



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

LA CARTOGRAFIA MARINA EN MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A :

JOSE LUIS AGUSTIN FRIAS SALAZAR

ASESOR DE TESIS:

ING. PORFIRIO GARCIA DE LEON CAMPERO



MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

La Cartografía Marina en México

AGRADECIMIENTOS

Dedico esta tesis a mis padres: **José Frías Herrera y Victoria Salazar Reynoso**, por su cariño y esfuerzo, que hicieron posible terminar mis estudios de licenciatura.

A mi querida esposa: **M^a del Carmen Meza Alcántara**, por su apoyo, comprensión y entusiasmo en el devenir de esta tesis

A mis hijas: **Marlel, Ilse y Karel**, por su amor fortificante. Que este hecho sea un ejemplo a seguir, para su futura educación, dando siempre su mejor esfuerzo, aún en la adversidad.

A mis hermanos, por su apoyo y confianza. Las metas se cumplen con voluntad y perseverancia.

Un special reconocimiento a la memoria de mi colega, compañero y amigo **+José Luis Pérez Guerrero**, con quién inicié el proyecto original de esta tesis. que en paz descanse

La Cartografía Marina en México

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I MARCO CONCEPTUAL	8
CAPÍTULO II LA CARTOGRAFÍA Y LAS ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL MAR	13
1. LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS	13
1.1. <i>El Comercio</i>	13
1.2. <i>La Pesca</i>	16
1.3. <i>La Explotación de Hidrocarburos Fósiles</i>	22
1.4. <i>Extracción y Explotación de Minerales</i>	30
1.5. <i>El Turismo</i>	41
2. LA NAVEGACIÓN	46
3. EL DESARROLLO PORTUARIO	52
4. LAS INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS	59
CAPÍTULO III LOS MARES MEXICANOS	71
1 BAJA CALIFORNIA PACÍFICO	72
1.1. <i>Aspectos de Oceanografía Geológica</i>	72
1.2. <i>Aspectos de Oceanografía Física</i>	79
2 GOLFO DE CALIFORNIA	83
2.1. <i>Aspectos de Oceanografía Geológica</i>	83
2.2. <i>Aspectos de Oceanografía Física</i>	94

La Cartografía Marina en México

3.	<i>PACÍFICO TROPICAL MEXICANO</i>	103
3.1.	<i>Aspectos de Oceanografía Geológica</i>	103
3.2.	<i>Aspectos de Oceanografía Física</i>	111
4.	<i>GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE MEXICANO</i>	114
4.1.	<i>Aspectos de Oceanografía Geológica</i>	114
4.2.	<i>Aspectos de Oceanografía Física</i>	124
4.3.	<i>Aspectos meteorológicos</i>	129
CAPÍTULO IV PRODUCCIÓN DE CARTOGRAFÍA MARINA EN MÉXICO		133
1.	<i>LAS CARTAS NÁUTICAS</i>	136
2.	<i>LAS CARTAS BATIMÉTRICAS</i>	140
3.	<i>LAS CARTAS TEMÁTICAS Y OTROS PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS</i>	152
4.	<i>LA CARTOGRAFÍA Y LA LEY FEDERAL DEL MAR</i>	157
CONCLUSIONES		168
BIBLIOGRAFÍA		175

La Cartografía Marina en México

INTRODUCCIÓN

Nuestro país cuenta con 2'892,000 km² de mar jurisdiccional. En ese espacio se suceden gran variedad de fenómenos de diversa naturaleza que invariablemente influyen en la distribución y abundancia de los recursos marinos.

En los últimos 20 años, los recursos del mar han sido objeto de un particular interés, que se explica fundamentalmente por el considerable desarrollo científico y tecnológico realizado a nivel mundial y por las enormes potencialidades que ofrece la explotación de los océanos.

El acelerado crecimiento de las zonas urbanas y portuarias, en especial la explotación masiva de petróleo, pesca comercial y transportación marítima, son factores determinantes de la interacción del hombre con el medio ambiente marino, que requieren ser abordados con un enfoque interdisciplinario e intersectorial, con el fin de lograr el conocimiento básico que permita una planeación adecuada y la correcta toma de decisiones para su uso.

El creciente interés por conocer y obtener los mayores beneficios posibles del mar ha sido la pauta para el surgimiento de la cartografía marina: "disciplina" que engloba todos aquellos estudios y operaciones científicas, artísticas y técnicas que intervienen a partir de los resultados de las observaciones directas de la explotación de una documentación sobre los mares y océanos en el establecimiento de cartas, planos y otras formas de expresión¹, realizados para efectos de un mejor entendimiento de las relaciones que se dan entre los procesos naturales y las condiciones de la hidrósfera.

El objetivo principal de esta tesis consiste en determinar el estado de la cartografía marina en México y destacar su importancia en el conocimiento de los mares mexicanos, así como enfatizar el papel que desempeña en las diversas actividades y operaciones relacionadas con el mar, para así visualizar la aplicación de sus recursos.

El primer capítulo es el sustento metodológico que se ocupa de enmarcar el por qué dedicar una disciplina como es la cartografía marina en nuestro país. Se hace énfasis en la relación que tiene con las diversas áreas de actividad económica, a partir del hecho de que el espacio marítimo a estudiar, conocer, explorar, explotar y conservar es el área conocida como Zona Económica Exclusiva, ZEE.

¹ Definición del autor de esta tesis tomando como base la definición adoptada por la comisión para la formación de cartógrafos de la Asociación Cartográfica Internacional (ICA), reunida en la UNESCO (Paris, Abril de 1996).

La Cartografía Marina en México

En la actualidad con la vigencia de los problemas ambientales, México requiere de una estrategia nacional para aprovechar y preservar sus mares y sus recursos, apoyándose en su propia infraestructura y en sus mejores recursos humanos, para poder cumplir con los compromisos internacionales como por ejemplo, la Convención de la ONU sobre Derecho del Mar (CONVEMAR), así como para que los mares constituyan un componente esencial de la estrategia futura para el desarrollo sustentable del país.

Otro aspecto importante es el incremento general de las actividades marítimas en casi todas las categorías, paralelas a las necesidades presentes y futuras del comercio marítimo junto con el incremento de la población. Por tal motivo, el segundo capítulo **La Cartografía y las actividades relacionadas con el mar**, destaca la importancia de desarrollar la cartografía temática marina aplicada a las diversas áreas de actividad económica, así como de las operaciones en el mar entre otras aplicaciones, para el mejoramiento de los servicios y optimización de las actividades económicas que tienen como escenario el mar. Por ejemplo:

a).- La correlación que existe en la economía marítima de una nación con la disponibilidad y adecuación de la cartografía requerida para la seguridad de las flotas y embarcaciones empleadas para el transporte marítimo, en la delimitación de la ZEE y de la plataforma continental, entre otras áreas marinas, así como, el desarrollo de las pesquerías, las investigaciones marinas, el manejo costero y la prevención de la contaminación marina, etc.

b).- El mantenimiento constante de las cartas náuticas es un requisito básico para la salvaguarda marítima, debido al incremento del calado de los buques en el mundo, el cambio de profundidad - mayor de 20 metros -, el mejoramiento de las instalaciones portuarias, la necesidad de protección del medio ambiente marino y la ecología costera.

c).- La elaboración de cartografía de áreas nuevas como es la plataforma continental, debido al gran potencial que ofrece para el desarrollo de hidrocarburos y pesquerías y las nuevas oportunidades de desarrollo de actividades turísticas y recreacionales.

d).- La elaboración de la cartografía de áreas en islas marítimas no costeras y cartas especiales para la defensa, vigilancia o patrullaje, pesquerías, manejo de recursos marinos fuera de la costa y con fines de esparcimiento son necesarias para favorecer el avance de países marítimos en vías de desarrollo.

Los avances de la tecnología oceánica moderna han tenido enorme influencia sobre la investigación oceanográfica y sobre la manera de planificarla y ejecutarla. El desarrollo de instrumentos cada vez más precisos y sofisticados

La Cartografía Marina en México

para la medición continua y automática de los parámetros oceánicos, ha permitido comprender mejor las operaciones científicas y comerciales, en el complejo medio oceánico. Actualmente en el país se realizan investigaciones de tipo científico oceanográfico, así como actividades y operaciones en el mar sin un adecuado plan integral de desarrollo. Además, la mayoría de los resultados de estas investigaciones se muestran al usuario a través de gráficos y diagramas que acompañan a sus publicaciones en revistas y boletines científicos, careciendo de toda precisión y detalle, razón por la cual se incluye un capítulo en esta tesis dedicado a los **Mares Mexicanos**. Se describen sus aspectos geológicos, físicos y meteorológicos a partir de los resultados de las investigaciones oceanográficas.

Debido a que nuestros mares son escenario de una gran variedad de fenómenos de diversa naturaleza que influyen definitivamente en la distribución de los recursos marinos, para entender dichos fenómenos es necesario conocer integralmente las características oceánicas básicas generales, regionales y locales, y que desde mi punto de vista no han sido cubiertas, ya que si bien se ha efectuado una gran variedad de estudios en la diversa temática marina, éstos se han llevado a cabo principalmente por investigadores extranjeros. No se cuenta con los datos fuente que pudieran servir a otros investigadores interesados. También esta situación incide en la duplicidad de trabajos tanto por parte de la distribución geográfica como por la temática, simplemente por el desconocimiento de la existencia de estudios previos.

La falta de un mapa que exprese los conocimientos oceanográficos de una época así como la falta de ese elemento auxiliar tan notable que apoye las investigaciones realizadas como es la cartografía dedicada a los aspectos del mar, es causa importante del atraso en el conocimiento de la naturaleza de nuestros mares.

El cuarto capítulo se ocupa de señalar los trabajos efectuados por las instituciones mexicanas encaminadas a la **Producción de Cartografía Marina** o que por alguna razón han publicado algún aspecto relacionado con esta actividad, de manera que permita conocer los alcances y logros que en materia de cartografía marina básica y temática han realizado, así como evaluar los esfuerzos para planear la producción que en un futuro se pudiera tener con base en una mejor organización, aunque desafortunadamente la mayoría de estos esfuerzos y alcances siguen aún dispersos.

En nuestro país es innegable que la producción de cartografía en el ámbito marino no ha sido suficientemente integrada para atender las demandas; también se hace patente la falta de coordinación entre los diferentes sectores, la escasa participación de las dependencias productoras y usuarias de información para realizar un esfuerzo común y lograr obtener mejores resultados

La Cartografía Marina en México

y en lo que se pudiera conformar un plan cartográfico de cobertura nacional, para evitar la multiplicidad de esfuerzos.

El interés nacional, manifestado por las diferentes instituciones y dependencias del gobierno para aprovechar y conservar de una manera racional los recursos marinos y costeros, demanda determinar, en plazos inmediatos, la mayor o menor susceptibilidad de esos medios respecto a las intervenciones humanas, con el propósito de plantear las opciones técnicas en la administración, uso y conservación de los recursos.

También se hace mención de los señalamientos de La Convención de la ONU sobre Derecho del Mar en cuanto a la urgente necesidad de los Estados costeros a delimitar la extensión de sus áreas marinas dentro de las que cabo señalar la ZEE, el mar territorial, la zona contigua, las aguas interiores y la plataforma continental las cuales requieren que se adicione un considerable número de datos para su análisis. Los patrones de las actividades pesqueras en el mundo han cambiado significativamente y la búsqueda de abastecimientos adicionales de alimentos del mar solicita de la colección de nuevos datos para la industria pesquera. El fomento de la obtención de hidrocarburos no solo exige costosas actividades de compañías petroleras nacionales y multinacionales, sino también requieren acciones gubernamentales para acceder a las reservas potenciales costa afuera de manera que esto se pueda manejar efectivamente.

La Ley Federal del Mar señala que los límites de las zonas marinas de jurisdicción nacional deberán ubicarse de manera precisa, tanto en sus límites internos y externos como en la colindancia con los Estados vecinos en las cartas reconocidas oficialmente por nuestro país, esto es necesario para asegurar que México esté en posición de cumplir con las obligaciones internacionales del caso, así como para poder ejercer los poderes, derechos, jurisdicciones y competencia en cuanto a las actividades de navegación, obras, islas artificiales, instalaciones y estructuras, recursos vivos y no vivos, aprovechamiento económico del mar, protección y preservación del medio marino, e investigación científica marina.

Mi experiencia en la actividad cartográfica se ha centrado fundamentalmente en el área de la cartografía básica marina. Se ha participado en la preparación de la serie de cartas batimétricas escala 1:1'000,000 de la Dirección General de Geografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); así como en una serie de proyectos piloto de cartografía temática como son: carta de puertos, carta de pesca 1:250, 000 (Golfo de México), carta batimétrica escala. 1:250,000 (parte media del Golfo de California), y carta de corrientes superficiales de la Zona Económica Exclusiva de México, con ello se captó la necesidad de profundizar en el estudio de la situación actual del servicio de cartografía marina que presta el Estado y las instituciones de investigación y educación superior conectados con los recursos

La Cartografía Marina en México

del mar en México. Dicha observación hizo nacer en el autor de esta tesis la primera inquietud por el tema.

Debido a que la administración del mar es un problema intersectorial complejo, se investigaron cuales son las instituciones responsables de proporcionar el servicio de cartografía marina, así como sus beneficios a los usuarios, entre otros, los relacionados con los usos y los recursos del mar. Se analizaron también los esfuerzos de cooperación nacionales e internacionales para la producción y el desarrollo de la cartografía marina. Una vez obtenida la información se analizó la problemática global de dicha cartografía y se detectaron sus deficiencias, por lo que se proponen alternativas para su aplicación.

En este espacio oceánico el aprovechamiento integral de sus recursos es aún deficiente para satisfacer las necesidades del país, en aspectos de alimentación, portuarios, de navegación, industriales y turísticos, entre otros.

Lamentablemente, la cartografía marina no ha sido todavía debidamente reconocida y apoyada, ya sea por ignorancia, o por nuestra tradicional cultura continental, sin embargo las instituciones y dependencias han hecho algunos esfuerzos por crear una plataforma básica que debe ser consolidada, mantenida y estimulada para continuar con el desarrollo de la cartografía; así como para promover el correcto uso y aprovechamiento de los mapas, cartas y bases de datos, requeridos y su aplicación a los recursos marinos, procurando la conservación de sus ecosistemas, y sobre todo, coadyuvar al desarrollo integral del país.

La Cartografía Marina en México

CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL

Desde sus orígenes, México ha sido considerado un país agrícola; las civilizaciones precolombinas, la etapa colonial, la independencia y el porfiriato, encauzaron grandes esfuerzos hacia el desarrollo de la agricultura. Más tarde, el fenómeno social de la Revolución Mexicana de 1910 abrió un horizonte mayor a esa orientación agrarista, al demostrar la validez del postulado de la repartición de la tierra como base para el adecuado desarrollo socioeconómico del país.

Esta filosofía agraria ha tratado de ser complementada en los últimos años con una orientación marina, ya que ha demandado nuestro crecimiento demográfico la conveniencia de diversificar nuestra economía y nuestras exportaciones y, en especial, el potencial extraordinario que ofrecen nuestros mares.

"Nuestro país cuenta con 11,542 Km de litorales en los que existen aproximadamente 1'500,000 hectáreas de lagunas costeras y esteros. En 1976 México acrecentó su superficie marina en 2'892,000 km² al establecer su ZEE. Con esta medida, el país amplió su superficie y la porción marina pasó a ser mayor que la terrestre"¹ (figura 1.1).

En diciembre de 1981, el Presidente de la República Mexicana, dio a conocer también la iniciativa para que se preparara y legislara el "Proyecto de Ley sobre el Dominio Marítimo de la Nación o Ley Federal del Mar" (1981-1983), en él se indica que la publicación de la ley incluyera la delimitación precisa de las zonas marinas de jurisdicción nacional, tanto por lo que respecta a sus límites internos y externos como a la colindancia con los Estados vecinos siendo estas: a) el mar territorial, b) las aguas marinas interiores, c) la zona contigua, d) la plataforma continental o insular y, e) la zona económica exclusiva.

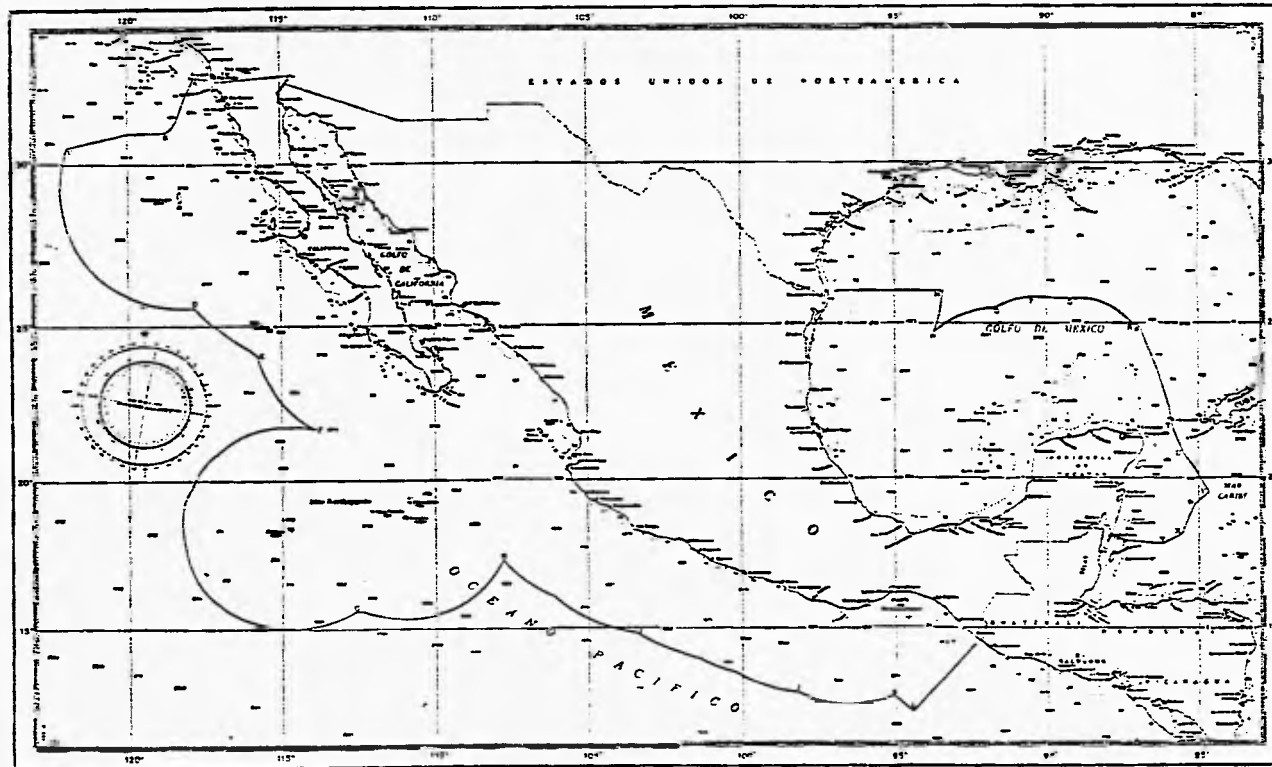
También señala que los límites estarán indicados en las cartas o mapas reconocidos oficialmente por México. Esto es necesario para asegurar que el país esté en posición de cumplir con las obligaciones internacionales del caso, así como para poder ejercer los poderes, derechos, jurisdicciones y competencia en cuanto a las actividades de navegación, obras, islas artificiales, instalaciones y estructuras, recursos vivos y no vivos, aprovechamiento económico del mar, protección y preservación del medio marino, e investigación científica marina. (figura 1.1)

La Cartografía marina ocupa un papel importante en la instrumentación de políticas en los países más avanzados y en las naciones que pretenden

¹ "Terminología sobre derecho del mar", Vargas Jorge A. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, 1979, México.

(figura 1.1)

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
ZONA ECONOMICA EXCLUSIVA



La Cartografía Marina en México

adecuarse a la nueva dinámica mundial como es el caso de México. Presenciamos un aumento considerable de la velocidad de los cambios, hasta llegar al nivel en que se ha venido especializando la facultad de prever el futuro para la toma de decisiones.

El creciente interés por conocer y obtener los mayores beneficios posibles del mar ha sido la pauta para el surgimiento de las ciencias del mar que engloban todos aquellos estudios científicos, sobre los mares y océanos, realizados para efectos de un mejor entendimiento de las relaciones que se dan entre los procesos naturales y las condiciones de la hidrósfera.

Las cartas marinas aplicadas a los factores oceanográficos permiten conocer la gran variabilidad de dichos factores a través del tiempo. Es conveniente pormenorizar o detallar primero a los niveles de variables como la temperatura, salinidad, p.h., oxígeno disuelto a nivel superficial y de grandes regiones y, determinar con precisión cómo intervienen en la dinámica oceánica de nuestros mares, destacar las diferencias entre las diferentes masas de agua, así como de sus manifestaciones a través del tiempo. De ahí la importancia del uso de la cartografía para señalar el comportamiento global y regional de las corrientes, mareas, masas de agua, y la fenomenología global, como es el cambio climático y el fenómeno del niño que afectan a toda la biósfera de la Tierra. - un intento se ha iniciado en la sección de oceanografía física del Atlas Nacional de México; se incluye de tal suerte una parte que muestra estos aspectos oceanográficos de manera que permitan un tratamiento a nivel regional, de cómo podemos estudiar nuestros mares, destacando que la base de ese conocimiento es efectuado por las instituciones de investigación en la materia utilizando métodos y técnicas de captura propios en los que el escenario es el mar, para posteriormente plasmar ese conocimiento en manuscritos reportes y documentos científicos que generalmente van acompañados esquemáticamente de pequeños mapas muy generales que frecuentemente adolecen de las cualidades de un buen mapa. De ahí que se presenten en esta tesis una serie de gráficas a manera de señalamiento de la falta de vinculación con los cartógrafos, geógrafos y otros especialistas de las ciencias del mar en la realización de esta tarea: la elaboración de la cartografía marina.

Por ello, la contribución al mejoramiento de las técnicas y métodos cartográficos por medio de las nuevas tecnologías, deben constituir la herramienta adecuada para su desarrollo y crecimiento con objeto de satisfacer a corto plazo demandas de alimentos, minerales y energía provenientes de los océanos. Conceptualizar la cartografía marina significa apoyar la visión de la ciencia pura y básica connotando el adiestramiento de la misma hacia intereses públicos. En México, a pesar de estar conscientes de la enorme riqueza potencial de nuestros mares, tanto de recursos renovables como no renovables, la vieja problemática de la sobreexplotación de unos y el desaprovechamiento de otros, es aún vigente.

La Cartografía Marina en México

De esta manera la tendencia de la ciencia en nuestro país hacia una especialización no planificada, ha coadyuvado en gran parte a que cada una de las ramas se torne en ocasiones sin relación con las demás, así como a duplicar esfuerzos bajo un marco de visualización y de estudio de un mismo fenómeno desde distintos puntos de vista.

En otro sentido, nuestro instinto de imitación hacia los países desarrollados, en una desigual competencia, ha sido una de entre tantas razones de un desarrollo insatisfactorio de la cartografía marina ya que la sola transferencia directa de "tecnologías avanzadas" hacia nuestro país y con ellas las metodologías educativas que las acompañan, no deben constituir por sí solo, el instrumento adecuado para su crecimiento; los países en vías de desarrollo como es el caso de México deben decidir por su cuenta qué tipo de tecnología armoniza con su demanda y estructura nacional; pero no solo eso sino planificar a conciencia la distribución de la misma con base en las prioridades nacionales, lo cual deja entrever el replanteamiento de la gran necesidad de establecer una verdadera estrategia integral del uso y aprovechamiento, y con ello de los recursos de investigación de los mares mexicanos con vías a mejorar el desarrollo socioeconómico del país.

Un aspecto importante ha sido el incremento general de las actividades marinas al mismo tiempo que el incremento de las necesidades presentes y futuras del comercio marítimo, que junto con el aumento de la población, demanda incrementar la actividad cartográfica: la correlación que existe en la economía marítima de una nación con la disponibilidad y adecuación de la cartografía náutica requerida para la seguridad de las flotas empleadas en el transporte marítimo, en la delimitación de las áreas marinas de jurisdicción nacional; así como en el desarrollo de las pesquerías, las investigaciones oceanográficas, el manejo costero y la prevención de la contaminación marina, etc.

Las cartas náuticas constituyen la base de la navegación y sirven también como actividad primordial para el comercio marítimo y el tráfico de embarcaciones de pesca, turísticas, de recreo, petroleras, etc. Se destaca también que la ausencia de cartas náuticas o la obsolescencia de estas impactará a la economía de la nación, ya que aún el puerto más nuevo o moderno no será visitado o servido por un gran barco comercial, si no existen cartas portuarias y de aproximación precisas y actualizadas.

Así también, es conveniente estudiar el estado que guarda la cartografía marino-portuaria con referencia particular a las necesidades de desarrollo del país, para mejorar las facilidades del puerto, zonas de atraque de embarcaciones para impulsar su uso al comercio internacional.

La Cartografía Marina en México

Hoy en día, dado el incremento de las actividades pesqueras se requerirá incrementar las cartas dedicadas a las pesquerías así como mantener un programa de levantamientos hidrográficos con apoyo a la cartografía pesquera. Los pescadores requieren mejorar su potencial en el mar, con el advenimiento del ecosonda electrónico, el radar y los sistemas de posicionamiento global, GPS las cartas especiales para pescadores podrán utilizarse en el futuro, más aún con la expansión de las actividades dentro de la zona económica exclusiva.

Los términos **zona económica exclusiva** y **plataforma continental** en sentido legal, son resultado de la serie de conferencias de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar. La extensión de las 200 millas náuticas a partir de las líneas de base, fue designada para proveer a los Estados costeros derechos en el manejo de los recursos marinos, incluyendo las actividades de pesca, también se impone a los Estados costeros ciertas responsabilidades, incluyendo las cartas y levantamientos de sus zonas económicas exclusivas, sin embargo el control sobre el desarrollo de los recursos marinos no renovables se extiende hasta el límite de la plataforma continental. El tamaño de la plataforma continental indica los nuevos requerimientos de cartografía, tanto por la delimitación de la plataforma como por las reservas potenciales de los recursos no renovables.

El patrón de crecimiento de la industria del petróleo y gas natural es difícil de predecir. No solo requiere costosas actividades de compañías petroleras, sino que también requiere acciones gubernamentales para acceder a las reservas potenciales. El primer requerimiento es cartografiar la ubicación de las reservas, los sitios de perforación deben ser levantados detalladamente una vez que las plataformas de producción se encuentren ubicadas con precisión, la cartografía batimétrica se requiere para planear las rutas de los oleoductos para que finalmente se tenga una estrategia para la recuperación de estos recursos.

Por otra parte es justo conocer los alcances y logros que en materia cartográfica han sido obtenidos, así como los grandes esfuerzos realizados para dar a conocer los frutos que en un futuro pudieran tener con base en una mejor organización. Desafortunadamente la mayoría de estos esfuerzos y alcances siguen aún dispersos.

El propósito de esta disciplina tiende a resaltar el valor real de los estudios del futuro, para esto, no solo la cartografía dedicada a la parte continental ha sido reconsiderada sino también la cartografía marina (básica y temática) han alcanzado un nivel en el que se requiere de especialistas dedicados a la geología, geofísica, física, geomorfología, pesquerías, oceanografía, etc., al final la llamada "cartografía asistida por computadoras" o "nueva cartografía" introduce una nueva versión.

La Cartografía Marina en México

Hacer cartografía es entender que las actividades se han expandido rápidamente y que es de gran interés para la sociedad mostrar ahora la dinámica con que se presentan los cambios del acontecer diario.

La complejidad de los problemas a resolver y la complejidad de los procesos de producción requiere de una estrecha cooperación entre los expertos de una misma disciplina y todos los relacionados con las otras disciplinas.

Las diferentes disciplinas de los especialistas que participan en la elaboración de mapas y las diferentes aplicaciones de los nuevos mapas han hecho distintos los tipos de cartografía no solo con relación a su contenido sino a los métodos de producción, manejo de datos, modelos de presentación de la información y equipo de trabajo, no solo las nuevas tecnologías y las nuevas técnicas de grupos de trabajo se hacen necesarios, sino que algo más es requerido: una nueva actitud y una visión objetiva de las cosas porque nos enfrentamos a un período de cambio tecnológico rapidísimo.

Bajo la influencia de un número de fuerzas externas, la cartografía se ha desarrollado por siglos como una disciplina multifacética y compleja, los más recientes progresos en los sistemas de información geográfica están dando mayores estímulos a los profesionistas, y aún, una mayor influencia se experimentará en el futuro gracias al desarrollo de la ciencia y tecnología de la computación.

Adelantos en las ciencias de la computación permiten recolectar, difundir y almacenar largas series de datos antes de proceder a su manipulación y evaluación a una escala mayor de la que nunca se había imaginado.

Existen varios eventos a nivel internacional que constituyen grandes compromisos para nuestro país y que es conveniente tener en cuenta: a) la Convención de la ONU sobre Derecho del Mar (CONVEMAR), firmada en 1982, la cual entró en vigor en 1994; b) la Conferencia de la ONU sobre el Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), capítulo 17, 1992; c) la Convención Macro sobre Cambio Climático, 1992; d) el Convenio sobre Diversidad Biológica, 1992 y e) la Segunda Conferencia Internacional sobre Oceanografía, Lisboa, 1997 "para un uso sostenible de los océanos y las zonas costeras". En todos ellos México ha adquirido importantes compromisos.

Para ser congruentes con la responsabilidad de la cartografía moderna, los países en desarrollo, particularmente, requieren reforzar sus infraestructuras nacionales, la planeación fundamental de sus mares, con inversiones adecuadas y continuidad de acciones, además de actualizar su legislación y estimular a las comunidades científicas para responder a los retos del siglo XXI.

CAPÍTULO II LA CARTOGRAFÍA Y LAS ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL MAR

I. LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS

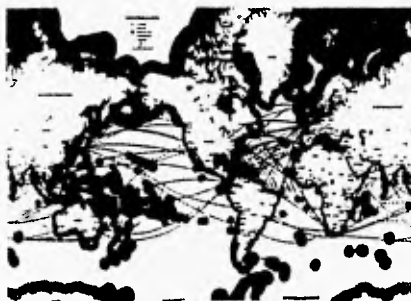
I.1 El Comercio

Rutas Oceánicas y de Cabotaje

De entre todas las realidades y posibilidades que el mar ofrece a la humanidad, las rutas marítimas son quizá las de más trascendencia, y determinan la necesidad que el hombre ha sentido siempre de incorporarlo a su medio de vida, la posibilidad de cruzarlo en todas direcciones, haciendo accesible, a más abajo esfuerzo, cualquier punto que se halla en contacto con el espacio marítimo considerado, y su especial amplitud para el transporte de grandes masas.

La razón del tráfico marítimo actual radica en las crecientes necesidades de los centros de producción en gran parte industriales.

Como quiera que los centros productores, industriales y de consumo, se hallan diseminados por todo el mundo, ello ha determinado una verdadera red de rutas marítimas que están relacionadas con la situación de los lugares de origen y destino; si bien hoy, por la modalidad del transporte, que resulta más económico cuanto mayor sea el buque que lo realice, siempre que exista la posibilidad de completar su cargamento, se concentran las mercancías mediante el cabotaje en determinados puertos, de donde parten a otros de destino también determinados, para ser distribuidas igualmente mediante el cabotaje, por lo que las rutas marítimas se hallan agrupadas en haces que definen zonas de navegación.



Red mundial de Rutas Marítimas, relacionan los lugares de origen y destino

La Cartografía Marina en México

La función del transporte marítimo es concreta: aumentar el área de obtención y aprovechamiento de aquellos productos que faltan en un territorio y pueden ser obtenidos al otro lado del mar, áreas que evidentemente se extienden hacia el interior de los continentes, lo que ha creado una estrecha relación entre el transporte marítimo y el terrestre.

Las rutas marítimas deben ser permanentes; son, por lo tanto, vías de comunicación por donde fluye, a través de los mares, un tránsito continuo de viajeros y de mercancías.

En consecuencia estas rutas no nacen ni están repartidas al azar, sino que surgen y están impulsadas por las corrientes comerciales que por ellas fluyen, y quedan definidas muchas de ellas por las propias mercancías: petróleo, minerales, cereales, etc.

Los elementos meteorológicos, la mar sobre todo, influyen de tal forma en la marcha del buque que no siempre la navegación ortodrómica --siguiendo el arco de círculo máximo que une dos puntos del Globo y, por tanto, la distancia más corta-- resulta la más ventajosa, pues, a veces en esa ruta el barco se encuentra continuamente sometido a malos tiempos, lo que repercute en un exceso de consumo de combustible, pérdida de velocidad, con el consiguiente aumento de tiempo en la duración del viaje, molestias y daños para el pasaje y la carga, además del riesgo de que ésta se corra, lo que puede poner en peligro buque. También vienen determinadas las rutas marítimas actuales por la creación en el pasado de puertos y mercados, que si algunos de ellos han desaparecido y decaído en consecuencia las rutas que allí convergían, otros han continuado con un progresivo crecimiento, convirtiéndose en centros motores del tráfico marítimo.

Las rutas oceánicas están complementadas por las de cabotaje, que situadas en los extremos de aquéllas resultan esenciales, pues a través de estas líneas litorales se nutren las primeras. Mediante el cabotaje se agrupan las mercancías para su transporte a través del océano en grandes unidades y se distribuyen los productos recibidos.

En resumen, las rutas marítimas son vías de comunicación, compuestas normalmente de caminos oceánicos y caminos costeros íntimamente ligados a todas las actividades del país.

Esta preeminencia se mantiene a causa de la evolución técnica --de la que como es lógico se ha beneficiado también el buque--, y que en el ramo marítimo se ha manifestado en dos tendencias principales: el gigantismo y la especialización. La gran autonomía de los buques; su reducido consumo en relación con el avión; el menor número de oficiales y

La Cartografía Marina en México

tripulantes por tonelada transportada; su gran tonelaje unitario; y, consecuencia de todo ello, el buque, elemento insustituible para el transporte a través de los mares, sin otra excepción que el transporte de viajeros y el de mercancías de mucho valor en relación con su peso y volumen: joyas, metales preciosos...

Canales Artificiales

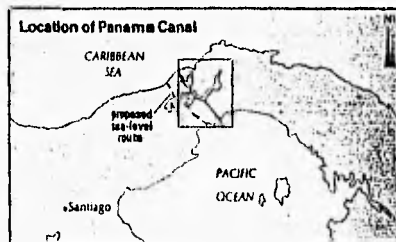
Sin contar los motivos de estrategia militar, han sido fines comerciales principalmente los que han movido al hombre a abrir pasos a través del espacio terrestre uniendo directamente los mares entre sí, con objeto de acortar las rutas marítimas.



Buque soviético pasa las esclusas de Miraflores en el Canal de Panamá

Los principales canales artificiales marítimos son, el de Suez, que une el Mediterráneo con el Índico a través del mar Rojo; el de Panamá, que une los océanos Atlántico y Pacífico; el de Kiel, que une el Báltico con el mar del Norte, 98 km a través del istmo de la península de Jutlandia, construido por Alemania en 1895 para que sus fuerzas navales pudieran actuar con rapidez en ambos mares; y el de Corinto, 6 km de longitud, que une el mar Egeo con el Jónico y el Adriático.

Los dos primeros son los que han tenido una verdadera repercusión en la navegación comercial.



El Canal de Panamá tiene una longitud de 80.5 km y conecta al Océano Pacífico con el Mar Caribe

La Cartografía Marina en México

Política de Transportes

El desarrollo de la civilización se halla íntimamente ligado al proceso mediante el cual los recursos naturales son distribuidos por las distintas regiones del Globo, tratando de nivelar el desequilibrio existente entre las regiones ricas en esos recursos y productoras de fuentes de energía y de materias primas, y las zonas deficitarias o que carecen de ellos. Precisamente, a causa de ese desnivel, se establecen las corrientes de mercancías de los centros productores a los consumidores.

Estas corrientes de mercancías se ven favorecidas gracias al mantenimiento constante de la cartografía náutica requisito básico para la salvaguarda marítima, ya que más de las ocho décimas partes de estos desplazamientos se efectúan por mar. En la estructura económica del mundo actual tiene gran importancia la marina mercante, pues ésta influye cada vez más en la vida de las naciones, no sólo por la Independencia comercial que les representa, sino también por la economía que les reporta realizar sus transportes en buques propios, al utilizarlos para las importaciones se economiza al valor de los fletes.

1.2. La Pesca

La pesca como actividad no es otra cosa que "la acción del hombre encaminada a aprovechar para su beneficio los productos naturales existentes en el mar". Contrariamente a la agricultura, el hombre apenas puede influir en ellos. Sin embargo, el pescador se ve estimulado a actuar constantemente sobre el conjunto biológico teniendo como condicionante la estructura geográfica del lugar donde se desarrolla su actividad .



La Cartografía Marina en México

El hombre intenta, con la nueva visión científica, conocer el punto óptimo en el desarrollo de cualquier pesquería y manejarlo para que ésta se sitúe en el nivel más adecuado a la estructura económica imperante. Esto obliga a considerar la evolución, multiplicación, crecimiento y mortalidad de las poblaciones explotadas, teniendo muy presente que cada una de ellas no vive aislada, sino formando parte de comunidades más complejas, biocenosis, y de un sistema muy elaborado, ecosistema, constituidos por el conjunto de las circunstancias ambientales y la totalidad de los seres que viven allí, comerciales y no comerciales. Para una adecuada explotación perfectamente organizada y programada, la totalidad del ecosistema debe situarse a un nivel óptimo, consiguiendo así la máxima estabilidad. En el fondo, se pretende que la actividad pesquera se ejerza sobre los seres marinos en el momento de su máximo desarrollo energético.

Son muchas las causas que limitan el desarrollo de la fauna marina, pero dos son las principales: la primera es la cantidad de alimento y la segunda el espacio disponible. En aquellas poblaciones en que la capacidad de crecimiento es muy grande, como en el caso de las sardinias, arenques, etc., y su primera reproducción muy precoz, seguramente convendrá mantener una fuerte explotación, de acuerdo con el alimento disponible. De no ser así, sólo se logrará mantener un considerable número de peces demasiado viejos. Por el contrario, el abuso en la captura puede rebajar el número de reproductores y ser perjudicial en el futuro. Condiciones óptimas se darán, sin duda, cuando el máximo de intensidad de pesca se realice en el nivel máximo de desarrollo de la especie explotada y esté no muy alejado de la primera reproducción. La elaboración de las cartas de pesca como consecuencia del considerable aumento de nuestros conocimientos y de los recursos y sus variaciones en el tiempo se hacen necesarias, así como para dar una descripción actualizada de la distribución de los principales recursos vivos de los mares, siendo también una fuente de información para todos aquellos interesados en problemas relativos a la pesca.

La Economía en la Pesca

La pesca se inicia como actividad encaminada a proporcionar el adecuado alimento. Pero esta necesidad se extiende en su desarrollo histórico a ámbitos cada vez más distantes del lugar de origen. En este desarrollo han influido dos aspectos: el primordial es sin duda la necesidad cada vez más acuciante de alimentos por parte de toda la humanidad; pero en segundo lugar es importante la calidad de la carne de pescado, ésta es tan nutritiva como la carne proplamente dicha y además en muchas ocasiones, más asequible económicamente.

Circunstancias que influyen en la Pesca

La abundancia de especies marinas depende de varias circunstancias, unas determinantes y otras accidentales aunque necesarias. Solamente en aquellas zonas donde la producción de las aguas -- productividad primaria-- sea elevada podrá esperarse un desarrollo pujante de la pesca. La existencia, lo más continuada posible, de grandes cantidades de plancton, como consecuencia de una gran fertilización de las aguas, posibilita la de los diversos eslabones de la cadena trófica y por tanto de gran cantidad de peces, pelágicos y bentónicos.

Pero el plancton no sólo es importante como alimento inicial: además es indispensable que la aparición de las crías coincida con las épocas de abundancia de este tipo de organismos, ya que las diminutas crías se alimentan directamente del mismo. Las áreas de mayor abundancia de materia orgánica coinciden con las grandes áreas de producción pesquera. Estas se hallan situadas en las orillas occidentales de los continentes, a nivel de los círculos polares y ecuatoriales: Terranova, mar del Norte, estrecho de Bering, California, Sahara, Perú, África del Sur y océano Antártico. El gran potencial planctónico de estas áreas motiva que en ellas existan las mayores concentraciones de pesca y sirvan, a su vez, como centros de dispersión de peces pelágicos hacia zonas limítrofes. La estructura de la plataforma continental es de mucha importancia, no sólo para la pesca de arrastre, sino incluso para la pelágica. Las costas saharianas y de África del Sur muestran, además de la pesca pelágica, un gran desarrollo de la pesca de arrastre, contrariamente a las costas americanas del Pacífico, con plataforma muy estrecha, en las que predomina casi con exclusividad la pesca de cerco, sardina en California y anchoveta en Perú.

Aunque existen pesquerías oceánicas, especialmente las de escómbridos (bonitos, atunes, etc.), la mayor parte de ellas se realizan en la zona de la plataforma continental. En ella son frecuentes las aguas ricas en nutrientes, debido a que abundan los fenómenos de enriquecimiento o afloramientos que aseguran la producción primaria.

Son circunstancias desfavorables, que pueden perjudicar la pesca, la abundancia de rocas, las corrientes marinas poco propicias y las aguas con temperatura y salinidad no convenientes. De ahí la importancia del mantenimiento constante de levantamientos y cartografía en apoyo a las pesquerías, debido al gran potencial que ofrece la plataforma continental.

Técnicas y Artes de Pesca

Pesca de arrastre

El arte de arrastre fue y es aún en los tiempos actuales especialmente utilizado para la pesca de fondo. Sin embargo, en los últimos años se ha ensayado con éxito el uso de dicho arte para la captura entre dos aguas de los densos cardúmenes de peces pelágicos, especialmente arenque, caballa, jurel y alacha.

Las pesquerías de este tipo deben considerarse como las más importantes entre las practicadas en la actualidad y a ellas corresponde la moderna evolución industrial de la pesca. Su empleo es especialmente notable en las plataformas continentales amplias. Sin embargo, hoy se emplean con éxito para la pesca en ciertos niveles de profundidad del talud continental habiéndose llegado con ellos a la explotación industrial de zonas situadas hasta las cercanías de los mil metros.

Las grandes pesquerías mundiales de arrastre, sin duda las más importantes en la pesca industrial, se esparcen por todos los mares. Cabe destacar en una visión panorámica las del bacalao en los bancos de Atlántico Noroccidental Terranova, Groenlandia y Labrador; las del mar del Norte, para la captura de peces planos, y el resto de las costas europeas, entre las que son especies importantes la merluza y el salmónete; en las costas africanas destacan las pesquerías de pulpo en la zona sahariana, camarones en Guinea y merluza en África del Sur; pesquerías importantes de crustáceos se citan en las costas de la India y del Golfo Pérsico; de merluzas de distintas especies en las costas americanas, tanto en el Pacífico como del Atlántico; y las importantísimas pesquerías de camarones en el Golfo de México, utilizando modelos especiales de pequeño tamaño.

Los arrastres pelágicos están constituidos por un arte en forma de tronco de pirámide cuadrangular, que presenta una gran abertura de boca y carece prácticamente de alerones laterales. Son remolcados mediante dos embarcaciones en paralelo, o una sola que utiliza paneles especiales. Es necesario para el adecuado control de su nivel en el mar el uso de aparatos de sondaje apropiados.

Pesca de cerco

La característica fundamental de las pescas pelágicas es la explotación de los peces que forman densos cardúmenes en las cercanías de la superficie. Las especies principalmente explotadas son la sardina, el arenque, la caballa y el jurel, así como otras de menor importancia.

Un arte de cerco se reduce a un gran paño de red en forma rectangular, cuyas dimensiones varían entre los 250 y 1000 m de longitud y alrededor de 40m. de profundidad. En la parte superior de la red se dispone un número adecuado de flotadores que la mantienen en posición vertical, junto a la superficie cuando se encuentra calada. En la parte inferior, una serie de plomos ayudan al mantenimiento vertical. En el borde inferior se encuentra una serie de anillos por los que pasa un cabo resistente llamado jareta; de aquí el nombre de arte de cerco de jareta que reciben en algunos lugares

Cuando la embarcación llega al lugar donde se encuentra el cardumen, se inicia el calado de la red mientras aquélla describe un círculo que rodea la totalidad del mismo. Una vez terminada esta operación, los marineros tiran de cada uno de los extremos de la jareta, consiguiéndose de este modo cerrar la parte inferior de la red, quedando totalmente aprisionado el cardumen.

Más aún que la pesca de arrastre, la de cerco o pelágica precisa un mínimo de agregación de los peces que se pretende capturar, pues si éstos están dispersos, la pesca de cerco resulta infructuosa. Para conseguir la mayor concentración posible se recurre a varios sistemas: en primer lugar la utilización de ecosondadores especiales de proyección horizontal capaces de detectar la presencia de bancos en un radio de algunas millas alrededor del barco. Otros se basan en estímulos que provocan un aumento en la concentración de los peces en un punto determinado; son de uso frecuente la luz, unas veces a poca distancia del agua y en otras ocasiones sumergida

La luz aglutina por fototropismo los diminutos componentes de plancton, principal alimento de muchos de estos peces. La raba, hueva del bacalao o de merluza salad, ha sido también utilizado como estimulante idóneo para la concentración de especies pelágicas.

Sin duda las mayores pesquerías mundiales en el momento actual se llevan a cabo mediante este tipo de artes y unas de las más importantes son las destinadas a la captura del arenque tanto en el Atlántico Norte como en el Pacífico septentrional.

La nueva técnica en la pesca

La evolución de la pesca ha estado dirigida por las innovaciones de la técnica. En un principio las variaciones se refirieron únicamente a diferentes aspectos de los artes y aparejos. En este sentido es preciso insistir que, desde sus inicios, la pesca no ha experimentado cambios sustanciales.

Sin embargo, en estos últimos años, ciertos progresos técnicos, aunque no han influido en un cambio radical de la pesca, si la han hecho progresar mucho.

