipo adicional y capacitando más personal en islas y zonas litorales escasamente cubiertas en la actualidad. Establecer temporalmente mareógrafos portátiles según las necesidades de problemas particulares. Debe realizarse con cuidado la adquisición de nuevo equipo, ya que pocos instrumentos son lo suficientemente robustos para proporcionar, en el riguroso ambiente de la región litoral, mediciones exactas e ininterrumpidas de las mareas.

2.- Sustituir los mareógrafos que se encuentren en mal estado, y reforzar las actividades de reparación y construcción de casetas mareográficas, evitando que su mantenimiento se relegue indefinidamente.

3.- Conectar las estaciones mareográficas con el Centro Nacional de Datos Oceanográficos, a fin de poder transmitir esta información oportunamente.

4.- En resumen, es imperativo acrecentar el impulso financiero necesario para implementar y mantener la Red Mareográfica Nacional en óptimas condiciones. Es importante recalcar que la cantidad de usuarios actuales y potenciales de este servicio, justifica ampliamente la inversión.

VIGILANCIA DE LA CONTAMINACION DEL MAR

Los océanos del mundo están recibiendo una enorme proporción de sustancias y energía de desecho, problema que ha venido creciendo en la medida en que se desarrolla nuestra civilización. La cantidad y variedad de contaminantes aumenta constantemente, y el ambiente marino no tiene capacidad ilimitada para absorverlos. El nivel a que han llegado algunas sustancias contaminantes en ciertas regiones críticas del mundo, incluyendo los mares mexicanos preocupa en gran medida a la opinión pública y científica, y puede ser inminente que otros de dichos agentes nocivos lleguen a niveles muy peligrosos.

Los contaminantes varían no sólo en su composición físico-química, sino también en la manera en que penetran en el medio marino y la diversidad de sus efectos nocivos. Por ello, es complicado decir qué medidas pueden y deben tomarse para su control. Algunos materiales que contaminan el océano se descargan intencionalmente; otros se arrojan por accidente. Algunas de las fuentes de contaminación marina pueden ser identificadas; de otras no se puede seguir el rastro. Ciertos contaminantes presentan una clara e inmediata amenaza a la vida marina; otros llegan a ser peligrosos sólo a largo plazo y de ellos, todavía se desconoce la índole precisa de su nocividad.

La contaminación marina es un problema mundial complejo y polifacético con aspectos económicos, científicos, políticos y jurídicos entrelazados. Evidentemente, no puede esperarse un sólo remedio o solución para hacer frente a toda -

la gama de problemas al respecto.

Como se indica en el tema 2.1, el gobierno mexicano creó el Plan Nacional de Contingencias, en el que participan siete secretarías de Estado y un organismo público descentralizado, con el objetivo fundamental de prevenir y controlar los fenómenos relacionados con la contaminación. A pesar del gran número de - instituciones interesadas al respecto, el aumento de la población humana y la - expansión industrial, entre otras cosas, ha provocado que la contaminación de - los mares mexicanos se incremente considerablemente.

Entre las dificultades a resolver, se presentan las siguientes:

- Las actividades industriales, urbanísticas, portuarias, de explotación de recursos, etc., han provocado mayor contaminación en las zonas costeras y - en los estuarios.

- No existe un control ni vigilancia permanente y sistematizado de la contaminación en el mar, por lo mismo, se desconoce el grado de dicha contaminación en extensas regiones de nuestro mar Patrimonial.

- En México, el control de la contaminación del medio marino está a cargo de varias autoridades, cuyas misiones primordiales son muy disímolas (explotación petrolera, sanidad pública, transportación marítima, pesquerías, agricultura, etc.), empero, hay falta de coordinación interinstitucional, lo que se refleja en la toma de decisiones apropiadas y en la ejecución eficaz de las medidas aprobadas.

- La mayor parte de los contaminantes identificados hasta el momento se encuentran en concentraciones sumamente pequeñas, tanto en el agua de mar como en los organismos marinos. de modo que las mediciones tienen que realizarse cerca del límite de sensibilidad de los métodos analíticos actuales.

- En gran número de casos, los estudios de contaminación se realizan sin - establecer una metodología uniforme, que permita comparar los resultados con -

los obtenidos por otras instituciones.

- Se requieren fuertes inversiones en equipo especializado, gastos de construcción, operación y mantenimiento de laboratorios, así como la preparación de personal altamente calificado.

Convendrá adoptar las medidas siguientes:

1.- Establecer un Servicio Nacional para la Vigilancia de la Contaminación del Mar, que obtenga y difunda la información sinóptica básica, respecto de puntos seleccionados de los mares mexicanos. Las siguientes acciones son indispensables para la creación de este servicio: a) Organizar una red de estaciones de medición y análisis en puntos críticos de la costa y mar abierto; b) Reducir y enviar los resultados a los centros de datos oceanográficos; c) Evaluar y proporcionar oportunamente la alerta de los cambios ambientales importantes, para inducir el examen de medidas de protección y control; y d) Publicar periódicamente los resultados del servicio de vigilancia.

