



Apuntes de geografía de los océanos y mares

Jesús Manuel Tapia López



Apuntes de geografía de los océanos y mares



Jesús Manuel Tapia López





Comité Ejecutivo STUNAM:

Carlos Hugo Morales Morales
Secretario General

ETHIS Bruno Luna Gómez
Secretario de Trabajo y Conflictos Académicos

Alberto Pulido Aranda
Secretario de Prensa y Propaganda

Lic. Psic. Agustín Lazcano Bravo
Secretario de Carrera Académica

Lic. Arnoldo Rodríguez Hernández
Secretario de Finanzas

Patricia Gutiérrez Medina
Secretario de Asuntos Universitarios

Gustavo Alfonso Rodríguez Martínez
Secretario de Organización Académica

Dra. Raquel del Socorro Guillén Riebeling
Secretaria de Divulgación y Desarrollo Académico

Consejo Editorial Estatutario:

Carlos Hugo Morales Morales, Alberto Pulido Aranda, María de la Luz Contreras Hernández, Patricia Gutiérrez Medina, Raquel del Socorro Guillén Riebeling

Apuntes de geografía de los océanos y mares

Primera Edición, 2024, marzo de 2024.

Peso: 33.6 MB.

ISBN:

Coordinadores de la Obra:

Jesús Manuel Tapia López
Javier Isaac Rocha Martínez

Comité Editorial

Carlos Hugo Morales Morales
Alberto Pulido Aranda
Gustavo Alfonso Rodríguez Martínez
Bruno Luna Gómez
Agustín Lazcano Bravo
Patricia Gutiérrez Medina
Raquel del Socorro Guillén Riebeling

Edición

Raquel del Socorro Guillén Riebeling
Maricruz Morales Salinas

Diseño de portada e interiores

Claudia Ahumada Ballesteros

D.R. ©

Sindicato de Trabajadores de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Centeno 145, Colonia Granjas Esmeralda, Alcaldía Iztapalapa, C.P. 09810.

México D.F.

Impreso en México

Papel Interiores cultural, forros de cartulina couché de 200 gramos, barniz brillante ub.

Reseña del autor



Jesús Manuel Tapia López es académico universitario con amplia trayectoria en el campo de la Geografía y la Educación. Docente en la Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía

Licenciado en Geografía y Maestro en Geografía, cuenta con estudios de geografía, de Ingeniería en Geofísica e Hidrología, egresado de la UNAM y la UAM. Durante la formación académica, se recibió becas de la UNAM y del CONACYT.

Distinguido con la Medalla por Antigüedad por sus 10 años de labor docente en el Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Candidato a la medalla al Mérito Universitario “Alfonso Caso” (2008) y Mención Honorífica por su Tesis de Maestría, UNAM en 2007 *“Comparaciones de los datos batimétricos obtenidos por el satélite Topex/Poseidón y los recabados por los barcos que navegan en el Golfo de México.”*

Comprometido en la difusión del conocimiento, ha realizado una serie de publicaciones académicas, incluyendo artículos y libros en el campo de la geografía. Sus publicaciones abordan temas relevantes, como el procesamiento de imágenes satelitales, estadísticas aplicadas a la geografía y la cartografía marina.

Director, sinodal y jurado de tesis, ha guiado a numerosos estudiantes en sus investigaciones. Sus tesis supervisadas abordan una amplia variedad de temas geográficos, desde la conservación de especies marinas hasta la vulnerabilidad costera y el análisis de datos satelitales. También ha dado cátedra docente en diversas instituciones, además de la UNAM, en la Universidad Autónoma de Guerrero y la Universidad Virtual Liverpool. Actualmente lleva investigaciones como la elaboración de mapas de turismo en Chiapas.

Índice



Prólogo	7
Introducción	9
Unidad I. Formas de posicionamiento en el mar	11
1.1 El sextante y otros instrumentos de la antigüedad	11
1.2 Navegación por conteo	14
1.3 Navegación electrónica	14
Unidad II. Modelado de la corteza marina	19
2.1 Formación del relieve por diferencias de densidad de las rocas: Teoría la Isostasia	19
2.2 Formación del relieve por Tectónismo	22
2.3 Principales formas del relieve marino	26
2.4 Minerales asociados al relieve marino	29
Unidad III Movimiento de las aguas marinas	33
3.1 Fenómenos de las aguas marinas relacionados con vientos	33
3.2 Cambios de densidad de las aguas superficiales marinas y las surgencias como producto	40
3.3 Corrientes de convección o por corrientes por mareas	42
3.4 Movimiento de las aguas marina por sismos	43
3.5 Modelado de las costas: la deriva litoral, los agentes endógenos y exógenos	45
Unidad IV. El color del océano	51
4.1 El color del litoral: Las playas	54