Han sido la implantación de las fibras artificiales, la mecanización y automatización de las faenas pesqueras y la elaboración de los productos obtenidos; y finalmente la implantación de los modernos sistemas de detección de los bancos de peces a partir del empleo de ultrasonidos que, emitidos por la propia embarcación, son recibidos de nuevo por ella dando noticia de los cuerpos que reflejan las ondas, ya sean peces o animales marinos, o el propio fondo del mar.

Finalmente, el empleo de ecosondadores, tanto de proyección vertical como horizontal o variable, ha permitido que la pesca deje de ser una actividad que marchaba a ciegas, guiada tan solo por indicios apoyados en una experiencia generalmente heredada de los antepasados.

El avance técnico en los últimos años ha sido tan considerable que ya se emplean pequeños computadores para tomar las decisiones oportunas después de calcular y relacionar los datos que están a disposición del capitán del moderno buque de pesca.



Moderno buque de pesca de altura japonés en el Pacífico norte.

1.3. La Explotación de Hidrocarburos Fósiles

Origen del petróleo

El petróleo se origina de las plantas, presumiblemente del plancton marino, aunque hay una parte del petróleo que no se ha comprobado que sea de origen marino.

El petróleo contiene sustancias nitrogenadas que son inestables a temperaturas mayores de 200°C, por lo tanto las altas temperaturas no son un factor importante en la formación del petróleo.

Al ser sepultada la materia orgánica de la cual se deriva el petróleo y el carbón, hay una transición entre las condiciones aeróbicas y anaeróbicas, que en el caso del petróleo se da de manera rápida, por lo cual queda material orgánica sin oxidar.

La hipótesis de la formación del petróleo en los fondos marinos es apoyada por la evidencia de que el oxígeno no penetra en las capas profundas del océano, pero sí lo hace en las aguas someras de los pantanos donde se presume que se forma el carbón.

El precursor del petróleo es el "barro negro" llamado sapropel, formado por la putrefacción en aguas anóxicas.

El sapropel actual contiene 35% de materia orgánica, mientras que los sedimentos marinos contienen un promedio de un décimo de ese valor.

Así como actualmente se está formando carbón, se ha visto que se debe estar formando más petróleo en el Golfo de México.

El petróleo a diferencia del carbón se agrega a sí mismo de una solución salina y puede migrar tanto vertical como horizontalmente a través de los sedimentos de areniscas y otras rocas porosas. Los pequeños aumentos de temperatura asociados algunas veces con la deriva continental, pueden acelerar este proceso.

Esta habilidad del petróleo de migrar lejos de su punto de formación ayuda a oscurecer su origen. Esquemáticamente, podemos representar la formación paralela de carbón y petróleo de la siguiente manera:

Gran cantidad de plantas de agua dulce

Gran cantidad de plantas marinas

La Cartografía Marina en México

Muerte

Rápida descomposición bacteriana aeróbica con pérdida de productos muy solubles en agua como CO_2

Turba

Sapropel

Lenta descomposición bacteriana anaeróbica y hundimiento

Metamorfosis química lenta
Procesos geológicos

Carbón

Petróleo

a) **Petróleo**

El petróleo es una sustancia líquida en condiciones naturales, aunque una pequeña fracción sea gas.

Esta formado por una mezcla de miles de compuestos entre los cuales los hidrocarburos pueden alcanzar de un 50% a un 98%, los demás componentes son derivados del nitrógeno, azufre y oxígeno, se les llama fracción NSO. También existen dentro del petróleo algunos metales en concentraciones de trazas, como son el vanadio, níquel, fierro, sodio y zinc. Estos elementos se encuentran formando compuestos organometálicos.

Los hidrocarburos de petróleo pueden dividirse en cinco clases:

- | | |
|---|-------------------|
| a) Alcanos | b) Cicloalcanos |
| c) Compuestos aromáticos | d) Sustancias NSO |
| e) Sustancias organometálicas de níquel y vanadio (Golberg, 1979) | |

La composición del petróleo varía de acuerdo con la región geográfica de donde proviene.

b) Producción y Demanda de Petróleo

La producción mundial de hidrocarburos es enorme y va en aumento, de acuerdo a Goldberg, citado en Horne (1982):

	1967	1970	1980
Producción total de petróleo en toneladas			
<i>Producción</i>	1850	2200	4000
<i>Producción en plataforma</i>		440	1300
<i>Cargueros</i>	650	950	
<i>Reservas de petróleo (x10⁶)</i>		75000	220000

El aumento de la explotación de plataformas marinas con el de los cargueros, hacen amenazar el ambiente marino, porque el petróleo bruto se extrae en países que por lo general no lo refinan. Aproximadamente una tercera parte del petróleo bruto procede del Medio Oriente y más de una cuarta parte de Norteamérica.



Plataforma de extracción de petróleo diseñada para aguas someras

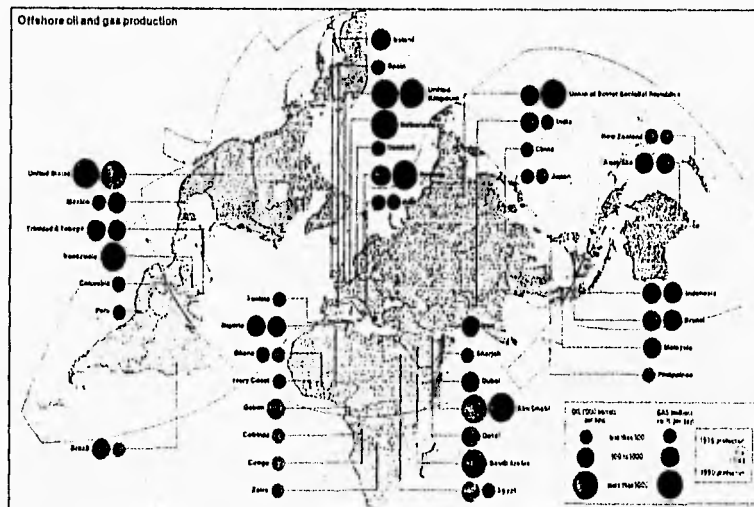
Pero este petróleo es transportado hacia los países consumidores como países europeos, Japón y EUA. A pesar de las precauciones que se tienen en el transporte y operaciones portuarias, siempre el petróleo llega al océano. Las áreas costeras cerca de las rutas de transporte son las mayores víctimas de la contaminación. La prospección y explotación de petróleo y gas natural en el mar aumentan a ritmo rápido en todo el mundo.

La Cartografía Marina en México

Se ha calculado que la Tierra posee 925,000 millones de barriles de petróleo aún no descubierto, de los cuales 382,000 millones, el 41% están en el fondo del mar.

Actualmente hay más de 80 países que poseen plataformas marinas para explotación del petróleo. Cerca del 90% del petróleo marino ya descubierto se encuentra en 60 yacimientos, cada uno con más de 500 millones de barriles. Entre ellos cabe citar los de México, capaces de competir con los yacimientos de Arabia Saudita. Esto hace prever derrames de petróleo en las costas mexicanas del Atlántico en donde se encuentran las plataformas.

Dentro de las zonas más prometedoras del petróleo se encuentra: Golfo de México, Mar Negro, Mar Caspio, Mar del Japón, Mar de Noruega y Mar de Okhotsk (Consejo Económico y Social, ONU, 1980).



Mapa que muestra la producción costera de petróleo y gas natural

c) **Flujo de Hidrocarburos en el Medio Ambiente: Vías de Penetración y Destino**

Una estimación hecha por el National Academy of Science (NAS), Petroleum 1975 y revisada en 1982, concluyó que los hidrocarburos que entran al océano se distribuyen así, de acuerdo a su origen (en millones de toneladas anuales):

Origen	Flujo de Petróleo
-Infiltraciones naturales	0,6
- Producción frente a la costa	0,8
-Transporte	
Petroleros con LOT	0,31
Petroleros sin LOT	0,77
Diques secos	0,25
Operaciones en las terminales	0,003
Descarga de sentina y carga de petróleo	0,5
Accidentes de petroleros	0,2
Accidentes de otros barcos	0,1
-Refinerías costeras	0,2
-Atmósfera	0,6
-Residuos municipales costeros	0,3
-Residuos costeros de origen industrial	
Industrial, excluidas las refinerías	0,3
Aguas residuales urbanas	0,3
-Caudal fluvial	1,6
TOTAL	6,113

Adaptado de National Academy of Science, Petroleum in the marine environment, Washington, D.C., 1975, 107p.

Una descarga importante de petróleo resulta del lavado de las cisternas de carga de los petroleros con agua de mar y la descarga de esos líquidos por la borda. Para reducir esta carga se ha introducido un procedimiento llamado LOT, carga sobre residuos, con el cual los líquidos de lavado se conservan todo el tiempo y se separan del petróleo para que luego sea incorporado a la carga siguiente.

El aporte atmosférico más importante, penetra al océano por las lluvias o por las interacciones aire-mar; 2/3 partes provienen de los automóviles y aeroplanos, el resto de las instalaciones fijas de petróleo y de procesos industriales por la evaporación de disolventes y gasolina. Se

La Cartografía Marina en México

evapora mayor cantidad en fracciones reactiva y no reactiva, pero solamente una parte regresa en forma de hidrocarburos.

El petróleo vertido en los océanos por las aguas residuales se calcula por contribuciones per cápita en 6-27 g (NAS, 1975).

El petróleo de los ríos y escurrerías terrestres presenta un problema para su evaluación, porque la mayoría de esos hidrocarburos llegan en forma diluida, sobre material en forma absorbida y como ha sido sujeta al intemperismo, la mayoría de los compuestos tóxicos se han perdido. Pero al llegar los ríos a los estuarios, la mayoría del material suspendido se deposita rápidamente y forma parte del sedimento, resuspendiéndose y haciéndose disponible para los organismos, (NAS, 1975).

La proporción de petróleo que se encuentra en el sistema marino a consecuencia de las infiltraciones naturales constituye la base de referencia sobre la que se evalúan los hidrocarburos de petróleo movilizándose por el hombre. Estas infiltraciones constituyen un 10% del flujo antropogénico total.

Después de la entrada del petróleo al mar, el mismo es sujeto a una serie de diversos procesos, mediante los cuales se distribuye en el ambiente, así también es envejecido cambiando algunas de sus propiedades físico-químicas.

El patrón de crecimiento de la industria del petróleo y gas natural es difícil de predecir. El primer requerimiento es cartografiar la ubicación de las reservas potenciales, los sitios de perforación deben ser levantados detalladamente, la cartografía batimétrica se requiere para planear las rutas de los oleoductos para que finalmente se tenga una estrategia para la recuperación de estos recursos.

d) Contaminación

El interés hacia la contaminación por hidrocarburos ha sido importante durante los últimos años.

Los impresionantes derrames de petróleo ocurridos en el medio marino hace poco tiempo, despertaron la imaginación de la opinión pública y todavía se siguen manejando conceptos erróneos dejando de lado la ya impostergable discusión sobre el uso racional del petróleo, las ventajas económicas que trae a los países productores de petróleo y los verdaderos efectos que producen los ecosistemas.

La Cartografía Marina en México

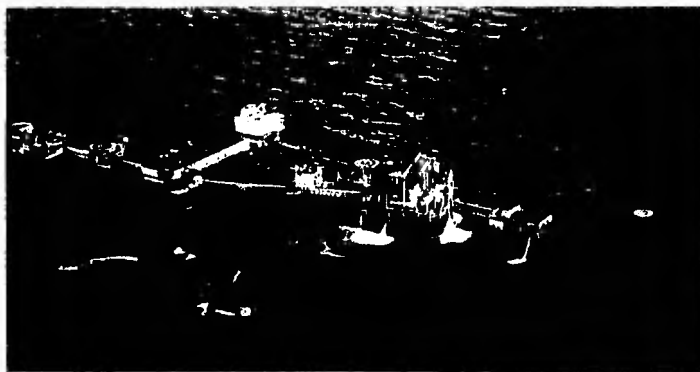
La entrada de petróleo al océano se calcula entre 2 y 20 millones de ton. al año, de las cuales una décima parte llega por vía atmosférica.

La contaminación por petróleo ha sido constante y creciente desde que los crudos y otros derivados del petróleo se comenzaron a usar como combustible para las embarcaciones.

En Diciembre de 1907, durante su viaje inicial, la más grande goleta del mundo de esa época, el "Thomas W. Lawson" derramó 2 millones de galones de crudo en el Mar del Norte adyacente a la isla de Scilly. El efecto del derrame no se hizo esperar. Fueron afectadas 100,000 aves, de las llamadas frailecillos (Murphy,1970). Sesenta años después, en 1967 cuando el Torrey Canyon derramó 117,000 toneladas de crudo procedente de Kuwait en la misma localidad, solamente sobrevivieron 100 aves.

Se menciona el desastre del Torrey Canyon como el gatillo disparador de la investigación intensiva sobre contaminación por petróleo en el medio ambiente marino.

En 1969 hubo un derrame en las costas de Santa Bárbara, California como consecuencia de un accidente en una plataforma petrolera. Se introdujeron en esta ocasión la cantidad de 3.25 millones de galones de crudo.



Accidentes en las plataformas petroleras pueden ocurrir durante el servicio y mantenimiento de operaciones

También han ocurrido otros derrames como el del Tampico Maru en las costas de Baja California, el del Amoco Cadiz en Bretaña y en el Golfo de México el del Ixtoc I.

La Cartografía Marina en México

El caso del Ixtoc I es de sumo interés por haber ocurrido en aguas mexicanas. A pesar de que la mancha de petróleo fue rápidamente diluida por las condiciones hidrodinámicas de la zona, sí afectó a los organismos marinos. Esto se ha comprobado por la determinación de compuestos carcinógenos de origen no biogénico en organismos filtradores de la zona del derrame.

Lo que ocurre con nuestra sociedad, es que aporta una cantidad tal de petróleo y derivados, a tal velocidad, que en algunos casos se ha excedido la capacidad de recuperación de las aguas naturales.

Así es común en nuestros días observar playas con brea y alquitranes, notar manchas de aceite en la superficie del mar, lo mismo que encontrar restos de petróleo en la columna de agua ya sea disueltos o absorbidos sobre materia particulada, lo mismo que acumulados en el sedimento.

La tarea de hacer estimaciones cuantitativas no es fácil debido a que el petróleo es una variada mezcla de sustancias, además las diferentes técnicas de análisis todavía presentan problemas metodológicos.

En el momento de hacer las conclusiones de los estudios se debe tomar en cuenta: Las vías de entrada a la biosfera, las diferentes fuentes, persistencia en el ambiente o tiempos de residencia, para poder concluir acerca de los daños de una manera más objetiva.

e) *Protección del Medio Marino*

México, cuyo patrimonio marítimo nacional es de 2,892,000 km², desarrolla en este ecosistema diversas actividades productivas. Destaca la explotación petrolera, particularmente en la Sonda de Campeche, ubicada en el Golfo de México, de donde se obtiene el 64% de la producción nacional.

Debido a la complejidad para extraer del fondo del mar el estratégico hidrocarburo, existe un alto riesgo de que ocurran contingencias. Estas pueden ser por descontrol de pozos durante su perforación, su explotación, o en el transporte de los hidrocarburos por ductos submarinos y en maniobras de carga y descarga de barcos, monoboyas y terminales marítimas.

Las contingencias en caso de no atenderse oportuna y adecuadamente, pueden ocasionar afectación al ecosistema marino. Es indispensable contar con los recursos humanos y materiales necesarios para una respuesta adecuada y evitar efectos negativos.

La Cartografía Marina en México

Para proteger al medio marino, Petróleos Mexicanos estableció diferentes planes de acción. Dentro de estos, destaca la construcción de un barco recuperador de hidrocarburos que por su anatomía, garantiza una pronta respuesta a las contingencias que se llegaran a presentar por derrames de hidrocarburos en el mar. Este barco es el ECOPEMEX.

Centros de Control

Petróleos Mexicanos contempla la realización de actividades preventivas en todas las actividades productivas. Tiene en sus instalaciones dispositivos anticontaminantes. Sin embargo, para atacar las posibles contingencias cuenta con 6 centros de control estratégicamente situados a lo largo del litoral del Golfo de México.

En cada uno de ellos personal altamente capacitado, apoyado con equipos para confinar y recuperar hidrocarburos derramados, se mantiene alerta para atacar oportunamente cualquier emergencia.

El barco ECOPEMEX forma parte de toda esta infraestructura, orientada a la conservación del medio ambiente marino.

ECOPEMEX es un buque-tanque, pero en realidad son dos en uno, su función es ecológica. Esta **sul género** embarcación lleva el nombre de ECOPEMEX y con ello la principal empresa pública del país cuenta con una valiosísima aliada para enfrentar los derrames de hidrocarburos en el mar.

PEMEX fue así la primera compañía petrolera en el mundo que incorporó entre su flota un barco de este tipo, lo que pone de manifiesto la preocupación de la industria por contar con tecnología de alto nivel y situarse a la vanguardia en la protección ambiental de nuestros mares y ríos.

El barco, fabricado por los astilleros Lühring en la localidad alemana de Brake, funciona en una gran variedad de condiciones atmosféricas.

1.4. Extracción y Explotación de Minerales

Las Riquezas Minerales del Hidroespacio.

El hombre, a través de la historia, se ha dirigido a los océanos para satisfacer muchas de sus necesidades básicas, entre ellas la de

La Cartografía Marina en México

conseguir los productos minerales. La primera industria minera que aparece en la historia de la humanidad y de la que se tiene noticia, se fija cuando el hombre aprende a obtener sal común por evaporación solar del agua del mar, hace más de cuatro mil años. Entre unos mil a dos mil años después los fenicios aprenden a extraer por molienda de los caracoles Murex, un producto para tintes y establecer una industria algo relacionada con la minería.

Si meditamos sobre la superficie de la Tierra ocupada por el mar, que llega al 70.8% mientras que la parte seca, objeto hasta nuestros días de la minería, es sólo del 29.2% y consideramos que la roca del fondo del mar es continuación geológica de la de los continentes y que, desde la creación del mundo, los arrastres por las aguas de las rocas, con sus minerales incluidos, han depositado en los fondos marinos unos aluviones que forman verdaderos yacimientos, nos daremos cuenta de la importancia del océano, la más moderna frontera de la industria minera.

Verdaderamente, el mar no debería considerarse como un campo minero nuevo, sino simplemente como un campo que ha sido dejado de lado hasta hoy por la actividad de esta industria.

El agua del mar cubre el 60% de la Tierra en el hemisferio Norte y el 80% en el hemisferio Sur. La superficie en kilómetros cuadrados y la profundidad media de los océanos, con sus mares tributarios adyacentes, es la siguiente: (figura 4.1)

OCEANO	SUPERFICIE	PROFUNDIDAD MEDIA
Pacífico	179'679,000 Km ²	4,000 m.
Atlántico	106'463,000 Km ²	3,300 m.
Índico	74'917,000 Km ²	2,700 m.

Debemos dividir en cinco grupos los recursos minerales del mar: elementos disueltos, aluviones depositados en las playas marinas, aluviones depositados en las plataformas y taludes continentales submarinos, aluviones depositados en los fondos de mar profundo y filones y mineralización diseminada.

De los elementos disueltos sólo se aprovecha hoy la sal común, y el magnesio, bromo y potasio en pequeña escala. Pero las reservas potenciales de los principales minerales que aún no se aprovechan son

La Cartografía Marina en México

(figura 4.1) Morfología del Piso Oceánico de The Times Atlas of the Oceans.

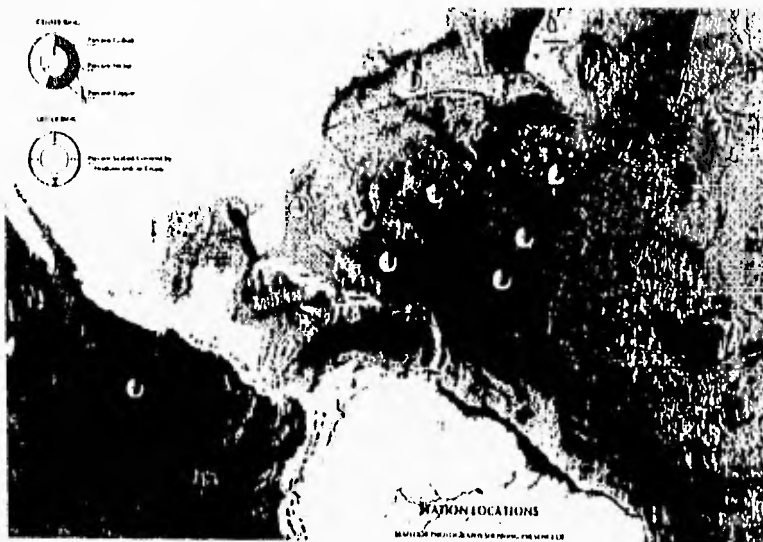


La Cartografía Marina en México

como mínimo: 15 000 millones de toneladas de cobre, 15 000 millones de toneladas de manganeso, 20 000 millones de toneladas de uranio, 7 billones de toneladas de boro, 10 000 millones de toneladas de oro y 500 millones de toneladas de plata.

En las tablas adjuntas se indican las principales reservas conocidas hasta ahora, así como el lugar en donde se encuentran, el material que las contiene, el estado actual de su explotación comercial y el tonelaje estimado de sus existencias.

Situación	Tipos de materias	Elementos minerales	Estimación del tonelaje
Playas Submarinas	minerales pesados o arenas negras	hierro, titanio, cromo, plata, zirconio, uranio, cobalto, tierras raras, etcétera.	abundante
	arenas de metales preciosos	platino, oro plata	concentraciones localizadas
Plataforma continental	concentraciones y cristales de barita	sulfato de bario	cantidad desconocida
	gravas diamantíferas	diamantes	abundantes en Sudáfrica
	arenas de glauconita	potasa	cien millones de t
	nódulos de fosfato	fosfato	diez mil millones de t
	conchas	carbonato cálcico	abundante
Fondos de mar profundo	restos de animales	tierras raras, cobre, plomo, cinc, vanadio, cromo, etc.	abundante
	tierras diatomeas	óxido de silicio	diez billones de t
	fango de globigerinas	carbonato cálcico	cien billones de t
	nódulos de manganeso (fig. 4.2)	manganeso, cobre, cobalto, níquel, molibdeno, vanadio	diez millones de t
	esférulas de ferromquel	níquel, hierro	diez millones de t
	arcillas rojas	aluminio, cobre, cobalto, vanadio	mil billones de t
	restos de animales	fosfato	abundante



(figura 4.2) Porción de un mapa mostrando sedimentos y nódulos polimetálicos del piso oceánico de ADAM J. Kerr, Cartography and the Law of the Sea.

La Explotación Minera Submarina

La explotación o laboreo de minas tienen por objeto la extracción de las sustancias minerales útiles, tanto superficiales como profundas, que contiene la corteza terrestre. Estas sustancias pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas. El trabajo de extracción ha de realizarse en condiciones de seguridad y economía. Las minas están situadas actualmente en tierra firme y sólo en una pequeña proporción en el mar. Pero el porvenir de la minería se desplaza hacia la explotación submarina a medida que van agotándose los yacimientos minerales continentales.

La mina submarina, como la situada en tierra firme, en un conjunto de excavaciones de distintas formas, o de labores mineras que deben ejecutarse para llegar al yacimiento, enlazarlo con la superficie, dividirlo en

La Cartografía Marina en México

secciones de forma y tamaño normalizado para arrancar el mineral de una manera ordenada, segura y económica.

Antes de iniciar las labores mineras hay que localizar y determinar el yacimiento, realizando los trabajos conocidos como búsqueda o prospección, para lo cual la cartografía resuelve adecuadamente, siendo esta una herramienta básica para la planeación y conducción de estos trabajos

La minería submarina puede realizarse de tres formas equivalentes a las que se practican en tierra firme: explotación por dragado o excavación directa del fondo del mar en los yacimientos minerales situados en la misma superficie de estas rocas o muy próximos; explotación subterránea, con pozos y galerías cuando el mineral está situado a más profundidad, y explotación con sondeo para los minerales especiales, como petróleo, gas, azufre y sales.

Con un mercado de metales sano, un consumo mundial en constante crecimiento y continuas mejoras técnicas que aumentan las posibilidades de conquistar el medio ambiente hostil, la minería oceánica se presenta, a pesar de sus misterios, como el mayor reto con que se ha enfrentado la industria minera a través de muchas generaciones.

Zonas Submarinas más interesantes para la Minería.

Aunque los yacimientos minerales del fondo del mar han tenido gran publicidad en la última década, las grandes compañías mineras tradicionales no han decidido aún ningún plan rápido de gran explotación de estos recursos. Incluso se da el caso de que muchas investigaciones de compañías no mineras han valorado las posibilidades de la minería en el fondo del mar. No se han aportado aún los capitales necesarios para afrontar la explotación, salvo en el caso particular del petróleo en las plataformas costeras; de todos modos las investigaciones realizadas son suficientemente amplias para considerar la situación como madura para que se amplíe esta industria.

Las playas del mundo entero, por las facilidades que ofrecen y consiguientemente por poderse afrontar su explotación con capitales reducidos y menos riesgo, han atraído antes que ninguna otra zona a los industriales mineros. Los yacimientos en ellas descubiertos están formados por aluviones análogos a los placeres continentales, en los que las mareas se han encargado muchas veces de realizar los procesos de clasificación y concentración, por lo que pueden ser enviados directamente al mercado consumidor con unos trabajos muy sencillos y baratos. En varios lugares

La Cartografía Marina en México

del mundo se explotan en esta zona de playa el estaño, las arenas ferríferas y los diamantes.

La zona de las plataformas continentales, hasta 200 m de profundidad, presenta hoy interés para la explotación del petróleo y el gas, completamente desarrolladas en el mundo entero, y como fuente de futuros fertilizantes obtenidos por la minería de la fosforita y la glauconita. La fosforita es frecuente en todo el mundo en las plataformas o zócalos continentales, desde una profundidad de unos 35 m hasta los grandes fondos. Se han encontrado yacimientos explotables en el Japón, en la Argentina, a lo largo de la costa este de los Estados Unidos y en toda la costa oeste de América.

En los fondos profundos, la minería más interesante por sus posibilidades es la de los nódulos de fosforita y sobre todo de manganeso (figura 4.1). Estos últimos, aunque requieren un proceso hidro-metalúrgico costoso, pueden producir concentrados de cobalto, níquel y cobre, además del manganeso. Aunque estos nódulos se extienden por todos los océanos, los mejores y más ricos son los del Pacífico y más concretamente los de la zona central del Sudeste del citado océano y en la comprendida entre las islas Hawai y las de la Sociedad, con mayores porcentajes de níquel y cobre los primeros y de cobalto los segundos.

Características de los Yacimientos.

Tanto los yacimientos de playa sumergida como los de corriente se encuentran en alta mar, alejados de las playas actuales, y están relacionados con los niveles más bajos del mar, correspondientes a las más importantes glaciaciones ocurridas en el Pleistoceno. Durante todo el tiempo de duración de las mismas, el agua continental que debía verter al mar, completando su ciclo, quedó añadida a los glaciares, fijándose en forma de hielo, con lo que el océano se fue desecando. Al continuar la evaporación del agua y faltar la compensación del retorno, resultó una clara pérdida de volumen del agua del mar. Por ello se ha calculado que durante dichas glaciaciones el nivel del mar bajó entre 90 y 135 m de su nivel actual. Los ríos y corrientes de agua desembocarían en el océano descargando sus arrastres minerales y formando los aluviones o placeres en lo que hoy es alta mar y que entonces constituían las playas o zonas de mareas. Al subir el nivel del mar con el deshielo y retirada de las zonas glaciares, estos placeres quedaron sumergidos.

Los llamados yacimientos de corrientes están relacionados con las redes fluviales y con los placeres conocidos en la zona continental; están orientados generalmente en ángulo recto respecto a la línea de costa y al borde de las plataformas continentales.

La Cartografía Marina en México

Los yacimientos modernos de las playas se encuentran preferentemente en las desembocaduras de los ríos que arrastran minerales de interés comercial, estos yacimientos se alinean en forma paralela a la costa constituyendo bajos, barras y escolleras alargadas, originadas por la acción de las olas y las corrientes; los más ricos se sedimentan donde la arena es movida por las olas.

La fosforita es una roca bastante común en las plataformas continentales; por su densidad y dureza se alinea en forma de nódulos pardos o negros en la arena, con tamaños que llegan hasta 60 cm. de diámetro alrededor de las zonas de sedimentación, bordes de las plataformas y sobre los bancos submarinos. En los grandes fondos siguen estos nódulos sin alterarse y se han dragado hasta profundidades de cerca de 3500 m. Los nódulos se extienden en una sola capa sobre una base de arena suelta, ignorándose si habrá más capas bajo dicha arena. Su origen se debe a la aglomeración de precipitados coloidales de fosfato de calcio. La glauconita es un yacimiento bastante común en las plataformas continentales en forma de arenas verdes y puede tener un buen mercado como acondicionador de terrenos para cultivo y agente purificador del agua, en el futuro será una fuente de obtención de potasa.

Los depósitos de nódulos de manganeso, corrientes en los fondos marinos, son físicamente concreciones de tierras negras con formas variadas: la más típica es la de patata; pero también forman costras, láminas y granos como guisantes. Interiormente tienen disposición estratificada y a veces forman una envoltura alrededor de algún objeto duro como lapilli volcánico, dientes de tiburón o huesos de ballena; son generalmente porosos y ligeros, con tamaños que oscilan desde unos 25 a 250 mm; sin embargo, se ha encontrado un ejemplar que pesó cuatro toneladas. Se encuentran sedimentados en los fondos abisales del océano en forma superficial, como la fosforita; su composición principal es la de óxidos de hierro y manganeso, con acompañamiento de níquel, cobalto y cobre. Las leyes máximas de estos metales son de 3%, 2% y 2% respectivamente.



Nódulos de manganeso asociados a otros sedimentos marinos.

La Cartografía Marina en México

Los yacimientos submarinos de petróleo son en todo análogos a los de la zona continental. El petróleo está alojado en terrenos porosos, conservado en ellos por una serie de tipos de estructuras geológicas apropiadas, anticlinales, cúpulas salinas, trampas estratigráficas, etc. Se extienden en toda la plataforma costera a variable distancia del litoral.

El carbón tiene yacimientos bajo el mar análogos a los continentales y en muchos casos prolongación de éstos; su explotación sólo interesa en los que se encuentran en las plataformas continentales no demasiado profundas, como ocurre en el Japón. La única minería submarina del carbón que tiene cierta importancia en esta última. Se trata de carbones del Terciario en capas horizontales, inclinadas y verticales, que oscilan entre 60 cm. y 10 m. Una característica propia es la omnipresencia del vulcanismo, que origina con mucha frecuencia manantiales con agua que llega a 65° de temperatura.

EXPLOTACIÓN DE LOS YACIMIENTOS

Reconocimiento de los Yacimientos Submarinos

El hombre esta íntimamente familiarizado con la parte seca de su habitáculo terrestre, debido principalmente a que puede recorrer su superficie en su casi totalidad, abrir zanjas o calicatas, tomar directamente muestras y en general estudiar sus características físicas con relativa facilidad incluso aquellas partes que no son accesibles para el hombre de una forma fácil y directa, han sido completamente situadas en mapas y cartas hidrográficas y comprobadas merced a fotografías aéreas. La búsqueda o trabajo de descubrimiento de los yacimientos minerales radica en los fundamentos de la Geofísica y la Geoquímica; las exploraciones de la primera se basan en las alteraciones que se producen por la presencia de un yacimiento con propiedades físicas muy diferentes de la roca que le rodea, en el campo terrestre de diversas fuerzas telúricas; así, la exploración gravimétrica indica anomalías en la aceleración de la gravedad por la presencia de un yacimiento de mineral de densidad superior o inferior a la normal de las rocas de la corteza terrestre; la magnética, basada en las alteraciones del Norte por minerales como la magnetita, pirita, etc. la eléctrica que determina la posibilidad de paso de la corriente por rocas o minerales; la sísmica, que determina la variación de la velocidad de propagación de ondas sísmicas provocadas por cargas de explosivos. Los métodos geoquímicos deducen la influencia de los yacimientos en la composición de las tierras superficiales.

Todos estos ensayos se facilitan por lo métodos aéreos de búsqueda, mediante los cuales muchos territorios inaccesibles o de difícil acceso pueden ser rápidamente reconocidos por los sistemas de exploración antes

La Cartografía Marina en México

indicados en su variante aérea. La fotogeología aplicada es un sistema de gran interés, que ha descubierto zonas interesantes a partir de imágenes obtenidas desde los satélites artificiales.

Pero la fotografía del fondo del océano se conoce con mucha menos precisión, y el valor de los yacimientos submarinos sólo es conocido en una pequeña parte.



Cámara submarina de control remoto y fotografía submarina.

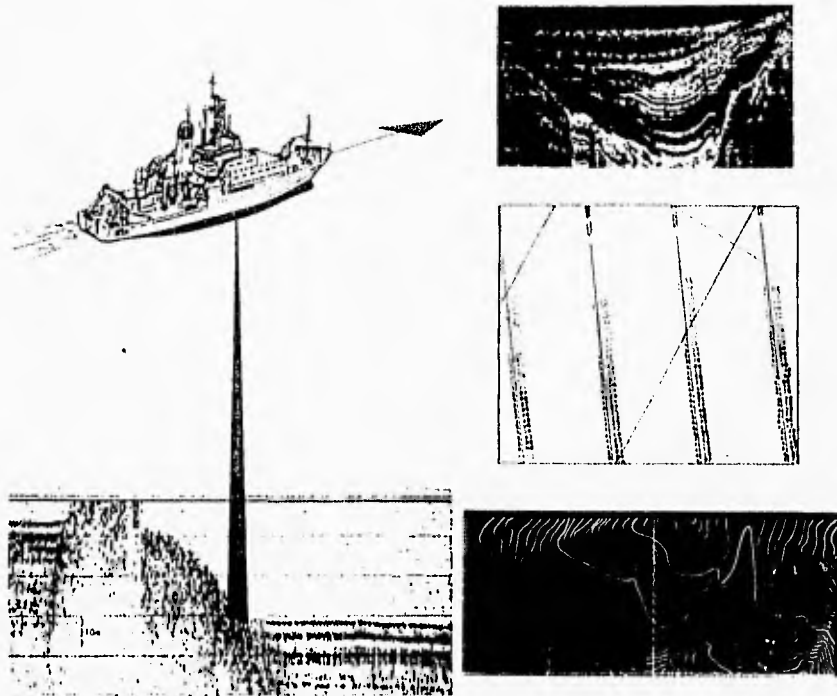
Técnicas y equipos de exploración.

La técnica de búsqueda y exploración de petróleo en alta mar en la plataforma costera empezó en el golfo de México después de la II Guerra Mundial. Tanto para la explotación como para la búsqueda se utilizan los sondeos, cuya perforación en el mar requiere unas técnicas y equipos especializados, que han progresado rápidamente desde los primeros proyectos y se encuentran hoy muy perfeccionados; se han construido diversos tipos de plataformas o bases de apoyo de las torres de sondeo, que se utilizan en función de varios factores: profundidad, objeto del sondeo, estado del mar, calado, etc. Las operaciones de exploración geológica y geofísica se diferencian en bastantes aspectos de las realizadas en tierra firme, aunque en esencia los métodos sean los mismos, y además exigen un material especial, así, en las prospecciones gravimétricas, los aparatos de medida han de colocarse en el fondo del mar, descendiénolos con cables y nivelánolos con mando a distancia, antes de efectuar las lecturas; en las

La Cartografía Marina en México

sísmicas, las voladuras para provocar la onda deben prenderse bajo el agua y los geófonos van suspendidos de cables. Estos métodos se han aplicado con más amplitud que en tierra firme.

La cartografía de los fondos marinos que se lleva a cabo con los levantamientos batimétricos, interpretaciones geofísicas o la navegación, utiliza como principal técnica los medios acústicos.



Ecosonda de profundidad y sistema de perfilamiento del subfondo, utilizado para la cartografía de los fondos marinos..

Para los trabajos de dragado o arrastre, localización de puntos exactos del fondo, colocación de barrenos o sondas en agujeros ya perforados, situados de radiofaros en el fondo y conducción de vehículos submarinos con destino a la conservación y reparación de instalaciones bajo agua, es necesario realizar un control de los equipos que se usan. Los aparatos de impulsos acústicos e hidrófonos, los sistemas acústicos de cambio de tono, los sistemas de inercia y el emisor receptor acústicos,

forman parte de los medios concretos que se ponen en juego para dicho control.

prospectiva

Siendo la superficie del fondo del mar incomparablemente más rica y de mayor extensión que la de la Luna, resulta paradójico que aún no se haya logrado tomar posición directa de estos espacios para su explotación integral. Claro que el esfuerzo realizado para la exploración astronáutica ha realizado tales adelantos en el telecontrol y telemando electrónico que sus aplicaciones a las distancias que suponen los fondos submarinos parece un juego de niños; si comparamos las distancias a los fondos marinos estimadas en cantidades digitales de kilómetros con las distancias inmensas que nos separan de nuestro satélite o de Marte, resulta ridículo considerar problema el dominio del fondo marino; sólo precisa que la humanidad necesite seriamente de sus recursos. De todas formas, ya existe por parte de los países la conciencia de que, en un futuro no muy lejano, será necesario explorar con mayor intensidad los recursos del subsuelo submarino, máximo teniendo en cuenta el progresivo agotamiento de los yacimientos continentales. Cómo hacerlo es la tarea de la prospectiva.

1.5. El Turismo

Marítimo y costero.

Desde comienzos del siglo XX, el papel del mar en la vida del hombre comprende una nueva función cultural y social, que se afirma ya como una de las perspectivas más dinámicas en el mundo entero.

El mar ofrece al turismo un marco vasto y a la vez variado que permite satisfacer múltiples exigencias

Atractivos de la costa y el mar

En un mundo marcado por la aceleración del ritmo de vida y de las variaciones de producción, la necesidad de distensión y de ocio se hace sentir de modo creciente.

- El esparcimiento, permite olvidarse de las preocupaciones profesionales, las obligaciones sociales, así como, aliviar las tensiones familiares:

La Cartografía Marina en México

- Las costas con marcado rango de mareas son más interesantes que las que no las tienen, las orillas rocosas gustan menos que las arenosas, la proximidad de puertos de pesca es, además, un atractivo más para el turista. La posibilidad de la pesca de superficie o la submarina son también muy buscados. La navegación a vela o a la motonáutica, se van afirmando asimismo como polos de atracción de un turismo que fue aristocrático en un principio y que se hace más popular día con día.

Últimamente, la proliferación de lugares de descanso en emplazamientos apartados, donde la naturaleza conserva su encanto original, son lugares preferidos por una nuevo grupo de turistas que abandonaban los primeros centros ya populares, para hacerse propietarios de un alojamiento de descanso.

Rivieras y Lidos

Aquí la utilización de las playas para los deportes náuticos y el esparcimiento de los turistas es el centro de toda la vida económica y social ligada al mar.

Los turistas vienen de muy lejos. Pero conservando su instinto gregario, abandonan su aglomeración urbana, para sumergirse en otra aglomeración temporal.

Se produce así una ocupación ininterrumpida del espacio con progresiva congestión periódica de todos los circuitos.

Las rivieras rocosas, más costosas suelen estar ocupadas por residencias y una hotelería de lujo y semilujo.

Los lidos arenosos permiten concentraciones espectaculares sobre playas interminables.

Islotes vinculados a Cadenas Internacionales

Cuando llegamos a regiones accesibles, los caracteres de la ocupación cambian. Encontramos entonces islotes e islas de organización compleja que se mantienen por la inmersión de grandes cadenas turísticas internacionales que les proporcionan, los capitales y los clientes.

El Turismo y las comunidades costeras

Las sociedades que se dedican a la explotación del mar a menudo no están preparadas para la gran oleada turística en que se ven envueltas en tan pocos años del establecimiento de un nuevo centro de desarrollo turístico. Se presentan entonces, choques entre las formas de actividades, alimentarias, comerciales y las del recreo turístico.

Estos choques se van multiplicando inevitablemente en la misma medida en que el espacio litoral disponible va disminuyendo; estas diferencias son difícilmente conciliables entre los centros de turismo y los centros portuarios, de pesca, comerciales e industriales.

Choque de Intereses

Los antagonismos entre la llegada del turismo y la explotación tradicional local son múltiples.

La coexistencia de la pesca artesanal e incluso industrial con la pesca deportiva suele ser muy difícil y precaria. El aumento considerable de la densidad de pescadores aficionados puede suponer un empobrecimiento de los fondos costeros. La caza submarina también crea muchas veces una perturbación ecológica nociva para la región.

La utilización de superficies de agua costera para la práctica de la náutica deportiva a vela o con motor puede limitar e incluso poner en peligro las crías, dificultando o impidiendo la captura de ejemplares jóvenes de la ostra, ante el riesgo de reservar para la primera actividad espacios aptos para la cría de moluscos y crustáceos.

En un sentido más general, el acondicionamiento del litoral en un sentido de neto predominio turístico paraliza la explotación del mar, pero también resulta perjudicial a los grandes centros portuarios, cuyas empresas industriales ven reducidas las inversiones públicas o privadas por el creciente interés hacia el turismo.

En nuestro país ha habido una escasa mejora en el estatus de la cartografía marina en apoyo a la actividad turística, esta inadecuada situación se encuentra localizada en casi todos los litorales, donde la falta de levantamientos y cartografía adecuados, se ha visto como la causa de un retraso serio en las actividades de desarrollo turístico, y otras actividades marinas, tales como las pesquerías y la explotación de recursos no renovables, que consecuentemente afectan la economía.

La Ballena Gris en México

En el año de 1983 México recibió 4.75 millones de visitantes, de los cuales el 87% provenían de los Estados Unidos, y de este número, el 20% viajó al estado de Baja California. Cada visitante a nuestro país tuvo una estancia promedio de 10 días con un gasto medio diario de 37 dólares, lo cual representa un ingreso total de 1.7 millones de dólares por concepto de turismo.

El turismo ocupa el 2o. lugar después del petróleo en cuanto a su importancia para la captación de divisas, por lo que la Secretaría de Turismo está realizando programas encaminados a aumentar la afluencia de turismo hacia y en nuestro país. Estos programas están enfocados hacia 3 áreas operativas: mejoramiento del producto, diversificación del producto y mercadotecnia. Dentro de estas áreas operativas se desea incluir lugares que ofrezcan atractivos poco conocidos como es el caso de los Santuarios de la Ballena Gris en Baja California.

Desde 1970 aproximadamente, la Península de Baja California ha constituido un punto de interés para los turistas ya que cuenta con diversos atractivos tanto naturales como culturales, en lugares como La Paz, los Cabos, Loreto, Nopoló, Tijuana, Ensenada, San Felipe, y en general todas las costas en las cuales se puede realizar infinidad de actividades acuáticas-deportivas.

Por otro lado, siendo estas costas un habitat ideal para cientos de especies animales, terrestres y acuáticas, la Península también ofrece al visitante interesado en la fauna, lugares vírgenes y semivírgenes en los cuales puede disfrutar el contacto con la naturaleza y, al mismo tiempo, invertir su tiempo y dinero en visitarlos. Uno de estos atractivos lo constituye la migración anual de la ballena gris a estas aguas. De hecho, desde 1970 en que comenzaron los desplazamientos de personas interesadas en el tema, el número de viajes se ha incrementado en forma considerable y los que originalmente eran sólo viajes de estudio e investigación, se han convertido poco a poco en viajes turísticos.

Esto se debe principalmente al hecho de que México es el único país en el mundo, aparte de Corea, que puede ofrecer este atractivo. Nuestros principales competidores en el ambiente turístico, Hawai, Florida, el Caribe, ofrecen, al igual que México, playas, clima agradable, actividades al aire libre, grandes hoteles y restaurantes. Sin embargo, no cuentan con un grupo de visitantes tan característicos e interesantes como lo son las ballenas grises y sus ballenatos, que han encontrado en las costas mexicanas las características físicas que les son necesarias para su reproducción.

La Cartografía Marina en México

México debe fortalecer su imagen, nacional e internacionalmente. En la actualidad nuestro país es muy poco conocido. En el exterior solo se le define como un país de muchas playas. Hay mucha gente que no conoce las diversas facetas que conforman la vida de sus habitantes y la gran gama de sorpresas y destinos que en él pueden encontrar. A este respecto, podemos mencionar que actualmente la Secretaría de Turismo está encaminando acciones que tiene por objeto el diversificar la oferta turística, esto es, el dar a conocer lugares (distintos) poco conocidos o poco visitados, con infraestructura turística, y así incrementar las corrientes de visitantes a estos lugares. En el caso de Baja California, ya se han incluido a las Bahías de Manuela, Magdalena, San Ignacio, Ojo de Liebre y Guerrero Negro en estos planes promocionales, como los que se manejan para La Paz, Loreto y los Cabos en Baja California Sur, haciendo siempre la aclaración de que toda persona que obtenga el permiso para visitar estos sitios se compromete a comportarse como se requiere, ya que constituye un atractivo que debe cuidarse y respetarse.

A la fecha existen aproximadamente 15 operadores de este tipo de viajes en el estado de California en los Estados Unidos, los cuales ofrecen recorridos a lo largo de las costas de la Península de California. Estos recorridos pueden tener una duración que puede variar de 4 a 16 días e incluyen a estas bahías dentro de sus recorridos. En México no existen este tipo de operadores, por lo que es necesario crear mecanismos necesarios con el objeto de que embarcaciones mexicanas puedan ofrecer viajes de este tipo al turismo nacional.

Considero que estos viajes se deben seguir apoyando ya que, además de satisfacer las expectativas del turista especializado, se logra reafirmar la imagen de México no como el país de la siesta, sino como aquel en el que se satisfacen todo tipo de gustos y de necesidades en relación a atractivos turísticos.