A corto y mediano plazo, se requerirá establecer estaciones en los siguientes puntos críticos de la costa: zonas portuarias y/o con altas poblaciones; desembocaduras de ríos y canales de desagüe que descarguen grandes cantidades de materiales industriales y agrícolas; y las regiones de producción y transporte de petróleo. A largo plazo, la vigilancia puede extenderse a estudios periódicos en alta mar y en estaciones insulares.

2.- Desarrollar métodos apropiados y unificados para la medición y análisis de determinados contaminantes, así como para el procesamiento, evaluación y archivo de esta información.

3.- Crear el Servicio Nacional para la Vigilancia de la Contaminación del Mar, anteriormente citado, con los sectores que componen el Plan Nacional de Contingencias. Las secretarías interesadas así como las instituciones de educación superior e investigación, deben realizar un gran esfuerzo para lograr posi

tiva cooperación en la prevención, vigilancia y control de la contaminación marina.

4.- Revisar minuciosamente y hacer más operativa la legislación ambiental oceánica. Poner en evidencia, responsabilizar y sancionar las acciones contaminantes tanto del sector público como del privado.

5.- Puesto que la contaminación es un problema mundial ya que el mar no conoce fronteras, existe un considerable potencial para incrementar la cooperación internacional en la vigilancia de la contaminación. Hay que promover el asesoramiento de países tecnológica y científicamente más adelantados, e impulsar el intercambio de investigadores y especialistas de alto nivel.

Actualmente, el problema de la contaminación marina no es tan grave como la del aire y de las aguas interiores de muchos países; sin embargo, el potencial para una catástrofe puede ser más peligroso, debido al carácter global del medio marino y al hecho de que los océanos son los receptáculos finales de un sinnúmero de contaminantes.

INSTRUMENTACION OCEANOGRAFICA

El propósito de los equipos de mar y de laboratorio es no sólo el de incrementar el número de parámetros que se desean medir, sino también mejorar la confiabilidad de estas mediciones. Conforme a dichos objetivos, los instrumentos marinos deben apoyarse en óptimas instalación, operación y mantenimiento. Como ya se ha mencionado al final del tema 3.4, el desarrollo de la instrumentación oceanográfica en el país es muy deficiente, tanto en el equipo de navegación y comunicación, como en el equipo de medición. La insuficiente capacidad tecnológica nacional ha provocado una amplia proliferación de empresas comerciales representantes de firmas extranjeras, las cuales propician un uso inapropiado y costoso del servicio.

Algunas instituciones, como la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del IPN y el Centro de Instrumentos de la UNAM, se han interesado en la integración de un programa de mantenimiento, calibración, reparación, diseño y construcción de instrumentos oceanográficos. Sin embargo, se detecta la falta del impulso necesario para el pleno desarrollo de este programa, ya que se requieren fuertes inversiones y la preparación de personal especializado.

Por otro lado, las Secretarías de Pesca y de Marina trabajan en el establecimiento de dos laboratorios de calibración, para instrumentos de medición de temperatura y posiblemente salinidad y profundidad; uno en Mazatlán, Sin., a cargo de la SP, y el otro en Veracruz, Ver., operado por la SM. A corto y mediano plazos, estos laboratorios están programados para dar un apoyo interno a dichas dependencias. A largo plazo, las dos instituciones contemplan su coordinación para proporcionar un mejor servicio de calibración.

Con el fin de dar el apoyo que corresponde a la instrumentación oceanográfica nacional, se dan las siguientes recomendaciones:

1.- Aumentar el número de laboratorios costeros especializados en el mantenimiento, reparación y calibración del equipo electrónico marino. Es indispensable valorar la importancia de las actividades de mantenimiento y reparación, ya que su eficiencia evita el derroche y el desgaste de costoso equipo. Por otra parte, la calibración adecuada de los instrumentos mejora la exactitud y confiabilidad de los datos colectados.

Un aspecto estrechamente vinculado con la calibración del equipo, consiste en la unificación de los métodos en la toma de muestras. Las normas de esta actividad deben adoptarse entre las instituciones nacionales, con el fin de conseguir datos de alta calidad. La calibración y normalización de los instrumentos y métodos oceanográficos, fomentan la colaboración intersectorial ya -

que permiten el intercambio confiable de la información a nivel nacional e internacional. Es importante establecer una relación más estrecha con la Dirección General de Normas de la SECOFIN, para unificar los trabajos metodológicos de las dependencias, perfeccionando la intercalibración y la normalización de los instrumentos.

A largo plazo, la infraestructura obtenida y la experiencia del personal capacitado, pueden aprovecharse para realizar estudios de diseño y construcción de equipo. Es recomendable fomentar los sistemas de control de calidad para obtener equipos capaces de sustituir importaciones, y aún penetrar mercados internacionales. Por otra parte, es factible disminuir el costo de los instrumentos electrónicos al diseñarlos con materiales nacionales, evitando así la importancia de costosas patentes. La reducción del número de piezas en el equipo disminuye la contingencia de descomposturas; asimismo se facilita la reparación de los desperfectos.