Unidad V. Propiedades físico-químicas de las aguas marinas	59
5.1. Distribución de la temperatura en los océanos	59
5.2 La Termoclina	62
5.3 Salinidad en los océanos	63
5.4 Distribución del oxígeno disuelto en las aguas marinas	67
5.5 Distribución de nutrientes aguas marinas	69
Unidad VI. Ecosistema marino	73
6.1 Clasificación de los organismos de acuerdo a su habitad	74
6.2 Ambiente o entorno marino	75
Unidad VII. Arrecifes y Corales	79
7.1 Tipos de arrecife	80
Unidad VIII Ecorregiones marinas	85
Unidad IX. Características generales de la zona costera o litoral de México	89
9.1 Las islas de México	90
9.2 Los humedales	93
9.3 Los manglares	95
Unidad X. Sitios de conservación y protección marina	101
Unidad XI. La riqueza marina	107
11.1 Tipo de pesca	108
11.2 Acuicultura y maricultura	112
XII Fenómeno que afectan a los mares y océanos	115
12.1 La Marea roja	115
12.2 El sargazo	116
12.3 Residuos de plástico y redes de pesca	117
XIII. Aguas interiores, mar territorial, zona contigua y zona económica exclusiva	119
Referencias bibliográficas	123

Prólogo



Bienvenidos al fascinante viaje de los secretos y maravillas que yacen bajo la superficie de nuestros océanos. Este libro se intitula “Apuntes de Geografía de los océanos y mares”, es una obra de referencia y permite una mirada hacia un mundo que, a pesar de cubrir la mayor parte de nuestro planeta, sigue siendo en gran medida desconocido.

El académico Jesús Manuel Tapia López, nos invita a sumergirnos en las profundidades de los océanos a través de un enfoque geográfico que va más allá de los mapas tradicionales. Para explorar las complejidades de la topografía marina, la dinámica de las corrientes oceánicas, y la biodiversidad única que habita en estas vastas extensiones acuáticas.

Dentro de estas páginas, encontraremos no solamente datos científicos y geográficos precisos, sino también la pasión del autor por los océanos y su deseo de compartir ese entusiasmo con los lectores. A medida que avancen en la lectura, descubrirán la importancia de los océanos y mares para la vida en la Tierra y la necesidad urgente de comprender y conservar este vital ecosistema para el planeta.

Este es un recurso valioso para estudiantes, académicos y entusiastas de las ciencias de la tierra como la Geografía y la Oceanografía. Nos invita a reflexionar de nuestra responsabilidad colectiva como seres humanos de preservar estos entornos únicos y frágiles. Así que, prepárense para embarcarse en un auténtico viaje educativo a través de los océanos que tiene nuestro globo terráqueo.

Que estas páginas inspiren no solo conocimiento, sino también un renovado sentido de asombro y aprecio por los tesoros que se encuentran en las profundidades azules que rodean nuestras costas. Recordemos que el revalorar la tierra y cuidar el agua es una decisión que está en nuestras manos

Dra. Raquel del Socorro Guillén Riebeling

Lic. Javier Isaac Rocha Martínez

6 de marzo de 2024

Introducción



El objetivo del presente trabajo es contribuir a un mayor conocimiento de los mares y océanos. Este libro no pretende de ninguna manera profundizar en ninguno de los temas que aquí se señalan, más bien busca integrar la generalidad más importante de cada uno de los temas y relacionarlos de alguna forma, dado que se habla de una geografía de los océanos y no específicamente de un aspecto en particular de los mismos. Si la Geografía se define como la ciencia mixta que estudia los hechos y fenómenos que ocurren en la corteza terrestre, entonces la naturaleza misma de la definición implica necesariamente que los problemas geográficos se aborden considerando la corteza continental y la oceánica, si no se aborda de esa manera, implicaría que el estudio de cualquier fenómeno o hecho geográfico fuera unilateral. Cabe señalar que este trabajo es una síntesis de los diferentes temas que se tocan a lo largo de cada una de las unidades que se mencionan en el índice, desde luego que ello no implica que no se esté abarcando los conceptos más importantes que se requieren en cada uno de los temas considerados.

La geografía de los océanos ha desempeñado un papel importante para la humanidad. El conocimiento de los mares y océanos es una de las estrategias fundamentales para el desarrollo económico cualquier país, así como la de conocer cualitativa y cuantitativamente sus recursos naturales marinos, para realizar investigaciones oceanográficas y todo la riqueza marina que tenemos en nuestros océanos y mares. Los conocimientos para llevar a cabo la exploración, explotación, conservación y administración de los recursos naturales de los océanos implican tener elementos previos y detallados de las características de la superficie y los fondos de los océanos y mares, de ahí la importancia de este trabajo para contribuir a ello.

Finalmente, cabe señalar que este libro ha sido elaborado para mis estudiantes de la materia de geografía de los océanos del Colegio de geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Unidad I

Formas de posicionamiento en el mar



Una de las herramientas básicas de la navegación marina es la de tener una carta náutica confiable, y de ahí la necesidad humana de buscar un método para tal efecto. A continuación, se describe una síntesis alguna de las formas de posicionamiento en los océanos y mares desde la antigüedad hasta la época actual.