El turista nacional será el más beneficiado, ya que dentro de su propio país podrá encontrarse con el cetáceo "amistoso" que nos visita año con año, y del que gracias a las acciones tomadas en la actualidad existen aproximadamente entre 17 000 y 20 000 ejemplares. De estos, el 90% son mexicanos por nacimiento. Debemos estar orgullosos de esto, del éxito que han tenido estos esfuerzos, y debemos compartir este orgullo con aquellos que demuestran interés en la ballena gris.

2. LA NAVEGACION

La navegación es el proceso de dirigir los movimientos de un buque desde un punto a otro de la Tierra. Sin embargo, trasladar un móvil de un punto a otro del Planeta presenta mil problemas e imponderables que el hombre debe resolver al instante sin poder recurrir más que a su inteligencia. En tal caso, el traslado de este móvil con seguridad es un arte, de tal suerte que el navegante es a la vez técnico y artista.



Navegación, barcos pesquero y comercial

La navegación marítima se puede dividir en **navegación plana** que es aquella que se sirve de los principios de la Geometría y de la Trigonometría para resolver el problema de la situación, e incluye la de **estima** y la **costera**; en **navegación astronómica** que es la que utiliza las bases de la astronomía y de la trigonometría esférica; y en **navegación electrónica** que es la que emplea aparatos electrónicos y se subdivide a su vez en otras varias; y mas recientemente la **navegación GPS** (Global Positioning System) que utiliza la información proporcionada por los satélites. En todas ellas, el problema a resolver es el mismo; determinar con la mayor exactitud posible la posición geográfica actual o presente del móvil, para calcular el rumbo a seguir y llegar al lugar de destino.

Navegación costera.

La Cartografía Marina en México

Esta navegación suele efectuarse mientras se navega a lo largo de la costa. En cambio en las proximidades de los puertos bien sea a la salida o a la llegada al ser las distancias y tiempos excesivamente cortos se sustituye por el pilotaje en el que cambia el sistema teórico y matemático por el práctico y se navega siguiendo las balizas y enfilaciones del puerto.

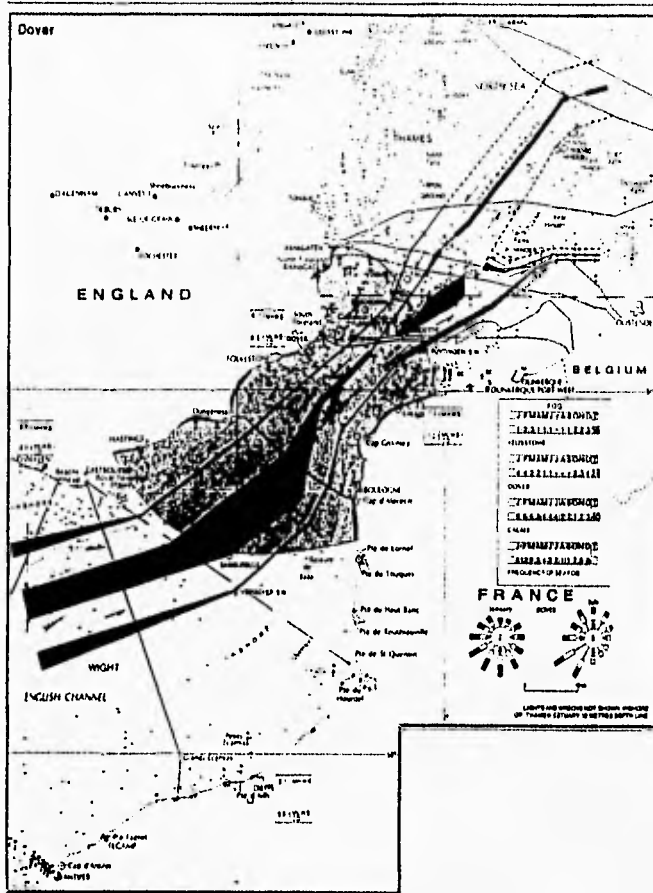


Navegación, boyas y marcas de entrada al puerto

La base de la navegación costera la constituyen dos elementos principales: las cartas náuticas y los lugares geométricos o **líneas de posición**. Las cartas náuticas son representaciones de la zona costera que contienen todos los detalles que pueden ser de interés para el marino, designados por medio de una serie de signos convencionales, tales como el dibujo exacto de la costa, islas, islotes, faros, pueblos, ciudades, puertos, montañas visibles desde el mar, peligros a la navegación en todas sus formas de bajos, restingas y arrecifes, profundidades del agua, calidad y composición de los fondos, etc. Estas cartas se constituyen de acuerdo con los levantamientos hidrográficos que llevan a cabo los servicios de la Marina mediante buques especiales. Periódicamente las cartas se comprueban para que siempre estén al corriente de las variaciones ocurridas en la topografía de la costa. (figura 2.1)

Las líneas de posición se obtienen directamente por medios visuales, marcando con la aguja o compás los puntos notables de la costa es decir tomando demoras, siendo la demora el ángulo que forma la visual dirigida al objeto con el Norte verdadero, también se pueden tomar líneas de posición poniendo ángulos horizontales o verticales a puntos conocidos. (Figura 2.2).

La Cartografía Marina en México



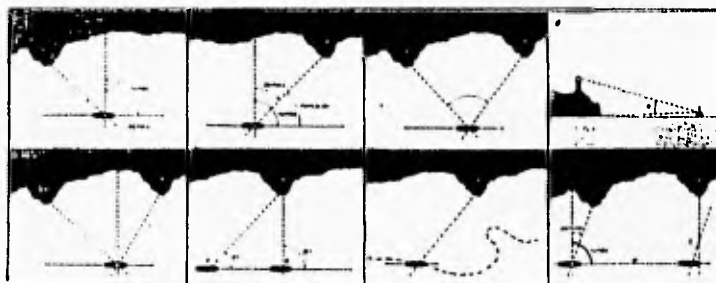
(figura 2.1) Carta náutica del Canal Inglés.

Cualquiera de estas líneas sólo proporciona un lugar geométrico sobre el que se encuentra el buque, para determinar el punto exacto hacen falta por lo menos dos lugares geométricos.

En la práctica, la navegación costera se efectúa siguiendo el rumbo más corto entre los puntos más salientes de la costa con objeto de seguir las rutas más directas y acortar la travesía, siempre, naturalmente, con ciertas limitaciones que determina la práctica de la navegación y la experiencia del navegante. Todos los rumbos que se siguen se miden directamente sobre la carta y todos ellos son siempre loxodrómicos.

La Cartografía Marina en México

En todos los problemas de rumbos y distancias hay que tener en cuenta la deriva producida por las corrientes reinantes en la zona y los abatimientos causados por el viento. Ello tiene especial importancia en la navegación costera, ya que ambos efectos separan al buque del rumbo trazado y si bien sus direcciones y velocidades medias se pueden deducir de las notas contenidas en los derroteros, sus valores reales son siempre ignorados y corresponde a la experiencia del marino deducir en cada momento las correcciones a aplicar por estos conceptos. Por ello es necesario que el buque se vaya situando continuamente, por lo menos una vez cada media hora, para comprobar el traslado real, es decir, la derrota exacta que sigue el buque. (figura 2.2)



(figura 2.2) Demora y marcación de un punto (a y b)

Radionavegación

La radionavegación comprende los sistemas que se emplean para calcular la posición del buque valiéndose de señales de radio.

Fundamentalmente se basa en los medios para obtener la demora de una estación como si fuera la demora de un faro por medio de señales de radio y aprovechando la cualidad de las ondas eléctricas de propagarse en todas direcciones. Existen dos sistemas principales los radiofaros y el sistema consol.

El **radiofaro** es bueno para distancias cortas puesto que permite obtener la situación en condiciones de visibilidad escasa, cuando no es posible obtener demoras de puntos de la costa.

El sistema **Consol** o **Consolan**, como se llaman en los Estados Unidos, es un sistema de navegación para distancias grandes que requiere un transmisor especial en tierra y un receptor ordinario a bordo.

Navegación electrónica o hiperbólica

Bajo esta denominación se incluyen todos aquellos sistemas que permiten obtener la situación del buque empleando aparatos electrónicos. Se llama también hiperbólica, porque el conjunto de líneas que se obtienen con estas medidas producen siempre hipérbolas conocidas.

Los sistemas hiperbólicos de navegación se fundamentan en la posibilidad de medir la diferencia de tiempos en que se reciben las señales de dos emisoras que las emiten simultáneamente. Su principal ventaja reside en que los datos relativos a las líneas de posición se pueden calcular con anterioridad, incluso a su puesta en servicio, y ser presentados en forma de tablas o impresos en cartas evitando así todo cálculo al navegante, su desventaja radica en la pérdida de exactitud inherente a la geometría de la hipérbola esférica y sistema de hipérbolas, y a la necesidad de receptores especiales que sólo sirven para este fin.

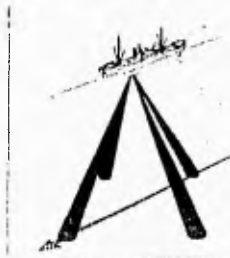
Navegación Doppler

El efecto Doppler es la variación de frecuencia que se producen en las ondas de luz, electromagnéticas o sonoras cuando se emiten desde un móvil. El ejemplo clásico es el sonido del silbato del tren; cuando se aproxima parece que el tono del silbato se hace más agudo y elevado; en cambio al alejarse se hace más bajo y más grave. El efecto Doppler se conocía desde 1842 pero no se pudo analizar para medir la velocidad hasta que la técnica progresó bastante para producir y controlar las radiaciones acústicas y electromagnéticas.

El sistema de navegación Doppler se sirve de cuatro sensores de ondas sonoras en forma de haz separados 90° dirigidos hacia abajo y hacia afuera con la misma inclinación con respecto a la horizontal, los cuatro emisores sirven al mismo tiempo de receptores de la señal reflejada en el fondo del mar; entonces en el aparato se efectúan las comparaciones correspondientes para determinar el efecto Doppler y deducir el movimiento del buque (Figura 2.3).

Este sistema tiene, sin embargo, una limitación importante: a profundidades mayores de 100 brazas (180 m.) la señal se atenúa mucho y el sistema ya no es exacto. Sin duda una de sus aplicaciones es la medida de la velocidad de atraque de buques en sentido lateral, que es muy importante debido a la enorme inercia que tienen los gigantes petroleros actuales.

(figura 2.3)
Sistema de navegación Doppler



Navegación por satélites

El sistema permite obtener la situación en todas las zonas terrestres sin que las afecte para nada el estado del tiempo.

Su principio científico, se sirve de unos satélites artificiales que se han puesto en órbita para este único fin y que emiten una señal de radio de una frecuencia fija. La variación aparente de la frecuencia en una estación receptora es proporcional a la velocidad de aproximación o alejamiento, es decir, aumenta cuando el satélite se aproxima a un buque y disminuye al apartarse de él y la mayor o menor variación depende de la posición del receptor con relación a la posición del satélite en su órbita, consecuentemente, midiendo el efecto Doppler, se podrá saber la posición del receptor con respecto al satélite.



(figura 2.4) Navegación por satélite

3.- EL DESARROLLO PORTUARIO

La definición clásica de **puerto** es la de "un lugar de la costa, natural o artificial, protegido de los temporales, en el cual los barcos pueden permanecer al abrigo de éstos, y realizar tanto las operaciones de carga o descarga de mercancías o efectos, como las reparaciones u operaciones de mantenimiento necesarias" ¹.



Puerto de Nueva York, situado en la Bahía de Nueva York, en la desembocadura del Río Hudson

Hoy podemos añadir que, aparte de los puertos o bahías naturales, que únicamente cumplen condiciones de abrigo en la mar, el concepto normal de puerto implica la existencia de complejas instalaciones especializadas. Y esta especialización divide a su vez los puertos modernos. Así, el **puerto comercial** actual es la instalación donde se enlazan los transportes marítimos y terrestres en un itinerario mixto origen-destino. El **puerto militar** es aquél en el que los barcos de guerra pueden reparar, abastecerse o permanecer suficientemente protegidos de la acción del enemigo, y adecuadamente situados para emprender la propia. El **puerto de recreo** es la instalación destinada para uso de barcos de este tipo y un **puerto pesquero** es el que se utiliza como base y refugio y reparación de las flotillas de pesca, que pueden aprovisionarse en él y descargar la pesca capturada.

Vemos, pues, que la configuración y filosofía de los puertos ha variado fundamentalmente desde los remotos tiempos hasta la época actual, con sus instalaciones especializadas de inmenso valor y complejidad. (figura 3.1)

¹ Definición de Ortiz, Jr. Federico, en Los Puertos Mexicanos, México, 1976, Ed. F.C.E.



(figura 3.2) Puerto de Sydney es un buen ejemplo de desarrollo portuario, el más grande de Australia.

Este camino de transformación ha sido consecuencia y se ha desarrollado paralelamente al experimentado por los medios de transporte terrestre y marítimo que confluyen en el puerto, por la especialización y división de los usos y por la necesidad de buscar mayor rapidez y eficacia en los servicios y rentabilidad de las inversiones.

Esto ha tenido una enorme importancia ya que, actualmente, el 80% de la población mundial vive a menos de 50 km de una costa y las concentraciones humanas e industriales han crecido a lo largo de los grandes ríos. Por ello, la mayor parte de los puertos importantes del mundo, y desde luego todos los de larga historia, están situados o contiguos a una aglomeración urbana muy importantes, o en la desembocadura de un gran río (Rotterdam, Amsterdam y Amberes sobre el Rhin, Nueva York en el Hudson, Buenos Aires en el Río de la Plata, Nueva Orleans en el Mississippi, etc.)

Como las inversiones en material crecen rápidamente, y el propio progreso de la economía mundial y del intercambio de productos también ascienden en proporción geométrica, se hace necesario crear puertos que cumplan su misión más rápida y eficazmente. La especialización se manifiesta en este campo como en tantos otros, y los puertos, originariamente con uso mixto, se han caracterizando por su aptitud para un fin determinado.

Las instalaciones Portuarias

Las instalaciones de los puertos se pueden dividir en cuatro grandes grupos: obras de abrigo y accesos marítimos y terrestres; obras de atraque,

tráfico y almacenamiento; equipo para manipulación de las cargas, e instalaciones para la reparación o mantenimiento de los buques.

Obras de abrigo y acceso

Cuando las condiciones naturales no ofrecen por sí mismas condiciones para abrigarse suficientemente de todos los temporales, es necesario completarlas mediante obras artificiales que protejan el fondeadero. Son éstas los llamados diques de abrigo o rompeolas, que convenientemente orientados dejan, en su conjunto con la costa, la superficie líquida utilizable para desarrollar el resto de las obras.

Los **diques de abrigo** pueden ser fundamentalmente de dos clases, según resistan el oleaje procurando la rotura de la ola o reflejándola. Los primeros se llaman diques rompeolas o de escollera y los segundos diques verticales.

Pero el puerto exige además, los espacios necesarios en tierra para desarrollar en ellos las instalaciones a que más tarde nos referimos. Esta área en tierra se llama la **zona de servicio del puerto**.

Al conjunto de aguas abrigadas y zona de servicio es preciso darle accesos, es decir, preparar los caminos o itinerarios por tierra y mar que han de seguir el transporte terrestre y los buques.

Obras de atraque, tráfico y almacenamiento

Para facilitar la explotación del puerto tenemos, en primer lugar, los muelles de atraque, donde quedan inmovilizados los buques; los patios de estacionamiento, donde se detienen los trenes o camiones; las instalaciones de depósito y clasificación de las cargas transportadas, en el punto de confluencia de ambos medios de transporte. Queda claro, entonces, que estas áreas de enlace y contacto entre ellos son el corazón del puerto y razón final de su existencia..

Los espacios necesarios para las maniobras de las cargas son los almacenes y explanadas en los cuales se depositan, examinan, clasifican y custodian los productos transportados que pasan por el puerto. Sea cual sea la finalidad o especialidad de éste, el tránsito puede ser directo del buque al camión o al tren, o indirecta, es decir, con un estancia de la carga más o menos larga en el recinto portuario.

Equipo para manipulación de las cargas

El tercer grupo de elementos que constituyen el puerto, es el equipo mecánico que se utiliza para facilitar el tráfico portuario. Los ingenios mecánicos tanto de tipo general en forma de poleas, cabrestante, puntales y grúas a mano o motor, como especializados cargueros, tolvas, cintas, succionadores mecánicos, etc., el equipo para movimiento de cargas es la tercera baza fundamental del puerto.

Instalaciones auxiliares para la navegación

Constituyen el cuarto grupo de instalaciones portuarias las dedicadas a la conservación y reparación de los buques. La simple limpieza de fondos, inevitable en los barcos con periodicidad, debe hacerse poniendo el casco en seco.

Los diques secos son instalaciones muy costosas para barcos muy grandes. El dique flotante es un gran barco de acero en forma de U, que por inundación de una serie de cámaras se hunde parcialmente quedando la solera o parte horizontal a mayor calado que tiene el buque a carenar.

Los Puertos Comerciales

El puerto comercial es, por antonomasia, el más representativo. Desde el ánfora al contenedor o container, el puerto comercial se ha transformado en gran manera. Hoy, la instalación portuaria comercial es un complejísimo mundo que tiene un objetivo bien concreto: facilitar el transbordo de las mercancías desde el buque al vehículo terrestre, cumpliendo tres condiciones: el menor costo de operación; la mayor rapidez y las mínimas pérdidas por avería o deméritos.

El Puerto-Fábrica.

Una extensión lógica de esta actividad son las transformaciones industriales que pueden sufrir las mercancías transitadas, con lo que se llega al concepto de puerto-fábrica. Representa éste la acumulación de las funciones portuaria e industrial en un solo ámbito cuando así lo aconsejan razones económicas. Se pueden poner como ejemplos las refineras de petróleo, las siderúrgicas con acceso marítimo, las industrias conserveras, las fábricas de cemento, etc. y en general, todas aquellas en las que el acceso marítimo directo representa una economía evidente dado el volumen de mercancía manipulado.

Los Puertos Pesqueros

En algunas regiones, la pesca continúa siendo una industria artesanal que se realiza con barcos pequeños, en las proximidades de las costas y con permanencias cortas en la mar. Para atender a las necesidades de estas flotillas bastan puertos muy pequeños, con instalaciones muy sencillas y en efecto, gran número de ellas salpican todas las costas del mundo.

El puerto para la pesca industrializada es totalmente diferente. Aquí llegan los barcos factoría o los grandes pesqueros, después de muchos días de mar, y descargan la pesca en cantidades masivas, y en distintos grados de preparación. Necesitan también importantes instalaciones de aprovisionamiento de los barcos para la campaña: almacenes de artículos navales, de víveres, de ropas, fábricas de hielo, etc.

La pesca desembarcada debe ser tratada inmediatamente. Por ello, también tienen instalaciones rápidas de desembarco, en las que se lleva a cabo la clasificación de las capturas y las ventas a los mayoristas.

Los Puertos Deportivos

El puerto deportivo o de recreo representa la especialización más moderna en esta clase de instalaciones. Se caracteriza principalmente por disponer de las instalaciones siguientes:

- superficie de agua abrigada y línea de atraque suficiente para los barcos que tienen el puerto como base, para los que hagan escala en sus viajes, preferentemente en la estación turística y para los que están en reparación,
- extensiones en tierra suficientes para las embarcaciones que se depositen fuera del agua, sea durante el invierno, sea en activo, cuando no se usa (caso de las de vela ligera), instalaciones adecuadas para la botadura y varada de los barcos comprendidos en cualquiera de los dos casos anteriores.
- espacios en tierra necesarios para el aparejamiento de vehículos y para la reparación de barcos en seco.
- edificios para el establecimiento de servicios necesarios a los barcos de recreo y a sus tripulaciones, entre los que se pueden citar los siguientes: Capitanía del Puerto, aduana, servicio meteorológico, radio, comercio de efectos navales, compraventa de barcos, talleres de reparación de

La Cartografía Marina en México

cascos, velás, jarcia y motores, suministros de agua, electricidad, carburantes, lavanderías, vestuarios, servicios higiénicos y recolección de basuras.

Los Puertos Militares

Los puertos o bases militares se dedican especialmente a las necesidades de los barcos de guerra. Su entrada debe ser angosta y con posibilidades de ser minada o defendida por redes que la cierren completamente, para evitar la acción por sorpresa de la flota enemiga dentro del fondeadero.

El puerto en sí mismo no precisa muelles de gran extensión, pudiendo haber sin inconveniente buques a la gira, aunque ciertamente es necesario algún muelle de aprovisionamiento.

Es fundamental, por el contrario, disponer de lugares bien protegidos natural o artificialmente para depósitos de combustibles, polvorines y acuartelamiento. La posibilidad de defensa contra los ataques aéreos también es muy importante, y a tal fin el puerto quedará rodeado de un dispositivo adecuado. Ello conduce a que los puertos militares se sitúen con preferencia en costa montañosas, que permitan organizar mejor tales servicios.

LOS PUERTOS MEXICANOS

Siendo México un país de fronteras esencialmente marítimas, es evidente que su sistema portuario es fundamental para la vida económica de la nación.

México como todo país en desarrollo, afronta desde hace tiempo el agudo problema del desequilibrio en su comercio exterior, situación que se agrava, entre otros factores, por el escaso y deficiente transporte marítimo y las inadecuadas y antiguas instalaciones portuarias. Nuestra flota mercante está formada por medio centenar de embarcaciones de altura y poco más de 2 500 de cabotaje y mixtas, incluidas las petroleras, con una capacidad que apenas rebasa las 800 mil toneladas (Ortiz, F., 1976).

Disponemos de 62 puertos, de los que sólo 12 se consideran de altura y los demás de cabotaje, pesca y turismo. Hasta hace pocos años estas terminales encarecían con su operación la competencia de nuestros productos en el mercado mundial. Los puertos nacionales, la mayoría muy antiguos, crecieron y funcionaron en forma anárquica, sin sistemas eficientes

La Cartografía Marina en México

de administración, que los hicieron inoperantes. Aun las principales terminales marítimas de altura, hoy en día, están muy distantes de servir con eficiencia a las modernas embarcaciones de carga, como los buques porta contenedores y los enormes buques tanques de hasta 250 mil ton. de desplazamiento, que ya surcan los mares.

La escasez de técnicos en instalaciones portuarias, en el pasado y aun en el presente, provocó que se hicieran pocas obras en las terminales por las que, durante siglos, salieron los productos de una economía nacional más abastecedora que consumidora. Materia primas -principalmente minerales- primero, con destino a la metrópoli, España, y posteriormente y cada vez en mayor volumen, hacia los Estados Unidos. El comercio exterior de México se significó, por lo menos hasta los inicios del presente siglo, por su dependencia de un solo país al cual se remite todavía un 60% de la producción nacional. Los puertos, que en los países industrializados son bastiones de prosperidad y puertas al comercio mundial, en nuestra nación se convirtieron pronto en auténticos "cuellos de botella" cuando la economía nacional aceleró su desarrollo, y muy particularmente en la etapa de la industrialización.

Naoyoshi Uehara, ejecutivo de la empresa Mitsubishi, una de las más importantes industrias del Japón, ha comentado: "Mientras México no cuente con puertos de fácil maniobrabilidad, los costos de sus exportaciones e importaciones serán afectados, muy por arriba de los precios internacionales". Los sistemas ferroviarios y carreteros que alimentan las zonas portuarias requieren de una total reestructuración. Mover la carga al interior del país resulta problemático, tanto o más que mantener un barco parado en puerto en espera de estibar su carga. El sistema de embarque es lento y esto ocasiona muchas pérdidas.

La mayoría de los puertos en nuestro país deben mantenerse mediante dragados en las aproximaciones del puerto, vertederos y áreas de abrigo; esta actividad debe hacerse regularmente para garantizar la seguridad y las operaciones económicas del puerto, por lo tanto se requiere que mediante la cartografía sirva para identificar los dragados, así como señale las áreas críticas cuando estas no cumplan con los requerimientos de profundidad mínima, de manera que se pueda tener un control de las operaciones del puerto.

Para algunos economistas, ha sido favorable a México el hecho de colindar con los Estados Unidos, que es el país consumidor más rico del mundo, al cual se envía el grueso de la exportación, y de donde se adquiere la mayor parte de los artículos elaborados que necesitamos. Otros especialistas consideran que esto es más bien un obstáculo a nuestro desarrollo, toda vez que cualquier fluctuación en la economía norteamericana afecta, casi de inmediato, a la mexicana y, además, impide

La Cartografía Marina en México

diversificar la oferta. Durante mucho tiempo el comercio internacional de nuestro país se realizó a través de terminales marítimas norteamericanas. El algodón que se producía en el valle de Matamoros durante el auge, se embarcaba al Japón por el puerto texano de Galveston y, para descargar una maquinaria con peso de 75 ton había que usar las grúas del puerto de San Diego y luego embarcarla por ferrocarril hacia su destino en México.

Para los países del Tercer Mundo, el comercio exterior constituye hoy en día uno de los motores de su progreso, y éste a su vez requiere de buenas instalaciones marítimas, y de transportes eficientes y capaces que permitan llevar la mercancía a los grandes centros de consumo en los países ricos, a precios de competencia. El aumento en los costos de operación de los puertos y la incidencia de los fletes pueden hacer incosteable la exportación y encarecer también los bienes que el proceso de industrialización requiere. Por ello, lo mismo en los países ricos que en los que están en desarrollo, la eficiencia de las terminales en los litorales y las buenas conexiones marítimas son importantes para una economía próspera.

Por lo anterior, es necesario estudiar el estado de la cartografía náutica costera y marino portuaria de los puertos y áreas de abrigo natural, para que con referencia particular de las necesidades de desarrollo portuario del país se actualicen y modernicen las cartas requeridas y/o se elaboren nuevas cartas marino portuarias que ayuden a mejorar las facilidades de los puertos e impulsar su uso al comercio internacional que tanto hace falta a nuestro país.

Por fortuna, la tendencia en nuestro país es favorable y la atención del gobierno a los problemas de puertos y barcos es actualmente importante. Además del incremento constante en la producción, la industrialización y el comercio exterior, se podrá ampliar nuestra penetración en el mercado mundial. La forma más saludable de financiar el inevitable crecimiento de las importaciones, dicen los especialistas, es aumentar el ingreso por ventas. Después de muchos tropiezos y años de lucha, hoy el comercio internacional de nuestro país y del área latinoamericana empieza, no sin muchas dificultades, a diversificarse.

4. LAS INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS

Características de la Investigación Oceanográfica actual.

Ante todo, el océano es un sistema dinámico, en cuyo seno los procesos químicos, físicos y biológicos se desarrollan bajo ritmos muy acelerados, contrariamente al concepto estático, ya bastante en desuso, que

La Cartografía Marina en México

acepta el mar como "cristalizado", mientras dura su explotación. En segundo lugar, los fenómenos a observar y analizar se producen en escalas de muy distinta magnitud. Unos ocurren a lo largo de miles de kilómetros como son los desplazamientos de las masas de agua por la superficie del océano. Por el contrario, otros como por ejemplo los de difusión se producen a escala molecular.



Superficie del océano mundial vista desde el espacio.

Estas características, junto con la gran complejidad que alcanzan los fenómenos naturales, exigen de las campañas oceanográficas actuales unos recursos realmente poderosos en personal especializado y en medios de prospección.

Dado el elevado costo de una campaña oceanográfica, el precio que alcanza un "bit" --unidad de cantidad de información-- es muy alto. Por ello y dada la naturaleza dinámica del mar se hace preciso adquirir la mayor cantidad posible de información durante el recorrido del buque oceanográfico por la zona explorada. Así las expediciones se organizan de tal forma que su objetivo científico es múltiple. El personal científico se escoge en forma de equipos especializados, cada una de los cuales se responsabiliza de un determinado tipo de investigación muy concreto y perfectamente ensayado. El jefe de campaña es el encargado de sincronizar la labor de los diversos grupos. Hoy en día se cuenta con varios recursos y técnicas que permiten la rápida medición de los parámetros escogidos.

Estos recursos se basan en la explotación de dos aspectos distintos. El primero se halla condicionado por el estado actual de la tecnología, y se basa en el desarrollo de sistemas capaces de dar una mayor información por unidad de tiempo y una mayor precisión (sensores), cuya inisión consiste en transformar el parámetro a medir en una señal eléctrica capaz de ser registrada automáticamente. El segundo consiste en el empleo de computadoras a bordo de los buques oceanográficos, ya que es prácticamente imposible el tratamiento manual de la gran cantidad de información que se obtiene con los métodos modernos. El empleo de una

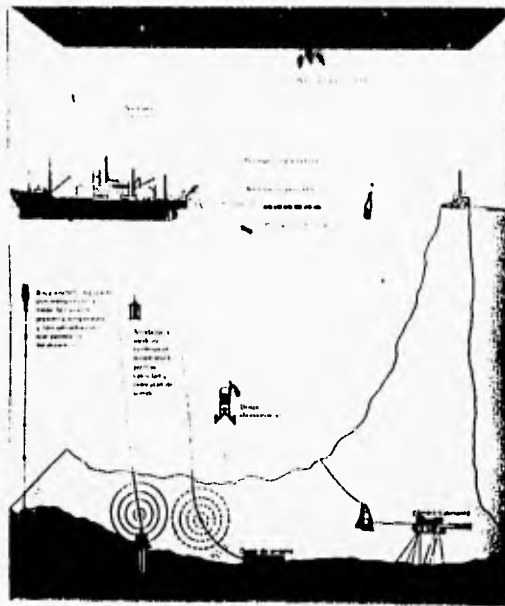
La Cartografía Marina en México

computadora hace posible la obtención de modelos matemáticos teóricos más complejos.

Buques Oceanográficos

Actualmente son numerosos los buques oceanográficos que llevan computadoras a bordo. Su configuración puede ser de dos tipos. En unos, el computador tiene la única misión de procesar los datos. Este es el caso de los ordenadores digitales de bastante capacidad de memoria y con muchas unidades auxiliares de entrada y salida de información (periféricos), que permiten obtener gran variedad de resultados, tales como listados, gráficos, presentación visual de modelos, etc. Estos computadores trabajan en tiempo diferido, pues la elaboración se realiza posteriormente a la obtención de los datos.

En otros buques la misión del computador cubre también la de adquisición de los datos, aparte de su elaboración simultánea. Este tipo, denominado de tiempo real, es más sofisticado.



Los buques de investigación oceanográfica combinan en sus viajes numerosas técnicas de observación diferentes y disponen de gran variedad de instrumentos para la toma de muestras, registro de observaciones y levantamiento de mapas.

La Cartografía Marina en México

Dada la posibilidad de tratamiento de una mayor cantidad de información mediante el uso de los computadores, se han desarrollado aparatos capaces de medir la forma continua los distintos parámetros físico-químicos y biológicos. Y como por otra parte, la información obtenida alcanza un volumen enorme y requiere una planificación meticulosa de su aprovechamiento, para intentar resolver el problema se han constituido los denominados "Data Centers", o centros de datos, de naturaleza multinacional, aunque en general están atendidos por los servicios oceanográficos del país donde se hallan situados.

Casi todos los centros de investigación oceanográfica envían sus informaciones a esos bancos de datos, donde son almacenados. Se consigue así reunir una gran cantidad de datos, almacenados de forma racional, y disponibles para los especialistas.

Además de los computadores se recurre también al empleo de sistemas de percepción remota, instalados a bordo de aviones y satélites artificiales, que se emplean en oceanografía física para la determinación de la temperatura de las masas de agua superficiales y nutrientes entre otros.

Precisión y estandarización de los Sistemas de Medida.

Vamos a considerar otro problema subyacente a toda investigación experimental. Se trata de la dificultad de realizar las mediciones con suficiente precisión para dar rigor a los resultados obtenidos, y hacerlos comparables a los conseguidos por distintos grupos de trabajo. Aparte de la precisión, cada vez mayor, que se requiere a medida que se pretende llegar a la explicación de fenómenos de dimensiones cada vez más reducidas, y que condiciona la calidad del instrumental a utilizar, existe una dificultad notable en determinar la situación del buque oceanográfico, debido a los errores derivados de los sistemas clásicos de navegación.

Este problema, de gran importancia en algunas especialidades, como por ejemplo en la geología marina, ha sido prácticamente resuelto gracias a las nuevas técnicas de navegación por satélite, basadas en la información recibida de los sistemas GPS (**Global Positioning System**) alcanzándose precisiones del orden de los 10 m, para distancias muy considerables entre la estación situada en tierra y el barco.

Asimismo y gracias al empleo de estos satélites situados en órbitas prefijadas, es actualmente posible conocer de forma continua la posición del barco, con una indeterminación del orden de los 12 m, es decir, inferior a la eslora de muchos de los barcos que utilizan este sistema de navegación, el cual se está implantando en la mayoría de los buques oceanográficos, ya

La Cartografía Marina en México

que su utilización es posible en toda la superficie del planeta, contrariamente a los sistemas Loran y Decca y a no depender como éstos de las condiciones climatológicas de la zona de trabajo.

Otra de las características que definen las tendencias de la Oceanografía actual, es la "estandarización" de los métodos, el de las definiciones utilizadas, etc. que hacen compatibles entre sí los resultados obtenidos por distintos países. Para ello se han creado asociaciones internacionales que reúnen a los mejores especialistas de cada rama de la Oceanografía en los diferentes Países y que, bajo el auspicio de esos organismos como son: la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO, que reúne un Comité para el Intercambio Internacional de Datos Oceanográficos (IODE), les da la autoridad que les concede su reconocido prestigio, van dictando las nuevas formas de trabajo.

Estas asociaciones son de carácter internacional y están apoyadas económicamente por los distintos Estados que las forman. Ello da una medida del empeño que existe a nivel mundial en aumentar los conocimientos sobre el océano y llegar en consecuencia, a un mayor aprovechamiento de los recursos que se tienen.

a).- Oceanografía Química.

En primer lugar, se pretende automatizar cualquier medición, lo que lleva consigo una mejora en la calidad de los resultados evitando posibles errores de manipulación además de permitir reducir las necesidades de personal especializado y después obtener mayor número de datos, tanto para conseguir un mejor rendimiento de toda la instalación, como para poder determinar fenómenos que tienen lugar a escala más fina, en el espacio y en el tiempo.

Como consecuencia se han aplicado los autoanalizadores químicos, desarrollados para determinar concentraciones de varias sustancias por medios calorimétricos; éstos aparatos trabajan de forma continua, determinando concentraciones de nutrientes químicos con sólo introducir agua del mar en él.

En la actualidad los autoanalizadores se emplean para establecer gran número de parámetros químicos, principalmente los nutrientes del fitoplancton (nitratos, nitritos, silicatos, fosfatos, etc.).

La enorme ventaja que aporta este sistema reside en la gran cantidad de información que se puede obtener en un laboratorio químico, sin necesitarse más que un técnico capaz de atender cualquier anomalía.

También han entrado en funcionamiento junto a los autoanalizadores la utilización de **cromatógrafos de gases** para la determinación de la concentración de gases disueltos en el agua.

b).- Oceanografía Física.

La automatización, la aplicación de la electrónica y el desarrollo de dispositivos que permiten medir indirectamente, pero con gran precisión la temperatura, la conductividad y por lo tanto la salinidad y la presión han modificado sustancialmente esta rama de la Oceanografía.

Existe un gran número de dispositivos análogos, denominados sensores, que miden parámetros de diversa índole, como la velocidad de propagación del sonido en el agua, la concentración de gases disueltos en la misma.

Los **ecosondas** y los sensores que pueden alojarse junto a ellos se emplean para obtener perfiles verticales continuos, alcanzando profundidades de 4000 metros o más.

La frecuencia con que se mide un parámetro determinará la magnitud de los fenómenos que se puedan estudiar, pues de acuerdo con la teoría de la información, el período de muestreo debe ser muy inferior al del fenómeno que se desea medir. Por otra parte, y dado que muchos parámetros se miden de forma continua --es decir, con un período de muestreo prácticamente nulo-- es preciso almacenar el mayor número posible de medidas para que luego se puedan aprovechar al máximo los resultados obtenidos.

Por este motivo se han desarrollado sistemas capaces de medir y acumular la información con gran rapidez y exactitud, denominados **sistemas de adquisición de datos**.

c).- Oceanografía Biológica.

La Biología ha incorporado también a su metodología los últimos avances tecnológicos, y aunque la sistemática obliga a lentos procesos de identificación y clasificación, en la actualidad ya se empiezan a medir otros parámetros que dan idea de aspectos cuantitativos muy importantes.

Así, para determinar la capacidad fotosintetizadora del **fitoplancton** o plancton vegetal se ha recurrido al empleo de isótopos radiactivos.

La Cartografía Marina en México

Simultáneamente al aspecto cualitativo del fitoplancton, ya han comenzado a utilizarse métodos automáticos de recuento de las células, empleando contadores de partículas en suspensión acuosa. Estos contadores disponen de un sistema que permite variar la sensibilidad, lo que se traduce en un poder de discriminación del tamaño de las partículas. Este dato, junto con la obtención de los extractos de los pigmentos verdes contenidos en las algas del fitoplancton, brinda una medida indirecta de su abundancia y actividad.

También se puede medir el zooplancton utilizando contadores de partículas; algunos de ellos operan de forma continua y proporcionan información digital, que se registra en el sistema automático de adquisición de datos. Sin embargo estos contadores no sustituyen al proceso de clasificación taxonómica, que, de forma sistemática, se realiza mediante pescas experimentales con redes especiales de distintos pasos de malla.

Por último, queda por señalar la importancia que han adquirido las bacterias en la Oceanografía. Ellas son las responsables de intercambios energéticos a muy bajo nivel, ya que pueden reducir sustancias químicas inorgánicas y obtener de ellas el oxígeno que precisan para su supervivencia, oxígeno que entra así a formar parte del ciclo de la vida en el mar. La preparación de técnicas especiales que permiten obtener muestras de bacterias de forma estéril ya que la contaminación es un riesgo muy difícil de evitar para proceder a su identificación, recuento y medición de su actividad.

La obtención de las muestras se efectúa de forma análoga a la toma de muestras de agua en Hidrografía: se utilizan botellas de inmersión algo distintas de las Nansen hidrográficas, ya que es preciso esterilizarlas antes de introducirlas en el agua. Las bacterias se identifican y se cuentan después de desarrollar sus colonias al ser sembradas en cultivos adecuados.

De las tres especialidades oceanográficas citadas, la química, la física y la biológica, no hay duda que la última es la que presenta un menor índice de automatización, debido principalmente a la necesidad de identificar a los individuos, no bastando la simple determinación de algunos parámetros cualitativos. Se está intentando desarrollar varios métodos que permitirán realizar la taxonomía de forma automática.

Evolución futura de la metodología.

Al exponer las líneas generales de la metodología actual, se ha visto cuáles parecen ser los caminos por donde evolucionará la Oceanografía en

La Cartografía Marina en México

las próximas décadas. Los diversos factores que influyen esa evolución, no son sólo estrictamente científicos, sino también económicos como sucede con la Geología marina, rama importante de la Oceanografía a partir del momento en que surgió el interés por explotar el petróleo submarino.

Asimismo los métodos estadísticos utilizados ahora para la representación de modelos teóricos, se verán superados gracias al empleo de computadores de gran capacidad operativa, con los cuales será posible tratar una mayor cantidad de datos experimentales, y por lo tanto mejorar su precisión (simulación de modelos teóricos).

También en un futuro no muy lejano se prevé que el buque oceanográfico actuará como un sistema de exploración prácticamente autónomo, que procesará los datos obtenidos en pocos segundos obteniéndose en el buque los resultados de sus cálculos.

Como puede ser, por ejemplo, un modelo teórico de la estructura de las masas de agua cruzadas por éste. Ello permitirá efectuar predicciones sobre la evolución de las mismas, así como el posible cambio de estrategia en la exploración.

Es interesante aludir también a uno de los programas más ambiciosos que se están preparando en la actualidad. Su nombre genérico es el de "**Oceanografía desde el espacio**", y consiste básicamente en aprovechar los nuevos recursos creados por el hombre en su acceso al espacio exterior. El programa, que surgió a partir de las informaciones obtenidas por los satélites meteorológicos fue preparado por la NASA y aparte de la utilización de los instrumentos y técnicas ya empleados en los programas espaciales LANDSAT, NOAA y SEASAT, comprende los siguientes puntos de estudio: desarrollo de sensores remotos, cartografía geológica, imágenes multiespectrales, multitemporales y Tematic Mapping (TM). Estructuración de atlas de la Tierra y estudio de los recursos acuáticos y sus relaciones con el desarrollo económico.

Las investigaciones oceanográficas en México

La Investigación Oceanográfica constituye un campo casi inexplorado, de gran importancia para el país. Del conocimiento de los océanos se derivan muchos aspectos de gran trascendencia para el desarrollo económico e industrial de México, sobre todo en el sector alimentario, naval y portuario y en lo referente a la exploración nacional de los recursos naturales renovables como no renovables, en particular el petróleo, los minerales y los recursos bióticos.

La Cartografía Marina en México

En las últimas dos décadas, debido a la necesidad de encontrar nuevas y mejores fuentes de alimentos y de energéticos, se ha incrementado el interés por las cuestiones del mar.

Hasta 1958 sólo grupos aislados se ocupaban de las investigaciones marinas, en su mayor parte de tipo biológico-descriptivo. Sin embargo, en la última década diversas instituciones educativas, Secretarías de Estado y organismos descentralizados, han llevado a cabo programas y trabajos con una perspectiva más amplia y con mayor inversión de recursos.

En 1963, la Secretaría de Marina llevó a cabo el primer crucero oceanográfico en la plataforma continental del Golfo de México, frente al estado de Veracruz.

La Secretaría de Marina ha contribuido en el desarrollo de la Oceanografía al transformar los barcos de la Armada en barcos oceanográficos, los cuales son proporcionados a los investigadores de diversas instituciones para realizar programas conjuntos de investigación científica y de aspectos aplicados. Para llevar a cabo estos estudios, se acondicionó el Buque Oceanográfico "Virgilio Uribe" y se iniciaron los primeros cruceros oceanográficos del Programa COSMA:

En 1970 se participó en el proyecto CICAR (Investigaciones Cooperativas del Caribe y Regiones Adyacentes) para llevar a cabo estudios oceanográficos en nuestros mares, patrocinado por la UNESCO y con la cooperación de las siguientes instituciones: Secretaría de Marina, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Secretaría de Industria y Comercio, Instituto Mexicano del Petróleo, Comisión Federal de Electricidad y Universidad Nacional Autónoma de México.

El programa nacional de México dentro del Proyecto CICAR comprendió aspectos de Oceanografía Física y Química, Geología y Geofísica marina, Biología Marina y Recursos Pesqueros. Constituyó uno de los primeros intentos por establecer un programa de estudios multidisciplinarios e integrales sobre nuestros mares, formalizando así el estudio de la Oceanografía en México.

Otro aspecto no menos importante, fue la creación temporal del Centro de PreClasificación Oceánica de México (CPOM), como parte de la contribución de nuestro país a los programas de CICAR.

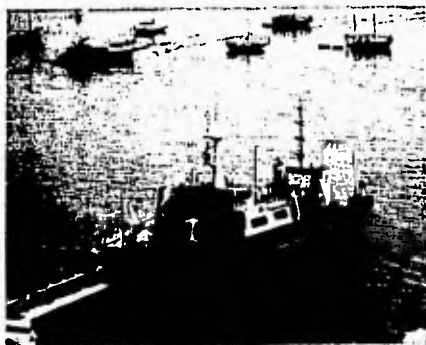
El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) ha establecido un marco de referencia para el desarrollo de la Oceanografía en México, tanto en la formación de recursos humanos, como de servicios (becas, auspicio de seminarios, adquisición de equipos) y apoyando proyectos específicos de investigación.

La Cartografía Marina en México

Bajo la coordinación del CONACYT, se elaboró y estructuró el Plan Nacional para crear la infraestructura en Ciencias y Tecnologías del Mar, el cual está funcionando dentro de los proyectos que tiene México en el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

En el mismo año, varias instituciones participaron en el experimento multinacional denominado Pre-Gatr: (Experimento Tropical del Atlántico) para estudios meteorológicos a 360 millas al este-noroeste de Puerto Rico. Posteriormente, se llevó a cabo el experimento GATE con la participación activa del Buque Oceanográfico Mariano Matamoros y llevando a bordo a un grupo de científicos mexicanos.

La Universidad Nacional Autónoma de México ha contribuido considerablemente al desarrollo de las ciencias del mar en nuestro país, a través de la formación de recursos humanos altamente calificados y de la adquisición de materiales y equipo incluyendo sus dos buques oceanográficos, "El Puma" y el "Justo Sierra", que pone a disposición de todas las instituciones mexicanas interesadas en las ciencias del mar.



Buques Oceanográficos "El Puma" y "Justo Sierra".

Dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México, la investigación científica marina se lleva a cabo en el Instituto de Ciencias de Mar y Limnología, que cuenta con estaciones de investigación en Mazatlán, Sin.; Ciudad del Carmen, Camp.; Puerto Morelos Q.Roo, y además en los Institutos de Biología, Geofísica y Geología.

La Cartografía Marina en México

La Universidad Nacional Autónoma de México, ha explorado sistemáticamente las características de los mares en su configuración, dinámica, química, geológica y en sus seres vivos, para conocer sus recursos y las posibilidades de su aprovechamiento. A través de un programa compartido con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y con Petróleos Mexicanos, se desea obtener información de la Zona Económica Exclusiva.

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), ha puesto gran empeño en integrar un Banco Nacional de Datos Oceanográficos, encargado de recibir, validar, procesar y difundir información oceanográfica, así como elaborar la cartografía batimétrica de la ZEE, el inventario y la representación cartográfica de las islas de México y contribuir al mejor desarrollo del servicio de información geográfica nacional.

Otra importante contribución del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a las ciencias marinas es que dos de los centros bajo su auspicio, el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y el Centro de Investigaciones Biológicas de la Paz, (CIB) abarcan diversos campos de esas ciencias.

La Secretaría de Pesca desarrolla actividades de suma importancia para la investigación marina, al incrementar sus medios a flote y sus instalaciones (barcos de exploración pesquera y centros de investigación pesquera). Asimismo, promueve en forma notable el desarrollo de sus centros de investigación especialmente el de hidroacústica y el de calibración de instrumental.