2.- Desarrollar ordenadamente la infraestructura en materia de instrumental oceanográfico, para lo cual deberán atenderse las siguientes sugerencias:

a) Crear un inventario del instrumental oceanográfico nacional, el que permitirá conocer la demanda de los equipos de medición, comunicación y navegación más utilizados, con el fin de saber en dónde se necesitan nuevos laboratorios, de qué tipo y si su creación es rentable o no.

b) Censar la cantidad y calidad de los recursos humanos especializados en la instrumentación oceanográfica. La UNAM y el IPN pueden elaborar programas de capacitación definidos para el personal técnico faltante, que sea capaz de operar y mantener la diversidad de equipos electrónicos marinos actualmente en uso.

c) Implantar y mejorar los cursos de adiestramiento para los usuarios del equipo electrónico marino fundamental: radio transmisor-receptor, -

ecosonda gráfica y luminosa, sonar, radar y radiogoniómetro. Dichos cursos deberán estar dirigidos a pescadores, investigadores y pilotos de todo tipo de embarcaciones.

Se insta a la preparación oportuna de científicos y estudiantes que tienen oportunidad de efectuar un crucero de investigación. Los cursos deben incluir los métodos oceanográficos, el manejo de todo el instrumental de medición y la introducción al equipo de navegación y comunicaciones.

d) Decidir la ubicación geográfica de los laboratorios de servicio, en base a la información captada por medio del inventario del instrumental - oceanográfico y de los recursos humanos disponibles. Es importante que estos locales presten su apoyo de modo descentralizado, y que se sitúen en las costas, cercanos a los lugares donde más se les requiera; este requisito redundará en la disminución de tiempo y costos al atender el equipo en operación.

e) Seleccionar honesta y cuidadosamente las adquisiciones de equipo, en función de: óptimo servicio, durabilidad, precio y facilidades para refacciones y mantenimiento. Evitando de esta manera la compra de "elefantes blancos", o de instrumentos vistosos que en ocasiones se adquieren sólo para aumentar el prestigio político de un sector, pero que no cumplen adecuadamente con finalidades prácticas.

3.- Inducir al sector industrial en el diseño y la construcción de equipo; es posible comercializar este instrumental, a medida que se presente suficiente demanda, y que el costo y la calidad del producto compita con los extranjeros.

4.- Incrementar las facilidades aduanales en la importación de equipo - oceanográfico. Con el fin de acelerar el desarrollo de las ciencias del mar, el gobierno de la Nación debe reducir el impuesto aduanal, del ya de por sí costoso instrumental.

5.- Establecer convenios con empresas e instituciones extranjeras para -

mantener un fondo de refacciones accesible; exigir las mejores garantías respecto de los productos y servicios de importación; promover la visita de expertos extranjeros para la organización de los laboratorios de servicio y la transferencia de ideas.

COMUNICACION MARITIMA

Aunque la comunicación marítima está reglamentada tanto por la SCT como por organizaciones internacionales -como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), dentro de la cual el país tiene una amplia participación-, el servicio es de muy reciente cuño y puede calificarse hasta ahora de caótico. La situación anterior surge por diversos problemas de difícil solución, entre los que se encuentran:

- Pese a los esfuerzos hechos para construir instrumentos de comunicación nacionales, generalmente no cumplen con los requisitos necesarios para su utilización confiable en el ambiente marino. Este equipo electrónico requiere ser fabricado para soportar un medio hostil; el instrumental debe resistir amplias variaciones de temperatura, humedad, corrosión y vibraciones; por otro lado, debe cumplir con una serie de especificaciones técnicas respecto a potencia, tipo de frecuencias a utilizar en la zona y longitud de la antena, entre otras.

- Un gran porcentaje del equipo de comunicación es de importación. Por provenir de diferentes países, se dificulta su reparación y requiere una provisión inconvenientemente diversificada de refacciones. Por otra parte, mucho de este equipo no cumple con los reglamentos establecidos.

- Las bandas de frecuencia a menudo no son respetadas por los usuarios, quienes no las emplean de manera correcta. Esta situación provoca desorganiza

ción y congestión en los canales de comunicación. Problema que se hace más patente en los momentos de apuro y urgente necesidad.

- Por lo general, las embarcaciones menores -como las camaroneras- carecen de equipo de comunicación o el que utilizan es inadecuado. Este defecto - las imposibilita para enviar señales de auxilio cuando se presenta algún percance.

Para mejorar la comunicación marítima, se recomiendan las siguientes acciones:

1.- Implantar y reformar cursos de adiestramiento para los usuarios de los equipos de radio transmisión-recepción. La utilización de las frecuencias de modo indiscriminado y caótico refleja la educación insuficiente de los marinos. Se deben organizar cursos y campañas de concientización, en las que se enfatice la utilidad de respetar las frecuencias establecidas; destacar la conveniencia de restringir las llamadas poco importantes, evitando la saturación de las líneas; utilizar apropiadamente las frecuencias de ayuda; saber qué hacer cuando se escucha una llamada de emergencia o auxilio, etc.

2.- Establecer mejoras en las redes de comunicación por radio, telégrafo, satélite y televisión, para mantener en contacto constante cualquier embarcación o estación ubicada en la Zona Económica Exclusiva del país. De este modo, la Armada puede llegar a tener un mejor control del mar patrimonial, al poder confirmar el derrotero de las embarcaciones nacionales y extranjeras; también la Secretaría de Pesca puede llegar a conocer la ubicación de todas las embarcaciones pesqueras, conociendo con efectiva oportunidad el lugar, las especies y el tamaño de los bancos presentes en los caladeros.