Asimismo, la Secretaría de Marina ha participado en la puesta en marcha del Plan Nacional de contingencia para Combatir y controlar Derrames de Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas en el Mar, a través de la Subcomisión de Prevención y Control de la Contaminación del Mar de la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental.

Además de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas y la Unidad del Centro de Investigación de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional, existen otras instituciones como el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), el Centro de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad de Sonora (CICTUS), la Escuela de Ciencias Marinas y Alimentarias del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), y las universidades de los estados costeros, que muestran cada vez mayor interés en desarrollar las ciencias del mar en nuestro país.

La Cartografía Marina en México

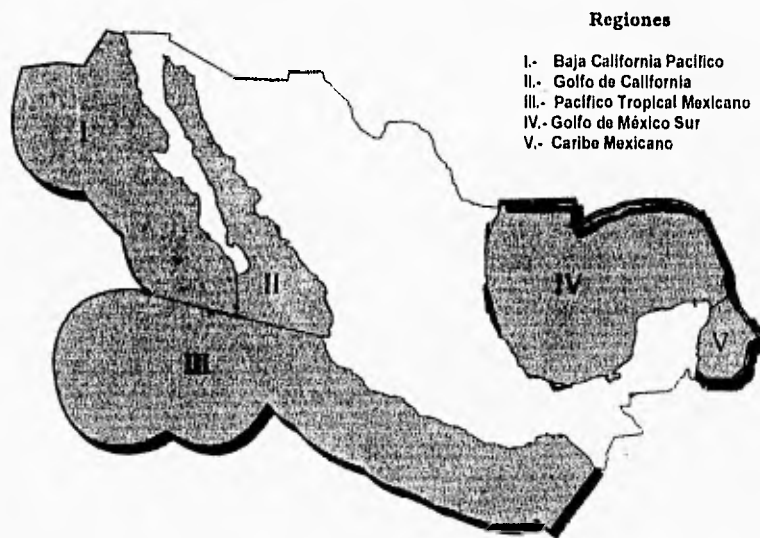
A pesar de los esfuerzos que se han hecho, estos han sido más o menos dispersos y el conocimiento de los mares mexicanos es aún muy reducido por lo que no se dispone de información suficiente para la adecuada explotación y administración de nuestros recursos marinos.

Ha sido en los proyectos internacionales donde se han dado los pasos más significativos en nuestra incipiente oceanografía y donde se ha ejercitado de manera eficiente la coordinación entre las instituciones nacionales de investigación científica.

CAPÍTULO II LOS MARES MEXICANOS

México con sus 2'892,000 km² de Zona Económica Exclusiva (ZEE) en la cual se suceden una gran variedad de fenómenos de diversa naturaleza que invariablemente influyen en la distribución de los recursos marinos. Para atender dichos fenómenos se hace necesario primero, conocer integradamente las características oceánicas básicas generales regionales y locales.

Para tal efecto, se ha considerado conveniente analizar dicha información tomando en cuenta la división de áreas geográficas de nuestros mares en: Baja California Pacífico; Golfo de California; Pacífico Tropical Mexicano; Golfo de México Sur y Caribe Mexicano, en sus aspectos: oceanográficos y meteorológicos. (figura 1.1)



(figura 1.1) Regiones Oceánicas de la Zona Económica Exclusiva de México modificada por el autor de esta tesis tomando como base las regiones oceánicas en Ciencia y Tecnología para el Aprovechamiento de los Recursos Marinos, CONACYT, 1982.

La Cartografía Marina en México

I. BAJA CALIFORNIA PACÍFICO

1.1 Aspectos de Oceanografía Geológica

Rasgos del Relieve Submarino y Topográficos

El fondo oceánico mexicano, se ha dividido en siete provincias definidas por sus morfoestructuras, de acuerdo a Lugo, (1986) el margen occidental de la Península de Baja California está definido por las morfoestructuras: la plataforma continental y borde continental.

Plataforma Continental

Tiene una amplitud muy irregular y en el extremo norte de la península de Baja California alcanza unos 20 Km. de ancho. Al sur del paralelo 33° disminuye a 3 Km. y se ensancha frente a Ensenada hasta 13 Km.; hacia el sur alcanza de 15 a 30 Km. haciéndose más evidentes estos incrementos en las grandes bahías con máximos de hasta 140 a 150 Km. de ancho, como sucede en Bahía Sebastián Vizcaíno.

La plataforma tiene un extensión de 70 a 80 Km., entre Bahía de Ballenas y San Juanico observándose bancos a profundidades de 18, 70 y 128 m.; hacia al sur se estrecha, alcanzando aproximadamente 4 Km. Frente a Todos Santos y en la región de los cabos, la plataforma está recortada y en el talud la pendiente es muy abrupta.

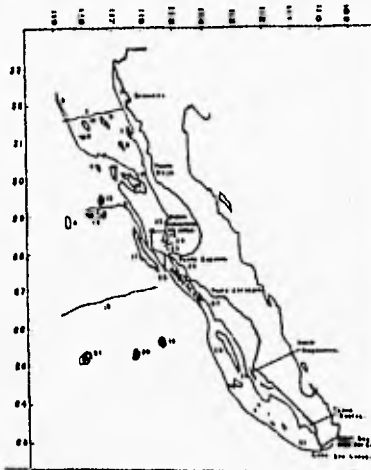
Borde Continental:

Fue descrito inicialmente por Shepard y Emery en 1941. se inicia frente a las costas de California, E.U.A. y termina frente a Cabo San Lucas, con más de 2 000 Km. de longitud perteneciendo al territorio mexicano unos 1 300 Km.; está limitado al oriente por la plataforma continental. Su relieve montañoso de fuerte pendiente se registra en especial al norte del paralelo 31° y hacia el paralelo 33° alcanza una amplitud de 320 Km., (Lugo, 1986), se señala una complejidad morfoestructural con zonas de relieve de mesetas, montañas submarinas, depresiones, escarpes menores, plegamientos, fallas, etcétera así como la transición abrupta de la plataforma continental a la llanura abisal, (Krause 1965). (figura 1.2)

En la (Figura 1.3) se señalan algunos de los accidentes topográficos más importantes de la Costa Occidental de Baja California.



(figura 1.2) **Borde Continental** con su relieve semejante a una cadena montañosa a una latitud de 27 grados. (Lugo, 1986).



(figura 1.3) Mapa batimétrico de la costa occidental de Baja California. (Krause, 1965).

Bahía de Todos Santos: Presenta islas cercanas al rompimiento de la plataforma, así como en el borde una pendiente brusca de la cual no se conoce su extensión.

Falla Santo Tomás: Se localiza frente a Ensenada y marca los límites entre el borde continental septentrional y el meridional (Krause, 1965). El límite inferior está definido por el extremo sur del Escarpe Pattón. Hacia el sur se encuentra en la Cordillera Popcorn que es el límite superior de la Fosa de Cedros; esta cordillera marca la frontera entre el borde continental y la formación Guadalupe-Arrugado. A lo largo de la región hay un rompimiento batimétrico entre el mar profundo y el borde continental meridional; esto es, el escarpe se extiende hacia la Cordillera Popcorn, correspondiendo a la Cordillera de La Soledad la porción central (Doyle y Bandy, 1972).

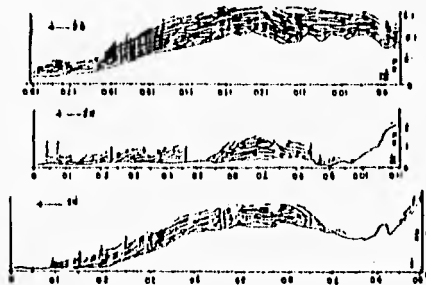
La Cartografía Marina en México

Cuenca San Quintín: Presenta escarpes rectos en los bordes. La cuenca es más profunda hacia la porción Noreste y está limitada por una serie de escarpes.

Cuenca San Isidro: Situada al norte de la Isla Guadalupe; y en el límite de la plataforma continental posee una pendiente muy suave, rodeada de escarpes constituidos por un graben, el cual quedó limitado al hundirse un bloque por las paredes cercanas (Krause, 1965).

Isla de Guadalupe: Aproximadamente en el paralelo 29° Isla Guadalupe se levanta sobre la fracción fósil de la Dorsal Pacífico Oriental, esta isla es un edificio insular volcánico formado por dos escudos alcalinos cualescentes parcialmente cubiertos por series de basaltos fisulares más tardíos. La isla se levanta unos 4 000 m con respecto al nivel promedio del piso oceánico hacia el oriente (Delgado-Argote, 1993).

Bahía Sebastián Vizcaíno: Es una estructura sinclinal con una serie de pliegues; amplio y hundido hacia el noreste dentro de la cuenca sur de San Quintín (Normark, 1977). La parte central de la bahía es una superficie ligeramente cóncava (figura 1.4).



(figura 1.4) Perfiles perpendiculares de reflexión sísmica a través de la Bahía Sebastian Vizcaíno. (Normark, 1977).

Isla Cedros o Isla Natividad: En el límite suroccidental de la bahía están Isla Cedros y la Isla Natividad, las cuales están separadas una de otra y del continente por los canales Kellet y Dowe, el primero es el más ancho y más profundo con 15 Km., y 45 m. respectivamente; posee una terraza submarina a 20 m. de profundidad que se extiende hacia el sur desde Isla Cedros (Emery et al., 1957).

La Fosa de Isla de Cedros limita con el borde continental, a una profundidad máxima de 4 492 m., ésta es una depresión de fondo plano de forma alargada. En esta zona el relieve se hace muy complejo debido a la presencia de la Fractura de Shirley con 4 387 m. de profundidad esta fractura es un extremo de la antigua Fractura de Molokai, la cual se extiende desde las Islas Hawaii a lo largo de todo el Pacífico hasta la Isla Cedros. Tanto la Fractura de Molokai, como la de Shirley son fallas transformantes mayores, que forman parte de la serie de Fracturas del Pacífico Oriental. Al sur de la Fosa-Fractura de Shirley están tres de las formaciones más altas en esta porción de la planicie abisal: Montaña Henderson con su cima a 388 msnm., cresta a 695 msnm. e Isla Alijos de 100-110 msnm. (Lugo, 1986).

Las Islas San Benito están cerca del rompimiento de la plataforma y son parte de un eugeosinclinal y alrededor de ellas hay terrazas bajo el nivel del mar actual. La cordillera que se extiende desde estas islas hasta la Cuenca Soledad tiene en su margen oriental la zona de la Falla San Benito. Esta falla parte de Punta Eugenia a casi 29.5° N y 117°O, pasa a través de las Islas San Benito, del extremo suroeste de Islas Cedros y sobre tierra adentro de Punta Eugenia, y tiene una tendencia noroeste-sureste, (Krause, 1965)

Bahía San Cristóbal: Tiene una profundidad de 120 m., no tiene islas y presenta numerosas y pequeñas irregularidades llamadas diapiros, los cuales consisten, en su mayoría, de rocas proyectadas a través de una capa de sedimentos (Emery et al., 1957).

Bahía Ballenas: Estructuralmente es una depresión en forma de sinclinal con topografía suave.

Clasificación de las Costas

Según la clasificación de Inman y Nordstrom (1971), se trata de costas de subducción o costas de colisión continental, este tipo de costas se presenta en los márgenes continentales, cuando una placa continental gruesa choca con una placa continental delgada, en este caso la Placa Pacífica subduce bajo la Placa Americana.

Con base en la clasificación geomorfológica y genética elaborada por Shepard en 1973., se presentan tres clases de costas:

1.-Costas Primarias; formadas por depositación subaérea, por vientos; costas con dunas (por ejemplo, área Bahía Magdalena).

2.-Costas Secundarias; formadas por erosión de oleaje, promontorios cortados por olas, costas de línea de falla. Estas costas se presentan en las partes rectas, se pueden apreciar a lo largo de la península de Baja California.

3.-Costas con terrazas elevadas cortadas por oleaje; se observan en la Bahía de Sebastián Vizcalno debido a que esta área se considera como una extensión del Desierto de Santa Clara que fue cubierta por el mar y por la presencia de terrazas se puede comprobar, además de evidencias botánicas.

Otros tipos de costas secundarias son las costas formadas por depositación marina, costas de barrera; playa de barrera, islas de barrera, ganchos de barrera y bahía de barrera. Estas costas se pueden observar en sus diferentes tipos en Bahía Vizcalno, Bahía Magdalena y Bahía Santo Domingo.

Lagunas Costeras

El conocimiento de la naturaleza, dinámica e historia de las lagunas costeras es importante, tanto científica como económicamente. Por ejemplo: en las lagunas mareales el intercambio y mezcla de agua, los procesos de sedimentación, distribución, depositación y las tasas de producción orgánica, son factores importantes que hablan de la evolución de la zona costera (Phleger, 1969).

La costa Oeste de Baja California tiene 16 lagunas costeras, distribuidas a lo largo de la península, desde Ensenada hasta Cabo San Lucas, incluyendo también bahías y esteros. Lankford (1977), clasifica las lagunas costeras de acuerdo al origen de la depresión y las características de la barrera. La costa Oeste de Baja California corresponde a la región A de la siguiente clasificación:

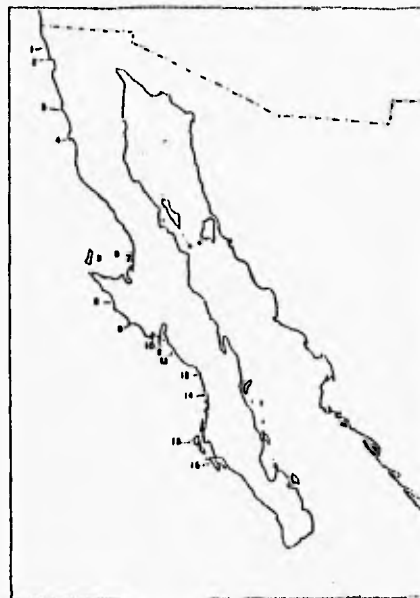
Tipo I: Son lagunas de erosión diferencial; depresiones formadas por procesos no marinos, cuando el nivel del mar baja. Las formas y batimetría son variables. A lo largo del relieve costero pueden formarse cañones con escarpes, ejemplos: Laguna Ojo de Liebre y Bahía Tortuga.

Tipo III: Barreras de bancos de arena, depresiones inundadas en el margen interior del continente, protegidas del mar por una barra, orientadas paralelamente a la costa. Batimetría poco profunda, excepto por canales erosionados, modificaciones principalmente en zonas litorales por procesos de

viento y huracanes. Ocurren a lo largo de costas con relieves bajos e intermedios, por ejemplo: Estero Punta Banda.

Tipo V: Tipo tectónico; depresiones y/o barreras producidas por fallas plegamientos o vulcanismo en áreas costeras del pasado geológico. Tienen formas variables, elongadas, ovals o muy irregulares; batimetría profunda y poco profunda, a menudo irregular. Ocurren a lo largo de costas con relieves altos; ejemplos: Bahía Magdalena y Bahía San Quintín.

En la (Figura 1.5) se enlistan los nombres de dichas lagunas, bahías y esteros, indicándose al tipo a que corresponde de acuerdo a la clasificación de Lankford en 1977 así como su ubicación.



- 1 Estero San Miguel
- 2 Estero de Punta Banda
- 3 Laguna Vicente Guerrero
- 4 Bahía San Quintín
- 5 Laguna Manuela
- 6 Laguna Guerrero Negro
- 7 Laguna Ojo de Liebre
- 8 Bahía Tortuga
- 9 Laguna Abrojos
- 10 Estero Ballenas
- 11 Laguna San Ignacio
- 12 Estero San Benito
- 13 Laguna San Gregorio
- 14 Laguna Santo Domingo
- 15 Bahía Magdalena
- 16 Bahía Almejas

(figura 1.5) Localización de **bahías y esteros** en la costa oeste de Baja California. (Lankford, 1977).

La Cartografía Marina en México

Notas bibliográficas

1. Delgado-Argote, L.A., García-Ablesdem, J., y Mendoza-Borunda R., 1993. Correlación geológica ante la balimetría y los rasgos estructurales del oriente de la Isla Guadalupe, México, en: Contribuciones a la Tectónica de México, Unión Geofísica Mexicana, Monografía No. 1, P. 1.
2. Carranza-Edwards, A.M. Gutiérrez y R. Rodríguez. 1975. Unidades Morfotectónicas Continentales de las costas mexicanas. Anales Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 2(1): p81-88.
3. Doyle, L.J. y L.D. Brandy. 1972. Southern Continental Borderland, (Baja California, México). Its Tectonics and Environmental Development. Geological Society of American Bulletin, p3785-3784.
4. Emery, K.O. y Byrne, J.V. 1957. The marine geology of the Gulf of California. thesis Ph. D., Univ. Southern California, p1-79.
5. Krause, D.C. 1965. Tectonic, bathymetry and geomagnetism of the Southern Continental Borderland West of Baja California, Mexico, Geological Society of American Bulletin: p617-650.
6. Lugo, H.J. 1986. Morfoestructuras del fondo Oceánico Mexicano, Boletín. Instituto de Geografía, UNAM. p.9-39.
7. Normark, W.R. y J.R. Curray. 1977. Geology and structure of the tip of Baja California, Mexico. Geology Society American Bulletin, 69; p.1589-1600.
8. Secretaría de Programación y Presupuesto. 1982. Carta Balimétrica. Dirección General de Geografía, Coord. Gral. de Serv. Nal. Estadística, Geografía e Informática: Golfo de California CB-002.
9. Larson, R.L. 1968. East Pacific Rise Crest: A Near Bottom Geophysical Profile. Science, p68-71.
10. Shepard, F.P. 1973. Submarine Geology. Harper E. Row Pub. New York p.563.
11. Normark, W.R. y J.R. Curray. 1968. Geology and structure of the tip of Baja California, Mexico Geology. Society American Bulletin, 69; p.1589-1600.
12. Lankford, R.R. 1977. Coastal Lagoon of México, their origin and classification. In: Estuarine Processes M. Willey. (Ed.) Academic Press Inc. p.182-215.
13. Phleger, F.B. 1964. Patterns of living benthonic foraminifera, Gulf of California. In: A Symposium Marine Geology of Gulf of California. T.H. van Andel and G.G. Shor, Sr. (Edo.). Scripps Institution of Oceanography, University of California. Memoir 3: p.377-394.

1.2 Aspectos de Oceanografía Física

La costa occidental de Baja California ha sido estudiada en varios aspectos de su oceanografía física, ya que es importante en cuanto a sus características muy locales como son: la presencia de la corriente de California, la contracorriente meridional y el gran número de surgencias a lo largo de la costa, las cuales manifiestan fluctuaciones estacionales y espaciales.

Sin embargo, los estudios realizados se han centrado principalmente a la costa norte hacia arriba de Punta Eugenia y son escasos en la parte sur.

En este trabajo se mencionan los estudios realizados por varios investigadores nacionales e internacionales, referentes a esta zona, recopilando información acerca de la corriente de California, contracorriente, surgencia, mareas, así como condiciones físicas, bahías y lagunas a lo largo de la costa.

Temperatura y Salinidad

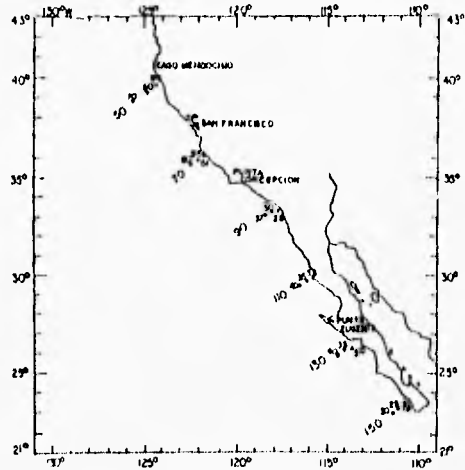
Frente a la costa oeste de Baja California las características de la corriente de California (de baja salinidad y baja temperatura) predominan en toda la zona, sin embargo, cerca de la costa pueden alterarse debido a surgencias y contraflujos. Existe dentro de la región de la corriente de California una agua cálida de alta salinidad ubicada hacia el oeste (Pacífico Norte Central) y al sur en las cercanías con el Golfo de California.

Sobre el Sistema de la corriente de California, se han realizado un gran número de observaciones oceanográficas. Desde 1949 el Comité de Investigaciones Marinas "California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CALCOFI)" conduce un programa sobre una amplia red de estaciones que prácticamente cubre toda la región (Eber et al., 1976).

Utilizando los datos de CALCOFI del lapso 1950-1968, Gómez y Vélez (1982), analizaron los cambios estacionales de temperatura y salinidad a 10 y 200 m de profundidad en la región costera de la Corriente de California frente a costas mexicanas abarca las líneas hidrográficas 110, 130 y 150 (Las líneas hidrográficas son series de estaciones de muestreo establecidas a una distancia entre sí).

A macroescala la corriente de California está constituida por una zona de transición entre la masa de agua Ecuatorial y la Subártica (Sverdrup et al., 1942). Como resultado del análisis de datos de temperatura y salinidad Gómez y Vélez (1982), sugieren que la masa de agua de la zona de transición se localiza

frente a Baja California (representada por las líneas hidrográficas 110 y 90) (Figura 1.6), la Masa Ecuatorial se ubica frente a Baja California Sur, a partir de Punta Eugenia hasta Cabo San Lucas (líneas hidrográficas 150-130); La Masa Subártica de San Francisco a Cabo Mendocino (líneas hidrográficas 70-50).



[figura 1.6] Ubicación geográfica de las estaciones que limitan masas de agua en Baja California. Los números grandes señalan las **líneas hidrográficas**, y los números pequeños las **estaciones hidrográficas**. (Gómez y Vélez, 1982).

Surgencias

El fenómeno de surgencias en la costa occidental de Baja California es ocasionado por vientos dominantes del noroeste (Chávez de Ochoa, 1975). Dicho fenómeno ha sido estudiado en algunas áreas específicas de la costa oeste de Baja California que a continuación se mencionan:

Gómez y Vélez (1982) señalan tres regiones como causa principal de bajas temperaturas costeras, siendo más conspicuas a los 30°N aproximadamente durante verano-otoño, a los 26°N y 22°N en primavera. Estos mismos autores en 1983, señalan que la surgencia frente a Ensenada en la línea 100 de la (Figura 1.6), es más intensa en primavera y principios de verano ,

ocurriendo en general, de abril a julio. Las aguas que ascienden hacia la superficie provienen de profundidades inferiores a los 100 m. La estructura horizontal superficial típica de las surgencias se observa a una distancia hasta de 50 Km de la costa, aproximadamente.

Por otra parte, Pavlova (1966), menciona que entre los 25° y los 30°N las surgencias se desarrollan de marzo a agosto, pudiéndose localizar de estas latitudes, las de Punta Canoas, Punta Eugenia y Cabo San Lázaro. En la parte norte de los 30° a los 35°N, se presentan surgencias en otoño e invierno, de noviembre a febrero y en primavera de abril a mayo abarcando dentro de estas latitudes a Punta Banda y Bahía San Quintín.

Para Punta Canoas y Punta Eugenia, CALCOFI menciona surgencias de tipo costero, en la primavera con aguas que oscilan entre los 12 y 14°C, con altas salinidades que van de 33.60 a 33.65‰. Punta Eugenia presenta condiciones locales con remolinos en dirección de las manecillas del reloj y con temperaturas de 16 a 18°C y salinidades de 33.50‰ ó mayores.

En bahía Magdalena se presentan condiciones de surgencias en los primeros meses del año (Alvarez-Borrego et al., 1975).

Lynn (1967) menciona que la variación estacional de los vientos en la costa oeste de Baja California, tiene un efecto notable sobre las surgencias, ya que éstas son más fuertes cuando los vientos del norte y noroeste son más fuertes, lo que ocurre en abril y mayo.

Mareas

El régimen de mareas en toda la costa oeste de Baja California es mixta semidiurna con una gran desigualdad diurna, generalmente ocurren dos pleamares y dos bajamares. Las amplitudes van aumentando desde Ensenada hasta alcanzar su valor máximo aproximadamente en Punta Abreojos, para disminuir hacia Cabo San Lucas (Grivel, 1986-1987). Este comportamiento se observa también a lo largo de la costa del Pacífico Tropical.

La Cartografía Marina en México

Notas bibliográficas

1. Sverdrup, H. V. 1941. "The Gulf of California. Preliminary discussion of the cruise of the E.W. Scripps in February and March 1939". Proceeding 6th. Pacific Scientific Congress. 3: p161-166.
2. Grivel, F. 1969. "Constantes armónicas de 23 estaciones mareográficas instaladas en la costa de México". Anales Instituto Geofísica UNAM. 14:p45-59.
3. Roden, G.I. 1989. "Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California Pacific Science". 12(1):p21-45.

2. **GOLFO DE CALIFORNIA**

2.1 **Aspectos de Oceanografía Geológica**

Rasgos del Relieve Submarino

El relieve actual del golfo, es el resultado de la dinámica estructural realizada durante aproximadamente 12 millones de años a través de una serie de procesos geológicos que se han acelerado los últimos 4.5 millones de años. El Golfo de California en su conjunto, es una cuenca estructuralmente compleja, donde se registran todo tipo de accidentes topográficos, desde los abanicos sedimentarios de pendientes sumamente suaves en el Golfo Superior, los cuales se interrumpen bruscamente por una serie de escarpes accidentados, hasta llegar a formar paredes casi verticales en el Canal de Ballenas, hasta los cañones submarinos, producto de las transgresiones y procesos de circulación durante el último millón de años, localizados principalmente, en el extremo Sur de la península, así como frente a Topolobampo, Sinaloa. Algunos de estos cañones desembocan en profundas cuencas y planicies abisales, como sucede con la Cuenca Farallón. Son notables la serie de 10 cuencas alineadas de norte a sur hasta las Islas Marias, cuya batimetría se incrementa en el mismo sentido. Otros rasgos notables lo constituyen la plataforma continental en la margen oriental del golfo, y la ausencia de ella en el extremo opuesto. Finalmente, existen alrededor de 102 islas, la mayoría de ellas de origen volcánico.

Esta complejidad topográfica sólo pudo ser posible debido al desplazamiento de las fallas situadas en el piso oceánico del Golfo de California, y cuya dinámica geológica sólo es comparable con la del Mar Rojo Y la Península de Kamchapka, en Rusia.

Durante los últimos 40 años se han llevado a cabo una serie de investigaciones por diferentes instituciones del país y el extranjero, sobresaliendo entre estos, los esfuerzos ininterrumpidos de la Institución Oceanográfica SCRIPPS, dependiente de la Universidad de California, quienes han realizado aproximadamente el 80% de las investigaciones en el área de la oceanografía geológica del Golfo de California, han patrocinado numerosos cruceros oceanográficos de carácter multidisciplinario, principalmente durante 1957-1963, así como durante 1974-1982.

Las primeras investigaciones sobre la topografía y batimetría del Golfo de California datan desde 1800 y fueron realizadas por la Oficina Hidrográfica de los Estados Unidos; estas cartas fueron utilizadas hasta los años 50's, cuando Anderson et al. (1950), basados en los resultados obtenidos durante el crucero E.W. SCRIPPS de 1939-1940, publicaron nuevos rasgos sobre la

La Cartografía Marina en México

morfología submarina, principalmente al sur de las grandes islas. En el mismo año Shepard (1950), presentó una carta topográfica, considerando al Golfo de California como una fosa oceánica con una serie de fallas orientadas a través de un eje axial central, interrumpidos por una serie de depresiones profundas. Posteriormente, durante 1957-1963, se efectuaron una serie de cruceros de prospecciones geológicas-geofísicos financiados por la misma institución SCRIPPS, los cuales realizaron unos 23 000 sondeos a lo largo de todo el golfo, Con estos datos se elaboraron cartas topográficas y batimétricas más precisas (Rusnak et al., 1964), y en la actualidad existen las elaboradas por U.S. Geological Survey (Bischoff y Niemitz, 1980), así como por la Dirección General de Geografía, las cuales son las más exactas hasta la fecha (SPP, 1982), a mediados de la década de los 70's, se emprendieron nuevas investigaciones correspondientes al Proyecto JOIDES-Deep Sea Drilling Project, las cuales han servido para delimitar la superficie de las cuencas, así como los cañones en la región de los cabos (Spiker y Simoneit (1982)). (figura 2.1)



(Figura 2.1) Relieve batimétrico del Golfo de California

Provincias Topográficas del Golfo de California

De acuerdo a Rusnak et al. (1964), el golfo queda comprendido dentro de tres grandes regiones o provincias topográficas: norte, central y sur; La primera está delimitada desde la desembocadura del Río Colorado hasta una línea imaginaria que comprende desde la Cuenca Salsipuedes a Guaymas. La región central tiene como límite la línea entre Santa Rosalia y el sur de Topolobampo; al sur de este límite se registra la tercera región, la cual se extiende hasta la línea imaginaria entre Cabo San Lucas y Cabo Corrientes, Jalisco (Figura 2.2).



(figura 2.2) Provincias topográficas del Golfo de California. Rusnak, Fisher y Shepard (1964).

Provincia Norte

La topografía de esta región está caracterizada por capas gruesas de sedimentos provenientes del Río Colorado, que han conformado un abanico aluvial muy extenso, incluso se cree que éste ha rellenado las irregularidades topográficas que debieron de existir al principio de la apertura del golfo. La plataforma continental es amplia en todo el norte y queda limitada por la isóbata de los 180 m en el límite de la cuenca Delfin, a unos 175 Km de la desembocadura del Colorado, más del 30% de la plataforma continental tiene profundidades menores de 35 m. Dos rasgos topográficos sobresalen en la

La Cartografía Marina en México

planicie marina, el promontorio sedimentario-metamórfico llamado Roca Consag y dos pequeñas cuencas, alineadas de norte a sur cuyo origen probablemente, fue un antiguo cauce, ya sea del Colorado u otro río que desapareció durante las transgresiones marinas del Pleistoceno; ambas cuencas poseen una profundidad de 180 m, la Cuenca Wagner es la más extensa (Rusnak et al., 1964; Aguayo, 1981). Hacia el Sur de la plataforma continental frente a Sonora se reduce, hasta 40 Km en el área de Tiburón y a 5 Km en el área de Guaymas. Mientras que por el lado peninsular, prácticamente no existen a la altura de la Isla Angel de la Guarda (Lugo, 1986).

Los rasgos topográficos más profundos que se observan en esta provincia pertenecen a la Cuenca de Delfín y Salsipuedes. El límite de la primera está dado por la isóbata de 180 m, haciéndose más profunda hacia el sur hasta los 720 m en el centro de la cuenca Delfín, la cual es una estructura alargada que corre paralela a la península. Esta cuenca se prolonga a través del canal de Ballenas hacia la cuenca Salsipuedes. Hacia el norte de las islas San Esteban y Tiburón se registra la cuenca de Tiburón, más somera y plana que las anteriores. Dentro de la topografía observada para toda la región norte, destacan las pendientes de la cuenca Salsipuedes, cuyos escarpes poseen formas en V, incluso en su porción centro-sur caen en forma vertical desde 180 m hasta 1 450 m, como se observa en la Figura 2.3 (O,N).

Dentro de esta provincia topográfica se ubican las mayores islas del Golfo de California: Tiburón, Angel de la Guarda, San Esteban, San Lorenzo, entre las mayores. Todas estas islas presentan plataformas alrededor de ellas, cuyo límite inferior está determinado por la isóbata de 180 m, en el caso de Angel de la Guarda, la plataforma es mínima por el lado occidental de la isla, desapareciendo en su totalidad en la porción SO debido al escarpe tan accidentado que forman las paredes de la Cuenca Salsipuedes.

Finalmente, es a la altura del paralelo 29°35' donde el golfo registra la menor anchura (117 Km) al Sur de las Islas Tiburón, San Esteban y San Lorenzo.

Provincia Central del Golfo

Hacia el Sur de las grandes islas, el Mar de Cortés se hace más ancho y más profundo, siguiendo el eje axial NO-SE del centro del golfo, en dirección del conjunto de fallas que culminan en un centro sumamente activo en la cuenca de Guaymas, a 1 898 m de profundidad.

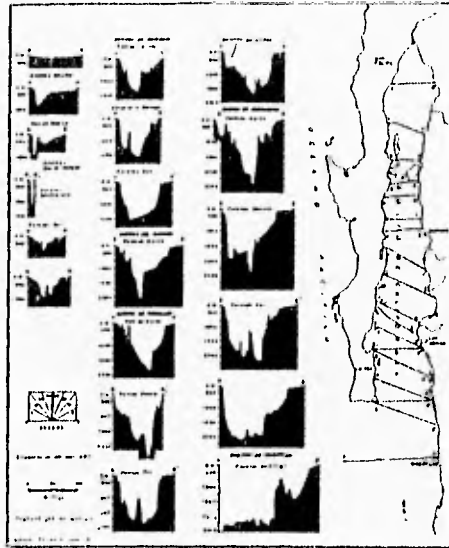
La Cartografía Marina en México

La parte septentrional de esta provincia se inicia en el umbral de 548 m situada entre la depresión de Salsipuedes y Guaymas, este umbral avanza a lo largo de una longitud de 49 Km. A partir de este punto hacia el Sur, es posible reconocer el talud como una ladera de pendiente moderada por el lado continental, y muy abrupta en el lado peninsular. En ambos márgenes la plataforma es estrecha (5 Km), en el caso de la costa de Sonora, entre Guaymas y la desembocadura del Río Mayo, la pendiente del talud es moderada hasta una profundidad de 450 m., con pequeños escarpes y rizaduras hacia los 200 m. Al sur de este río la plataforma continental se amplía (25 Km.), mientras el talud se modifica sustancialmente haciéndose más abrupto y accidentado, con los rasgos. El relieve observado en el margen peninsular es más escarpado y las pendientes mayores a 45 grados, la plataforma entre la Bahía San Francisco y el Sur de Santa Rosalía, prácticamente no existe y el talud se inicia a los 40 m alcanzando hasta los 750 m, a 12 Km de la costa. Al Sur de Santa Rosalía el talud presenta una elevación notable que asciende desde los 1 300 m hasta los 260 m paralelo a las costa en 80 Km aproximadamente, hasta desaparecer en la porción Sur de la cuenca, como se observa en la Figura 2.3. L, K, J. (Shepard, 1950; Rusnak et al., 1964; Lugo, 1986). Como se mencionó anteriormente, en el eje central del golfo se localiza la Cuenca de Guaymas, que es una depresión alargada en posición NO-SE, con su porción más amplia a la altura del sur del Puerto de Guaymas. La depresión se inicia a los 900 m con una pendiente suave, a partir de esta cota son notables en el contorno de toda la cuenca otras cotas a los 1 260, 1 440 y 1 625 m, que delimitan ampliamente extensiones de planicies abisales. En la cota de los 1 400 m se eleva la Isla Tortuga como un bloque elevado del talud continental con laderas escarpadas por todos lados.

La parte más central de la concavidad se sitúa a los 1 800 m cubriendo un área de aproximadamente 560 km², con dos pequeñas trincheras al norte y sur de la cuenca, a 1 898 m (Rusnak et al., 1964; van Andel, 1964); como se observa en la Figura 2.3 una de ellas, la del norte, es más angosta y posee escarpes más pronunciados, mientras ambas son perpendiculares al sistema de fallas del eje central del golfo.

Como rasgos notables de esta provincia topográfica y concretamente de la Cuenca de Guaymas, son las capas de sedimentos que predominan en toda la morfología, estos son en su mayoría de origen biogénico y se han estado acumulando por lo menos durante los últimos 2.5 m.a. con velocidades elevadas de sedimentación en el centro de la depresión (Anderson, 1950; Rusnak et al., 1964; van Andel, 1964 Boumgartner et al., 1985).

Solamente las Islas Tortuga, san Marcos y Santa Inés, así como la Bahía de Concepción son las estructuras superficiales de origen volcánico más notables de esta provincia (Figura 2.3 K,K').



(figura 2.3) Secciones batimétricas a través del Golfo de California. Exageración 60 X. (Rusnak, Fisher y Shepard 1964)

Provincia del Sur del Golfo

En contraste con los extensos abanicos sedimentarios del norte y las cuencas centrales de pendientes suaves del centro del golfo, la topografía de la parte sur está caracterizada por ser muy irregular. Nuevos elementos estructurales como los montes y cañones submarinos hacen la topografía del piso oceánico más compleja. En el paralelo 24, el Golfo de California incrementa notablemente su amplitud hasta unos 240 Km, las cuencas o depresiones del eje central se hacen más profundas, en el margen peninsular existe una gran cantidad de islas de origen volcánico y es un área sumamente extensa a lo largo de unos 870 Km hasta la latitud de Cabo Corrientes. Incluso, Phillips (1964), reconoce en esta región características geológicas del piso más oceánico que en el resto del Golfo.

En el margen continental del golfo, la plataforma está sumamente recortada a la altura de Topolobampo, Sinaloa, haciéndose más amplia a lo largo de la costa de Jalisco. Los perfiles topográficos del talud varían de mayor a menor de norte a sur, al NO de Topolobampo el talud se inicia a 40 m de profundidad, a

2.5 Km de la costa, cayendo en vertical en el Cañón de San Ignacio hasta 1 260 m, en la llanura abisal de Farallón; estas características del talud se mantienen a lo largo de unos 30 Km, donde la plataforma es más extensa y la pendiente termina en una serie de pequeños escarpes a los 700 m (Rusnak et al., 1964; SPP, 1982; Lugo, 1986). A partir de este punto hasta Mazatlán, el talud posee una pendiente moderada (entre los 80-700 m). Al sur de Mazatlán la plataforma continental alcanza su máxima amplitud frente a las Islas Marías (82 Km) y el talud por el lado Occidental de éstas desciende abruptamente desde 180-2 550 m de profundidad, en el Norte de la depresión de Las Tres Marías. En todo el margen continental, desde la latitud de la Cuenca de farallón hasta la de Mazatlán, talud se interrumpe entre los 720-1 500 m, cayendo después en forma casi vertical hasta la máxima profundidad de estas cuencas, esto se hace más evidente en farallón y Pescadero (Figura 2.3 A,B,C,D,F,G,H,I; 6B).

La topografía del margen occidental del golfo, presenta un relieve oceánico más completo que la contraparte continental. La plataforma continental es irregular en su amplitud, normalmente no rebasa los 5 Km y sólo es amplia en la Bahía de la Paz, hasta alcanzar 20 Km al Sur para nuevamente desaparecer y hacerse notable frente a Punta Soledad, Cabo Pulmo y Punta Gorda; en ocasiones se ve interrumpida, como sucede en la localidad de los Frailes, donde el cañón del mismo nombre, corta a la plataforma desde la costa. Aún cuando la plataforma desaparece hasta los 180 m, el talud presenta una serie de terrazas y escarpes a lo largo de toda la pendiente, que interrumpen en forma irregular la batimetría de toda la costa oriental de la península, la presencia de islas frente a la costa hace más complejo el relieve. En la región al sur de Bahía Concepción y la Isla San José, el talud presenta una serie de escarpes a los 150, 180, 360 y 720 m, que se acentúa principalmente frente a la Isla Carmen, Santa Catalina, Santa Cruz y el NE de la Isla San José, a partir de este punto los escarpes se hacen más amplio entre las Islas Espíritu Santo y Cerralvo; aquí se presenta la depresión de La Paz que forma parte del sistema Farallón-Pescadero. Al igual que en la región central del golfo, la cuenca central se inicia hacia los 720 m con otros escarpes que caen verticales hasta los 1 850 m; es notable es esta profundidad el Banco Cerralvo que se eleva hasta los 180 m, localizado entre la isla del mismo nombre y el NO de la depresión de Pescadero. Este banco se encuentra separado de la isla por un profundo umbral de 1 448 m que forma la Trinchera de Cerralvo (Figura 2.3 B,C,D,E,F,G,H,I; 6A).

Tres cuencas quedan comprendidas dentro del golfo: Carmen, Farallón y Pescadero, mientras que la depresión de Mazatlán está localizada al Sur del paralelo 23 en la porción central de la boca del golfo.

Finalmente, dentro del análisis de la topografía de la región sur del golfo, es importante analizar el relieve del extremo de la península, formando una serie de cañones submarinos desde la localidad de Punta Pescadero hasta Cabo

La Cartografía Marina en México

Falso, donde se registran unos 25 cañones, que han sido excavados a lo largo de los últimos 5 millones de años y aún antes (Shepard, 1964). De éstos, este autor menciona 14 como los más importantes por su antigüedad, tamaño y profundidad. Shepard (1964), en un estudio realizado desde 1939-1963, reconoce que estos cañones pudieron ser antiguos valles fluviales, los cuales fueron excavados durante las transgresiones marinas de los últimos 10 millones de años. La génesis de éstos es compleja, algunos son de origen tectónico, otros pudieron formarse por una combinación de tectonismo-transgresión-circulación de corrientes de densidad, hoy en día en algunos cañones se ha observado corrientes de arenas que se desplazan en forma ininterrumpida desde los 200m hasta los 2 500 m de profundidad. Los registros de las paredes de los cañones señalan que éstos han sido excavados sobre roca granítica cristalina en formaciones sedimentarias del Mioceno y Plioceno; en las paredes y fondo de éstos se registraron arenas, limos, arcillas y restos de foraminíferos. La gran mayoría de estos cañones recorridos muy sinuosos y una serie de cañones secundarios, los cuales indican una intensa actividad erosiva al momento de su formación, los principales y más extensos son: San Lucas, Vigla, Santa María, San José y Los Frailes (Shepard, 1964).

Clasificación de las Costas

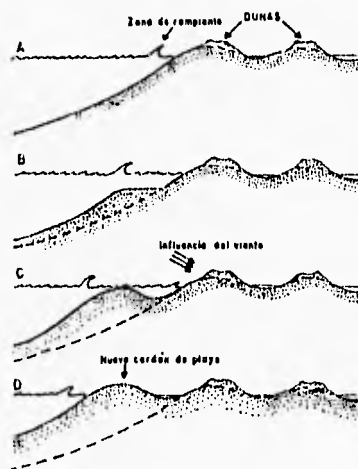
En la cuenca del Golfo de California, contrariamente a lo que sucede en las costas del Golfo de México, la geomorfología costera es sumamente reciente, los rasgos topográficos costeros no han sido desgastados por los agentes erosivos, como es el caso del Pacífico Tropical Mexicano, incluso la costa oeste del golfo, donde los fenómenos tectónicos prosiguen, sólo el vulcanismo regional, oleaje y viento han modelado el paisaje. estas costas presentan poco cambio desde el momento de su apertura. Para la costa Este del golfo, debido a la presencia de corrientes fluviales y una mayor precipitación, están desgastadas y los procesos costeros han sido más intensos; esto se hace más evidente en la porción Sureste del golfo, mientras que para el Golfo Superior, los cambios morfológicos más notables han sido provocados por las descargas del Río Colorado, el cual ha drenado hacia el Océano Pacífico desde finales de Mioceno.

De acuerdo a la clasificación de las costas mexicanas propuestas por Carranza-Edwards et al., (1975), el golfo queda incluido dentro de las unidades morfotectónicas VI y VII. La zona que corresponde a la unidad VI comprende el litoral peninsular del golfo, que tiene una extensión aproximada de 1 250 km. Presenta una secuencia casi completa de costas rocosas, sólo interrumpidas en el área de Puerto San Felipe, Bahía Concepción y La Paz por costas arenosas. Como rasgo principal, esta unidad se asocia a una plataforma

continental muy estrecha, desde la región de Cabo San Lucas hasta el Sur de Puerto San Felipe; la zona costera está compuesta por rocas volcánicas y metamórficas, que forman grandes conglomerados, principalmente en la zona intermareal. Hacia el norte, la plataforma continental se hace más amplia hasta la desembocadura del Río Colorado. El avance y retroceso del mar sobre la playa, provocado por cambios eustáticos en el nivel del mar, es explicado de la manera siguiente:

Mecanismos de formación de las crestas o cordones de playa. según Curray y Moore (1964), cada cordón se formó individualmente como un depósito de línea de costa, el más antiguo es el más lejano del océano y el más joven el más cercano. La línea de costa actual es análoga en muchos aspectos cada uno de los cordones en su época de forma.

El mecanismo de formación propuesto, es que cada cordón comenzó como una barrera sumergida a lo largo de la costa, frente a la playa existente. Diversos trabajos han demostrado que a lo largo del litoral, se forman inicialmente barras arenosas en un punto por abajo de la zona de romplentes. Con una proporción suficientemente alta de arena y en condiciones de bajo oleaje y marea máxima, esta barrera pudo alcanzar la superficie, esta situación sedimentológica permanecería durante la marea baja por muchos ciclos posteriores hasta formar los nuevos y continuos ciclos posteriores (Figura 2.4).



- A.- Condiciones iniciales con presencia de pequeñas dunas en línea de costa.
- B.- Terrazas bajas de marea son formadas por el transporte litoral.
- C.- Barras extensas comienzan a emerger en la zona de romplentes.
- D.- Ciclos sucesivos y poco oleaje la barra emerge y aumenta su altura por acarreo eólico. Si no hay oleaje se fortalece la barra, formando un nuevo cordón de playa. (Curray et al. 1969).

(Figura 2.4) Secuencia de eventos en la formación de los cordones de playa

La Cartografía Marina en México

Este proceso parece repetido cíclicamente desde que el nivel del mar alcanzó aproximadamente su posición actual, siempre y cuando hubiera el suficiente aporte de arena en el área, ya sea por su transporte a lo largo de la costa desde los ríos, o bien por depósitos de sedimentos antiguos en la parte somera de la plataforma continental. Es así como la costa fue construida hacia el mar.

Lagunas Costeras

Las lagunas costeras de esta cuenca presentan condiciones particulares, sólo comparables con aquellas localizadas en la costa Occidental de la península. entre las características más notables están: la mayoría de ellas poseen dimensiones reducidas, algunas están ubicadas en cañones costeros y por lo tanto, pueden ser consideradas como bahías rodeadas de montañas. La mayoría de las localizadas en la parte superior del golfo y la península carecen de aportes de ríos y la precipitación es menor a 200 mm/año, y generalmente se producen en invierno, debido a ésto, su salinidad registrada es superior a la del golfo.

La dinámica dentro de las lagunas está dada por las mareas (Lankford, 1977) en la parte Norte. Las lagunas costeras localizadas al Sur de la Bahía Kino presentan condiciones más tropicales con aportes de ríos más costantes y mareas mínimas, incluso la vegetación circundante, contrariamente a la plantas xerófilas suculentas y halófitas como *Espartina*, *Salicornia* y *Suaeda* predominantes en el Golfo Superior en la costa de Sinaloa y Nayarit, está formada por manglares y gramíneas alternadas con halófitas.

De acuerdo a los criterios de las unidades geomorfológicas establecidos por Carranza-Edwards et al., (1975), las lagunas costeras del golfo están comprendidas dentro de la unidades VI y VII, estas unidades corresponden a las regiones lagunares B y C propuestas por Lankford (1977), de acuerdo a su origen y clasificación. Los principales sistemas lagunares en ambas regiones se presentan en el Cuadro siguiente:

REGIÓN B (UNIDAD VI).

Nombre	Extensión
1. Estuario del Río Colorado	-- -- --
2. Estero El Moreno	-- -- --
3. Bahía de los Angeles	10 750 ha
4. Estero San Lucas	470 ha
5. Bahía de La Concepción	27 500 ha
6. Bahía de La paz	8 200 h

La Cartografía Marina en México

REGIÓN C (UNIDAD VII)

Nombre	Extensión
1. Bahía de Adair	1 300 ha
2. Estero Peñasco	-- -- --
3. Laguna Salada	-- -- --
4. Estero de San Jorge	-- -- --
5. Estero del Sargento	1 110 ha
6. Laguna de la Cruz (Santa Cruz)	-- -- --
7. Estero Tatlota	-- -- --
8. Bahía San Carlos (Bahía Kino)	-- -- --
9. Laguna de Guaymas (Gúasimas)	3 750 ha
10. Bahía Visicori (Bahía Yasicari)	-- -- --
11. Estero Tortuga	300 ha
12. Laguna Las Cruces y Estero Tecolote	600 ha
13. Estero Los Algodones	800 ha
14. Estero de La Luna	500 ha
15. Estero de Lobos	13 900 ha
16. Esteros San Jorge, Humbulay, La Corbata, Carga y San José	-- -- --
17. Estero Burabampo	-- -- --
18. Estero El Siari	-- -- --
19. Estero Santa Lugarda	-- -- --
20. Bahía Yavaros	6 400 ha
21. Estero Aglabampo	17 700 ha
22. Esteros Viznago, San Juan y La Ballena	-- -- --
23. Bahía San Esteban (Bahía El Colorado)	-- -- --
24. Bahía Topolobampo	6 000 ha
25. Bahía Chalra (Bahía Ohulra)	9 900 ha
26. Bahía San Ignacio	2 700 ha
27. Bahía Navachisto	21 400 ha
28. Bahía Playa Colorada	6 000 ha
29. Bahía Santa María	4 700 ha
30. Ensenada Pabellón	27 400 ha
31. Ensenada de Quevedo (Bahía de Ceuta)	-- -- --

Notas Bibliográficas.

1. Anderson, C.A., DN. Durham, F.P. Shepard, M.L. Nathand y R.R. Revelle. 1950. The 1940 E.W. Scripps Cruise to the Gulf of California. Geology Society America Memorian, p43-53.

La Cartografía Marina en México

2.2 Aspectos de Oceanografía Física

El golfo conserva un ancho uniforme hasta las Islas Tiburón y Angel de la Guarda, donde su sección transversal sufre una abrupta reducción, limitándose la comunicación entre la parte externa e interna del golfo. La porción más profunda del golfo está "dividida" en varias cuencas, separadas entre sí por umbrales transversales. (ver cuadro siguiente):

N o m b r e	Profundidad Máxima observada m	Profundidad Aproximada del Umbral m
Fosa Salsipuedes	1 517	439
Cuenca Tiburón	731	420
San Pedro Mártir	987	823
Guaymas	1 993	1 554
Carmen	2 706	1 700
Farallón	3 218	1 865
Pescadero	3 712	2 450
Mazatlán	3 108	2 889

De acuerdo a Roden y Emilsson (1980) y Case y Cody (1983), el Golfo de California puede dividirse en cuatro provincias distintas desde el punto de vista oceanográfico las cuales son:

I. Golfo Superior

Comprendido desde la desembocadura del Río Colorado hasta la isla Tiburón. Se caracteriza por: pendientes ligeras, cuencas someras, sedimentos gruesos, alta turbidez, temperaturas extremas, gran evaporación, baja precipitación, altas salinidades, grandes amplitudes de marea, corrientes de marea fuertemente rotatorias y escaso oleaje. Experimenta fuertes fluctuaciones estacionales en las propiedades termohalinas y de corrientes; asimismo existe fuerte mezcla ocasionada por mareas.

En el verano se encuentran altos valores de temperaturas y salinidad debido al calentamiento solar y a la evaporación. La corriente termodinámica se mueve en sentido contrario a las manecillas del reloj en la superficie. Durante invierno prevalecen condiciones inversas.

II. Canal de Ballenas y Fosa Salspuedes

Situada entre las islas Angel de la Guarda, San Lorenzo y Baja California. Debido a su situación geográfica y compleja topografía, es una zona única, hablando en términos oceanográficos.

Está caracterizada por presentar corrientes de marea longitudinales que recorren la Cuenca de Salspuedes creando en el fondo elevadas temperaturas, salinidades y concentraciones de oxígeno disuelto, que son anormales en estas áreas. Las velocidades de las corrientes son muy altas alrededor de esta zona propiciando fuertes mezclas. La profundidad del canal cambia drásticamente creando una barrera repentina hacia el flujo de agua subsuperficial entre el centro y el Norte del golfo. La temperatura media mensual superficial es 1°C más baja que en todo el golfo y existen surgencias prevalecientes durante verano e invierno (Alvarez-Borrego et al., 1984).

III. Golfo Inferior

Se localiza entre la Isla Tiburón y una línea imaginaria que une a Mazatlán y Cabo San Lucas.

Se caracteriza por su libre comunicación, salinidades superficiales relativamente altas y la presencia de una fuerte corriente hacia el sur, cerca de sus límites occidentales. Existen diferencias de pendientes entre el lado occidental y oriental del golfo, causadas por la falta de sedimentación a lo largo de la costa occidental. Las cuencas son profundas, las amplitudes de marea son pequeñas y las diferencias entre corrientes son menos importantes que aquellas producidas por el viento. Existe una variación estacional marcada en la temperatura con rangos anuales cercanos a aquellos del golfo superior; las variaciones de salinidad son mínimas. Las corrientes superficiales son llevadas predominantemente hacia el Sureste en invierno y hacia el Noreste en verano, en respuesta a los patrones mayores del viento.

IV. Entrada del Golfo

Definida como el área triangular limitada por la costa de México, entre Mazatlán y Cabo Corrientes y por dos líneas imaginarias comprendidas desde Cabo San Lucas hasta estos puntos, respectivamente.

La Cartografía Marina en México

Presenta principalmente frentes, remolinos e intrusiones que pueden estar ligados a la confluencia de tres distintas corrientes. Es de naturaleza mucho más oceánica que las otras provincias. Presenta diversas pendientes abruptas, en el lado de la península muestra cuencas de más de 3 600 m de profundidad. Las salinidades son las más bajas de todo el golfo y existe la mayor precipitación. Las temperaturas son moderadas por la entrada de las aguas del Pacífico y las amplitudes de marea son pequeñas. La influencia de las tormentas del Pacífico puede ser definitiva, especialmente durante la temporada de huracanes (ago-nov). La acción de las olas es más pronunciada a lo largo del año que en otras partes del golfo

Temperaturas

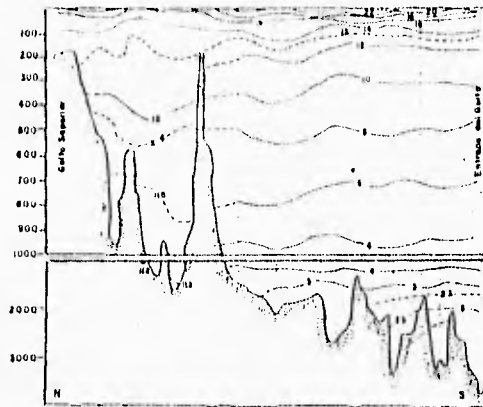
El efecto de la bomba termodinámica del Océano Pacífico sobre el clima del Golfo de California se ve reducido por la presencia en la Península de California de una cadena de montañas de 1 a 3 Km de alto, de aquí que el clima del golfo sea más continental que oceánico, hecho que contribuye a los intervalos tan variables, tanto diurnos como anuales que aquí se suceden.

El gradiente de temperatura media mensuales es muy grande y va desde los 9°C cerca de Cabo Corrientes, hasta 22°C en la boca del Río Colorado (Roden y Emilson, 1980, Alvarez-Borrego, 1983).

Las temperaturas superficiales más bajas son persistentemente encontradas en el canal de Ballenas, donde la mezcla de mareas es muy fuerte (Alvarez-Borrego, 1983, 1983; Badan-Dangon et al., 1985).

Durante los meses de octubre a junio las temperaturas en la Entrada del Golfo son más altas que en el Golfo Superior. Desde diciembre a mayo de las isoterms corren en su mayor parte, de Este al Oeste hasta el Sur del paralelo 28°N; cerca de Isla Angel de la Guarda cambian de dirección hacia el Norte y se vuelven paralelas a la costa (Alvarez-Borrego, 1983) (Figura 2.5). Esto puede ser debido a los vientos que soplan del Noroeste, lo que produce que las temperaturas en la costa Este sean más bajas (Roden y Emilson, 1980). Al inicio de junio y extendiéndose hasta septiembre las isoterms corren paralelas al golfo a lo largo del eje longitudinal, ocasionando que las aguas más calientes estén en las costas de Sonora y Sinaloa, observándose surgencias en Baja California. Se asocia también al efecto de los vientos que soplan del Sureste. En octubre sucede una situación muy particular cambiando de sentido la dirección de las isoterms con respecto a los meses anteriores, sobre todo la Entrada del Golfo y el Golfo Inferior, donde existen altas temperaturas en las costas de Baja California y afloramientos en las costas Orientales.

La Cartografía Marina en México



(figura 2.5) Variación vertical de la temperatura a lo largo del Golfo de California. (Roden y Emilson, 1980)

En el aspecto vertical, la temperatura media anual decrece rápidamente con la profundidad. En general, a los 100 m la temperatura superficial se reduce hasta alcanzar 14°C en los 150 m de profundidad (Robinson, 1973).

Entre abril y octubre se observa bien la termoclina, principalmente en el mes de agosto cuando las diferencias entre la superficie y los 150 m es aproximadamente 16°C

A profundidades entre 2 500 y 3 000 m, la temperatura alcanza menos de 1.85°C, de 3 000 m hacia el fondo se incrementa 1.0°C por cada 1 000 m debido al efecto de presión adiabática (Alvarez-Borrego, 1983; Roden y Emilson, 1980) (Figura 2.5).

Salinidad

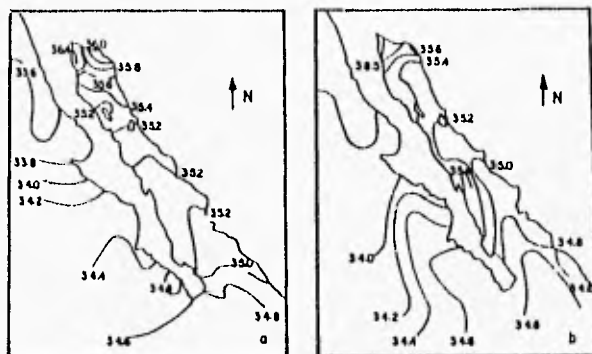
De los aspectos oceanográficos del Golfo de California que están escasamente conocidos debido a su complejidad, se encuentra el de la salinidad, de acuerdo al extenso gradiente.

Roden y Emilson (1980), señalan que debido al exceso de evaporación sobre la precipitación y el escurrimiento, existe un flujo neto de sal de Norte a Sur que alcanza unos 3 g/cm²/año. Esto conduce a la formación de una

La Cartografía Marina en México

capa superficial de alta salinidad, característica de este cuerpo de agua, creando al mismo tiempo, un flujo de sal en la superficie que afecta la circulación termohalina en el golfo.

Como se puede observar en la (Figura 2.6), la salinidad se incrementa en la Entrada del Golfo hacia la desembocadura del Río Colorado, aunque la variación es generalmente pequeña y no excede el 0.2 %. Las bajas salinidades se encuentran en las bocas de los ríos en la parte Sureste del golfo durante la temporada de verano; por tanto, las altas salinidades ocurren en las zonas someras protegidas en donde la evaporación es elevada (Roden y Groves, 1959; Case y Cody, 1983).



(figura 2.6) Salinidad superficial (S o/oo) hasta 10 m de profundidad en el Golfo de California durante a) primavera y b) verano. (Case y Cody, 1983).

De acuerdo con Roden y Emilsson (1980), las salinidades superficiales del golfo son alrededor de 1-2% más altas que en las áreas oceánicas adyacentes de la costa occidental de la península, y mientras que la salinidad decrece con la profundidad dentro del golfo, este parámetro aumenta con la profundidad en el mar abierto adjunto. Los mismos autores mencionan que la presencia de la capa de alta salinidad dentro del golfo y su ausencia en las áreas oceánicas adyacentes hace posible calcular el tiempo de residencia del agua en la capa superficial cuando se conoce el exceso de la evaporación, estimando un promedio de 3 a 4 años para las aguas que ocupan la parte interior del golfo.

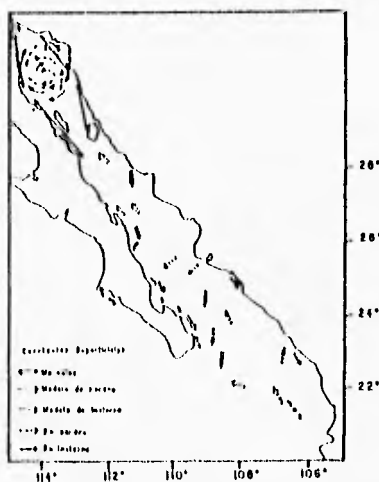
Corrientes Marinas

El Golfo de California es un mar marginal donde el sistema de circulación de las corrientes marinas aún no está bien conocido debido a que

La Cartografía Marina en México

existe una gran diversidad de factores físico-químicos que ahí influyen. Tal complejidad ha dado como resultado que la descripción del flujo de agua, sea transcrito a manera de modelos que representan una aproximación del fenómeno.

De acuerdo a Wyrki (1965), en el Golfo de California existe la influencia de todas las corrientes del Pacífico Este que provienen del Norte y Sur, sean estas de características frías, templadas o cálidas; su patrón de circulación está relacionado entre otros factores al sistema de vientos locales, los cuales durante el invierno tienen una dirección de Norte a Sur con propiedades principales de ser fríos y secos, mientras que de verano estos van de Sur a norte conjuntamente con masas de aire húmedo que se introducen al golfo para originar precipitaciones pluviales y crear una serie de condiciones hidrográficas específicas que influyen de alguna manera en las corrientes. Así, la combinación del régimen de los vientos y las características topográficas, juegan un papel importante en la circulación y afloramiento de aguas del fondo (Roden y Groves, 1959; Barrientos-MacGregor, 1986). (Figura 2.7).



(figura 2.7) Modelo de circulación de las corrientes superficiales, Golfo de California en verano e invierno (Roden y Groves, 1959).

La Corriente de California que proviene del norte, durante enero llega a tocar la Entrada del Golfo por su margen Occidental, mientras la Corriente del Golfo de California muestra un flujo incipiente hacia el exterior, mezclándose con la primera. El mismo comportamiento se mantiene en febrero, aún cuando se presenta un ligero ascenso en la trayectoria de salida. En marzo se hace evidente,

La Cartografía Marina en México

con gran fuerza, la Corriente del Golfo, la cual llega a tener influencia hasta el Golfo de Tehuantepec por el empuje del viento; en abril desciende el flujo y en la Entrada del Golfo no hay al acceso de otras masas de agua.

Un gran cambio se empieza a producir en mayo, un bajo flujo originario del Sur del Pacífico Este que corresponde a la Corriente Costera de Costa Rica, penetra al golfo al mismo tiempo que por el lado Oriental existe salida de agua en pequeñas proporciones. la situación prevalece durante junio y no se detecta la presencia de la Corriente de California, mientras que la Corriente Costera de Costa Rica se introduce cada vez más, hasta alcanzar su mayor influencia en el golfo durante julio, justo cuando el patrón de vientos locales cambia de dirección, efectuando un empuje de tal magnitud, que arrastra a las masas de agua de la Corriente Norecuatorial y éstas desplazan a la Costera de Costa Rica, la cual va disminuyendo su fuerza hasta desaparecer en agosto. Durante la temporada de máximo efecto de huracanes (agosto-septiembre), la Corriente Norecuatorial sigue con su flujo hacia el Norte, introduciéndose en el golfo, incluso hasta octubre pero con muy escasa intensidad. es precisamente en este mes, cuando se registran un estado de calma en el patrón superficial de las corrientes involucradas.

Grandes cambios se presentan en noviembre, nuevamente la Corriente del Golfo de California en la parte Norte, empieza a intensificarse y fluir hacia el Pacífico prevaleciendo esta condición hasta diciembre, presentándose indicios de entrada de la Corriente de California. La descripción anterior constituye parte del modelo de circulación general que ocurre en el Golfo de California.

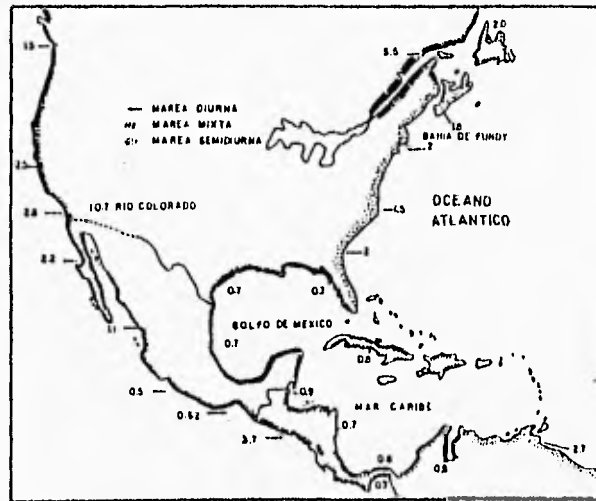
Mareas

El comportamiento de las mareas en el Golfo de California es poco conocido, puesto que sólo existen ciertos datos mareográficos con registros continuos en los puertos de Sonora y Sinaloa, y se carece de aquellos que cubran grandes áreas por el lado de la península. algunas investigaciones realizadas que proporcionan mayor información comprenden a: Roden y Groves, 1959; Miller, 1966; Grivel, 1969; Filloux, 1973 y 1983; Stock, 1976; Roden y Emilson, 1980; godin et al., 1980 y Christensen et al., 1983. Debido a las dificultades técnicas y a la extensión del golfo, los estudios se ven limitados a determinadas áreas, como sucede con las contribuciones realizadas por la Secretaría de marina (1982) en Topolobampo, y Morales y Cabrera-Muro (1982) en la ensenada de La Paz. Desde la década de los setentas, se han realizado varios modelos numéricos computacionales para explicar la circulación y el comportamiento de las mareas en el Golfo de California, ya que esta área por su extensión, anchura, topografía y batimetría presenta condiciones anómalas y puede ser utilizada como un

La Cartografía Marina en México

laboratorio geofísico para estudiar el desarrollo de éstas, calculándose los componentes principales y las ondas oscilatorias con sus fronteras de intercambio, de acuerdo a los trabajos de Grijalva (1972) y Dressler (1981).

El fenómeno de mareas en el Golfo de California tiene importancia debido a las grandes amplitudes presentes en la porción Norte, además de la generación de ondas internas y deflexión gravitacional que se halla en el fondo. Durante la primavera, las amplitudes de marea en el Río Colorado alcanzan hasta 10 m y se encuentran entre las más extraordinarias y peligrosas del Continente Americano (Fig. 2.8).



(Figura 2.8) Distribución de registros de amplitud mareal máximos durante primavera para América del Norte y Central. (U.S. Naval Oceanographic Office, 1968).

Las mareas en esta cuenca son de tipo mixto, dominados principalmente, por las constituyentes semidiurnas M2 (constituyente lunar) y S2 (constituyente solar), así como las diurnas O1 K1 (constituyente lunar y solilunar, respectivamente). La diferencia entre ambas es notable desde que se encuentra en la entrada del Golfo, hasta que la onda se disipa en el Golfo Superior. Al parecer existen fenómenos distintos de absorción de energía de marea por la línea de costa, mecanismo de disipación, además de la presencia de un punto anfdrómico aparente (Hendershott y Speranza, 1971).

En general, la circulación mareal en el Golfo Inferior y Entrada del mismo es bastante simple, más bien se hace compleja a medida que avanza hacia el Norte, puesto que al llegar a las Islas Angel de la Guarda y Tiburón, la

La Cartografía Marina en México

progresión de las ondas tiende a acelerarse y aumentar su amplitud debido al efecto de "encajonamiento" provocado por las islas. La disminución de la profundidad, los frecuentes bancos de arena y sedimentos, también juegan un papel importante en el trayecto de las ondas, puesto que constantemente se encuentran en contacto con éstas, en el momento que se ven impulsadas por los vientos locales (Roden y Emilson, 1980). La circulación de la onda de marea penetra hacia el Golfo Inferior en forma uniforme a través de los canales existentes, según Alvarez-Borrego et al. (1984); la circulación mareal es sumamente complicada en la zona de Canal de Ballenas y Fosa Salsipuedes, en donde se hallan registros de amplitudes de marea hasta de 3.5 m, y cuya refracción de ondas, se pierde en las paredes de la Isla Angel de la Guarda y la península. Aún cuando los procesos mareales tienen origen astronómico, existen otros factores de tipo climático-estacional que influyen en ellos; entre los cuales, según Roden y Emilsson (1980) se encuentran:

- a) *Presión atmosférica.*
- b) *Dirección y fuerza del viento.*
- c) *Densidad promedio de la columna de agua (variación esférica)*
- d) *Precipitación y escurrimiento (principalmente en áreas encerradas y cercanas a la costa).*
- e) *Cambios de la circulación de agua en la Entrada del Golfo.*

Aún cuando la mayoría de los registros de las constantes armónicas en el Golfo de California sólo se han realizado en puntos localizados, éstos proporcionan información de las diversas amplitudes de marea que ocurren a lo largo de la cuenca, como se observa en el siguiente cuadro.

Localidad	Amplitud de mareas	Tipo de Marea
La Paz, B.C.S.	1.7 F (0.52m)	Mixta Semidiurna
Santa Rosalia, B.C.S.	1. (0.36m)	Mixta Semidiurna
Loreto, B.C.S.	1.3 (0.30m)	Mixta Semidiurna
Bahía de Los Angeles, B.C.	3. (1.01m)	Mixta Semidiurna
San Felipe, B.C.	7. (2.18m)	Mixta Semidiurna
Puerto Peñasco, Sonora	7.0 (2.13m)	Mixta Semidiurna
Guaymas, Sonora	1.5 (0.46m)	Diurna
Topolobampo, Sinaloa	2.0 (0.61m)	Mixta Semidiurna
Mazatlán, Sinaloa	1.3 (0.39m)	Mixta Semidiurna

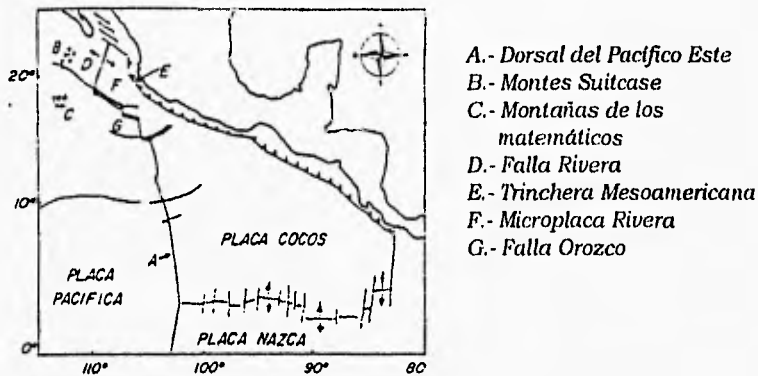
Amplitudes mareales y tipo de marea en el Golfo de California, de acuerdo a los registros obtenidos en diversas localidades por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, (1987).

3. **PACIFICO TROPICAL MEXICANO**

3.1 **Aspectos de Oceanografía Geológica**

a) **Rasgos del Relieve Submarino y Topográficos**

El Océano Pacífico es el más grande y profundo de los océanos, cubre más de 166 millones de Km² y tiene una profundidad promedio de 4 188 m (Menard y Smith, 1966); el litoral mexicano del Océano Pacífico mide 4 054 Km de longitud, dentro de los cuales aproximadamente el 42% corresponde al Pacífico Tropical Mexicano. Su topografía carece de la simetría del Atlántico. Además de sus dorsales, una de sus principales características son las grandes trincheras que circunscriben la mayor parte de los límites del océano. El Pacífico Tropical Mexicano comprendido entre Cabo Corrientes y la frontera con Guatemala, tiene tres rasgos topográficos sobresalientes: la Dorsal del Pacífico Este, la zona de Fracturas y la Trinchera Mesoamericana. (figura 3.1)



(figura 3.1) Rasgos morfoestructurales del Pacífico Tropical Mexicano

Dorsal o Cordillera del Pacífico Este

Es una continuación del sistema de cordilleras meso-oceánicas, tiene una cresta de 2 a 3 Km sobre el suelo profundo y miles de Km de largo (Shepard, 1973). Paralelas a las crestas se encuentran muchas pequeñas

La Cartografía Marina en México

cordilleras hondonadas. La Dorsal del Pacífico Este se curva gradualmente al Oeste, cruzando el Pacífico Sur.

Uno de los grupos de montaña más importantes en los márgenes de la dorsal es el de los Matemáticos, se trata de un relieve complejo de formas generalmente ovaladas en sección transversal, dispuestos a una franja de unos 350 Km y alturas de 1000 a 2 000 m. Hacia el oriente se asocian con fosas alargadas y profundas; la máxima profundidad reconocida es de 4 615 m.

En el meridiano 107°, la dorsal se encuentra interrumpida por una amplia depresión de 3500 a 3700 m de profundidad correspondiente a su fosa que se continúa al oriente. La amplitud de la dorsal medida en el paralelo 15° es de 1 100 Km.

Otra ramificación de la dorsal es el grupo de montañas conocidas como Montes Suitcase que se localizan entre los paralelos 19°39' y los 21° 00'N.

El extremo Norte de la dorsal en dirección al Golfo de California consiste en superficies amplias, a manera de mesas, en las que se asientan algunas montañas submarinas cortadas, hacia el Sur por una fosa-fractura a la que Larson le dio el nombre de Rivera, que presenta una dirección E-SE.

Las elevaciones tipo mesa de la dorsal orientadas al Noroeste, la Fractura Rivera y la trinchera que se inicia frente a las costas de Bahía de Banderas, forman un triángulo que ha sido interpretado como una antigua placa o microplaca que lleva también el nombre de Rivera (Figura 3.1).

Algunos datos complementarios para la dorsal del pacífico son el flujo térmico de 1.9 a 2.4. mcal/cm² /seg. La velocidad de expansión la consideran Menard y Mammerix (1978) de 6 a 7 cm por año (Lugo, 1986).

En las últimas décadas han sido descubiertas en los fondos oceánicos, unas salientes rocosas en forma de tubos con paredes de aspecto esponjoso, de color amarillento naranja, que lanzan por su boca una columna de humo negro grisáceo que llegan a alcanzar hasta 50 m de altura, son las llamadas chimeneas o fumarolas. Fueron localizadas en varias regiones del océano. Las que se encontraron en las Islas Galápagos y en la falla Rivera-Tamayo, a 21°N en la entrada del Golfo de California, han sido muy estudiadas.

En las salidas o bocas de estas chimeneas se han registrado temperaturas muy altas que van desde lo 350 a los 570°C, aunque la temperatura del agua en esa zona es de 2°C. La presión con que sale la columna de humo logra vencer las 250 atmósferas que existen a 2700 m de profundidad. En un diámetro de 30 m alrededor de una chimenea se han descubierto abundantes organismos, como poganóforos, ostras, ofiúridos, poliquetos y esponjas, todos de mayor tamaño que los que viven en otras zonas del océano.

La Cartografía Marina en México

Zona de Fracturas

Las fracturas han demostrado ser un elemento importante en el relieve del Pacífico Este. Se ha visto que tienen tendencias a la expansión y que en general, son paralelas una a otra: La relación entre zonas de fracturas y anomalías magnéticas en el lado oeste ha sido bien establecido (Atwater, 1970).

Las principales fracturas situadas en el Pacífico Tropical Mexicano son las de Clarión, que se localiza entre los paralelos 18° y 19°; en la porción occidental de la fractura en territorio mexicano, destaca la montaña submarina Banco Alpheca con su cima a 156 m de profundidad. Al oriente, hacia la dorsal se encuentran las Islas Clarión y el grupo de las Revillagigedo.

Al Sur entre los paralelos 16° y 17° se extienden también crestas montañosas submarinas: el Banco Shimada, con su cima a menos de 27 m de profundidad y el Monte Sotavento a menos de 485 m. Al Oriente el relieve corresponde a la dorsal, donde se levantan las montañas de los Matemáticos. Hacia el Sur se encuentra la Fractura de Clipperton ubicada aproximadamente a 11°N y 108°O; además de pequeñas fallas como la de Rivera y Orozco, relacionadas con la cordillera de Pacífico Este (Figura 3.1). Estas fracturas son regiones sísmicas activas que se forman por el movimiento de las placas.

Trincheras Mesoamericanas.

Descrita originalmente por Fisher en 1991, se trata de una depresión del fondo marino, larga y angosta, muy profunda paralela al Continente, desde Cabo Corrientes al sur de las Islas Marías, hasta Panamá. Con una longitud de 2 600 Km y anchura media de 75 Km que alcanzan profundidades máximas a 6 600 m. Esta forma de relieve prácticamente continua y puede considerarse limitada por la isóbata de 3 670 m. Presenta un perfil transversal asimétrico con mayor pendiente hacia el continente, más de 5° y menor hacia el océano de 2 a 3°. En su perfil longitudinal en territorio mexicano muestra una alternancia de elevaciones y depresiones (fosas). Aprovechando una interrupción que se encuentra frente a Puerto Angel, Oaxaca, se divide la trincheras de dos partes, la Trincheras de México y la Trincheras de Guatemala (Tamayo, 1984). La primera es continua, paralela a 100 Km de la costa de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca; se inicia desde un punto al Suroeste desde la Isla Madre, para terminar frente a Puerto Angel.

En la parte norte se encuentra la fosa de Manzanillo, llamada así por estar situada frente a ese puerto, con profundidades máximas de 5 122 m. Inmediata al Sur aparece la fosa de Petacalco, con 142 Km de longitud medidos con respecto a la isóbata de 4 500 m y una amplitud de 10 a 22 Km.

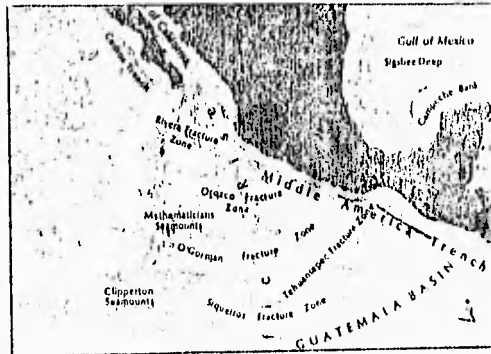
La Cartografía Marina en México

En la parte Central y Sureste de la trinchera se localiza una fosa ancha, con 4 570 m de profundidad que se extiende del meridiano a $98^{\circ}30'$ hasta el de 112° y se le conoce con el nombre de fosa de Acapulco; tiene 519 Km de longitud. La mayor profundidad observada dentro de la Trinchera de México es de 5 700 m al Oeste de Acapulco.

La Trinchera de Guatemala es bastante estrecha y profunda, se inicia frente a Puerto Angel y se prolonga casi en dirección Sureste hasta llegar a Cabo Velas en Costa Rica, con una longitud de 970 Km; corre aproximadamente a 170 Km de la costa frente a Chiapas. En esta trinchera existen algunos accidentes notables; se destaca al Noreste la Depresión de Tehuantepec, que alcanza una profundidad máxima de 6 493 m. En ella se ha localizado un cono, seguramente un volcán, que se levanta desde el fondo de la depresión y tiene su cima a 8 030 m de profundidad.

La Trinchera Mesoamericana es la región de máxima profundidad del territorio mexicano, en la que se localizan los focos sísmicos principales.

Mar adentro y al poniente de la trinchera se extiende una amplia meseta submarina que se inicia a los 140 Km de la costa y termina aproximadamente a los 1 300 Km. Ha recibido el nombre de Meseta de Albatros; la superficie es sensiblemente llana, mostrando pequeñas elevaciones y conservando en general, una profundidad de 3 600 Km.



Mapa del Piso marino y rasgos morfoestructurales del Pacífico tropical Mexicano

Plataforma Continental

Considerada como la superficie que se extiende desde la línea de costa hasta la isóbata de 200 m, hacia el sur del paralelo 22° alcanza hasta 70 Km de anchura, al sur tiene una amplitud de 10 a 15 Km, con una pendiente menor de 1° a 30'. Estos rasgos son más o menos constantes a lo largo de toda la margen continental, aunque se producen ampliaciones de algunos km en bahías como la de Manzanillo, Petacalco y como una excepción, frente a Punta Maldonado en Oaxaca, donde la plataforma alcanza 21 Km.

La menor amplitud de la plataforma se observa frente a las costas de Oaxaca al oriente de Punta Galera, reduciéndose a unos 4-6 Km, amplitud que continúa hasta el meridiano 90° donde se inicia bruscamente una ampliación que alcanza hasta 50 Km en el Golfo de Tehuantepec. Frente a las costas de Chiapas y Guatemala, la plataforma es considerablemente amplia y uniforme de 50 a 80 Km, precisamente en esta zona es donde la trinchera alcanza su máxima profundidad (Lugo, 1985).

Talud Continental

Se encuentra más o menos uniforme en amplitud (25 a 50 Km) y profundidad (2500 a 3000 m), presenta laderas escarpadas en especial frente a las costas de Michoacán y Oaxaca. La uniformidad en amplitud se debe principalmente, a la presencia de la Trinchera Mesoamericana.

Cañones Submarinos

Con respecto a su origen se han generado diversas teorías, en la que se exponen: la formación por antiguos valles de ríos, antiguas fracturas de movimientos tectónicos hasta las que involucran corrientes de turbidez. Según Márquez y Morales (1984) el origen de los cañones submarinos en las costas tropicales de México se debe a las Corrientes de turbidez que son enormes ríos de lodo que fluyen en el fondo oceánico y que han abierto los cañones. Esas corrientes que se mueven a velocidades de 30 a 80 Km por hora, actuaron supuestamente en el fondo del mar como los ríos que corren sobre la tierra: arrastrando tanto arena cortante y grava como lodo blando en su curso en el que se excavarían grandes cañones submarinos. Algunas depresiones en el talud continental de este tipo se observan frente a Manzanillo, Bahía de Petacalco, Bahía de Papanao y Lagunas de Coyuca. Estos son los mayores cañones que tienen mejor expresión en la batimetría, otros menos precisos se reconocen frente a las costas de Chiapas y Guatemala.

La Cartografía Marina en México

Islas

Frente al estado de Nayarit se encuentra la Isla Isabela y sobresale el archipiélago de las Islas Marias formado por las Islas Madre, María Magdalena y María Cleofas, que tienen 144, 84 y 25 Km², respectivamente.

Correspondiendo al estado de Jalisco destacan las Islas de Tres Marietas y Frailes Hermanos; correspondiendo a Guerrero la Isla Roqueta o Grifo.

Como islas alejadas de la costa en el seno del Océano Pacífico y que pertenecen a México, debe mencionarse el Archipiélago de las Revillagigedo formado por las Islas San Benedicto, Socorro y Roca Partida. Además, junto a ellas se encuentra la Isla Clarión, todas ellas bajo la jurisdicción del estado de Colima.

b) Clasificación de Lagunas Costeras del Pacífico Tropical Mexicano

De acuerdo a los criterios geomorfológicos de Lankford (1977), esta zona corresponde a la Región D, que va desde Mazatlán hasta la frontera con América Central. (Figura 3.2)



(Figura 3.2) *Unidades Morfotectónicas que corresponden al Pacífico Tropical Mexicano.* (Carranzu-Edwards et al. 1975)

y cuenta con 32 lagunas costeras, las cuales tienen la siguiente clasificación con base en su origen:

NOMBRE	ORIGEN
1. Estero Urias	III-A y III-B
2. Laguna de Huizache	III-A
3. Laguna de Caimanero	III-A
4. Laguna de Escuinapa	III-A
5. Laguna de Agua Brava	III-C

La Cartografía Marina en México

6. Laguna de Mezcalitlán	III-C
7. Boca Cegada	III-C
8. Estero del Pozo	I-C y III-C
9. Estero del Rey	I-C y III-C
10. Estero de San Cristóbal	I-D y III-C
11. Laguna de Agua Dulce	I-C
12. Estero de Navidad	III-A
13. Laguna de Coyutlán	III-A y III-B
14. Laguna de Potosí	III-A y III-B
15. Salinas de Cuajo	I-C
16. Laguna de Nuxco	III-A
17. Laguna Milla	III-A
18. Laguna Coyuca	III-A
19. Laguna Tres Palos	III-A
20. Laguna Tecomate	III-A
21. Laguna Chaulengo	III-A
22. Laguna Apozahualco	III-A y III-B
23. Laguna de Alotengo	III-A y I-C
24. Laguna de Chacahua	III-A y III-B
25. Laguna Pastoria	III-A
26. Estero Punta Conejo	I-C
27. Laguna Superior	III-A
28. Laguna Inferior	III-A
29. Laguna Mar Muerto	III-A
30. Laguna La Jolla	III-A
31. Laguna Buenavista	III-A
32. Laguna Del Viejo	III-A

En donde:

- I-C. Erosión diferencial de valle inundado con barrera
 - III. Plataforma de Barrera Interna
 - A. Barrera Gilbert Beaumont
 - B. Lagunas Cuspadas
 - C. Depresión de planicie costera
-

La Cartografía Marina en México

Notas bibliográficas

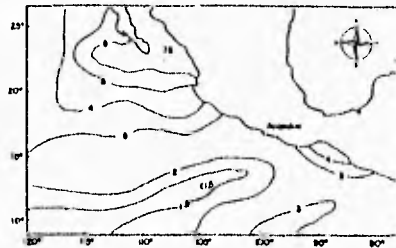
- 1 At water, Y. 1970. Implications of plate tectonic evolution of Western North America. Geological Society of American Bulletin. 81: p.13-36
- 2 Carranza, E.A., M. Gutiérrez y R. Rodríguez. 1975. Unidades morfoestructónicas continentales de las costas mexicanas. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 2(1):p.81-88.
- 3 Lankford, R.R. 1977. Coastal Lagoon of Mexico. Their origin and classification. In: Estuarine Processes. Wiley, M. (De.) Academic Press Inc. p.182-215
- 4 Laubier, L. y D. Desbruyeres. 1985. Los oasis del fondo del océano. Mundo Científico. 44:p.177-187.
- 5 Lugo, J.H. 1986. Morfoestructuras del fondo oceánico mexicano. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 15:p.9-40.
- 6 Márquez, G.A., y G.E. Morales. 1984. Sedimentología de la plataforma continental del estado de Guerrero, México. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Ingeniería, UNAM. p.53.
- 7 Menard, H.W. y R. Fisher. 1958. Clipperton fracture zone in the Northeastern Equatorial Pacific, Journal of Geology. 66(3):p.239-253.
- 8 Menard, H.W., y S.M. Smith. 1966. Hypsometry of ocean basin provinces. Journal Geophysical Research. p.4305-4325.
- 9 Rita-Cyamex. 1984. Nacimiento de un Océano: En la dorsal del Pacífico del Este. Proyecto RITA-CYAMEX, 11-28 feb-mar. 1978. De. CONACYT, México. p.92.
- 10 Shepard, F.P. 1973. Submarine Geology, Harper and Row, Pub. New York. p.80-101.
- 11 Tamayo, L. 1984. Geografía Moderna de México. De. Trillas, México. p.400.

3.2 *Aspectos de Oceanografía Física*

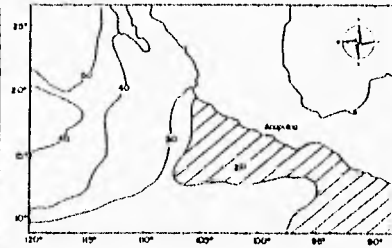
a) *Temperatura, Salinidad y Densidad*

La estructura térmica del Pacífico Tropical Este se caracteriza por una capa de mezcla donde la temperatura es casi constante; una termoclina con cambio térmico muy fuerte y una capa subsuperficial donde decrece pero con intervalos mucho menores que la termoclina (Tchernia, 1980).

La variación anual de la temperatura superficial fluctúa entre 26 y 28° C (Weare et al., 1981). La intrusión de Agua Superficial Subtropical propicia cambios anuales de 5° C o más en el área cercana a Cabo Corriente mientras que en el Golfo de Tehuantepec oscilan entre 3 y 4°C (Figura 3.3). Las aguas cálidas del Pacífico Tropical están sujetas a un calentamiento superficial que tiende a reducir la densidad, no obstante la excesiva evaporación que tiene lugar en el subtropical, incrementa la densidad del agua superficial y promueve la convección y consecuentemente, un proceso de mezcla constante con una extensión vertical de la capa de mezcla de 20 a 50 m (Figura 3.4). En relación a esta capa, se encuentra la termoclina que se caracteriza por ser somera y permanente (Wyrki, 1965).



(figura 3.3)
Variación anual de la temperatura (oC) superficial. (Wyrki, 1965)



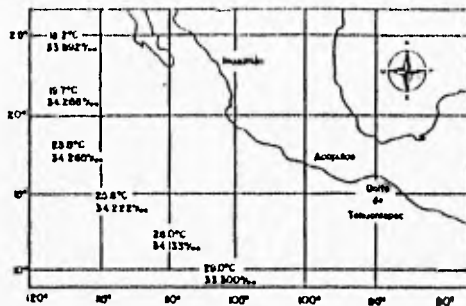
(figura 3.4)
Distribución de la profundidad de la capa de mezcla. (Wyrki, 1965)

En la figura 3.5 se observa la distribución de la temperatura y la salinidad para el área del Pacífico, Burke, et al. (1983); en esta es notable el incremento de temperatura hacia el Sur y la diferencia de salinidad con la latitud, las cuales se originan por la presencia de las corrientes oceánicas; esta variación horizontal se abordará al caracterizar las masas de agua.

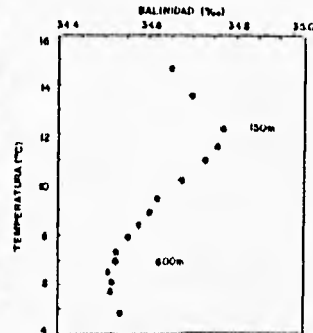
La densidad presenta variaciones tanto horizontales como verticales. Verticalmente, la estructura de la densidad depende de la temperatura,

La Cartografía Marina en México

ya que la salinidad decrece conforme aumenta la profundidad. La relación T-S a los 150 y 600 m es casi lineal (Figura 3.6) debido a la mezcla gradual el Agua Intermedia del Antártico (de salinidad baja) con el Agua Superficial Ecuatorial (Sverdrup, et al., 1970).



(figura 3.5) Distribución superficial de temperatura (oC) y salinidad (o/oo) en función de las corrientes oceánicas. (Burke et al. 1983)



(figura 3.6) Relación T - S entre el agua subsuperficial - Ecuatorial y el agua intermedia del Antártico. (Cline y Kaplan).

Debido a la poca profundidad de la zona costera, la estructura termohalina se ve afectada por procesos particulares, tales como los vientos locales, descargas de ríos, lluvias y evaporación, entre otras.

Mareas

En términos generales, el régimen de mareas que se presenta en las costas del Pacífico Tropical Mexicano son del tipo mixto.

Entre Puerto Vallarta, Jalisco e Isla Socorro, Colima, las pleamares y bajamares acontecen casi simultáneamente. La diferencia entre la ocurrencia de las bajamares y pleamares en Mazatlán, Sinaloa es de 10 minutos. La altura máxima que se da en la pleamar superior es de -0.18 m en la Isla Socorro con respecto a Mazatlán.

La zona que comprende de Manzanillo, Colima a Zihuatanejo, Guerrero, se caracteriza porque en los cuartos de luna (menguante y creciente), la marea se convierte en diurna unos días antes y después de dichas fases.

Para Acapulco, Guerrero, el régimen de mareas también es mixto. Una peculiaridad especial de la marea en esta área es que las vivas o zizigias no

La Cartografía Marina en México.

son en luna nueva o llena, sin que suceden en los cuartos menguantes y crecientes, debido a que las fases de los componentes de la marea M2 y S2 (componente lunar principal semidiurno y componentes solar principal semidiurno) se encuentran en oposición en luna nueva y luna llena, por lo que sus amplitudes se compensan y favorecen a los efectos diurnos. Por este motivo, unos días antes y después de la oposición y conjunción de la luna, la marea se convierte en diurna. Lo contrario sucede en los cuartos de luna, en donde las fases de dichos componentes (M2 y S2) concuerdan y sus amplitudes se enciman, esto provoca las mareas máximas en esas fechas.

El movimiento total de la marea se propaga desde Cabo Corrientes hacia el Sur. La amplitud de marea disminuye en Lázaro Cárdenas, Michoacán, lugar en el que se registran las amplitudes más pequeñas de la costa del Pacífico Tropical Mexicano, de aquí, vuelven a crecer hasta alcanzar su valor máximo en el Golfo de Panamá.