3.- Mayor colaboración entre las Secretarías de Comunicación y Transportes y Marina para implementar dentro de las mejores normas de eficacia, el sistema de comunicación marítima. Es indispensable aumentar cualitativa y

cuantitativamente la red de estaciones costeras de comunicación y el personal calificado para atenderla.

El cabal desarrollo de la comunicación marítima requiere la asignación de una gran cantidad de recursos humanos, físicos, financieros y tecnológicos. - Para atenderlo, la SCT habrá de enfrentarse a un gran reto, pero su solución es impostergable si se desea ofrecer un apoyo eficaz a otros servicios oceanográficos como son: los pronósticos meteorológicos marinos, la seguridad de la vida en el mar y, la operatividad de cualquier actividad en el mar territorial y aguas adyacentes.

V. CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones generales

1) Los servicios oceanográficos, integrados por: datos sistematizados, - información accesible, cartografía actualizada, predicciones confiables, medidas para salvaguardar vidas humanas, plataformas de observación, etc., constituyen apoyos fundamentales para la toma de decisiones, tendientes a la utilización óptima y racional de los recursos marinos y del espacio oceánico en general.

2) Los servicios oceanográficos nacionales se encuentran en una etapa de arranque e insuficiencia. La información bibliográfica sobre el tema es escasa, y en la mayoría de los casos se halla dispersa y desarticulada.

3) No obstante lo obvio del importante papel de los servicios oceanográficos en el progreso del país, particularmente en lo que se refiere al uso racional de los mares, no se les ha prestado la atención e impulso debidos. Por extensión, dicho menosprecio ha limitado el desarrollo de la Oceanografía en México.

4) Es prioritario fomentar el trabajo en equipo de las instituciones generadoras de los servicios oceanográficos, evitando la falta de coordinación, la duplicación de esfuerzos y la rivalidad.

5) Es evidente la importancia de crear un sólido Organismo Coordinador de los servicios oceanográficos, que asegure que las secretarías de Estado y las instituciones de educación superior funcionen articuladamente, con un enfoque intersectorial y multidisciplinario. Este organismo debe ser capaz de identificar, organizar y difundir dichos servicios.

6) Resulta imperioso establecer y fortalecer los mecanismos adecuados para el acopio y organización de la información oceanográfica, poniéndola al al-

cance de los diferentes usuarios de manera eficiente, oportuna y confiable. - Para ello, se debe crear un Centro Nacional de Datos Oceanográficos que modernice la captación y aprovechamiento de los datos y la información oceanográfica, y adicionalmente coordine el intercambio institucional.

7) Es urgente establecer y publicar metodologías normalizadas a nivel nacional en las actividades de acopio, almacenamiento e intercambio de datos - oceánicos y para la producción de cartografía marina. La uniformidad de instrumentos, métodos y productos oceanográficos fomenta la colaboración intersectorial, ya que permite la comparación directa y confiable de la información a nivel nacional e internacional.

8) En cuanto a cartografía, se debe organizar y fortalecer el sistema de captación de la información, procesamiento, publicación y difusión. Es indispensable que las instituciones generadoras de este servicio realicen un esfuerzo conjunto por actualizar y difundir oportunamente estos productos.

9) Conviene establecer un Servicio Nacional para la Vigilancia de la Contaminación en el Mar, que permita obtener información sobre los niveles de contaminación en puntos críticos de la costa y mar abierto. Este servicio debe evaluar los contaminantes detectados en la Zona Económica Exclusiva, y llevar al cabo las medidas de prevención, protección y control.

10) Es necesario aumentar el número de laboratorios costeros que atienden las actividades de mantenimiento, reparación y calibración del equipo electrónico marino. A mediano y largo plazos, se deben estimular los estudios sobre diseño y construcción de instrumentos, con el propósito de disminuir la dependencia tecnológica del extranjero.

cance de los diferentes usuarios de manera eficiente, oportuna y confiable. - Para ello, se debe crear un Centro Nacional de Datos Oceanográficos que modernice la captación y aprovechamiento de los datos y la información oceanográfica, y adicionalmente coordine el intercambio institucional.

7) Es urgente establecer y publicar metodologías normalizadas a nivel nacional en las actividades de acopio, almacenamiento e intercambio de datos - oceánicos y para la producción de cartografía marina. La uniformidad de instrumentos, métodos y productos oceanográficos fomenta la colaboración intersectorial, ya que permite la comparación directa y confiable de la información a nivel nacional e internacional.

8) En cuanto a cartografía, se debe organizar y fortalecer el sistema de captación de la información, procesamiento, publicación y difusión. Es indispensable que las instituciones generadoras de este servicio realicen un esfuerzo conjunto por actualizar y difundir oportunamente estos productos.

9) Conviene establecer un Servicio Nacional para la Vigilancia de la Contaminación en el Mar, que permita obtener información sobre los niveles de contaminación en puntos críticos de la costa y mar abierto. Este servicio debe evaluar los contaminantes detectados en la Zona Económica Exclusiva, y llevar al cabo las medidas de prevención, protección y control.