El régimen de mareas para el Golfo de Tehuantepec es mixto semidiurno, es decir, dos pleamares y dos bajamares en cada día de marea. Sin embargo, la fase de marea varía muy lentamente, o sea, que las horas de las pleamares y bajamares en toda esta zona casi ocurren simultáneamente.

Notas bibliográficas.

- 1 Burke, R.A. D.E. Reid, J.M. Brooks y A.M. Lovoie. 1983. Upper water column methane geochemistry in the Eastern Tropical North Pacific. *Limnology Oceanography*. p.19-32.
2. Sverdrup, H.V., M.W. Johnson y R.H. Fleming. 1970. *The Oceans: their physics, chemistry and general biology*, Prentice Hall, Inc. N.Y., pp.78-152, 431-515.
- 3 Tchernia, P. 1980. *Descriptive Regional Oceanography*, Pergamon Press, New York. p 216-245
- 4 Weare, B.C., P.T. Strub y M.D. Samuel. 1981. Annual mean surface heat fluxes in the Tropical Pacific Ocean. *Journal Physics Oceanography*. p.705-717.
5. Wyrki, K. 1965. The annual and semi-annual variation of sea surface temperature in the North Pacific Ocean. *Limnology Oceanography*. p.307-313.

4. **GOLFO DE MEXICO Y MAR CARIBE MEXICANO**

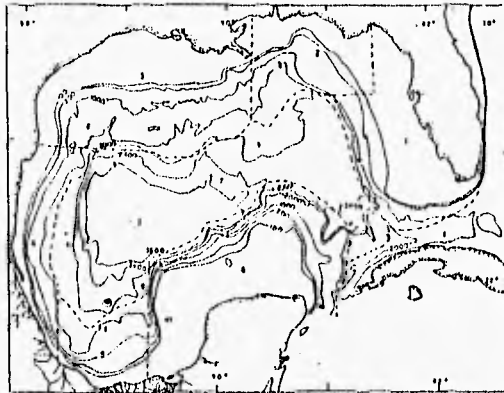
4.1 **Aspectos de Oceanografía Geológica**

a) **Rasgos del Relieve Submarino del Golfo de México**

El Golfo de México es una cuenca aislada del Mar Caribe por un umbral con profundidad aproximada de 2 500 m. Se extiende en una área total de 1 768 000 km² con regiones muy profundas mayores a 3 400 m.

La porción Norte del Golfo de México pertenece a la zona económica de Estados Unidos, donde la plataforma continental esta ampliamente desarrollada sobre todo en la Península de Florida. Sin embargo, dentro del territorio mexicano es muy estrecha, con la notable excepción de la península de Yucatán.

La descripción de los rasgos geomorfológicos del Golfo, se explica a partir de 7 provincias establecidas por Antoine (1972), con base en los cambios de dirección de la plataforma continental en seis de ellas, y en la séptima que caracteriza a la porción central de la Cuenca del Golfo (Figura 4.0).



(figura 4.0) **Rasgos topográficos y batimétricos del Golfo de México (Antoine. 1972).**

Primera Provincia

Bordea la plataforma de la costa occidental de Florida hasta los 84° de longitud oeste, que tiene una dirección ligeramente noroeste; es aún más amplia que la Península de Yucatán, excediendo los 260 Km. Hacia el sur de la provincia la inclinación de su pendiente aumenta bruscamente y va de 100 a 1 000 m de profundidad. Esta pendiente constituye el Escarpe de Florida, el cual bordea el Estrecho y la Plataforma oeste de Florida.

Segunda Provincia

Surge a partir de un cambio de dirección de la plataforma al suroeste, la cual es angosta, menor a los 80 km, y se estrecha aún más conforme se acerca al delta del Río Mississippi. En los 28° de latitud norte y 88° longitud oeste, el Escarpe de Florida y el abanico o Cono de Mississippi, constituyen una zona de elevaciones y depresiones denominada Cañón de Soto, el cual se ubica por debajo de la isobata de 300 m y alcanza profundidades hasta de 2000 m. Este cañón tiene su origen en la erosión del fondo por aporte fluvial, además, es el responsable de importantes corrientes de turbidez creadas a partir de la acumulación de los sedimentos acarreados por el río y depositados en el borde menos profundo, para precipitarse más adelante hacia el fondo, por las sinuosidades del relieve.

El Cono de Mississippi es una característica estructural importante que ha sido el resultado de la prolongada e intensa acción del río.

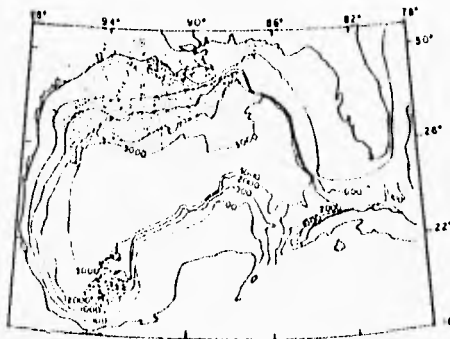
Tercera Provincia

Es una de las más amplias, y comprende la parte occidental del Cono de Mississippi continuándose hasta el límite de la zona económica de México ubicada hacia el paralelo 26. La plataforma tiene aproximadamente 100 km de amplitud, flexionándose hacia el suroeste donde se reduce a 82 km; su pendiente es ligera hasta la isobata de 200 m donde ésta aumenta para alcanzar los 1 000 m de profundidad.

En dirección oeste, la parte occidental del abanico del Mississippi, que se extiende sobre el talud continental, se pierde en un relieve sinuoso formado por intrusiones o domos salinos, los cuales se encuentran en una espesa franja a través de esta provincia. Estas estructuras salinas también son encontradas en la Sonda de Campeche donde forman un sistema más pequeño (Figura 4.1). La existencia de éstas es una evidencia importante que soporta la idea sugerida por Freeland y Dietz (1971), de la formación de una antigua cuenca de menor tamaño al actual, con poca circulación y alta evaporación que estuvo presente durante el Jurásico Temprano (170 m.a.).

La Cartografía Marina en México

En los 95° longitud oeste y 26° latitud norte se observa un cambio en la dirección del Escarpe de Sigsbee, entre la plataforma y la placa continental, constituyéndose el Cañón Alaminos, el cual es importante en la historia tectónica del área (Bouma, 1972).



(figura 4.1) *Distribución de intrusiones salinas en el Golfo de México. (Uchupi, 1967).*

Cuarta Provincia

Se inicia en donde la plataforma se orienta al oeste y ocupa desde el delta del Río Bravo con 70-82 km de amplitud, resultado del aporte de sedimentos, hasta el paralelo 20°, donde ésta cambia de orientación para dirigirse hacia la Sonda de Campeche.

La plataforma se va angostando en su trayectoria hacia el sur hasta alcanzar 33-37 km en el paralelo 23° formando una ladera de poca disección con pendiente media entre 1 y 2° (Lugo, 1985), y su talud encuentra la base a una profundidad próxima de 3 000 m. A partir de este paralelo la plataforma nuevamente se flexiona al sureste y llega a la zona volcánica de San Andrés Tuxtla en Veracruz, para alcanzar su mínima amplitud de 6 a 16 km, donde incrementa su pendiente 2° y en áreas muy localizadas hasta 15. En la porción comprendida entre el paralelo 20 y 23, el talud es disectado por valles submarinos que configuran un relieve irregular, el cual se denomina Cordillera Ordoñez (Cserna, 1984) ubicada dentro de la séptima provincia.

Quinta Provincia

Punta Roca Partida se considera su inicio que comprende la plataforma y talud continental del sur de Veracruz y parte de Campeche. La

primera se hace amplia en dirección a la Península de Yucatán con una extensión de 110-130 km frente a Punta Frontera, para después flexionarse y rodear la Península. Presenta una débil pendiente de 1° a 5°, donde existen predominantemente sedimentos carbonatados de origen biogénico que convierten a esta zona en una terraza acumulativa.

El talud continental de esta provincia tiene un relieve comparable al noroeste de la cuenca (Provincia 3), donde los domos salinos aquí existentes se orientan en dirección al centro del Golfo de México, a través de sinuosidades a manera de cordones alineados.

Sexta Provincia

La plataforma continúa su trayectoria en torno a la Península de Yucatán para cambiar su dirección, primero hacia el norte y luego al este hasta llegar a Cabo Catoche, y dar lugar a ella. En su primera parte, el Cañón de Campeche es un rasgo sobresaliente del talud continental el cual se limita por el escarpe del mismo nombre y cuyo origen puede estar relacionado con la evolución tectónica de esta zona.

El Escarpe de Campeche se extiende a profundidades de 2 400 a 2 600 m bordeando por el occidente y noroeste a la plataforma de la Península con una pendiente mayor de 45°.

Se han distinguido dos tipos de talud en esta área, uno de inclinación mayor a 30° que ocupa escasas extensiones entre las isóbatas de 200 y 400 m y el segundo de mesetas amplias a una profundidad de 1 000 m y que se reconoce al noreste de la Península de Yucatán (Lugo, 1985).

Séptima Provincia

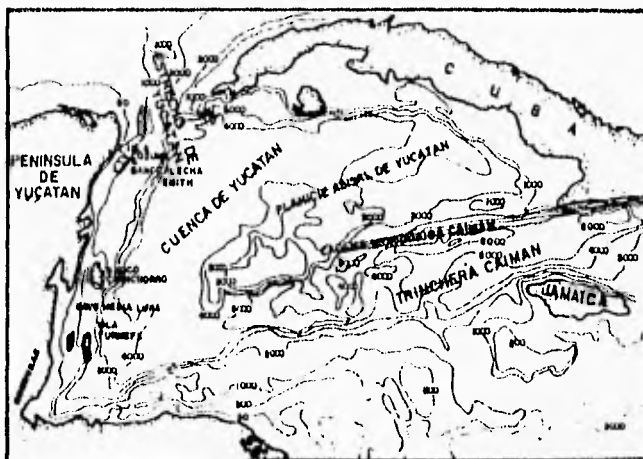
Corresponde a la parte central del Golfo de México. Comprende la Llanura Abisal de Sigsbee, caracterizada por tener las mayores profundidades y funcionar como captadora de sedimentos.

Está limitada totalmente por la isobata de 3 600 m y presenta dos zonas aún más profundas, una de ellas a los 3 735 m y la otra a los 3 741 m, donde se localizan algunas colinas de hasta 200 y 300 m de altura. Esta cuenca sirve como frontera al Escarpe de Campeche y constituye, el noroeste del Golfo, el Escarpe de Sigsbee.

Mar Caribe

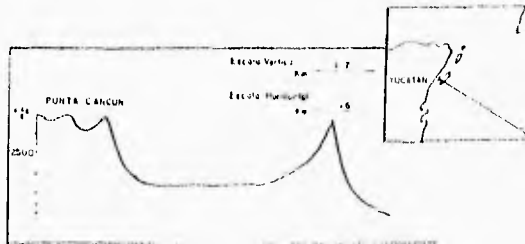
El Mar Caribe se extiende en una área total de 2 640 000 km² y una profundidad media superior a la del Golfo de México de 4 000 m. Esta cuenca es tan compleja como la del Golfo de México, ya que su formación es parte de una misma historia geológica (Freeland y Dietz, 1971).

La cuenca caribeña es típicamente geosinclinal, dado que su arquitectura se conforma por depresiones abisales, trincheras, crestas montañosas y canales submarinos. La construcción de un perfil batimétrico de estos rasgos evidencian una marcada diferencia con la parte occidental de la Península de Yucatán (Figura 4.3), lo cual denota la presencia de un margen pasivo muy distinto al margen activo del oriente (Figura 4.2).



(figura 4.2) Rasgos batimétricos del Mar Caribe. (Avdeev A. y Belousser, 1968).

La plataforma continental del Caribe Mexicano es muy estrecha, con sólo 20 km frente a Cancún y gradualmente disminuye hacia el sur, y en Puerto Morelos prácticamente desaparece, confundiéndose con la ladera del talud continental que tiene una pendiente mayor a 4° y alcanza rápidamente 400 m de profundidad, a los cuales el talud se interrumpe con un par de elevaciones alargadas que constituyen la Isla de Cozumel y el Banco Flecha Smith de 17 m de profundidad. Al oriente de estas formaciones, el talud aumenta bruscamente su pendiente hasta llegar a los 1 000 m donde nuevamente ésta disminuye dando lugar a montañas ovaladas de 405 y 262 m de altura limitada por escarpes que se extienden hacia la Planicie Abisal de Yucatán (Figura 4.3).



(figura 4.3) Perfil batimétrico del Caribe Mexicano.

Al sur de Puerto Morelos la plataforma continental continúa muy atenuada y es hasta Belice donde se amplía con 25 km. El talud muestra otros grandes bancos como el Chinchorro que se limita por pequeñas islas, como la Isla Turnife y Cayo Media Luna, en Guatemala. El talud es muy estrecho y sus elevaciones se delimitan por escarpes, uno en el paralelo 19 que tiene su base a 4 400 m de profundidad y otro en el paralelo 18 que alcanza los 3 700 m (Lugo, 1985).

Al noroeste de la Península sobre la parte oriental de la plataforma, se extiende entre 200 y 2000 m en una ladera poco inclinada que remata con un escarpe que va hasta los 3 00 m de profundidad. Dentro de la plataforma, a los 24° norte y 86° oeste se localiza una depresión ovalada de 3 500 m de profundidad y otra de 3 219 m.

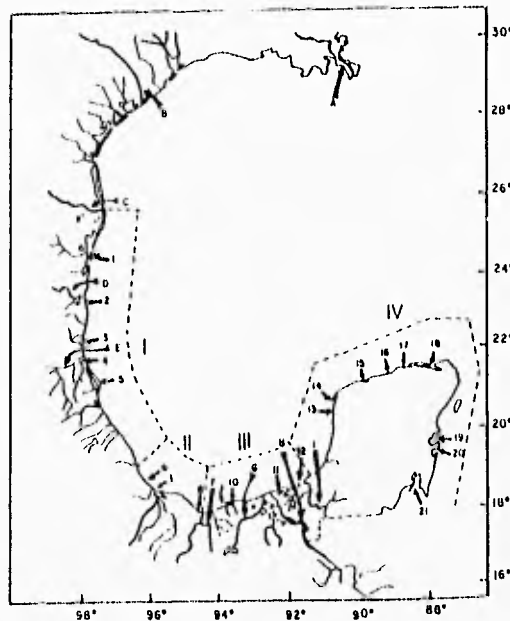
El talud de la Península de Yucatán y el de Cuba se aproximan entre sí en una depresión estrecha que se conoce como Canal de Yucatán y se observa, por su menor profundidad como una divisoria entre las cuencas del Golfo de México y Mar Caribe.

Al sur de la Planicie de Yucatán surge la Cadena Montañosa Caimán, constituida por bancos de menos de 200 m de profundidad y se extiende en una área de 4 000 m dirección noreste.

La Cadena Montañosa Caimán a su vez limita a la trinchera o fractura del mismo nombre que se coloca paralelamente a esta elevación. La Trinchera Caimán tiene una profundidad de hasta 7 491 m (Leontiev, 1981 citado por Lugo, 1985) y se limita al sur por otro sistema de crestas montañosas.

c) **Clasificación de Costas**

Las costas del Golfo de México y Mar Caribe han sido divididas en cuatro unidades por Carranza et al. (1975) (Figura 4.7).



(figura 4.4) **Unidades Morfotectónicas, ríos y lagunas costeras del Golfo de México y Mar Caribe.** (Carranza et al. 1975).

Primera Unidad

Está comprendida desde la desembocadura del Río Bravo, Tamaulipas hasta Punta Delgada, Veracruz, con una longitud aproximada de 700 Km. es considerada una costa de mar marginal protegida por los arcos insulares del Caribe y Cuba. Geomorfológicamente, presenta costas primarias por deposición subaérea como en el caso de la Laguna Madre (Tamaulipas), y

Segunda Unidad

Se extiende desde Punta Delgada hasta Coatzacoalcos, Veracruz, con 300 Km de longitud y es también una costa de mar marginal geomorfológicamente caracterizada por costas primarias volcánicas por flujo de lava y de tefra (Los Tuxtlas, Veracruz) y depositación subaérea por viento, que origina costas con dunas como en el norte de Veracruz. Las costas secundarias, están formadas por arrecifes coralinos como las encontradas frente a Veracruz.

Tercera Unidad

Se localiza entre Coatzacoalcos, Veracruz y la región oriental de la Laguna de Términos, Campeche con 179 Km de extensión. Tectónicamente es una costa de mar marginal y genéticamente son costas primarias de depositación subaérea principalmente por la depositación de ríos y presencia de deltas, ejemplo de éstas son las costas aledañas a la desembocadura de los ríos Grijalva, San Pedro y San Pablo.

Cuarta Unidad

Se limita desde las proximidades de Isla Aguada, Campeche, hasta Chetumal, Quintana Roo, con 1 100 Km de longitud; es también una costa marginal con costas primarias de erosión terrestre, con numerosos cañones y sumideros. Comprende costas secundarias por depositación marina que originan playas e islas de barrera y costas secundarias por organismos marinos que favorecen la formación de arrecifes coralinos y zonas de arrecifes bordeantes (Cozumel, Quintana Roo).

b) Clasificación de Lagunas Costeras

Los distintos procesos de formación de la costa implicados en el mecanismo de clasificación influyen directamente sobre la arquitectura de la zona litoral y dan origen, en algunos casos, a depresiones que pueden constituir una laguna costera.

Las lagunas costeras han sido definidas por Lankford (1977), como una depresión de la zona costera que tiene comunicación permanente o efímera con el mar y que presenta una barrera. El nacimiento de estos sistemas se remonta a 180 mil años durante la elevación del nivel del mar que invadió depresiones costeras, valles y deltas de ríos, formándose de esta manera la actual línea de costa que influye bahías y entrantes de mar.

La Cartografía Marina en México

En el Golfo de México y Mar Caribe, Lankford (1977) ha determinado la existencia de 31 lagunas costeras. Entre las principales por su extensión, se encuentran Laguna Madre, Tamaulipas, Laguna de Tamihua, Veracruz, Laguna de Términos, Campeche y Laguna de Nichupté, Quintana Roo.

Las depresiones costeras y los principales ríos que se contemplan en los litorales del Golfo de México y Mar Caribe, según Contreras (1985) son: (Figura 4.4)

1.	Laguna Madre	16.	Estero El Islote
2.	Laguna Morales	17.	Estero Lagartos
3.	Laguna de San Andrés	18.	Laguna Yahalán
4.	Laguna de Puerto Viejo	19.	Bahía de la Ascención
5.	Laguna de Tamihua	20.	Bahía Espíritu Santo
6.	Laguna de Mandinga	21.	Bahía Chetumal
7.	Laguna de Alvarado	A.	Río Mississippi
8.	Laguna del Ostión	B.	Río Colorado
9.	Laguna del Carmen	C.	Río Bravo
10.	Laguna Machona	D.	Río Purificación
11.	Laguna Pom	E.	Río Tecolutla
12.	Laguna de Términos	F.	Río Papaloapan
13.	Estero Yaltón	G.	Río Grijalva
14.	Laguna Celestum	H.	Río Coatzacoalcos
15.	Estero Progreso	I.	Río Candelaria

La Cartografía Marina en México

Notas bibliográficas.

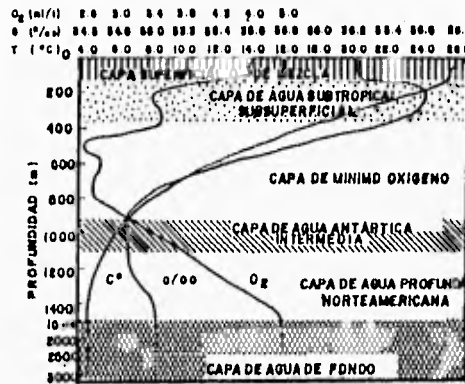
1. Antoine, J. 1972. Structure of the Gulf of Mexico. Rezak F. Henry, (Eds.), Houston, Texas p.1-34.
2. Bouma, H.A. 1972. Distribution of sediments and sedimentary structures in the Gulf of Mexico. In: Contribution on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. Rezak F. Henry (Eds.) Houston, Texas. p.35-65.
3. Carranza, E.M. Gutiérrez y T.R. Rodríguez. 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.: p.81-88.
4. Cserna, Z. D.E. 1984. Margen Continental de la colisión en la parte suroccidental del Golfo de México. Revista del Instituto de Geología: p.255-261.
5. Contreras, F. 1985. Las Lagunas Costeras Mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. Sría. de Pesca: p.253.
6. Freeland, G. y R. Dietz. 1971. Plate tectonic evolution of Caribbean-Gulf of Mexico region. Nature p.232.
7. Lankford, R. 1977. Coastal Lagoons of Mexico: their origin and classification. In: Wiley M.E. Estuarine Process. Circulation sediments and transfer of material in the estuary. Academic Press. Inc. New York, p.182-215.
8. Leontiev, O.K. 1982. Maskaga gueloguia. (Geología Marina). Moskva Visshaya Shkola.
9. Lugo, H. 1985. Morfoestructuras del fondo oceánico mexicano. Boletín del Instituto de Geografía. p.293.
10. SPP., INEGI. 1983. Carta batimétrica del Golfo de México, escala 1:1'000,000. CB-003.

4.2 Aspectos de Oceanografía Física

a) Masas de Agua

Las masas de agua del Golfo de México y Mar Caribe han sido objeto de estudio desde 1932, año en el que Parr realizó el primer estudio extensivo del golfo. En 1935 se emplearon diagramas de Temperatura-Salinidad (T-S), mismos que hasta la fecha han facilitado el análisis e identificación de sistemas complejos de corrientes y masas de agua. Wust, 1936, discutió las relaciones de la distribución de las masas de agua del propio golfo y en las Corrientes de Yucatán y Florida encontrando dos masas de agua, una que caracterizaba al Caribe y otra propia del Golfo de México.

Nowlin (1971), a partir de una estación hidrográfica ubicada en el centro de la cuenca, estableció la existencia de varias capas o masas de agua en el Golfo de México, cuyos límites y características pueden ser claramente observadas en un diagrama vertical (Figura 4.5).



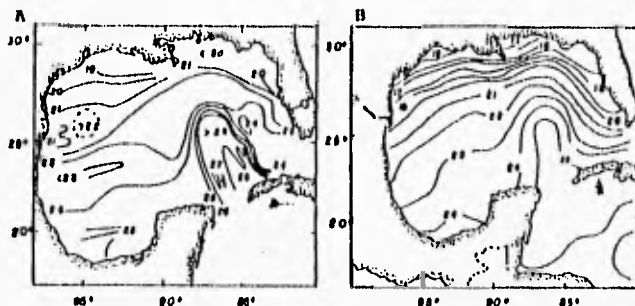
(figura 4.5) Diagrama vertical de las masas de agua del Golfo de México.(Nowlin, 1971).

La capa superficial es conocida como capa de mezcla. Normalmente ocupa los primeros 100 ó 150 m, por lo que es muy afectada en sus características físicas y circulación por fenómenos climáticos atmosféricos (principalmente vientos), y por el flujo de aguas cálidas y salinas que constituyen a la Corriente de Lazo, la cual penetra al Golfo de México por el canal de Yucatán.

La fluctuación estacional de los factores anteriores conduce a cambios en las características físicas de esta primera capa. Los meses de

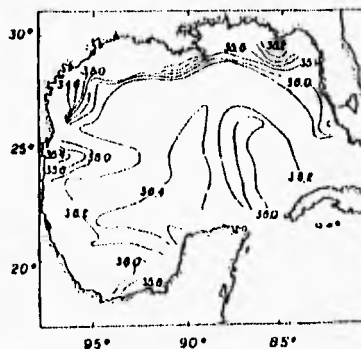
La Cartografía Marina en México

invierno y verano son los más extremos en el patrón de circulación superficial. Durante el invierno se presentan las temperaturas más bajas del ciclo anual, que resultan de los frentes polares y vientos fríos o nortes, por lo cual la influencia cálida de la Corriente de Lazo, puede ser fácilmente observada mediante las isotermas superficiales (Figura 4.6A) norte del golfo, sobre la plataforma continental de estados Unidos, las temperaturas descienden hasta los 19 ó 20°C, representando un verdadero contraste con los 26°C de las aguas caribeñas. El patrón de temperaturas obtenido en los trabajos de Nowlin actualmente pueden ser comparados con datos provistos mediante la imagen por satélite (Secretaría de Marina, 1985) (Figura 4.6B).



(figura 4.6) Patrón de temperatura superficial del Golfo de México durante el invierno. A) Isotermas. (Nowlin y McLellan, 1967). B) Datos de imagen de satélite. (Secretaría de Marina, 1985).

El patrón de salinidad en el invierno es semejante al de temperatura (Figura 4.7) una zona somera, la época y la influencia de los ríos abaten las salinidades hasta niveles de 32.16‰. La zona del banco de Campeche mantiene salinidades de 36.4-36.6‰, superiores a los del resto del golfo y de la Corriente del Caribe.



(figura 4.7) Distribución de salinidad superficial en el invierno. (Nowlin y McLellan, 1967).

Las aguas del oeste del Golfo, ajenas a la Corriente de Lazo, muestran una capa de mínimo oxígeno muy amplia, que va desde los 200 m hasta los 500 m de profundidad (Nowlin, 1971; Nowlin y McLellan, 1967); sin embargo, los patrones de circulación ciclónica y anticiclónica comunes en esta zona pueden modificar su profundidad (Moulin, 1980).

El segundo aspecto importante de esta capa es su comportamiento uniforme por abajo de los 17°C, el cual es claramente identificado en los diagramas T-S de Nowlin y McLellan (1967), por lo cual puede ser considerada como una capa de transición entre el Agua Subtropical Subsuperficial y el núcleo de Agua Antártica Intermedia (Figura 4.5); esta capa juega un papel muy importante en la captación y distribución de nutrientes, ya que en ella suelen quedar atrapados, de modo que su ubicación dentro de la columna de agua es limitante para el establecimiento de zonas productivas y por ende, de la riqueza pesquera (Morrison y Nowlin, 1977).

b) Circulación

Corriente de Lazo

La circulación del Golfo de México está relacionada con la influencia de las aguas cálidas y salinas que entran a través del Estrecho de Yucatán y salen por el de Florida. parte del agua que penetra al golfo por el Canal de Yucatán se devuelve por contracorrientes (Armstrong y Grady, 1967).

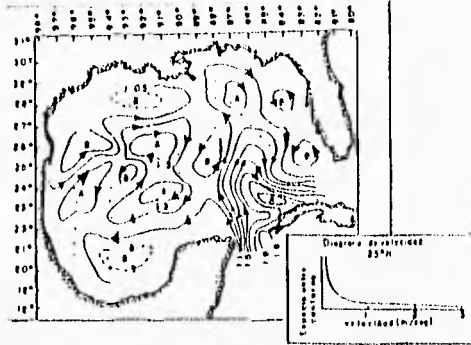
A su paso por la cuenca del golfo, un volumen de las aguas de la corriente, forman anillos que se desplazan al interior, los cuales tienen una circulación anticiclónica e influyen en las aguas adyacentes generando movimientos en sentido opuesto, constituyéndose remolinos ciclónicos. El resto de las aguas continúan su viaje hacia el Estrecho de Florida formando un meandro. este comportamiento configura una franja ligeramente plegada hacia el este a manera de un cordón o lazo, de donde proviene su nombre: "Corriente de Lazo".

Esta corriente es un flujo de agua con alta salinidad (36.7%) y temperaturas superficiales durante el verano de 28 a 29°C, que se reducen en el invierno a 25 y 26°C.

El Lazo presenta una intromisión dentro del golfo que varía estacionalmente. Estos cambios han sido detectados mediante los patrones de temperatura por debajo de la superficie (Leipper, 1970; Behringer et al., 1977), por medición de la profundidad de las isotermas de 20 y 22°C y por medio de las diferencias del flujo geostrofico.

La Cartografía Marina en México

Austin (1955), esquematiza por primera vez a esta corriente mediante el comportamiento de los valores geopotenciales dentro del golfo. A partir de ésto, se determinó la existencia de zonas de bajo geopotencial sobre el Banco de Campeche y plataforma norte del Golfo de México, además de zonas de alto flujo geopotencial, una de ellas en el oeste de la cuenca configurando anillos y la otra, representada por la propia Corriente de Lazo, la cual presenta sus valores máximos en su parte superficial y central (Figura 4.8).



(figura 4.8) *Topografía dinámica de la superficie del Golfo de México. Austin. 1955)*

Giros anticiclónicos y ciclónicos.

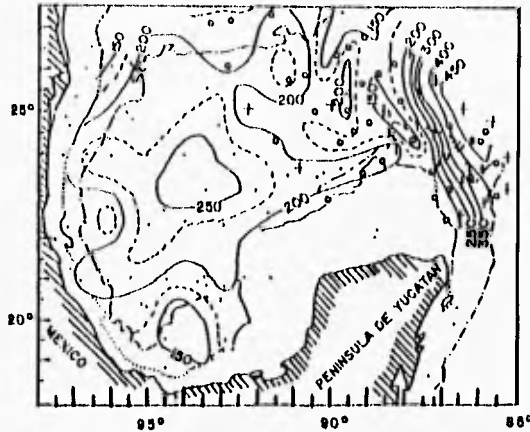
Los anticiclones pueden describirse como una masa de agua cuyas características isotermas y geopotenciales denotan un anillo. Sus aguas se mueven a favor de las manecillas del reloj y representan zonas de hundimientos (Bogdanov, 1965); por lo que la configuración vertical de su temperatura muestra un aumento de profundidad de las isothermas en la parte central del anillo, lo cual implica el encontrar en este punto temperaturas altas a mayores profundidades (Figura 4.9). La influencia de estos anillo se ha detectado hasta los 1 200 m de profundidad.

Además, el transporte geopotencial del sistema aumenta conforme se acerca a la superficie y al centro del giro, alcanzando valores máximos de $60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{seg}$ (Norlin y Hubertz, 1972); de modo que produce un efecto de succión de las aguas superficiales.

Los anticiclones son áreas de temperatura cálidas y salinas semejantes a los de la Corriente de Lazo se constituyen como anillos aislados principalmente durante las épocas en que el flujo principal se reduce, lo cual produce un estrangulamiento del meandro y la formación de un anticiclón. La intensidad de los anillos depende directamente de la magnitud del decaimiento en el flujo del Lazo. Después de ser separados de la corriente, inician un movimiento hacia el oeste con una velocidad promedio estimada por Cochran (1972) y Elliot

La Cartografía Marina en México

(1982) de 3.7-5.7 y km/día, respectivamente, profundidad, de modo que probablemente la irregularidad resultó de efectos locales, ya que ciclones que han sido originados de la propia Corriente de Lazo pueden mostrar dicha irregularidad a profundidades mayores de 1 000 m (Vukovich y Maul, 1985 y Vokovich, 1986), generados por efectos anticiclónicos con profundidades semejantes (Elliot, 1982)



(figura 4.9) Profundidad (M) de la isoterma de 15°C en el ciclón y anticiclón en el oeste del Golfo de México durante agosto. (Vazquez de la Cerda, 1975).

c) Surgencias

Los fenómenos de afloramiento de nutrientes en el Golfo de México ocurren en los giros ciclónicos ya mencionados y con mayor fuerza en la plataforma oriental de la Península de Yucatán, donde estos compuestos surgen de capas profundas durante el invierno y la primavera. este afloramiento presenta dos brazos, uno que se extiende hacia el noreste sobre la plataforma fuera del, máximo flujo de la Corriente de Yucatán; el segundo se observa muy cercano y paralelo a la costa norte de la península (Ruiz, 1979) (Figura 4.10).

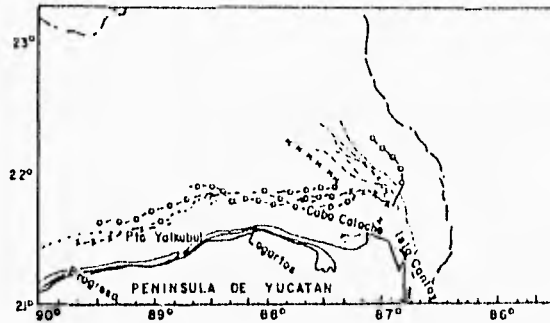
El origen de cada brazo puede involucrar diferentes procesos de surgencia. Para el primero se establece un origen dinámico debido al intenso flujo de la Corriente de Yucatán que se pliega al contacto con el borde de la península, y por efecto de la fricción lateral con ésta y la dirección e intensidad del flujo se provoca la ascensión de aguas profundas de temperaturas bajas que se deslizan sobre la plataforma continental, causando un claro contraste con las temperaturas del resto de la corriente (Ruiz, 1979).

López et al. (1986) en 1984, describen claramente el ascenso de estas aguas en la costa de Puerto Progreso, Yucatán, donde suele presentarse

La Cartografía Marina en México

una verdadera surgencia originada por el efecto de los intensos vientos locales que favorecen que estas aguas se eleven hasta la superficie.

El segundo brazo involucra un probable mecanismo eólico predominante sobre los efectos dinámicos de la corriente. La surgencia eólica involucra el efecto de Coriolis y la fricción del viento sobre la superficie del agua, cuya interacción genera un movimiento de las masas líquidas hacia la derecha de la dirección del viento (efecto Ekman), el cual durante el verano tiene una dirección sur-sureste (Emilsson, 1976). Este desplazamiento de las aguas cálidas abre un espacio en el borde de la plataforma de Yucatán y sobre ella, permitiendo que las aguas profundas de bajas temperaturas surjan.



(figura 4.10) Contorno de la surgencia de Yucatán. (Rutz, 1979).

4.3 Aspectos Meteorológicos

a) Vientos

El patrón se establece con vientos dominantes del este durante los meses de febrero a septiembre, y el resto del año cuando los vientos son frecuentes, provienen del noroeste. Los vientos se califican como veloces ráfagas durante el período de octubre a abril, principalmente en noviembre-diciembre donde alcanzan hasta 12 nudos. Esta temporada se considera como de "nortes" en la cual los vientos alisios son frecuentemente interrumpidos por los provenientes del primer cuadrante.

La niebla es poco frecuente, afecta durante marzo. La precipitación es máxima durante el mes de septiembre.

La Cartografía Marina en México

En general, el clima es caluroso y húmedo a excepción de la temporada de nortes, en la cual los vientos reducen la temperatura.

b) Nortes

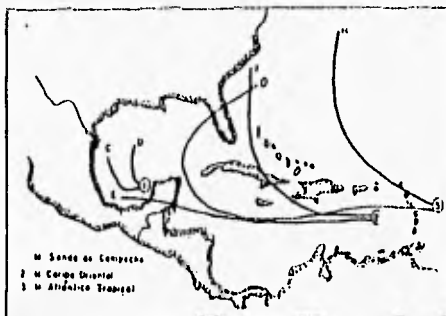
El Golfo de México y Mar Caribe presentan una circulación de vientos formados por masas de aire polar que se desplazan hacia el sur a través de Estados Unidos, con vientos en dirección boreal, cuya intensidad alcanza frecuentemente rachas fuertes, violentas o huracanes.

Los nortes por lo general soplan de noviembre a marzo. Los de carácter severo ocurren de diciembre a febrero, pero ocasionalmente pueden presentarse posteriormente. Estos vientos afectan solamente a la región noroeste del Caribe y su dirección varía de noroeste a noreste con velocidades de 50 a 100 km/hr. pudiendo alcanzar rachas aún mayores. Los nortes por lo general tienen una duración máxima de dos días pero las tormentas severas pueden permanecer hasta cuatro días, ocasionando lluvias, chubascos y un marcado descenso de la temperatura.

c) Ciclones Tropicales o Huracanes

Los ciclones tropicales más conocidos como huracanes, se forman en el Hemisferio Norte en las regiones oceánicas ecuatoriales al norte de los 5° de latitud, desde mayo hasta principios de noviembre.

México presenta cuatro zonas matrices de formación de huracanes, tres de las cuales se ubican en el Caribe y Golfo de México (Figura 4.11). La primera de ellas aparece en el suroeste del Golfo de México en la Sonda de Campeche, e inicia su actividad en junio formando sistemas lluviosos que poco a poco se intensifican de modo que en julio configuran verdaderas tormentas y ciclones que suelen dirigirse hacia el noroeste.



(figura 4.11) Zonas matrices y rutas de huracanes, (Atlas de Huracanes, 1979).

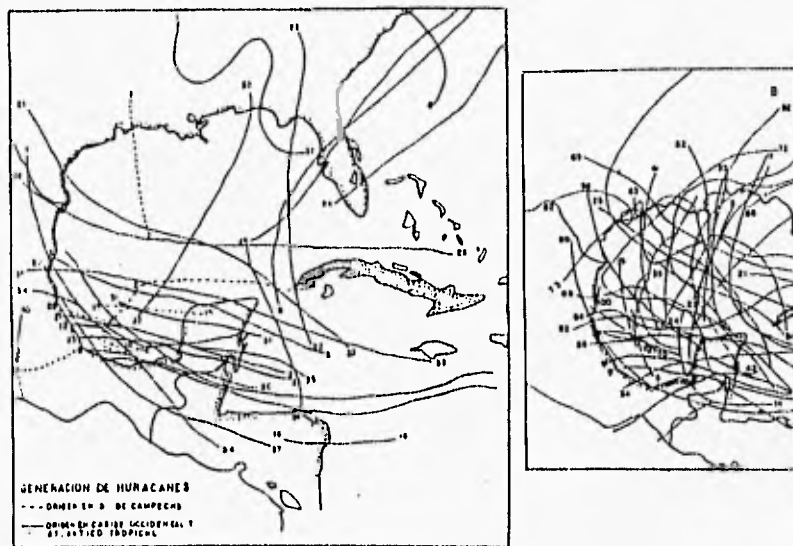
La Cartografía Marina en México

El Caribe Oriental es la segunda zona matriz que se establece en julio cuando el calentamiento de la zona es elevado, dando origen a huracanes de gran recorrido y potencia.

La tercera zona se ubica en la porción Atlántica formando huracanes aún más potentes que la anterior.

Estas zonas matrices pueden desarrollar desplazamientos ya que están en función de la formación de centros de máximo calentamiento marino asociados a la deriva de la corriente del "Gulf Stream", de modo que la de la Sonda de Campeche puede modificar su posición 400 millas al noreste, la del Caribe Oriental puede ubicarse entre Jamaica e Isla Swan 900 millas al oeste fuera de su centro original, y la región del Atlántico puede ser desplazada hasta 1 000 millas al noroeste localizándola cerca de Bermudas (Atlas de Huracanes, 1979).

Los huracanes se caracterizan por fuertes vientos que sobrepasan los 120 km/hr, así como lluvias intensas que pueden registrar hasta 1 000 mm, sobre todo durante septiembre, mes en el que son más frecuentes (Figura 4.12).



(figura 1.12) Ruta de huracanes del periodo 1887-1951 durante el mes de julio, B) septiembre. (los números corresponden al registro en el Atlas de Huracanes, 1979).

La Cartografía Marina en México

Los huracanes en el Mar Caribe formados en la región occidental durante junio y julio se repiten a finales de septiembre, octubre y noviembre, generalmente viajan hacia el noroeste o hacia el noreste atravesando la Península de Yucatán hacia el Golfo de México y desapareciendo sobre las costas de Estados Unidos (Figura 4.12 ruta B) notándose una clara preferencia por hacerlo en la desembocadura de los Ríos Bravo y Mississippi, como si el relieve orográfico ayudase a ésto.

Los ciclones que se originan durante octubre y noviembre generalmente siguen su curso al este de Centroamérica recurvando hacia el noreste pasando sobre Cuba y la Península de Florida

La región de origen del Atlántico Tropical desarrolla huracanes durante agosto y septiembre, los que pueden tener gran intensidad al pasar sobre el Caribe y Golfo de México, suelen comportarse parecido a aquellos originados en el Caribe Occidental; sin embargo, tienen a recurrar su dirección hacia el norte alcanzando las Islas Bahamas y Bermudas

La evolución de los huracanes está condicionada a la cantidad de energía liberada en forma de calor de modo que las aguas tibias del Golfo de México proporcionan una gran cantidad de vapor de agua que actúa como vivificador de los huracanes.

Algunos de los huracanes que han producido un efecto importante en la zona litoral de nuestro país son: El "Agnes" que ocurrió durante 1972 y que se generó a inicios de la temporada.

Notas bibliográficas

- 1.- Atlas de Huracanes. 1979. Secretaría de Programación y Presupuesto.

CAPÍTULO IV. PRODUCCIÓN DE CARTOGRAFÍA MARINA EN MÉXICO

A lo largo de la historia el hombre ha representado y plasmado sus experiencias gráficamente, en códices, mapas y planos, que fueron el origen de la cartografía, tanto continental como marina, siempre tratando de imprimir la información deseada con suficiencia, claridad y precisión.

Con los mapas que los autóctonos mostraron a los cronistas, nos podemos dar cuenta que México tiene tradición cartográfica que data desde antes del descubrimiento de América. Durante la conquista y la colonia se elaboraron muchos mapas, que fueron el resultado de las múltiples expediciones y exploraciones geográficas, tanto por mar como, por tierra, que se hicieron para conocer el "Nuevo Mundo".(figura 4.0)

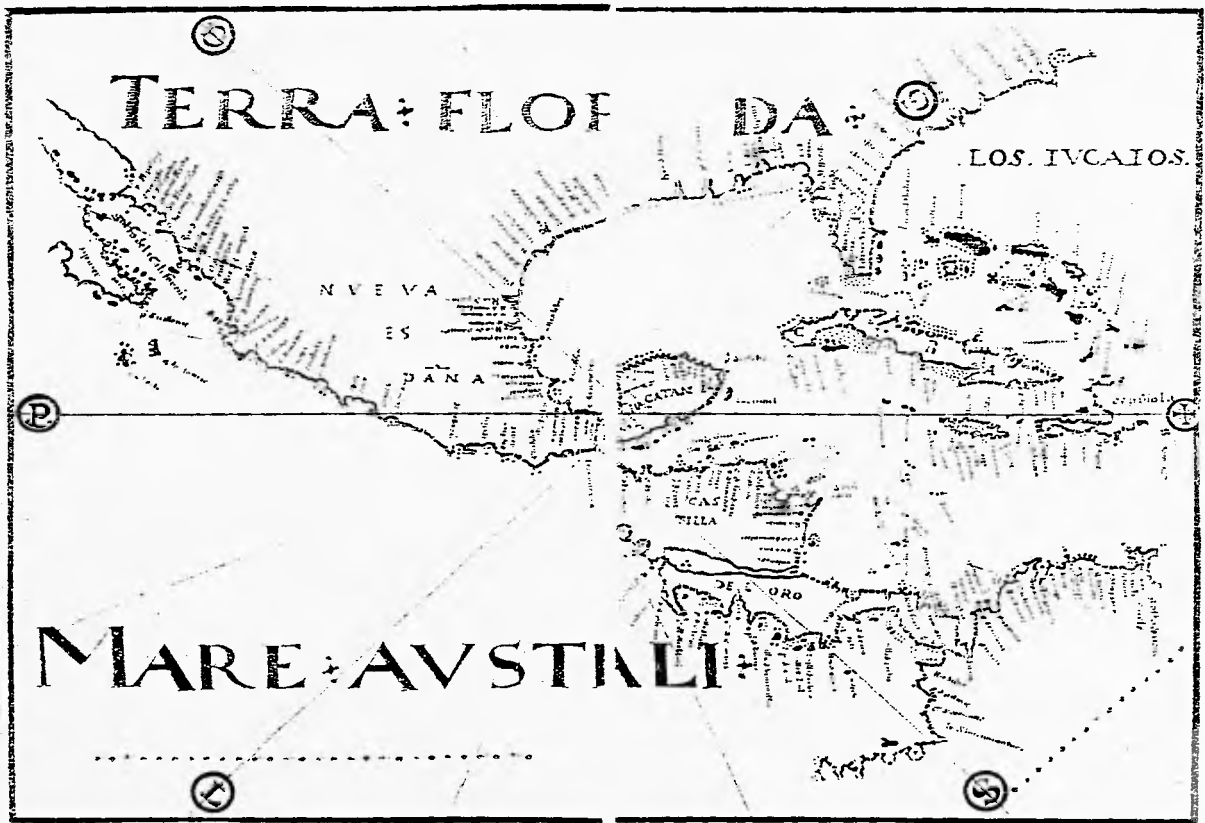
En el México independiente hubo un cambio en la forma de representar la cartografía, y un gran impulso a la misma pero con más tendencia a la continental que a la marina. Es en esa época cuando nace el Instituto de Geografía y Estadística, hoy Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, y la Comisión Geográfica Exploradora que fue la primera dependencia del Gobierno Federal creada para la elaboración de una cartografía nacional.

En épocas más recientes se incrementaron los intentos por conocer el Territorio Nacional, en 1956, se creó la Comisión Intersecretarial Coordinadora del Levantamiento de la Carta Geográfica de la República Mexicana , la cual estuvo constituida por representantes de varias secretarías, instituciones y dependencias, logrando la integración de las Carta Geográfica de la República Mexicana a escala 1 : 500 000 compuesta por 47 hojas.

En 1960 se creó la Dirección de Faros e Hidrografía de la Secretaría de Marina, hoy Dirección General de Oceanografía Naval, la cual elabora cartografía náutica y algunas cartas temáticas , revisa, corrige y evalúa la cartografía náutica, orientándola a cubrir los mares mexicanos en diversas escalas, efectúa reconocimientos hidrográficos periódicos en áreas cercanas a los puertos y sus accesos, a fin de satisfacer las demandas de seguridad.

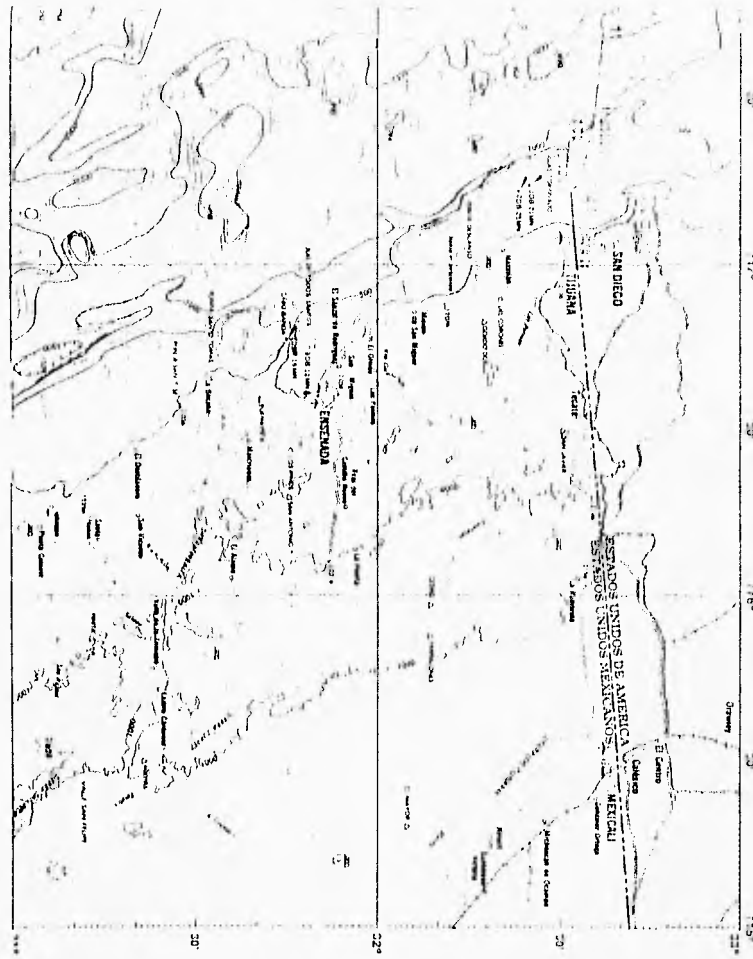
En 1968, se creó otro organismo productor de cartografía, llamándosele inicialmente Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación, hoy Dirección General de Geografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); este organismo ha elaborado toda la cartografía continental e insular de nuestro territorio nacional, tanto por la cartografía básica

(figura 4.0) Parte Central de América, fragmento de Olores. Messina 1592 (C) del Vaticano, Italia. (Atlas Cartográfico Histórico S.F.P., México, 1982)



La Cartografía Marítima en México

como por la temática, aún más a partir de 1982 ha incursionado en la elaboración de las cartas batimétricas escala 1:1 millón con cubrimiento de la Zona Económica Exclusiva (figura 4.1)



(figura 4.1) Parte de la **Carta Batimétrica CB-001**, esc. 1:1 000 000, Pacífico Norte. Dirección General de Geografía S.P.P., México, 1981.

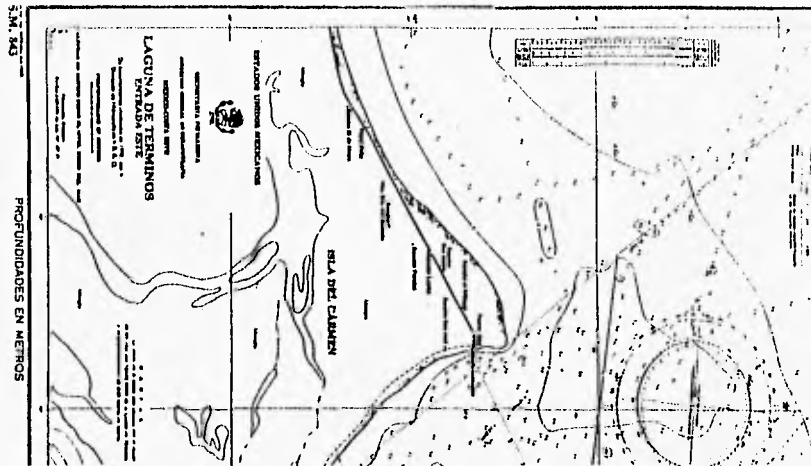
Otras dependencias que han realizado cartas marinas son: Secretaría de Pesca, Instituto Nacional de Pesca, Petróleos Mexicanos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de la Dirección de Obras Marítimas y la Dirección General de Dragado, la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal a través del Consejo de Recursos Minerales y el Instituto de Investigaciones Eléctricas; la cartografía producida por estas últimas instituciones y dependencias ha sido con fines de exploración, de ingeniería costera y de divulgación de información. Más recientemente el Instituto de Geografía de la UNAM en 1993, publicó el Atlas Nacional de México incluyendo algunos mapas de Oceanografía esc. 1:5000 000. (Cuadro VI.1)

1. LAS CARTAS NAUTICAS

Definición y generalidades

La carta náutica es un mapa que tiene como finalidad la representación de zonas marítimas y costeras, con objeto de facilitar la navegación.

Las cartas se caracterizan tanto por el tipo de proyección empleada como por su escala, respondiendo a la necesidad de resolver los variados problemas que se plantean al marino, según las peculiaridades de la navegación y de cada momento. (figura 4.2)



(figura 4.2) Parte de la Carta náutica S:M: 843 Laguna de Términos entrada este.

La Cartografía Marina en México

Clasificación de las cartas náuticas según la escala. Atendiendo a la escala las cartas se clasifican y definen como pertenecientes a uno de los siguientes grupos:

Menores	
Cartas Generales	Cartas de Navegación Costera
Cartas de Rumbos	Cartas de Aproximación Portulanos

Las cartas generales tienen una escala comprendida entre 1:30 millones y 1:3 millones, y sirven para el planeamiento y realización de las navegaciones oceánicas. Las de rumbos tienen escalas comprendidas entre 1:3 millones y 1:200 mil, utilizándose para navegaciones de tipo medio.

En las de navegación costera la escala varía entre 1/200 000 y 1/50 000, y su aplicación responde a su título. Estas cartas sobre todo en las de escalas próximas al 1/50 000, constituyen el documento básico de la cartografía por cuanto contienen gran número de detalles de la costa y del fondo submarino, permitiendo practicarla más frecuente de la navegación.

Los "aproxches" son cartas de aproximación con una escala alrededor del 1/25,000, que facilitan el acceso a los puertos o puntos de recalada costeros. También se utilizan para representar pasos difíciles o peligrosos, y accidentes geográficos de importancia.

Los portulanos tienen escalas muy variadas, siempre por debajo del 1/25 000. Muestran al marino, con el máximo detalle posible las particularidades de los accesos a los puertos, radas, y fondeadores, paso por freos, etc.

Signos y Abreviaturas empleados en las Cartas Náuticas

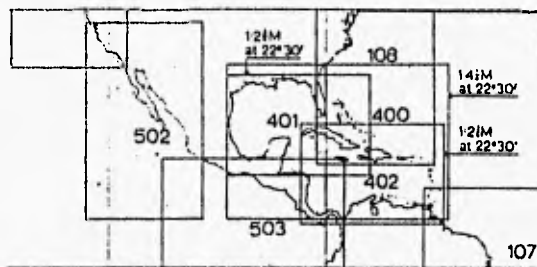
La representación gráfica de la carta náutica se completa con una serie de símbolos y abreviaturas que precisan los detalles y accidentes marítimos y costeros para ser reconocidos y cuyo conocimiento es fundamental para garantizar la navegación. Estos símbolos figuran en la publicación titulada "*signos convencionales y abreviaturas usadas en las cartas náuticas*", en cuyos diversos apartados se tratan individualmente y describen en forma gráfica los siguientes puntos:

La Cartografía Marina en México

- A. La costa
- B. Accidentes de la costa
- C. Topografía (accidentes naturales)
- D. Puntos de referencia
- E. Unidades
- F. Adjetivos
- G. Puertos
- H. Topografía (accidentes artificiales)
- I. Edificios
- J. Estaciones diversas
- K. Luces, boyas y balizas
- L. Estaciones de radio y radar
- M. Señales de niebla
- N. Peligros
- O. Límites diversos
- P. Sondas
- Q. Contornos
- R. Naturaleza del fondo
- S. Mareas y corrientes
- T. Agujas

Catálogo de Cartas

Es una publicación que editan los servicios Hidrográficos de los diversos países y cuya finalidad es facilitar al navegante la relación de las cartas disponibles y sus características más destacadas, con objeto de que pueda elegir las más adecuadas a la navegación que ha de realizar. (figura 4.3)



(figura 4.3) Catálogo de cartas Internacionales, escala 1:3. 500 000 a la latitud 22o 30'.

La cartografía náutica no se limita exclusivamente a un solo tipo de carta, pues además de las empleadas para llevar las navegaciones de rutina existen muchas otras que facilitan información complementaria o que sirven para llevar derrotas especiales. La relación que sigue detalla los principales tipos de cartas

y gráficos que se editan por los distintos Servicios Hidrográficos mundiales, marcándose con un asterisco las que se publican en México.

- *navegación oceánica de altura y costera* *
- *general del Globo.*
- *en blanco.*
- *navegación por círculo máximo*
- *derrotas oceánicas más frecuentes.*
- *Pilot Charts.*
- *navegación polar*
- *navegación en botes salvavidas.*
- *sistema de radionavegación Consol.*
- *sistema de radionavegación Docca.*
- *sistema de radionavegación Loran.*
- *sistema de radionavegación Omega.*
- *magnéticas.* *
- *cuadro de signos y abreviaturas.* *
- *corrientes oceánicas* *
- *corrientes de marea.*
- *temperaturas y densidades del agua* *
- *naturaleza del fondo* *
- *estado de la mar.*
- *zonas y variedades de pesca.*
- *usos meteorológicos.*
- *planisferios celestes.*
- *Carta gnomónica*
- *Medida y trazado de rumbos*

Cartas en blanco

Se editan en varios formatos por los Servicios Hidrográficos y cubren distintas bandas de latitud, siendo lo normal de 3 a 6°.

Son de proyección Mercator y se utilizan normalmente para la resolución de problemas de situación astronómica o para llevar una derrota con mucho detalle. Además se caracterizan porque sirven para cualquier longitud, para lo cual solo están rotulados los paralelos y no contienen ningún detalle de la costa ni del fondo submarino.

Una modalidad de ellas conocida como "*Universal*", es la que sirve para cualquier latitud, trazándose los paralelos y meridianos por un procedimiento análogo al explicado en la construcción de un gráfico de situación.

Pilot Chart

Estas cartas publicadas por la Naval Oceanographic Office de los Estados Unidos presentan, en forma gráfica y numérica, gran cantidad de información, resultado de muchos años de observaciones y estadísticas en los campos de la navegación, de la oceanografía y de la meteorología. Entre otros datos de interés reflejan los vientos y corrientes; el porcentaje de tormentas, calmas y nieblas; los valores de la declinación magnética y de su variación anual; las derrotas recomendadas; la situación de los barcos estaciones meteorológicas; las líneas isotermas e isobaras; los límites de los campos de hielos y de los icebergs; etc.

2. LAS CARTAS BATIMÉTRICAS

Por lo menos desde el año 450 antes de Cristo está documentado que los navegantes dependieron del conocimiento que poseyeran del fondo marino, pues el historiador Herodoto escribía: "*en los viajes a Egipto, al haberse acercado a un día de navegación de sus costas, cada vez que se ice la plomada se traerá a la superficie gran cantidad de lodo y de detritos fétidos, incluso en lugares donde el agua alcanza una profundidad de once anas*". Es evidente que los navegantes de hace 2.400 años empleaban el sondeo de las profundidades como técnica náutica y extralán muestras de sedimentos del fondo marino como información adicional sobre la cual podían basar la posición relativa del barco.

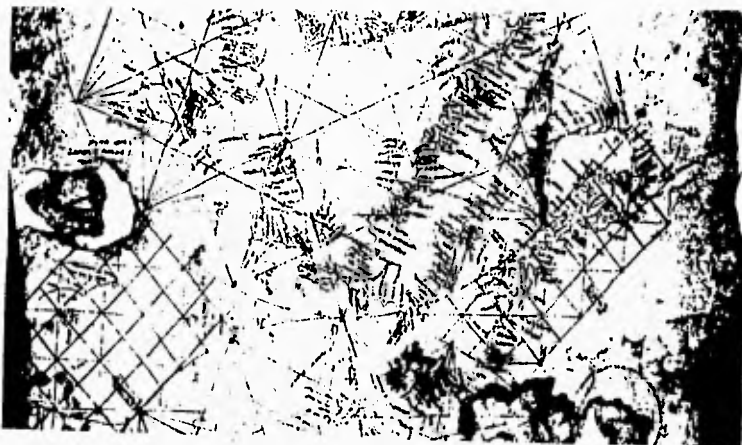


Uno de los principales objetivos de las antiguas expediciones era dragar los fondos para tomar muestras.

A pesar del uso del sondeo por los antiguos navegantes, hay poca evidencia de que antes del siglo dieciséis se haya insertado la profundidad en

La Cartografía Marina en México

A pesar del uso del sondeo por los antiguos navegantes, hay poca evidencia de que antes del siglo dieciséis se haya insertado la profundidad en las cartas para referencia futura.



La Carta Pisana del Siglo XIII, la más antigua conservada, permitía a los navegantes trazar el rumbo y la distancia.

Algunos sondeos de aguas poco profundas, por ejemplo, fueron incluidos por primera vez en un mapa por Juan de la Cosa en 1504. Los sondeos aparecieron en cartas náuticas de gran escala en la segunda mitad del siglo XVI, particularmente en varios atlas marítimos regionales. Estos sondeos correspondían exclusivamente a aguas costeras y alejadas de la costa y han sido obtenidos por medio de la tradicional plomada y sondaleza. Eran tan escasos, incluso en las mejores cartas, que resultaba imposible trazar la topografía del fondo marino basándose sobre ello. Sólo en 1697 se utilizaron por primera vez isóbatas, o líneas de igual profundidad, cuando Pierre Ancellin, hidrógrafo y cartógrafo de Rotterdam, las empleó para mostrar la topografía del fondo de Nieve Maas. El ingeniero holandés N Criquiuis (1728 ó 1730) representó el fondo del río Merwede mediante isóbatas para fines náuticos, y el francés Felipe Buache utilizó isóbatas para delinear las profundidades en el canal de la Mancha en 1737.

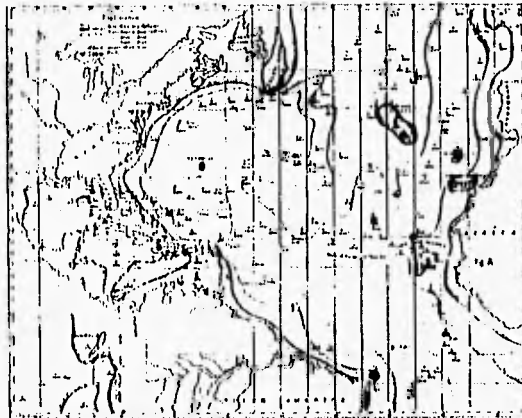
Es obvio, claro está, que Colón no conocía las profundidades de los mares que debía surcar al atravesar las extensas aguas del Atlántico en sus viajes en busca del Nuevo Mundo. Tampoco poseía los medios para medir las profundidades oceánicas más allá de las plataformas continentales. En realidad, generalmente se atribuye la primera medición correcta de las profundidades oceánicas y la extracción de muestras de fondo marino más allá de la

La Cartografía Marina en México

plataforma continental al capitán Constantine John Phipps, de la Marina de Guerra Británica, quien en 1773, al mando del buque de guerra "Racehorse" realizó un sondeo en 683 brazas utilizando un cordel resistente de lino y un plomada de unos 70 kilogramos en una cuenca entre Islandia y Noruega. Si bien la determinación de profundidades en puertos se tornó bastante común en el siglo XVIII, muchos años hablan aún de transcurrir antes de que los sondeos en grandes profundidades volvieran a ser más que algo destinado a satisfacer la curiosidad, y fueran emprendidos en gran escala.

Las Primeras Cartas Batimétricas

Quizá el motivo más imperioso para obtener información relativa a los sondajes oceánicos fue el invento del cable telegráfico submarino en el siglo XIX. La Marina de Guerra estadounidense fue la primera en mejorar las técnicas de sondeo mediante pesas separables y cables de alambre fino con guinches de vapor. En la década de 1850 los sondeos en la ruta propuesta para el tendido del cable del Atlántico Norte realizados por buques de la Marina de Guerra norteamericana, que actuaron según instrucciones preparadas por el teniente Matthew Fontaine Maury, del Observatorio Naval y el Servicio Hidrográfico de los Estados Unidos (antecesor de la Oficina Oceanográfica Naval), dieron como resultado la primera carta publicada, que mostraba la topografía de la cuenca del océano Atlántico Norte. Si bien gran parte de la información que traía solo fue de naturaleza conjetural, la carta de Maury marcó el primer paso en la cartografía batimétrica de las profundidades oceánicas. (figura 4.4)



(figura 4.4) Primer mapa de una cuenca oceánica, el del lecho marino del Atlántico Norte, realizado por Matthew Fontaine Maury publicado en 1855, en su libro "The Physical Geography of the Sea". (Gran Atlas Salvat, los océanos 1, 1981)

La Cartografía Marina en México

Maury pasó muchos años en servicio de la Armada y fue el promotor que despertó vivo interés científico por lo océanos y los programas de recolección de datos.

Ya en 1843 propuso el uso de "cartas en blanco" por todos los buques de la Marina de Guerra como medio para registrar y comunicar toda clase de observaciones marinas. En sus tiempos el teniente de la Marina de Guerra J. M. Brooke inventó el sencillo instrumento para sondear, que resultó el avance más grande en la tecnología del sondeo en grandes profundidades logrado hasta entonces. También fue Maury quien preparó las especificaciones agregadas a la Circular de la Marina de Guerra, de fecha 1o. de junio de 1850, que impartía instrucciones a los buques de guerra para realizar sondeos todos los días cuando se encontraban en aguas marinas. Por el año 1885 la cantidad de sondajes profundos en los archivos de la marina habla crecido a tal punto que la Oficina Hidrográfica Naval confeccionó una serie de canevas de navegación para registrar estos sondajes y ponerlos a disposición de los navegantes de todas las naciones.

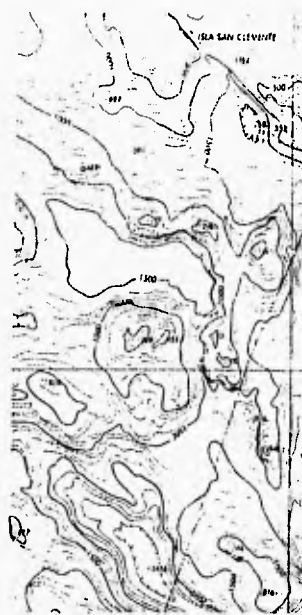
En 1921 cuando el Dr. Harvey C. Hayes de la Estación Experimental Naval de los Estados Unidos, de Annapolis, Maryland, inventó la sonda ecoica, un recuento de los sondajes superiores a las 550 brazas reveló un total de casi 15,000. En el Atlántico había por término medio un sondaje por cada 5,500 millas cuadradas, uno por cada 10,000 en el Pacífico y uno por cada 10,500 en el océano Indico. A pesar de tal pobreza de datos el Gabinete Científico de Mónaco ya habla publicado su primera edición de la Carta Batimétric General de los Océanos y el trabajo en la segunda edición ya se halla bien adelantado para satisfacer los pedidos de los hombres de ciencia de todo el mundo que clamaban por una carta mejorada que mostrara la configuración de las cuencas oceánicas. El advenimiento de la sonda ecoica resultó ser el mayor avance en la batimetría oceánica y abrió las puertas de una nueva era al esfuerzo del hombre por volcar en las cartas la topografía del fondo marino.

En noviembre de 1922, el Instituto Carnegie de Washington, en conocimiento de los trabajos llevados a cabo por el "Stewart", solicitó al Ministerio de Marina que recorriera líneas de sondajes ecoicos a lo largo de la costa pacífica de los Estados Unidos para facilitar la investigación sismográfica. En cumplimiento del pedido los destructores estadounidenses "Hull" y "Corry" fueron dotados de sondas ecoicas y en 1923 recorrieron aproximadamente 5,800 millas de líneas de sondajes a lo largo de la costa entre San Diego y San Francisco, California, entre las isóbatas de las 100 y 2,000 brazas. A 12 nudos los buques recorrieron líneas de sondajes paralelas en rumbos verdaderos 060° y 240°, separados entre 5 y 10 millas, con intervalo medio entre sondajes en cada línea de una o dos millas; el área cubierta alcanzó poco más o menos 34,000 millas. Como resultado del sondeo el Servicio Hidrográfico Naval norteamericano publicó en 1923 la primera carta batimétrica, H.O.5194, compilada con sondajes ecoicos. En mayo de 1924 el "Hull" y el "Corry"

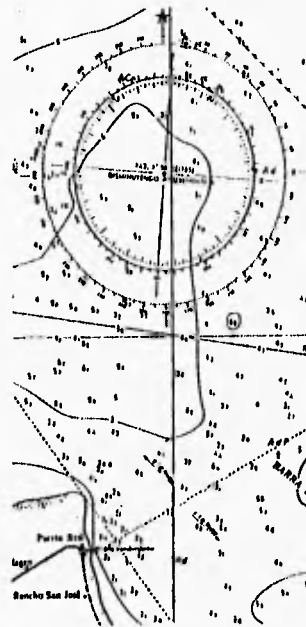
realizaron otra misión de sondeo, sobre la ruta de un futuro cable que debía unir Seattle, Washington, y Seward, Alaska, con tal exactitud que el desperdicio en cable debido al seno se redujo del 10% esperado a tan solo 4%. En 1925 se instaló en el buque del Coast and Geodetic Survey "Lydonia" una sonda ecoica, denominada "Fathometer", invento de la Submarine Signal Co. de Boston.

Isobatas Versus Sondajes

Hoy se utilizan regularmente *isobatas* en todas las cartas náuticas comunes para destacar importantes accidentes náuticos, tales como canales y bajofondos. Las *isobatas* son comparables con las curvas de nivel en los mapas topográficos terrestres donde cada curva representa una línea imaginaria de elevación constante sobre el nivel del mar. En las cartas náuticas y batimétricas cada isobata representa un contorno del fondo marino, donde cada punto se encuentra a la misma profundidad por debajo del plano de reducción de sondajes.



A) Representación del fondo marino a través de isobatas



B) Representación utilizando sondajes.

A decir verdad, sólo en unas cuantas zonas diseminadas en los océanos se logró una exactitud absoluta en los datos batimétricos, lo cual impuso una estricta limitación a la confección de cartas batimétricas realmente adecuadas. En la mayor parte de las zonas oceánicas profundas la cantidad y la calidad de datos batimétricos sólo posibilitaron una delineación aproximada de los accidente principales de la topografía sumergida. Muchos de los sondeos guardados en los archivos fueron registrados antes de la instalación de sistemas más modernos de ayuda a la navegación y las mejoras introducidas para lograr la exactitud de la sonda ecoica, por consiguiente fueron de un valor cuestionable, tanto en lo que se refiere a la posición como a la profundidad. Además en extensas zonas oceánicas, a veces miles de millas cuadradas, no hubo un solo sondeo.

Contenido de las Cartas Batimétricas

La carta batimétrica no está destinada a la navegación, y presenta diferencias importantes con referencia a la carta náutica. En esta última, el navegante está acostumbrado a ver isobatas y numerosos sondeos individuales, cada uno de los cuales representa la menor profundidad en la zona, no como el caso de las isobatas que representan la misma profundidad con cierta exactitud. Las líneas de peligro advierten al navegante que mar afuera no hay profundidades inferiores a las indicadas por la isobata. Entre una isobata y la costa puede haber profundidades mayores que las que esta indica. La carta batimétrica, por otra parte, sustituyó los sondeos individuales por isobatas, y las isobatas son el resultado de todos los datos batimétricos conocidos. Tales isobatas están determinadas con rigor científico sobre la base de un análisis estadístico de todos los datos batimétricos. En no pocos casos, los datos de una misma zona provenientes de fuentes diferentes darán por resultado una variedad de isobatas que pueden discrepar entre sí. Basándose sobre la topografía del fondo se aplica entonces la interpretación científica para determinar las isobatas, dándoles dimensión, forma y distribución fisiográfica lógicas.

La información que muestra la carta batimétrica incluye: canevas de grado en grado en proyección Mercator, subdividido en intervalos de un minuto sobre paralelos y meridianos seleccionados; línea de costa generalizada sin ayudas a la navegación; isobatas a intervalos equidistantes; sondeos locales que muestran la profundidad conocida mínima y máxima o denunciada; líneas de declinación magnética y su variación anual; nomenclatura aprobada, inclusive los nombres principales de países, puertos, cabos, islas, espejos de agua, cursos de ríos y accidentes batimétricos, tales como: montañas, cañones, colinas, guyots, llanuras y fosas oceánicas, índice de hojas en la serie;

diagramas de densidad de sondajes complementado con una nota relativa a la confianza que merecen; escalas de tiempo logarítmico, velocidad y distancia; advertencias y notas explicativas marginales. Los colores de impresión han sido modificados de tiempo en tiempo para satisfacer las necesidades variables.

Compilación de la Batimetría

La compilación de la batimetría incluida en las cartas batimétricas está relacionada directamente con la afluencia de datos: a medida que se acumulan datos más recientes y mejores, las cartas existentes pierden cada vez más actualidad. A pesar de la cantidad de datos aparentemente enorme que en estos momentos posee el archivo de datos batimétricos casi cada derrota enviada aporta y revela información inédita y valiosa acerca del fondo marino.

Los pasos en la compilación de una carta batimétrica son los siguientes:

A. Una vez recibidos, todos los datos (de sondeos) del levantamiento se someten a una evaluación preliminar. Esta consiste en averiguar el tipo de ecosonda, la existencia de líneas de sondeos, el tipo de control de navegación utilizado, el ajuste de las derrotas a puntos de posición determinados, la frecuencia con que se obtuvo la posición y, por último, la anotación de las profundidades a lo largo de las derrotas corregidas. Cada informe se clasifica en una categoría basada sobre la exactitud relativa. (figura 4.6)



(figura 4.6) *Líneas de sondeo "tracklines" muestran la distribución de datos usados en la compilación batimétrica.*

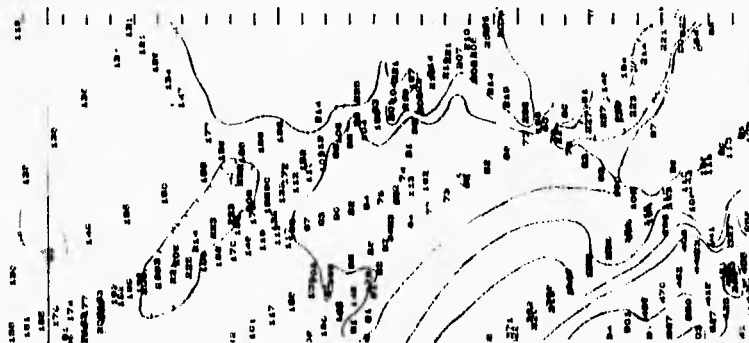
B. El paso siguiente consiste en transferir mediante el uso de un coordinatógrafo los datos batimétricos a un plano de sondeos patrón, los datos son convertidos a digitales en cinta magnética. (figura 4.7)



(figura 4.7) Distribución de datos de sondeos

C. Hecho lo precedente se seleccionan los mejores datos entre la multitud de informes batimétricos y se los traslada al plano de recopilación patrón de la zona. Esta compilación de sondajes sirve para la interpolación y el trazado de las isobatas. También incluye las isobatas provenientes de levantamientos hidrográficos verificados que reciben, por supuesto, trato preferencial con respecto a los datos de derrotas "no sistemáticas", es decir, no obtenidas por aquel medio.

D. Por último se dibujan las isobatas. El trazado de las isobatas basadas sobre estos sondajes representa la tarea más difícil y exigente en la compilación de la batimetría para una carta batimétrica por las discrepancias en la posición de muchos de los sondajes no sistemáticos, y errores en los sondajes mismos, ocasionados por regulación deficiente del suministro de corriente a bordo de los buques. (figura 4.8)



(figura 4.8) Interpretación y trazo de isobatas

Las cartas batimétricas representan todo el conocimiento disponible en el momento de su compilación y que muestran una información más detallada que la carta náutica común de igual escala. Por lo general, las cartas batimétricas son de escala mayor que las cartas náuticas comunes disponibles para los espacios oceánicos abiertos, y ofrecen así una ventaja adicional sobre éstas.

En la interpretación de los datos batimétricos disponibles se ha logrado buena exactitud gracias a los métodos científicos.

El diagrama de densidad de sondajes de cada carta batimétrica ofrece una indicación de la cantidad de sondajes conocidos de una zona, y cuán satisfactoriamente ha sido cubierta el área.

Nuevas tecnologías en el conocimiento del piso marino

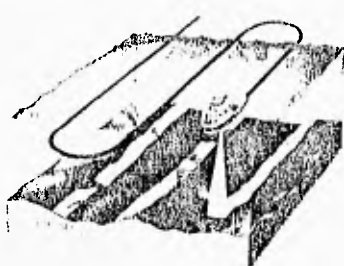
En los últimos diez años, el desarrollo de nuevas tecnologías han hecho posible un reconocimiento cada vez más preciso y detallado de los fondos marinos lo que permitirá una mejor evaluación del potencial de los recursos para su manejo, explotación y conservación.

Sondeo "Multibeam" -Una nueva dimensión en el mapeo del piso oceánico.

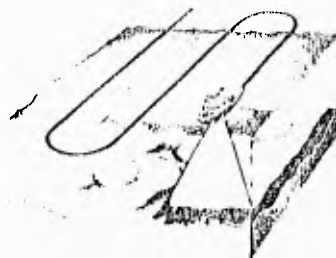
La batimetría e hidrografía "digitales" han sido considerablemente reconocidas desde la introducción de los equipos de ecosondeo *multibeam*. Dicho equipo, combina el sondeo de amplitud múltiple con el proceso computarizado ulterior para la producción de mapas de gran calidad.

Los equipos *multibeam* tienen un cubrimiento total del piso oceánico a diferencia de los ecosondas convencionales los cuales dejan grandes áreas del piso oceánico sin cubrir. Algunas de las ventajas del equipo *multibeam* son:

- » - Los levantamientos pueden terminarse hasta 10 veces más rápido que los ecosondas de haz simple.
- » - El gran volumen y la consistencia de los datos puede hacer posible la producción de mapas con una gran precisión y detalle.
- » - Reducción del 50% de los costos del levantamiento y de la producción de mapas.
- » -Habilidad para hacer compensaciones en tiempo real por deriva del barco y por variaciones en la velocidad del sonido



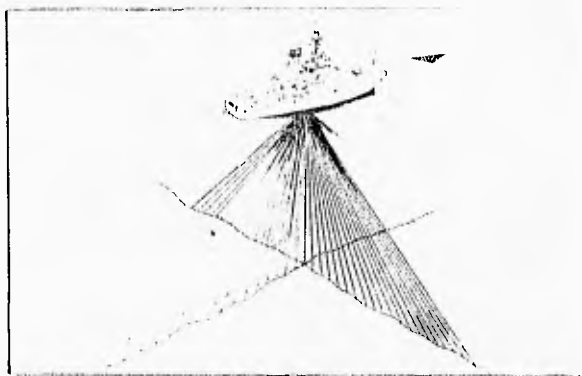
Levantamiento batimétrico utilizando ecosonda de haz simple. Pierde áreas sustanciales del piso marino



Multibeam, ecosonda de haz múltiple (60 haces). Cubre consistentemente áreas del piso marino

Hydrosweep El ecosonda "hidrosweep" es utilizado para efectuar levantamientos hidrográficos de grandes áreas tanto en aguas someras como en aguas profundas, así como para el reconocimiento de estructuras topográficas, la coloración de áreas del fondo y de las líneas de contorno batimétricas.

Una de las características de este sistema es su cubrimiento de $2 \times 45^\circ$. Con la ayuda de 59 beams, con un rango de amplitud con cubrimiento del piso marino igual al doble de la profundidad del agua. (figura 4.9)



(figura 4.9) El *Hydrographic Sweep Mapping Echosounder* para aguas someras y profundas desde 10 hasta 10,000 m

Usos de la Carta Batimétrica

Dado que más de siete décimos de la superficie terrestre se hallan cubiertas por el agua y no son visibles directamente por el ojo del hombre, la carta batimétrica proporciona el conocimiento básico sobre el tamaño, la forma y la distribución de los accidentes topográficos sumergidos. El fondo marino presenta rasgos tan diversos como la superficie terrestre. Enormes masas montañosas presentan en muchos lugares sus crestas casi hasta la superficie, hay conos volcánicos diseminados dentro de extensas zonas de los océanos, y cañones que pueden compararse con el Gran Cañón, se recortan en los taludes de casi todos los continentes.

La carta batimétrica, brinda una visión inmediata y vívida del relieve submarino. La proximidad de las isobatas, por ejemplo, indica de manera gráfica una pendiente escarpada, y si la separación es grande la imagen que se nos presenta es la de un fondo relativamente llano. Las isobatas ayudan a destacar la topografía del fondo en un cuadro aparentemente tridimensional y señalan puntos de referencia para la navegación tales como montes, escarpes y cañones submarinos. El conocimiento del tamaño, la forma y la distribución de los accidentes batimétricos es, por supuesto, otro requerimiento para la interpretación correcta y completa de los datos de gravedad y magnéticos.

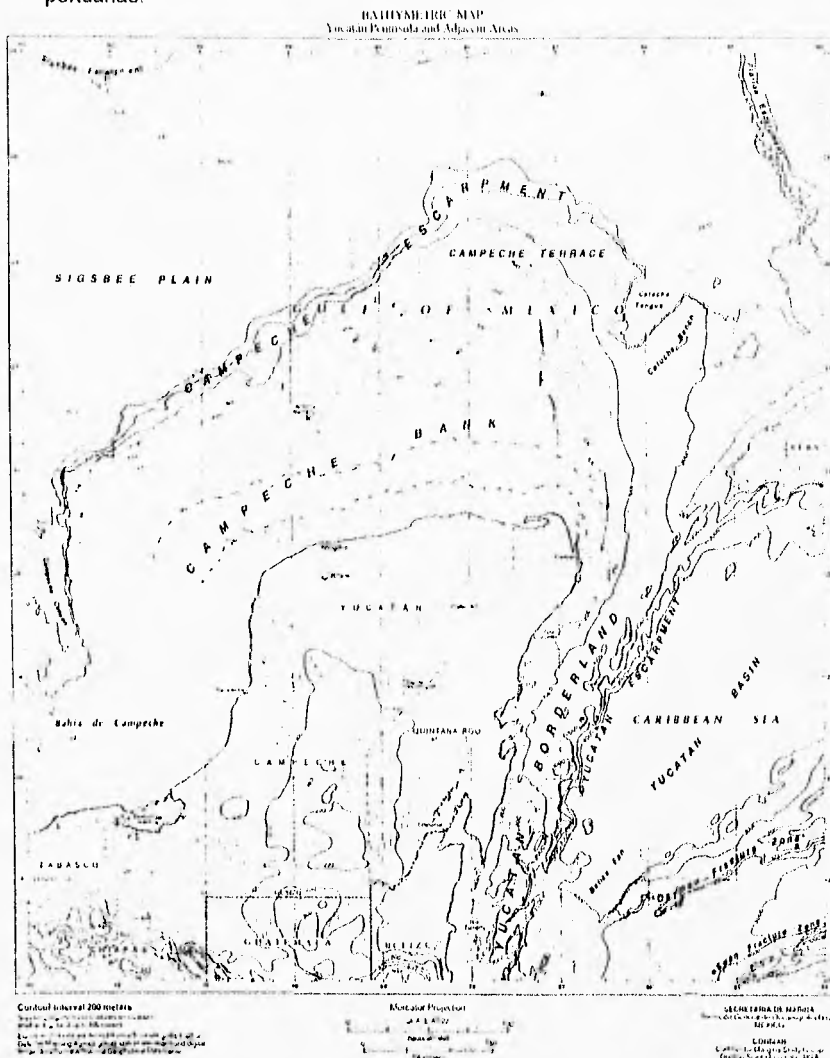
Las cartas batimétricas junto con las muestras de sedimentos, ayudan a conocer la geología y evolución del mundo; ya que mientras al continente la erosión borra regularmente los datos, los océanos reciben varias capas de sedimentos (materiales terrígenos, pelágicos, autogénéticos y cósmicos), la secuencia de estos depósitos registran el transcurso del tiempo a través de la historia de la Tierra. Algunos de los indicadores de las condiciones de depósitos de estos sedimentos son los microfósiles que se distribuyen ampliamente en el fondo oceánico.

Dentro de la gran riqueza biológica que ofrece el mar, se encuentran las especies faunísticas que integran gran parte de la pesca comercial, los conocimientos para efectuar dichas pesquerías implican un conocimiento previo y detallado, de las características de los fondos sobre los que han de operarse; por ejemplo, una red de arrastre, no puede ser empleada (sin peligro de su pérdida), sobre un fondo de topografía muy accidentada o excesivamente fangoso.

Otras aplicaciones incluyen su uso para estimas de rutina y trazado de la posición, para el registro de las derrotas y las profundidades observadas, para el

La Cartografía Marina en México

estudio y uso científico por geofísicos, geólogos y oceanógrafos, y para la planificación de operaciones, inclusive la selección de rutas para cables submarinos y lugares de instalación de equipos subacuáticos y construcciones portuarias.



Carta batimétrica de las áreas adyacentes a la Península de Yucatán

3. LAS CARTAS TEMÁTICAS Y OTROS PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

La necesidad en aumentos de cartas marinas en el contexto del desarrollo de las ciencias del mar han traído la diversificación de cartas temáticas marinas para cubrir más que las cartas básicas, (de navegación y batimétricas).

El objeto de los mapas temáticos es dar, sobre un fondo de referencia, una representación convencional de los fenómenos localizables de cualquier naturaleza, y de sus correlaciones.

Las cartas geofísicas y geológicas marinas por ejemplo, dependen pues, indirectamente, de los mapas batimétricos. La escala y la proyección del fondo de referencia deben ser escogidas en función de los detalles a expresar y de la naturaleza de los fenómenos a representar.

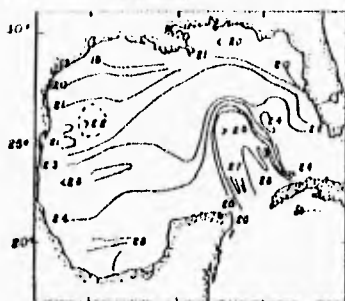
Los parámetros y fenómenos localizables sobre mapas temáticos son innumerables. enumerarlas en su totalidad equivaldría a hacer un catálogo de todas las materias susceptibles de un aspecto cualquiera de distribución en el espacio marino. Los temas a tratar abarcan un dominio prácticamente ilimitado, tanto en el espacio como en el tiempo. Esta diversidad es un carácter esencial de la cartografía temática, a diferencia de la batimétrica, cuyo objeto es mucho más preciso y, por tanto, más restringido.

Características de las Cartas Marinas

Una de las características más importantes de las cartas marinas es la representación tridimensional en tiempo variable del agua del mar. Debido a esta característica, hay usualmente dos clases de cartas marinas a saber, cartas que muestran datos estadísticos. Para representar el agua del mar en movimiento en un mapa bidimensional, las primeras cartas elaboradas están en forma de mapas seriados de la misma área mostrando la distribución ya sea vertical u horizontal de los diferentes parámetros del agua del mar, y las elaboradas posteriormente son mapas estadísticos que muestran variaciones horizontales o verticales.

Otra característica de las cartas marinas es que la mayoría de estas cartas van acompañadas de trabajos, libros o atlas. (figura 4.10)

La Cartografía Marina en México



(figura 4.10) Carta de temperaturas superficiales del Golfo de México en invierno. Isotermas (Nowliny Mclellan, 1967).

Oceanografía Descriptiva

Se usan diferentes diagramas y mapas de isopletas para mostrar la distribución horizontal y/o vertical de parámetros tales como temperatura, salinidad, densidad del agua del mar, oxígeno disuelto, P.H., sales, nutrientes, etc. y la distribución horizontal de parámetros tales como color del mar, transparencia, etc.

Corrientes y Mareas

Las cartas de la corriente oceánica son representativas de las cartas marinas. Basadas en los resultados de GEK y en observaciones de la temperatura y la salinidad, las corrientes oceánicas se muestran en forma de vectores, frecuencias estadísticas direccionales, mapas de topografía dinámica, etc.

El Atlas de Corrientes y Mareas de la Secretaría de Marina, es un ejemplo de cartas seriadas de la distribución de los datos de las observaciones.(figura 4.11)



(figura 4.11) Corrientes superficiales predominantes, otoño. (En sección 1 -mareas y corrientes- del Atlas Oceanográfico del Golfo de México y Mar Caribe, OSM: N°. 1000, 1974)

Contaminación Marina

Los parámetros que representan el grado de contaminación son diferentes a la oceanografía descriptiva ordinaria, pero el método de representación es casi el mismo.

Biología Marina

Los mapas y diagramas biológicos pueden clasificarse dentro de tres categorías.

1) Aquellos que conciernen a la distribución no cuantitativa vertical o por área ya sea: la clasificación (especies o cualquier grupo más grande) de animales y plantas o las comunidades bióticas, 2) aquellas que conciernen a la distribución cuantitativa de parámetros biológicos y 3) mapas índice del área que se levantó y/o estaciones.

Mapa de Distribución No-Cuantitativa

a) La Distribución Geográfica y/o Ecológica de la clasificación de especies se representa comúnmente en los mapas por medio de puntos, símbolos o colores. Generalmente hablando, la biogeografía se refiere a áreas mayores en escalas menores, mientras estudios ecológicos se refieren a escalas mayores.

En el mapa de distribución ecológica, es importante mostrar no sólo las estaciones positivas sino también las estaciones negativas en donde las especies no se encuentran.

b) La distribución por área de las comunidades bióticas y regiones biogeográficas se muestran usualmente en un mapa coroplético o por medio de símbolos. La zonificación biótica, ya sea distribución vertical o altimétrica de fauna y flora se ilustra mejor en un diagrama columnario o en uno de perfil que en un mapa ordinario.

c) La distribución vertical y por área de estados de desarrollo de los animales tales como huevo, larvas, individuos jóvenes y adultos, se muestran en un mapa por medio de los símbolos respectivos.

Mapa de Distribución Cuantitativa

Los siguientes aspectos de factores biológicos marinos se muestran cuantitativamente en un mapa o diagrama: la densidad o número de individuos y peso de la biomasa por unidad de área m^2 o unidad de volumen del agua del mar (m^3) de la clasificación de las especies y/o comunidades "bióticas", densidad y/o biomasa de estados de desarrollo de una especie o de un grupo de animales, proporción de formas componentes de un grupo de organismos, producción biológica, contenido de clorofila, y migración de animales, etc.

Producción Cartográfica Nacional

Actualmente el inventario de cartografía marina en nuestro país la constituyen una serie de publicaciones aisladas y dispersas entre las que se encuentran:

1. 69 cartas náuticas y portulanos, 1 carta esc. 1:3'700,000 de la Zona Económica Exclusiva (Z.E.E.), 3 cartas regionales de pesca, 1 atlas de mareas y corrientes, 1 atlas de gravimetría y magnetometría; un levantamiento geofísico del margen continental oeste de México, formado por un total de 9 cartas geofísicas; 3 de anomalías de gravedad al aire libre; 3 de anomalías magnéticas de campo total y 3 batimétricas; producidas por la Secretaría de Marina.

2. Una serie batimétrica compuesta por 8 cartas esc. 1:1'000 000 con un cubrimiento integral de la Z.E.E., una carta batimétrica en relieve esc. 1:4' 000,000 y una carta de la Z.E.E., escala 1:4'000 000 producidas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Actualmente el INEGI participa en la elaboración de la Carta Batimétrica Internacional del Mar Caribe y Golfo de México (IBCCA), compuesta de 17 cartas batimétricas, escala 1:1'000 000..

3. Una carta de información pesquera del país esc. 1:5'000 000, una carta de pesca deportiva esc. 1:4'000 000, una carta de puertos pesqueros nacionales, publicados por la entonces Secretaría de Pesca.

4. Otras dependencias e instituciones que han realizado cartas son:
Petróleos Mexicanos: Cartas a diferentes escalas de prospección geofísica de zonas de la Plataforma Continental en el Golfo de México, Golfo de Tehuantepec, y Golfo de California (sin publicar).

La Cartografía Marina en México

Secretaría de Comunicaciones y Transportes: cartas batimétricas de gran escala para entradas a puertos algunas bahía y radas (sin publicar).

Instituto de Investigaciones Eléctricas: Atlas de Oceanografía física del Golfo de México.

Instituto de Geografía de la UNAM: Publicó dentro del Atlas Nacional de México a esc. 1:5'000 000, las cartas de : batimetría, tectónica ,oceanografía física 2, aspectos regionales.

PRODUCCION DE CARTAS MARINAS EN MEXICO

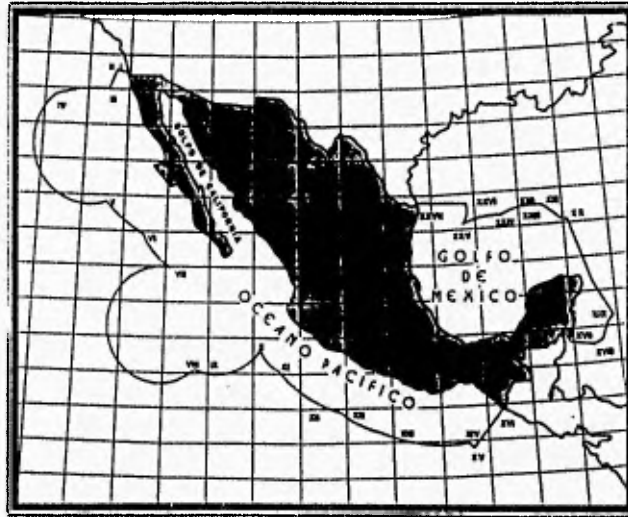
CARTAS NÁUTICAS, BATIMÉTRICAS, GEOFÍSICAS, DE PESCA, PORTULANOS Y OTRAS

ESCALAS	TEMAS	PRODUCCION N HASTA AGO. 1994	PRODUCCION 1985-1988		TOTAL A LA FECHA	
			Cart.	Nuevas Revislones	POR TEMA	ESCALA
	Náuticas	30	5	25	30	40
	Portulanos	10	-	10	10	
1:50,000 A 1:250,000	Náuticas	9	1	8	9	10
	Pesca	1	1	-	1	
Menores que 1:250,000 hasta 1:4'000,000	Náuticas	13	1	12	13	
	Batimétricas	9	1	8	9	34
	Pesca	3	1	2	3	
	Geofísica	9	9	-	9	
Menores o iguales a 1:4'000,000	ATLAS	4	1	3	4	4
	Náuticas	52	7	45	52	
	Batimétricas	9	1	8	9	
	Pesca	4	2	2	4	
	Portulanos	10	-	10	10	
	Geofísicas	9	9	-	9	
	ATLAS	4	1	3	4	
Todos los temas		88	20	68	88	88

Sin embargo, los esfuerzos realizados en este aspecto no han resuelto las necesidades existentes que de este tipo de servicio se requiere para enfrentar los retos de una planeación económica del espacio marítimo mexicano.