10) Es necesario aumentar el número de laboratorios costeros que atienden las actividades de mantenimiento, reparación y calibración del equipo electrónico marino. A mediano y largo plazos, se deben estimular los estudios sobre diseño y construcción de instrumentos, con el propósito de disminuir la dependencia tecnológica del extranjero.

5.2 Conclusiones sobre aspectos de la Investigación Biológica Marina

1) Para el óptimo estudio de las complejas relaciones entre los organismos marinos y los diferentes parámetros ambientales, la Investigación Biológica Marina requiere del apoyo de servicios oceanográficos muy eficaces. Dichos servicios permiten una mejor comprensión de las características del medio marino, útil para interpretar eventos relacionados con la distribución y densidad de las cadenas tróficas; es ya reconocida la importancia de esta relación en la investigación oceánica, sobre todo en el área de pesca.

2) El tratamiento de la información biológica debe ajustarse a una clasificación metódica, seleccionando los datos que sea recomendable encargar a los centros de datos oceanográficos, con objeto de que aquellos otros que por no prestarse para su manejo en dichos centros, sea más conveniente atender separadamente por métodos especiales.

3) Intensificar los estudios físicos, químicos y biológicos, tendientes a detectar la presencia y evolución de los contaminantes en las regiones más críticas, así como la respuesta fisiológica de estos compuestos deletéreos en la flora y fauna marinas. Algunos organismos marinos pueden proporcionar indicadores muy sensibles del nivel de contaminación en una zona determinada.

4) Existe gran necesidad de instrumentos para la investigación oceanográfica. El empleo de estas herramientas comprende casi todos los aspectos de la Investigación Biológica Marina, desde la medición precisa y eficiente de los diferentes parámetros ambientales, hasta la detección de peces por medios acústicos.

VI. LITERATURA CITADA

- Anónimo, 1952, "Sailing directions for the east coasts of Central America and Mexico": Washington Government Printing Office, U.S.A., 274 p.
- Anónimo, 1980, "El Ixtoc; la doma de un gigante": Información Científica y Tecnológica, v. 2, pp. 6-11.
- Anónimo, 1981, "El sistema Landsat": Información Científica y Tecnológica, v. 3, pp. 12-13.
- Ayala-Castañares, A., 1982, "Las ciencias del mar y el desarrollo en México": Ciencia y Desarrollo, n. 43, pp. 14-27.
- Ayala-Castañares, A.; Laguarda, A.; Borrego, S.A.; Yáñez-Arancibia, A. y R. - Gfo-Argáez, 1982, "Nuestros mares". En: M. T. Márquez (ed), 10 Años del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Ciencia y Desarrollo, México, pp. 265-283.
- Bándala, C. M., 1982; "Desarrollo e integración del transporte marítimo en lo que se refiere a formación, capacitación y adiestramiento". En: Reunión Popular de Seguimiento para la Planeación: Recursos del Mar (1982-1988), IEPES, México, pp. 23-29.
- Barnes, R. D., 1977, "Zoología de los invertebrados", Ed. Interamericana, México, pp. 1-6; 84-132.
- Bascom, W., 1959, "Las olas". En: J. R. Moore (ed), Oceanografía. Seleccion- nes del Scientific American, 1975, Blume Ediciones, Madrid, pp. 49-59.
- _____, 1969, "La tecnología en el mar". En: J.R. Moore (ed), Oceanografía, Seleccion- nes del Scientific American, 1975, Blume Ediciones, Madrid, pp. 415-427.
- Behrman, D., 1972, "El nuevo mundo de los océanos", Ed. Pax-México, México, - 494 p.

- Bernstein, J., 1954, "Tsunamis". En: J. R. Moore (ed), Oceanografía, Selecciones del Scientific American, 1975, Blume Ediciones, Madrid, pp. 60-63.
- Blakeslee, S., 1983, "Oceanografía por satélite: un nuevo rostro de la Tierra", Excelsior, 15 de octubre, año LXVII, tomo V, n. 24,256, segunda parte de la sección A, p. 26.
- Bold, H. C., 1967, "Morphology of plants", Harper International Edition, New York, pp. 70-78.
- Botello, A. V., 1979, "Presencia e importancia de los hidrocarburos fósiles en el medio marino": An. Centro del Mar y Limnología, México, V. 6, n. 1, - p. 1-5.
- _____, 1982, "La contaminación en el mar": Ciencia y Desarrollo, n. 43, pp. 90-101.
- Brin, A., 1979, "Océan et énergie", Technip Ediciones, París pp. 46-49.
- Burg, A., 1982, "Entrevista con el doctor A. Ayala-Castañares": Ciencia y Desarrollo, n. 43, pp. 6-13.
- Carson, R. L., 1980, "El mar que nos rodea", Grijalbo Ediciones, Barcelona, - 278 p.
- COI, Comisión Oceanográfica Intergubernamental, 1979, "El Sistema Global Integrado de Estaciones Oceánicas (IGOSS)", Organización Meteorológica Mundial, París, 19 p.
- COLCIENCIAS, Comisión Colombiana de Oceanografía, 1980 "Plan de desarrollo de las ciencias y tecnologías del mar en Colombia", Bogotá, pp. 25-35.
- Colinvaux, P.A., 1980, "Introducción a la ecología", Ed. Limusa, México, 679 p.
- CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1975, "Programa nacional de ciencia y tecnología para el aprovechamiento de los recursos marinos", México, ser. 13, 88 p.

- Connell, J. H., 1961, "The influence of interespecific competition and other factors on the distribution of the barnacle Chthamalus stellatus": *Ecology*, v. 42, n. 4, pp. 710-723.
- Darwin, C., 1978, "El origen de las especies", Ed. Nuestros Clásicos, UNAM, México, pp. 183-207.
- Dasmann, R. F., 1975, "Un planeta en peligro", Ed. Sep-Setentas, México, 174 p.
- Dietrich, G.; Kalle, K.; Krauss W. y G. Siedler, 1980, "General Oceanography", Wiley Interscience Publication, New York, pp. 98-140.
- Dietz, R. S., 1962, "Las capas marinas de reflexión profunda". En: J.R. Moore (ed), *Oceanografía*, Selecciones del Scientific American, 1975, Blume Ediciones, Madrid, pp. 342-349.
- Dix, H. M., 1981, "Environmental pollution", John Wiley & Sons, London, 286 p.
- Doumenge, R., 1972, "Geografía de los mares", Ariel Ediciones, Barcelona, pp. 287-290.
- Eiseley, L. C., 1956, "Charles Darwin". En: J. R. Moore (ed), *Oceanografía*, - Selecciones del Scientific American, 1975, Blume Ediciones, Madrid, pp. - 11-20.
- Fontana, M. G. y N. D. Greene, 1978, "Corrosion engineering", McGraw Hill Publications, U.S.A., 463 p.
- García-Franco, S., 1947, "Historia del arte y ciencia de navegar", Instituto Histórico de Marina, Madrid, tomo II, 211 p.
- García-Segura, J., 1984, "Islas: tierras en permanente conflicto", *El Dfa*, 15 de julio, primera parte, año XXIII, n. 7.943, p. 3.
- _____. 1984, "Islas: tierras en permanente conflicto", *El Dfa*, 16 de julio, segunda parte, año XXIII, n. 7.944, p. 3.
- GESAMP, Grupo de Expertos sobre los Aspectos de la Contaminación Marina, 1972,

- "La contaminación en el medio marino", UNESCO, París pp. 3-5.
- Goldberg, E. D., 1978, "Contaminación del mar: pasado, presente y futuro": -
Ciencia y Desarrollo, n. 22, pp. 24-34.
- Holt, S. J., 1969, "Los recursos alimentarios del océano". En: J. R. Moore -
(ed), Oceanografía, Selecciones del Scientific American, 1975, Blume Edi-
ciones, Madrid, pp. 400-414.
- Idyll, C. P., 1973, "La crisis de la anchoveta peruana". En: J. R. Moore -
(ed), Oceanografía, Selecciones del Scientific American, 1975, Blume Edi-
ciones, Madrid, pp. 456-464.
- Ingersoll, A.P., 1983, "The atmosphere": Scientific American, v. 249, n. 3, -
pp. 114-130.
- Isaacs, J. D., 1969, "Naturaleza de la vida oceánica". En: J. R. Moore (ed),
Oceanografía, Selecciones del Scientific American, 1975, Blume Ediciones,
Madrid, pp. 234-249.
- Johnson, S. E., 1975, "Microclimate and energy flow in the marine rocky inter-
tidal". In: M. D. Gates y R. B. Scherl, Perspectives of biophysical eco-
logy, Ecological Studies, Springer-Verlag New York Inc., v. 12, pp. 559-
587.
- Le Pichon, X., 1977, "Explorando la gran Falla Atlántica, a tres mil metros de
profundidad": El Correo de la UNESCO, enero, n. 1, pp. 30-32.
- Lozano-Cabo, F., 1970, "Oceanografía, biología marina y pesca", Ed. Paraninfo,
Madrid, v. 3, pp. 13-31
- Lyman, J., 1977, "Hydrographic charting". In: The New Encyclopedia Britannica,
Macropaedia, Encyclopaedia Britannica Inc., U.S.A., V. 9, pp. 98-102.
- MacInnis J. B., 1966, "Viviendo bajo el mar". En: J. R. Moore (ed), Oceano-
grafía, Selecciones del Scientific American, 1975, Blume Ediciones, Madrid,

pp. 428-438.