4. LA CARTOGRAFÍA Y LA LEY FEDERAL DEL MAR

La Ley Federal del Mar señala que los límites de la Zona Económica Exclusiva estarán indicados en las cartas reconocidas oficialmente por México, esto es necesario para asegurar que el país esté en posición de cumplir con las obligaciones internacionales del caso. Así como para poder ejercer los poderes, derechos, jurisdicciones y competencia en cuanto a las actividades de navegación, obras, islas artificiales, instalaciones y estructuras, recursos vivos y no vivos, aprovechamiento económicos del mar, protección y preservación del medio marino, e investigación científica marina. En 1976, siguiendo este mandato, la Dirección de Estudios del Territorio Nacional DETENAL efectuó los trabajos de cálculo, trazado y representación cartográfica de la Z.E.E. publicando en junio de ese año la Carta de la Zona Económica Exclusiva escala 1 : 5 000 000 en Proyección Cónica Conforme de Lambert. (figura 4.12)



(figura 4.12) Carta de la Zona Económica Exclusiva. DETENAL, 1976

Ley Federal del Mar

Con la nueva Ley Federal del Mar publicada en el Diario Oficial de la Federación, 8 enero de 1986, se ha logrado culminar la segunda etapa de un intenso esfuerzo emprendido por México, tanto a nivel internacional como en el

ámbito interno, para contar con un régimen jurídico integral que permita el aprovechamiento racional de las cuantiosas riquezas marinas y submarinas que existen anexas a sus litorales. La primera etapa había concluido el 18 de marzo de 1983, cuando México ratificó la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, previa aprobación que solicitó al H. Senado de la República, el Presidente Miguel de la Madrid en uno de sus primeros actos de gobierno.

La Ley significa un avance en nuestro régimen jurídico al regular, por primera vez, el derecho de paso inocente de embarcaciones extranjeras por nuestro Mar Territorial, en forma tal que garantice el respeto a la soberanía mexicana. La Ley busca también asegurar la jurisdicción nacional sobre las islas artificiales, instalaciones y estructuras marítimas, y contiene disposiciones destinadas a fomentar y regular el aprovechamiento de los minerales disueltos en las aguas, la energía hidráulica o térmica que puede derivarse de las corrientes marinas y de los vientos y la capacitación de energía solar en el mar. Todo esto en adición al aprovechamiento tradicional de los recursos vivos del mar y de los hidrocarburos submarinos. La Ley prevé también el desarrollo de las zonas costeras y de la maricultura; el establecimiento de parques marinos nacionales; el impulso a la recreación y el turismo en esas zonas y el establecimiento de comunidades pesqueras.

Nuestro país fue protagonista importante en la formulación del actual régimen internacional del mar y pionero en el establecimiento de su Zona Económica Exclusiva en 1976, cuando se adicionó un párrafo octavo al Artículo 27 Constitucional.

CARTOGRAFÍA

La Convención de las Naciones Unidas sobre la Ley del Mar especifica que las líneas para la delimitación entre los estados serán mostradas en las cartas a la escala o escalas adecuadas para establecer su posición (Artículos 16, 47, 53, 75, 84).

Cartas Náuticas y del Piso Oceánico

La carta es un documento de gran valor que puede usarse tanto en el estudio como en el trazado de los límites de jurisdicción nacional, o en la delimitación de áreas de mar en las cuales las jurisdicciones nacionales de uno o más estados puedan sobreponerse. La carta deberá ser reconocida por los estados costeros involucrados, y deberá representar con suficiente detalle la

configuración de la costa y la morfología de la zona costera, incluyendo el piso marino.

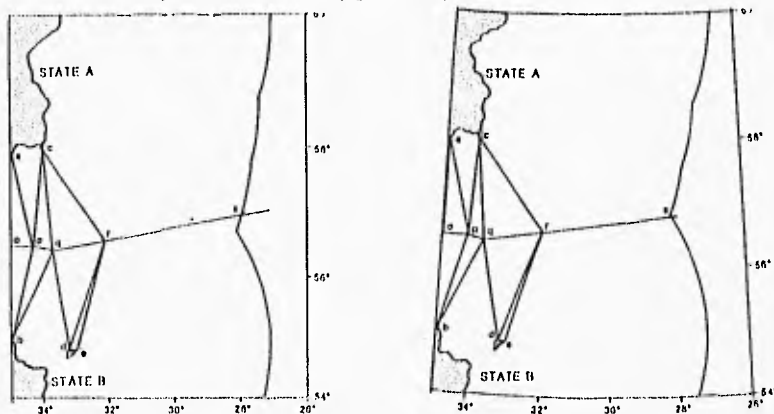
Actualmente, en muchos países, la carta náutica es el único tipo de mapa que se tiene para cubrir las necesidades tanto de los organismos legales como de los cartógrafos quienes son responsables de llevar a cabo la tarea de la delimitación de fronteras. Sin embargo, deberá tenerse en mente que la carta náutica fué diseñada específicamente para la seguridad de tránsito de embarcaciones y es incidental que contenga algunos de los elementos básicos necesarios para satisfacer el propósito antes señalado como son:

- La línea de costa, incluyendo una parte razonable de tierras costeras
- Las áreas de resguardo sobre las que será hecha la delimitación

También deberá tomarse en cuenta la naturaleza de la proyección de la carta, por las distorsiones que puedan afectar su uso con la delimitación.

Los siguientes elementos técnicos deberán tomarse en cuenta al momento de selección de la carta: - *Proyección*; - *Datum horizontal*; - *Escala*; - *Datum vertical*.

La consideración de estos factores tienen mucha importancia en la definición práctica de las fronteras marítimas, especialmente cuando la determinación de una frontera involucra el uso de cartas con diferentes características y diferentes datum. (figura 4.13)



PROYECCIÓN MERCATOR

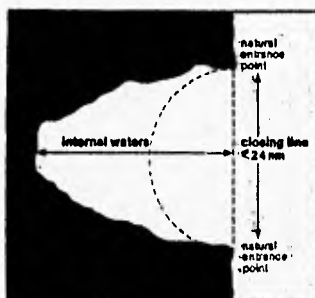
PROYECCIÓN CONFORME DE LAMBERT

(figura 4.13) Efectos de las proyecciones Mercator y Lambert en la delimitación hipotética de líneas equidistantes. (escala 1 : 3 000 000)

1. LAS AGUAS INTERIORES

En las Aguas Marinas Interiores, la Nación ejerce su soberanía como en cualquier otra parte de su territorio.

Estas son las que se encuentran dentro de la línea que, con fundamento en reglas técnicas de carácter jurídico, se determina para medir, a partir de la misma, el Mar Territorial. Las aguas (incluyendo su suelo y subsuelo) de bahías internas, de desembocaduras de ríos, de zonas portuarias, de aperturas profundas en las costa, y las que se encuentran entre la costa continental y franjas de islas en su proximidad inmediata, son aguas marinas interiores. (figura 4.14) Algunas de ellas abarcan considerables porciones de mar, como en el caso de la mitad norte del Golfo de California, de alto interés científico. Los recursos de las aguas marinas interiores pertenecen sin restricción alguna al País.



A)



B)

(figura 4.14) Líneas de Base A).- pueden ser trazadas a través de la boca de una bahía entre dos puntos de la entrada natural, si la distancia no excede de 24 millas náuticas .B).- Si hay islas que formen más de una entrada en la bahía, la suma total será la longitud de las líneas entre las islas.

Según lo acordado en la Tercera Confemar el estado costero, en ejercicio de su soberanía, tiene el derecho "exclusivo" de reglamentar, autorizar y realizar actividades de investigación científica en sus aguas marinas interiores y en su mar territorial, por lo que su consentimiento expreso es indispensable, pudiendo imponer las condiciones que estime necesarias.

La Cartografía Marina en México

Las Aguas Marinas Interiores son aquellas comprendidas entre la costa y las líneas de base, normales o rectas, a partir de las cuales se mide el Mar Territorial, (figura 4.14) de conformidad con las disposiciones pertinentes del Reglamento de la Ley Federal del Mar y que incluyen:

- I. La parte Norte del Golfo de California;*
- II. Las de las bahías internas;*
- III. La de los puertos;*
- IV. Las internas de los arrecifes, y*
- V. Las de las desembocaduras o deltas de los ríos, lagunas y estuarios comunicados permanente o intermitentemente con el mar.*

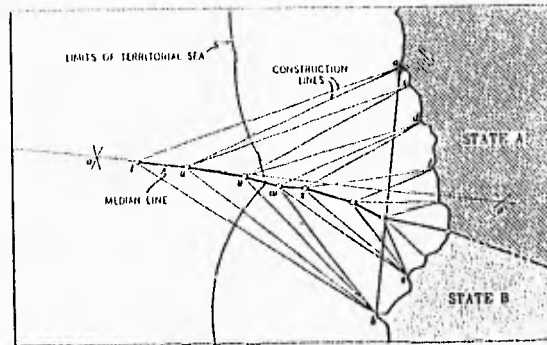
La Nación ejerce soberanía en las áreas del mar de las Aguas Marinas Interiores, comprendidas entre las costas nacionales, tanto continentales como insulares, y el Mar Territorial mexicano. Extendiéndose dicha soberanía sobre el espacio aéreo de las Aguas Marinas Interiores, al lecho y al subsuelo de esas aguas.

El límite exterior de las Aguas Marinas Interiores coincide idénticamente con las líneas de base a partir de las cuales se mide el Mar territorial, tal como aparezca en las cartas a gran escala reconocidas oficialmente por los Estados Unidos Mexicanos.

En caso de la delimitación de Aguas Marinas Interiores en zonas de colindancia con zonas marinas de jurisdicción nacional de Estados vecinos, se considera comprendida en la delimitación que sea fijada o acordada para la línea divisoria entre el Mar Territorial mexicano y el Mar Territorial u otras zonas marinas de Jurisdicción nacional de esos Estados vecinos, de conformidad con los artículos 8o. y 9o. de la Ley con las disposiciones pertinentes de su reglamento.

2.- EL MAR TERRITORIAL

A la faja de agua situada entre las costas del Territorio Nacional; sean continentales o insulares y el Alta Mar, se le denomina "Mar Territorial". En este espacio marino, La Nación prolonga su soberanía territorial así como en el espacio aéreo, al lecho y al subsuelo de ese Mar. La anchura del Mar Territorial mexicano, es de 12 millas marinas (22,224 m), medidas a partir de las líneas de base, sean rectas o una combinación de la mismas, determinadas de conformidad con las disposiciones del Reglamento de la Ley Federal del Mar. (figura 4.15)



(figura 4.15) Línea de costa y límites marítimos de Aaron L. Shalowitz Vol.1

El Mar Territorial fue fijado el 26 de diciembre de 1969 por decreto presidencial. Decretó que reformó la fracción II del artículo 18 de la Ley General de Bienes Nacionales. Diario Oficial.

Paso inocente es pues, el derecho que tienen a navegar por el Mar Territorial de un Estado las embarcaciones extranjeras, ya sea para dirigirse hacia esas aguas, ya sea para salir de ellas dirigiéndose hacia el Alta Mar. Inocente quiere decir, el paso de las embarcaciones para realizar actos que no atenten en contra de la seguridad, el orden público y los intereses fiscales del Estado ribereño.

3.- LA PLATAFORMA CONTINENTAL

El caso de la plataforma continental es muy semejante al de la Z.E.E., aunque contiene algunas importantes diferencias. Si bien no se ejerce soberanía sobre la zona misma (es decir, sobre el lecho y subsuelo que constituyen la prolongación natural del territorio por debajo del mar), tampoco hay el grado de coexistencia de derechos de la comunidad internacional que se registran en la zona económica exclusiva. En la plataforma, el estado costero ejerce, nuevamente, "derechos de soberanía", pero sólo para efectos de su exploración y de la explotación de sus recursos naturales. Esta zona coincide con el lecho y subsuelo de la zona económica exclusiva hasta el máximo de las 200 millas, (pero no puede ir más allá cuando el margen continental rebasa dicha distancia artículo 76 y 77 del Proyecto de Convención). No hay limitación alguna en la propiedad de los recursos, pero sí existe para ciertas jurisdicciones,

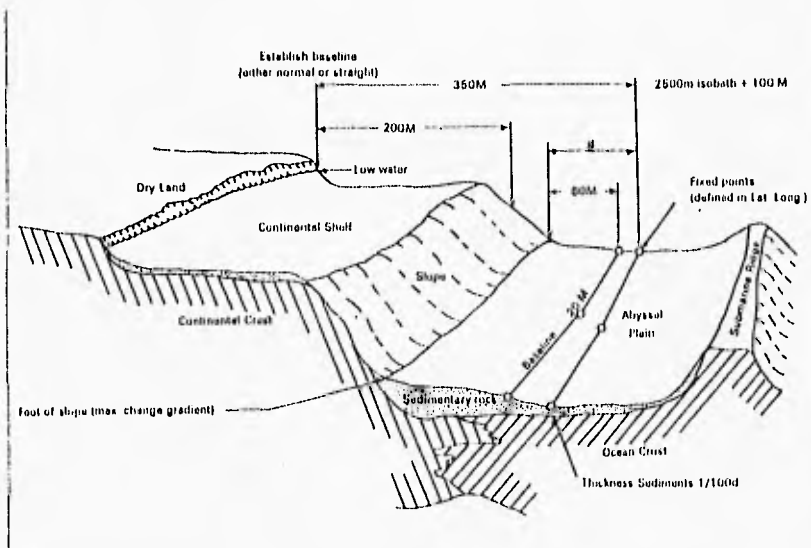
La Cartografía Marina en México

concretamente las relativas a la protección y preservación del medio marino y a la investigación científica marina.

Por otra parte, el régimen aplicable a la zona económica exclusiva y a la plataforma continental es distinto. Ya no se trata del ejercicio de soberanía, sino del de una jurisdicción, y no se trata tampoco de un derecho "exclusivo", sino de un simple "derecho" de reglamentar, autorizar y realizar actividades de investigación científica marina en dichas zonas.

Definición:

Salvo algunas excepciones, los continentes tienen una porción de tierra sumergida que declina suavemente, hacia los fondos marinos. Esto sucede hasta el punto en que la declinación aumenta bruscamente (aproximadamente a 200 metros de profundidad) y se acorta hacia las zonas abisales. Los geógrafos han asignado a esta porción de tierra submarina con el nombre de "Plataforma Continental". (figura 4.16)



(figura 4.16) **Plataforma Continental** - Convención de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar, artículo 76

La Cartografía Marina en México

Para los efectos de su definición la plataforma continental y las plataformas insulares mexicanas, comprenden el lecho y el subsuelo de las áreas submarinas que se extienden más allá del mar territorial, y a todo lo largo de la propagación natural del territorio nacional hasta el borde exterior del margen continental, o bien hasta una distancia de 200 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial, en los casos de que el borde exterior del margen continental no llegue a esa distancia, de acuerdo con lo dispuesto por el derecho internacional. La definición anterior comprende la plataforma de islas, cayos y arrecifes que forman parte del territorio nacional.

Las islas gozan de plataforma insular, pero no así las rocas no aptas para mantener habitación humana o vida económica propia.

El límite interior de la Plataforma Continental y de las Plataformas Insulares mexicanas coinciden idénticamente con el límite exterior del suelo del Mar Territorial, determinado de conformidad con Artículo 26 de La Ley Federal del Mar y con las disposiciones pertinentes de su Reglamento, y según aparezca en las cartas oficiales reconocidas por los Estados Unidos Mexicanos.

4.- LA ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA

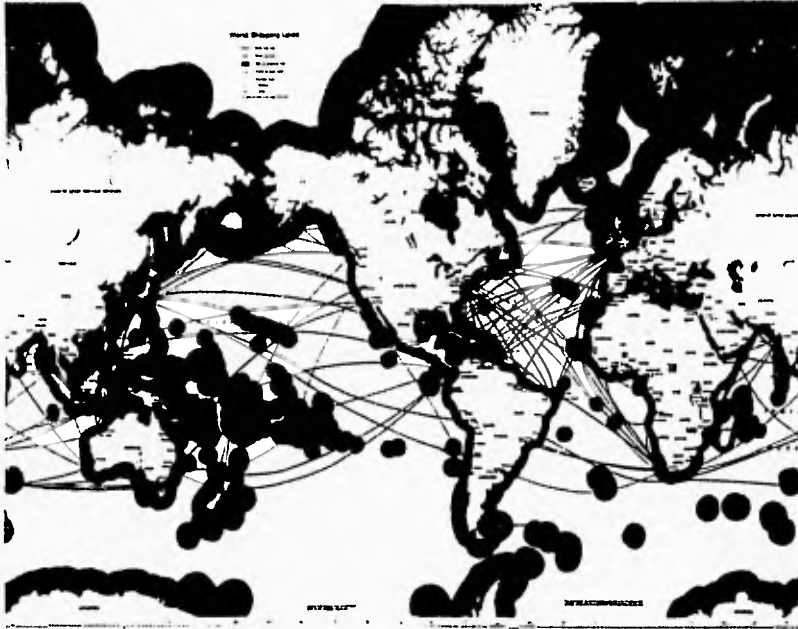
De los principales espacios oceánicos reconocidos por el derecho internacional, la zona económica exclusiva de hasta 200 millas náuticas es la más reciente y, en cierto modo, una de las más revolucionarias y dinámicas.

En términos generales, de esta zona marítima podría afirmarse, que es la pieza central de nuevo derecho del mar en el sentido de que su formulación y reconocimiento han jugado un papel decisivo en las negociaciones y, por ende, en los resultados de la Tercera Conferencia Internacional del Mar (CONFEMAR). Este espacio oceánico, es uno de los más representativos del derecho internacional del mar del siglo veinte, al lado del área internacional de los fondos marinos y oceánicos, del concepto de estado y aguas archipelágicas, y de la noción jurídica de plataforma continental.

Por otra parte, ha correspondido a la Segunda Comisión de la Tercera CONFEMAR imprimir una mayor velocidad al proceso de creación de las zonas económicas exclusivas.(figura 4.17) De este modo, es interesante hacer notar que este novedoso espacio oceánico nace a la vida jurídica internacional dotado

La Cartografía Marina en México

de la denominación y de las características legales que le imprimieron los 143 Estados que participaron en dicha Conferencia.



(figura 4.17) Mapa de las Zonas Económicas Exclusivas del Mundo

Es decir, la zona económica exclusiva debe ser entendida como una gran figura jurídica de compromiso que resulta de un delicado balance al que llegaron en sus negociaciones los Estados participantes en la Tercera CONFEMAR. Así pues, se trata de una novedosa institución jurídica creada mediante el proceso más moderno e innovador con que cuenta el derecho internacional; la llamada diplomacia multilateral.

Definición:

He aquí la definición más completa que existe a la fecha, de conformidad con el "Proyecto de Convención sobre el derecho del Mar" (Texto Oficioso) del 27 de agosto de 1980, de esta nueva figura jurídica del derecho del espacio oceánico;

"La Zona Económica Exclusiva es un área situada más allá del mar territorial y adyacente a este... (que) no se extenderá más allá de las 200 millas marinas (y en la cual) el Estado ribereño tiene: Derechos de Soberanía para los fines de explotación, conservación y ordenación de los

La Cartografía Marina en México

recursos naturales, tanto vivos como no vivos, del lecho y el subsuelo del mar y de las aguas suprayacentes, y con respecto a otras actividades con miras a la exploración y explotación económica de la zona, tal como la producción de energía derivada del agua, de las corrientes y de los vientos; jurisdicción... con respecto al establecimiento y la utilización de islas artificiales, instalaciones y estructuras; a la investigación científica marina; a la preservación del medio marino (y) otros derechos de deberes en la Zona Económica Exclusiva, todos los Estados sean ribereños o sin litoral gozan... de las libertades... de navegación y sobrevuelo y de tendido de cables y tuberías submarinas, y de otros usos del mar internacionalmente legítimos relacionados con dichas libertades". (Artículos 55 al 48).

Posición Geográfica y Determinación de los Puntos Costeros de la Zona Económica Exclusiva de México

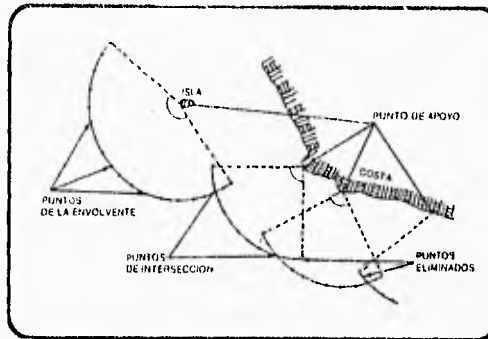
Los estados con los que limita la Zona Económica Exclusiva en México son : en el Océano Pacífico, los Estados Unidos y Guatemala; en el Golfo de México, los Estados Unidos y Cuba; en el Mar Caribe, Belice y Honduras.

Para la determinación de los puntos de la línea de base, se utilizaron puntos de la línea costera y las islas Guadalupe, Revillagigedo, Cayo Arenas, Perez y Desterrada, tomándose en cuenta los bordes que dan hacia el mar.

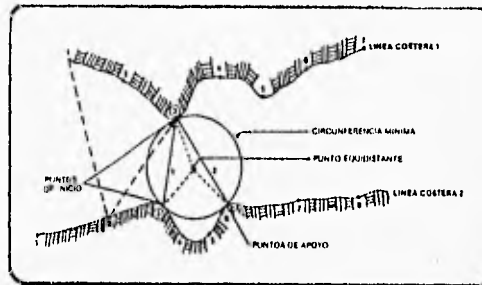
Las coordenadas de los puntos de la línea base, fueron tomadas en su mayoría de las cartas náuticas escala 1 : 1 000 000; en algunas islas fueron situadas, dichas coordenadas con *geocíver*.

Debido a la situación geográfica de nuestro país se tomaron los siguientes criterios:

- 1).- En dónde la influencia del límite de exclusividad de las 200 millas no interfiere con la de ningún otro estado. Para su solución se seleccionaron los puntos cuyas coordenadas tienen una influencia mayor y se generaron puntos que tomaron una envolvente de la anchura de la ZEE. (figura 4.18)
- 2).- La delimitación entre los estados situados frente a frente, se efectuó mediante un acuerdo de conformidad con principios equitativos empleando, cuando procedía, la línea mediana o equidistante y tomando en cuenta todas las circunstancias pertinentes. Por la línea mediana se entiende aquella cuyos puntos son equidistantes de los puntos más próximos de la línea base, desde donde se mide la extensión del mar territorial de cada estado. (figura 4.19)



(figura 4.18) Serie de puntos que forman una envolvente a las 200 millas de la línea de costa



(figura 4.19) Delimitación entre estados cuya influencia de las 200 millas interfiere con la de otros, se llegó a obtener una línea equidistante entre ellos

Con base en los criterios descritos anteriormente la Comisión de Estudios del Territorio Nacional CETENAL, en 1976 elaboró una carta de la Zona Económica Exclusiva escala 1 : 5 000 000 la cual indica los puntos más relevantes.(figura 4.12)

CONCLUSIONES

Los océanos y los mares han desempeñado un papel de enorme importancia en la vida de la humanidad. La tendencia histórica es que siga aumentando la importancia de los mares. Esto es debido, en primer lugar, al agotamiento de los recursos existentes en la tierra firme y al encarecimiento de su extracción y transporte, que han hecho imprescindible la incorporación de las riquezas del mar a la economía; en segundo lugar, a que la incorporación de cualquier región del mundo en el empleo económico intensivo está determinada, a fin de cuentas, por sus índices económicos, los cuales dependen del progreso científico y tecnológico. Es notable como muchos países han ido prestando cada vez mayor atención al océano y sus recursos, a la conquista del mar, al perfeccionamiento del transporte marítimo, etc.

Es conveniente hoy en día, ante los problemas tan importantes como el de las materias primas y los energéticos, la protección del medio ambiente, el aprovechamiento de los recursos del océano mundial, erradicación de las enfermedades más peligrosas, y la conquista del cosmos. En perspectiva influirán cada día más en la vida de cada pueblo, en todo el sistema de las relaciones internacionales. Nuestro país no puede permanecer al margen de la solución de estos problemas, que afectan a todo el género humano. Por lo tanto es necesario ampliar la compleja investigación de los océanos, los trabajos de sondeo, y prospección en las zonas litorales de las plataformas marítimas y oceánicas. Hay que prever la realización de trabajos científicos relacionados con los problemas de utilización más amplia y racional de los recursos naturales marinos, así como una participación activa en la cooperación internacional en este campo.

México, por sus peculiares características y ubicación geográfica, es un país eminentemente oceánico, con costas en el Océano Pacífico y el Océano Atlántico, posee vastos litorales con un extensión de 11,590 Km., a lo largo de ellos se extiende un mar territorial de 12 millas náuticas, sobre el cual ejerce plena soberanía. Cuenta también con más de dos millones de hectáreas de lagunas costeras y aguas estuarinas, y aproximadamente medio millón de kilómetros cuadrados de plataforma continental abundante en yacimientos de hidrocarburos fósiles y gas natural. Adicionalmente, a partir de febrero de 1976, nuestro país estableció una zona económica exclusiva de 200 millas náuticas, cuya área cubre una superficie aproximada de 2.9 millones de kilómetros cuadrados.

La Cartografía Marina en México

En este gran espacio oceánico, la nación ejerce los derechos de soberanía para los fines de exploración, explotación, conservación y administración de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables, de los fondos marinos incluido su subsuelo y de las aguas suprayacentes. Sin embargo, el aprovechamiento que han tenido los mares en la alimentación, el empleo, la ciencia, la tecnología, la educación, el modo de vivir, y aún de pensar en nuestro país, ha sido muy escasa.

Una de las estrategias imprescindibles en el desarrollo económico de los países, es la de conocer cuantitativa y cualitativamente los recursos naturales con que se cuentan. En el caso de México, se requiere de: investigaciones oceanográficas sistemáticas que permitan contar con información fundamental de primera mano, sobre nuestros mares, tanto en lo que respecta a sus características, como a los fenómenos físicos, químicos, geológicos y biológicos que los rigen, dicha información es un requisito indispensable para la correcta evaluación y explotación de los recursos naturales; así como la preservación del medio marino.

Los últimos veinte años han demostrado que el hombre experimentará una dependencia creciente de los recursos costeros y marinos en el futuro. Se ha enfatizado la necesidad de un uso más intensivo y racional de ellos. Diversos accidentes en el medio ambiente han mostrado la necesidad de proteger la zona costera. Hay una multitud de factores que afectan este medio ambiente, el cual a su vez influencia a la sociedad y la economía. Consecuentemente es indispensable entender como las áreas marinas y terrestres de la zona costera interactúan entre ellas así como con el resto del mundo. Estas diversas razones y muchas más indican la necesidad creciente de inventarios y estudios relativos a las áreas marinas y costeras.

El medio ambiente marino es complejo y está expuesto a varias fuerzas. Este es un mundo de transición e intercambios donde se pueden encontrar muchas actividades en conflicto. Los científicos, planificadores, administradores y otros involucrados en estudios de la zona marina deben tratar con grandes cantidades de información. Por lo tanto, están interesados en alguna herramienta idónea que les ayude a coleccionar, organizar, analizar, sintetizar y aplicar la información en el curso de sus investigaciones. La cartografía constituye un aliado útil y poderoso cuando se realizan esas tareas. Su uso requerirá se realice junto con otras herramientas y técnicas como son: sistemas de información, fotografía aérea, imágenes de satélite, sensores remotos, técnicas predictivas y análisis de datos por computadora.

Sin embargo, la cartografía tiene sus propias ventajas específicas al permitir la percepción espacial de los datos. Permite la representación gráfica de las distribuciones espaciales que requieren de muchas páginas cuando son descritas en forma escrita. Esto permite al investigador especular sobre las

La Cartografía Marina en México

interrelaciones que visualiza. Esto podría ser difícil o imposible con una lista de coordenadas geográficas y variables para el área de estudio. La correlación visual a diversas variables raramente visibles al mismo tiempo tiene un enorme potencial para atraer la atención hacia áreas de interés social. Los mapas pueden mostrar también las distribuciones de datos abstractos o encubiertos que no pueden ser visto por un observador.

La cartografía puede ser potencialmente incluida en alguna etapa de la investigación científica de las zonas marinas y costeras. La construcción y bosquejo del "mapa base" son algunas de las operaciones cartográficas básicas. El mapa base es usado para auxiliar a la colecta de datos. Alguna información es también coleccionada usando mapas disponibles. Son instrumentos requeridos para agilizar el estudio. Algunos métodos cartográficos tienen capacidad para el tratamiento de datos y pueden ser usados para transformar y sintetizar variables para ilustrar los resultados de un estudio. Finalmente, las recomendaciones del proyecto y aún el monitoreo de los efectos post-estudio pueden ser expresados cartográficamente.

Como se señala en el capítulo IV , el inventario de cartografía marina en México, lo constituyen una serie de publicaciones aisladas y dispersas entre las que se destacan las cartas náuticas y batimétricas, a diferentes escalas; algunos ejemplos de cartas regionales de pesca; atlas generales de mareas y corrientes; gravimetría y magnetometría; Oceanografía Física del Golfo de México, y los atlas memoria del levantamiento geofísico de la margen continental oeste de México.

La producción cartográfica antes mencionada, es el resultado de los trabajos realizados por la Secretaría de Marina/Dirección General de Oceanografía Naval; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática/Dirección General de Geografía; la Secretaría de Pesca/Instituto Nacional de la Pesca; Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal/Instituto de Investigaciones Eléctricas y la Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Geografía. Sin embargo, los esfuerzos realizados por mejorar el conocimiento de los mares Mexicanos labor fundamental de todo país que desee utilizar

adecuadamente sus recursos, no han resuelto las necesidades existentes, que de este tipo de servicio se requiere para encontrar soluciones prácticas y útiles en un presente urgido de alternativas de desarrollo. A continuación enunciaré algunas observaciones que es conveniente tomar en cuenta.

- ◆ *Las Cartas Náuticas, basadas en levantamientos antiguos, presentan errores en cuanto a precisión y detalle ,por lo que se hace necesario actualizarlas y modernizarlas .*

La Cartografía Marina en México

- ▲ *Hoy en día, la producción de cartas náuticas no satisface completamente los requerimientos de navegación costera y oceánica para enfrentar un comercio de grandes embarcaciones.*
- ▲ *El contenido de las cartas batimétricas está basado en los datos e información proporcionados principalmente por instituciones extranjeras, apreciándose que la colaboración nacional no se da por causas tales como: la falta de infraestructura, el poco aprovechamiento de las embarcaciones con que se cuenta y, el sentido de propiedad que se tiene sobre los datos.*
- ▲ *Los esfuerzos realizados por las instituciones y dependencias que capturan y/o generan información marina, no han sido adecuadamente coordinados e integrados en un centro de información nacional, de ahí que el avance que se tiene en cuanto a cartografía temática sea aún incipiente.*
- ▲ *La falta de un organismo responsable del acopio de datos e información generados durante las investigaciones científicas marinas efectuadas por nacionales y extranjeros en nuestros mares, es la causa de que México deje de obtener gran cantidad de información oceanográfica, misma que debe ser aprovechada entre otros, para la compilación y edición de la cartografía correspondiente.*

A continuación mencionaré algunas consideraciones importantes que habremos de tomar en cuenta, para la adecuación de los datos hidrográficos costeros en la actualización y modernización de la cartografía náutica.

La aparición en años recientes de grandes buques con calados de más de 30 metros, tiene un efecto importante sobre las necesidades cartográficas de los países.

Anteriormente, se realizaban levantamientos detallados de los accesos a los puertos suficientes para definir peligros dentro de un contorno de 20 metros. Los nuevos grandes buques comerciales, súper petroleros, etc. requieren ahora relevamientos para asegurar que se ubiquen en los canales, accesos a los puertos y pistas marítimas, todos los peligros y obstrucciones hasta 30 metros de profundidad.

Un estudio realizado por el (DMA), Organismo Cartográfico de la Defensa de los Estados Unidos, afirma que; "Las aguas costeras que rodean a América, han sido en general inadecuadamente cartografiadas para las flotas modernas de buques mercantes y navales más grandes y de mayor calado". El DMA, calcula que solo el 36% de las cartas costeras de puertos y de acceso de América satisfacen los requisitos de la cartografía moderna; por lo que se

La Cartografía Marina en México

requiere efectuar misiones nuevas para la preparación de cartas modernas requeridas, (efectivas y precisas) para la navegación de gran calado.

Del análisis se encontró que por lo menos el 65% de las aguas costeras de Latinoamérica (más de 6 millones de kilómetros cuadrados), requieren levantamiento.

En cuanto a la cartografía batimétrica cabe señalar que si bien se ha iniciado su preparación en formatos a escala nacional de gran visión, con información compilada por instituciones extranjeras, no se cuenta actualmente con los datos de sondeos suficientes para consignarlos en las cartas regionales, existiendo aún grandes áreas del fondo marino mexicano sin un adecuado reconocimiento.

Si bien la carta batimétrica es el mapa fundamental en el dominio marítimo, lo mismo que el mapa topográfico es el mapa básico para diversos estudios temáticos en la parte continental, antes de diversificar la cartografía hacia la producción de cartas de recursos será necesario actualizar, completar y modernizar la cartografía básica (náutica y batimétrica) mediante la aplicación de nuevas técnicas cartográficas marinas y topográficas del país, para confeccionar las cartas requeridas .

Conociendo de sobra los beneficios y la utilidad que puede aportar dicha cartografía, solo señalaré algunos ejemplos de estos:

- » Las cartas batimétricas junto con las muestras de sedimentos, ayudan a conocer la geología y evolución del mundo; ya que mientras al continente la erosión borra regularmente los datos, los océanos reciben varias capas de sedimentos (materiales terrígenos, pelágicos, autogénicos y cósmicos), la secuencia de estos depósitos registran el transcurso del tiempo a través de la historia de la Tierra. Algunos de los indicadores de las condiciones de depósitos de estos sedimentos son los microfósiles que se distribuyen ampliamente en el fondo oceánico.*
- » Dentro de la gran riqueza biológica que ofrece el mar, se encuentran las especies faunísticas que integran gran parte de la pesca comercial, los conocimientos para efectuar dichas pesquerías implican un conocimiento previo y detallado, de las características de los fondos sobre los que han de operarse. Por ejemplo; una red de arrastre no puede ser empleada, (sin peligro de su pérdida), sobre un fondo de topografía muy accidentada o excesivamente fangoso.*
- » A lo largo de nuestros litorales se encuentran depósitos considerables de minerales, que son necesarios explorar para conocer su potencialidad; para*

La Cartografía Marina en México

efectuar esta labor evolutiva es necesaria una cartografía costera que permita: situar las áreas que puedan contener minerales importantes económicamente; planear acciones directas de exploración y formación de posibles acumulaciones minerales; mostrar en detalle características de los sitios considerados como yacimientos.

- » El incremento en la demanda de cartas marinas en el contexto del desarrollo de las investigaciones y actividades oceanográficas, deberá traer como consecuencia la producción de cartas temáticas diversas que ayuden al conocimiento de la naturaleza de nuestros maros
- » La mayoría de los trabajos cartográficos que requieren las cartas marinas son preparados por oceanógrafos para fines de ilustración en trabajos científicos y no para su publicación y divulgación cartográfica. Estas cartas se preparan frecuentemente utilizando cartas existentes. Casi todas estas cartas están construidas en proyección Mercator y normalmente no se muestra la escala de las cartas. A este respecto considero que la proyección más adecuada para el propósito de representar el movimiento del agua del mar es una proyección equiarea, de manera que los oceanógrafos deben ser más cuidadosos en la elección de proyecciones de mapas así como en la representación cartográfica.
- » La carta pesquera deberá formar parte de una serie de herramientas para impulsar el desarrollo pesquero de las comunidades relacionadas con la pesca, que sirva al mismo tiempo como guía en la localización de los recursos existentes y que adicionalmente el pescador reciba información sobre el grado de explotación, área de pesca recomendable, etc., más aún, esta carta deberá representar la base técnica para la adecuación legislativa necesaria en un racional aprovechamiento de los recursos pesqueros.
- » Las Cartas Físico-Químicas Descriptivas, deberán representar las características más importantes del movimiento tridimensional en tiempo variable de las aguas oceánicas, a través de cartas en forma seriada de la misma área, mostrando la distribución, ya sea horizontal y/o vertical de los diferentes parámetros del agua del mar tales como temperaturas, salinidad, densidad del agua del mar, oxígeno disuelto, PH, sales, nutrientes, etc.
- » Se requerirá también elaborar la cartografía temática biológica a escalas medianas, con indicaciones de las características ecológicas tales como distribución y abundancia de los nutrientes para el desarrollo planctónico de las zonas costeras, y que puedan tomarse a corto plazo, como índice del impacto ambiental producto de las actividades humanas.

La Cartografía Marina en México

La representación de tal cantidad de información marina en forma cartográfica, constituye un reto en la actualidad que dependerá de la capacidad para organizarnos y de actuar con iniciativa e imaginación creativa para encontrar soluciones prácticas y útiles en un presente urgido de alternativas de desarrollo.

Por último, no debemos dejar de tomar en cuenta el señalamiento que hace el derecho del mar a la cartografía, en el sentido de mostrar la delimitación precisa de las zonas marinas de jurisdicción nacional, siendo estas: el mar territorial, las aguas marinas interiores, la zona contigua, la plataforma continental e insular y la zona económica exclusiva, tanto por lo que hace sus límites internos y externos, como la colindancia con los estados vecinos señalados. Esto es necesario para asegurar que el país este en posición de cumplir con las obligaciones internacionales del caso; así como para ejercer la soberanía, derechos, jurisdicción y competencia en cuanto a las actividades de navegación, obras, islas artificiales, instalaciones y estructuras, recursos vivos y no vivos, aprovechamientos económicos del mar, protección y preservación del medio ambiente marino, e investigación científica marina.

La actual situación económica por la que atraviesa el país, obliga a los diferentes sectores que lo integran a emprender o continuar en plazos inmediatos, actividades de una manera más coordinada y sistemática, y mejor aún a concentrar sus capacidades científicas y tecnológicas en el aprovechamiento integral y coordinado de los recursos marinos y costeros, con miras a ser más eficientes y productivos.

Queda en nuestras manos la capacidad para resolver el riesgo de enfrentar una planeación improvisada y un desarrollo de las actividades en el medio ambiente marino, sin contar con los elementos básicos para la correcta toma de decisiones.

La Cartografía Marina en México

BIBLIOGRAFÍA

- Vargas, Jorge A.
La zona económica exclusiva
México, Ed. V Siglos, 1980.
- Le Pichon, Xavier, Pautot, Guy
El fondo de los océanos.
Barcelona, Ed. Oikos-Tau, 1978
- Vargas, Jorge A.
Terminología sobre derecho del mar
México, Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, 1979
- Doumenge, Francois
Geografía de los mares
(Colección Elcano, serie de temas generales No. 8) Tr. Silvestre, Angot Abad
Barcelona, Ed. Ariel, 1982, C 1972. 329p.
- Escorza, Carlos Martín [et.al]
Oceanografía (Selecciones de Scientific American)
Madrid, Ed. Blume, 1978, c 1975, 475p.
- Monkhouse, F. L., Wilkinson, H. R.
Mapas y Diagramas
Barcelona, Ed. Oikos-Tau, 1963, 533 p.
- Raizz, Erwin
Cartografía
Barcelona, Ediciones Omega, 1974.
- Ayala, Agustín, "Las ciencias del mar y el desarrollo en México" en Ciencia y Desarrollo, Año VIII, núm. 43, (marzo-abril)
México, CONACyT, 1982, pp. 15-27
- Navarro, Arsenio, y Aguayo, J. Eduardo, "Los Recursos no renovables del Mar" en Ciencia y Desarrollo, México, CONACyT. 1982, núm. 43/año VIII (marzo-abril) pp. 52-57
- Scheen, R. S., Lundblach
Navegación y Maniobra (Enciclopedia Náutica Ilustrada)
Barcelona, 1979, Blume Ediciones.
- Hans, Roll V., "Un foco de investigación oceánica", La Comisión Oceanográfica Intergubernamental: historia, funciones, realizaciones, en colección técnica de la COI, núm. 20, París, UNESCO, 1979.

La Cartografía Marina en México

- The Times Atlas of the Oceans
Times books limited
London, 1983. Ed. Alastair Couper.

- La Organización Hidrográfica Internacional
Nota de información No. 1
Mónaco, 1989, OHI

- I Reunión de resultados de actividades Oceanográficas a nivel nacional
(memoria) *Comisión Intersecretarial de Investigación Oceanográfica (CIIO)*.
México, D. F., 28-30 nov., 1984.

- De Leach, Stephen R, "Decimeter Positioning and Navigation with the Global
Positioning System". en *Sea Technology*, August, 1990, U.S. 1990

- Jones, Marion T., [et, al]
General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO)
GEBCO DIGITAL ATLAS
Birkenhead, 1994, *British Oceanographic Data Center, U.K.*

- Nuestros mares condición jurídica y recursos económicos (ensayo)
México, 1981, *Secretaría de Marina 1o. de junio 1984.*

- Marine and Coastal Processes in the Pacific: Ecological aspects of coastal zone
management, (*Report of a UNESCO seminar*), *University of Papua,*
New Guinea, 14-17 July 1980, UNESCO, 1981

- Munk, Walter H. and Worcester, Peter F.
"Ocean Acoustic Tomography" en *Oceanography (magazine) No. 1, volume 1,*
pp. 8-10, U.S., July 1988.

- Atlas memoria del levantamiento geofísico de la zona económica exclusiva y la
margen continental oeste de México. SM P08710, *Secretaría de Marina.*
México, 1987.

- Guidelines for the General Bathymetric Chart of the Oceans. BP. 0007
Monaco, 1991. Ed. *Hydrographic Bureau.*

- Los Océanos (Cosmos, gran atlas Salvat)
Barcelona, 1981. Ed. *Salvat Editores.*

- Aspectos oceanográficos del primer experimento mundial del GARP (FGGE),
Comisión Oceanográfica Intergubernamental y la Organización Meteorológica
Mundial, IOC/INF.-351, UNESCO, nov. 1978
París, 1978. Ed. *UNESCO.*

- Comité de la COI sobre intercambio internacional de datos e información
oceanográfica.

La Cartografía Marina en México

Comisión Oceanográfica Intergubernamental, 14a. reunión.
Paris, 1-9 dic., 1992

-Programa de Cartografía Marina

(Comité técnico-científico de cartografía marina)

Comisión Intersecretarial de Investigación Oceanográfica (CIIO)
México, D. F., 1990. Secretaría de Marina.

-Scarratt D. S.

Canadian Atlantic Offshore Fishery Atlas

Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences, num. 47
Ottawa, 1982

-Perrolle, Roland

Coastal Zone Mapping

The I. C. A. commission on Marine Cartography
Nova Scotia, Bedford Institute of Oceanography

-Stefanovic, Pavao, "Many Facets of Cartography" ITC Journal, Spatial
Cartography issue, 1987 - 1, pp. 93-97. The Netherlands

-Ortiz, Jr. Federico

Los puertos mexicanos

México, 1976, Ed. Fondo de cultura económica

-de la Lanza, Guadalupe, (compiladora)

Oceanografía de los mares mexicanos

México, D. F., 1991, Ed. AGT, S.A.

-Delgado, L. A., Barajas A. Martín.

Contribuciones a la Tectónica del occidente de México

(monografía) No. 1 Unión Geofísica Mexicana

Ensenada, B. C., México, 1993.

-Kerr, Adam J.

Cartography and the Law of the sea

Bedford, 1982, Canadian Hydrographic Service

-Proyecto de convención sobre el derecho del mar

(texto oficioso) Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho

del Mar, Doc. ONU: A/CONF. 62/WP 10/rev.

New York, 1980, ONU.

-Programa nacional de ciencia y tecnología para el aprovechamiento de los
recursos marinos.

México, 1975. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT.

-Compendio de Hidrografía (primera y segunda parte)

México, D. F., 1976. Ed. Talleres gráficos, D.G.O. y S.M.

La Cartografía Marina en México

- Sea Beam 2000 (a Family of Systems for Bathymetric Swath Survey) General Instruments Corporation
Westwood, M. S., US, 1993

- Joly, Fernand
La Cartografía Tr. Marencos, Julio
Barcelona, 1980, Ed. Ariel

- Report of the Consultative Group on Ocean Mapping (CGOM). IOC/INF. 899.
Seventeenth session of the IOC Assembly.
Paris, 1990. UNESCO

- Reunión nacional de investigación y tecnología pesqueras, (memoria) 27-30
nov. 1984. Secretaría de Pesca y CONACYT
México, D. F., 1984

- Eckert - Greifendorff, Max
Cartografía, Tr. Novo, José
México, 1961, De. UTEHA

- Status of Hydrographic Surveying and Nautical Charting Worldwide
Special Publication Nº. 55, First Edition, January 1991
Monaco, 1991, International Hydrographic Bureau

- A Manual on Technical Aspects of the United Nations Convention on the Law of the Sea 1982. Special Publication Nº.51, 3rd Edition - July 1993
Monaco, 1993, International Hydrographic Bureau^{Pág}