- Margalef, R., 1974, "Ecología", Omega Ediciones, Barcelona, 951 p.
- Mayr, E., 1979, "Evolution and the diversity of life", Harvard University - Press, London, pp. 552-553; 604-607.
- McIntyre, F., 1970, "Por qué el mar es salado". En: J. R. Moore (ed), Oceanografía, Selecciones del Scientific American, 1975, Blume Ediciones, Madrid, pp. 118-130.
- Moore, J. R. (ed), 1975, "Oceanografía", Selecciones del Scientific American, Blume Ediciones, Madrid, 475 p.
- Moravcsik, M. J., 1981, "El papel y la función de una infraestructura científica y tecnológica en el contexto político de desarrollo", En: Simposio de la ciencia y la tecnología en la planeación del desarrollo, CONACYT, Ciencia y Desarrollo, México, pp. 277-293.
- Naciones Unidas, 1973, "La aplicación de la tecnología del espacio al desarrollo", Nueva York, 95 p.
- OCMI, Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, 1977, "Decreto por el que se promulga el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS) en México". En: Diario Oficial, 9 de mayo, pp. 60-101.
- _____, 1979, "Conferencia Internacional sobre búsqueda y salvamento marítimos", Londres, 41 p.
- Odum, E. P., 1972, "Ecología", Ed. Interamericana, México, 639 p.
- Odum, H. T. y E. P. Odum, 1955, "Trophic structure and productivity of a Windward coral reef community on Eniwetok Atoll": Ecological Monographs, v. 25, n. 3, pp. 291-320.
- Ormanney, F. D., 1950, "El océano", Fondo de Cultura Económica, México, 267 p.
- Owen, O. S., 1977, "Conservación de recursos naturales", Ed. Pax México, México, 648 p.

- Parker, E. K., 1962. "SCUBA as a scientific tool". In: R. W. Fairbridge (ed), The Encyclopedia of Oceanography, 1966, Reinhold Publishing Corporation, New York, v. 1, pp. 774-777.
- PROMAR, Programa Nacional Indicativo para el Aprovechamiento de los Recursos Marinos, 1982, "Ciencia y Tecnología para el aprovechamiento de los recursos marinos: situación actual, problemática y políticas indicativas", Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 115 p.
- Ranken, M. B., 1976. "The prevention of pollution of the sea". In: Ocean Engineering, Engineering Committee on Oceanic Resources (ECOR), Holland, p.37.
- Revelle, R. y B. Thompson, 1982, "Los océanos y el clima": Ciencia y Desarrollo, n. 43, pp. 28-36.
- Reynaga, R. A., 1978, "El uso del sonar": Técnica Pesquera, diciembre, n. 131, pp. 33-36.
- Roll, H. U., 1979. "Un foco de investigación oceánica, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental: historia, funciones y realizaciones", Colección Técnica de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, ser. 20, 70 p.
- _____, 1982, "Una verdadera colaboración en Oceanografía": Ciencia y Desarrollo, n. 43, pp. 64-73.
- Scheen, R., 1979, "Navegación y maniobra". En: J. Lundblach (ed), Enciclopedia Náutica Ilustrada, Blume Ediciones, Barcelona, pp. 224-225.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1980-1981), "Informe de labores", México, 526 p.
- Secretaría de Gobernación, 1981, "Régimen jurídico e inventario de las islas, cayos y arrecifes del territorio nacional", México, 92 p.
- Secretaría de Marina, 1974. "Compendio de hidrografía, primera parte", México, 522 p.

- _____, 1977, "Régimen jurídico de las islas mexicanas y su catálogo", México 89 p.
- _____, (1981-1982), "Informe de labores", México, 164 p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981, "Información sobre información: Oceanografía", México, primera parte, n. 12, 58 p.
- Southward, A. J., 1958, "The zonation of plants and animals on rocky sea shores": Biol. Rev., v. 33, pp. 137-177.
- Steven, P. R., 1970, "Modelo de capas de surgencias costeras", México; Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM, 59 p.
- Sullivan, W., 1983, "El derrame del Amoco Cádiz todavía contamina estuarios y ciénagas" (del N. Y. Times News Service), Excelsior, 21 de julio, año - LXVII, tomo IV, n. 24, 171, segunda parte de la sección A, p. 26.
- Sverdrup, H. U.; Johnson, M. W. y R. H. Fleming, 1970, "The oceans: Their physics, chemistry and general biology", Prentice-Hall Inc., New York, pp. - 267-274; 331-385.
- Williams, J., 1973, "Oceanographic Instrumentation", Naval Institute Press, - Maryland, U.S.A., 189 p.
- Yáñez-Arancibia, A., 1982, "Usos, recursos y ecología de la zona costera": - Ciencia y Desarrollo, n. 43, pp. 58-63.

ANEXO 1.- Diversas aplicaciones de los satélites en los usos y recursos de la tierra (Naciones Unidas, 1973).

a) Comunicaciones

- Comunicaciones entre estaciones fijas a grandes distancias
- Transmisión de la voz en zonas extensas
- Transmisiones de televisión en zonas extensas
- Transmisión facsimil
- Retransmisión y reunión de datos
- Navegación:

Aeronaves y embarcaciones en alta mar

b) Meteorología

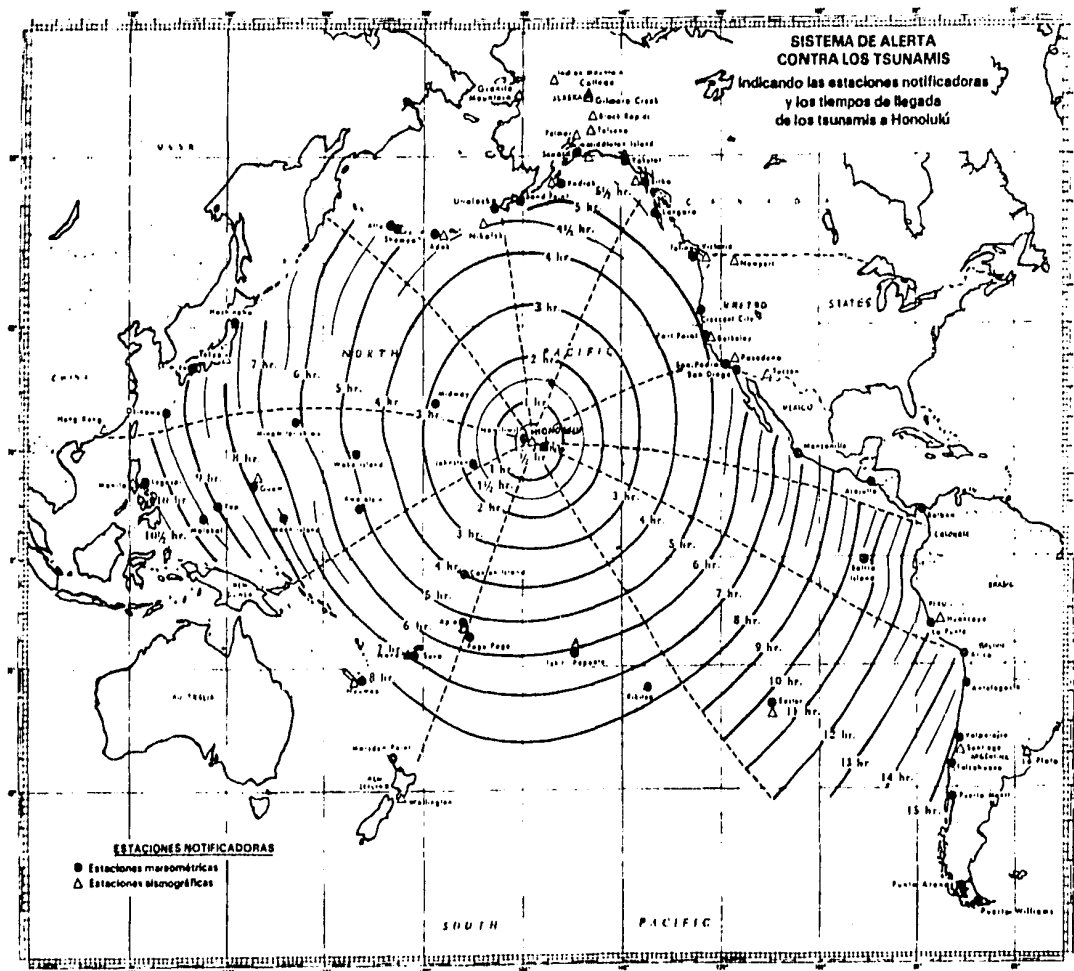
- Observación de la cubierta de nubes durante las 24 horas del día
- Observación de la estructura de la atmósfera para pronósticos meteorológicos a largo plazo
- Observaciones continuas de los cambios meteorológicos
- Alarma en caso de tormentas y huracanes

c) Estudio de los recursos terrestres

- Agricultura y silvicultura
- Recursos hidráulicos
- Oceanografía
- Control de la contaminación
- Geología y mineralogía
- Geografía y cartografía

d) Geodesia

- Sistema mundial de referencias geodésicas
- Campo gravitacional



ANEXO 2 .- Mapa que muestra la localización de las estaciones que integran el Sistema de Alerta contra los Tsunamis (tomado de Roll, 1979).

ANEXO 3 .- Algunas aplicaciones de los aviones y satélites en la Oceanografía,
(Naciones Unidas, 1973).

Aplicaciones	Tipo de datos	Aspectos que pueden conocerse con dicha información
Navegación	Altura de las olas	Estado del mar
	Temperatura de la superficie	
	Gradientes de la temperatura de la superficie	Corrientes
	Color de las aguas	
	Anomalías de la temperatura	
	Superficie de contacto entre el agua y el hielo	Riesgos (como icebergs)
Meteorología	Altura de las olas	
	Color de las aguas	Vientos
	Temperatura de la superficie	Evaporación
	Anomalías de la temperatura	Evolución de los ciclones
Geografía costera	Superficie de contacto entre la tierra y el agua	
	Tonos y contrastes cromáticos	Topografía de la costa
	Tono del color de las aguas	Afluentes de los ríos y depósitos de los sedimentos
	Elevación de la superficie de las aguas	Nivel y pendiente del mar

Biología marina

- Tono de los colores
- Tono de los colores
- Tono de los colores

- Bioluminiscencia
- Plancton
- Bancos de peces y algas

Alimentos
procedentes del
mar

- Gradiente de la temperatura de la superficie del mar
- Gradiente de la temperatura de las aguas
- Color de las aguas
- Refracción y tonos de los colores de las olas
- Características del ultravioleta y demás características de la evaporación

- Corrientes ascendentes
- Corrientes y remolinos
- Topografía del fondo del mar
- Manchas de aceite causadas por petróleo o por peces