1.1 El sextante y otros instrumentos de la antigüedad

El sextante es un instrumento que se usa para medir ángulos. La lectura típica de un sextante se obtiene midiendo simultáneamente dos ángulos entre tres “estaciones” claramente marcadas en la Tierra, cuyas situaciones son conocidas de anteriores mediciones. Es a partir de estas mediciones que es posible encontrar la posición exacta del barco. En épocas anteriores el navegante que planeaba viajar medía simplemente la altitud de la estrella polar ya que la altura de la estrella polar es aproximadamente la latitud del lugar. Los árabes conocían bien esta técnica y en aquellos tiempos utilizaban el pulgar o el meñique y el brazo en forma extendida o bien una flecha sostenida en la longitud de los brazos para avistar el horizonte del extremo inferior y la estrella polar.

En los últimos años del imperio arábigo se utilizó un dispositivo simple llamado kamal para hacer las observaciones de las estrellas. El kamal mostrado en la figura siguiente es una reproducción moderna que hizo el navegante Piter Ifland, pero es semejante al que se utilizó hace mil años y probablemente mucho antes, note los nudos en la cuerda unida al travesaño de caoba tallado. En la antigüedad, los griegos y los árabes avanzaron considerablemente en la Astronomía y en el siglo X los árabes introdujeron en Europa dos instrumentos astronómicos importantes: el cuadrante y el astrolabio, los cuales se muestran en la siguiente figura.



FIGURA 1 Y 2. (Tapia, L. J 2003. Mapa Batimétrico Digital de la porción meridional del Golfo de México).

En 1450 el astrolabio y el cuadrante del marinero era un cuarto de un círculo hecho de madera o de latón como el que se muestra en la siguiente figura 3. La figura 4 muestra un astrolabio para navegación realizado por J. de Goes en 1608.

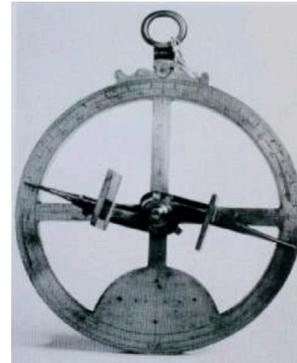


FIGURA 3 Y 4. Astrolabio y astrolabio de Goes (Tapia, L. J 2003. Mapa Batimétrico Digital de la porción meridional del Golfo de México).

La figura 6 se muestra la evolución de los instrumentos celestes de navegación, la cruz personal fue un instrumento muy popular entre los navegantes holandeses del siglo XVII y la figura 7 muestra un dibujo de un libro español publicado en 1552, donde se muestra el uso de la cruz personal para determinar la altitud de la estrella polar.

Uno de los instrumentos populares del siglo XVII fue el llamado cuadrante personal de Davis (Figura 7) y los primeros octantes de doble reflejo de Hadley fueron hechos con hojas sólidas de latón (Figura 8). Eran pesados y tenían resistencia a los vientos., aunque después fueron hechos de madera que eran más ligeros.

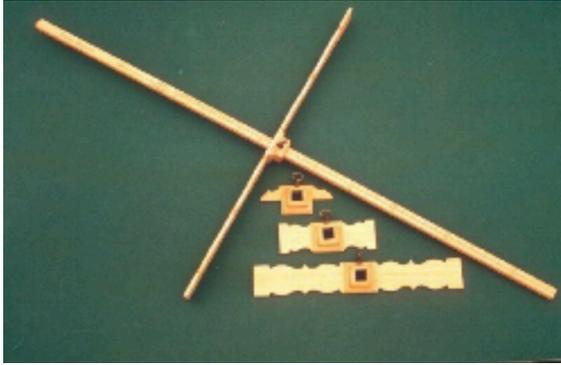


FIGURA 5 Y 6. Cruz personal. (Tapia, L. J 2003. Mapa Batimétrico Digital de la porción meridional del Golfo de México).



FIGURA 7 Y 6. Cuadrante de Davis en 1711 y el octante temprano de Hadley. (Tapia, L. J 2003. Mapa Batimétrico Digital de la porción meridional del Golfo de México)

Así llegamos al primer sextante de 120° que fue producido por Juan Bird en 1759 (Figura 9) y a mediados del siglo XVIII había una tendencia a producir nuevos octantes y sextantes para hacer instrumentos más ligeros comparados con los de latón que en ese entonces se tenía.

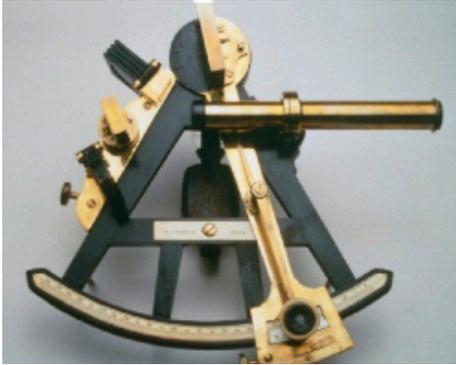


FIGURA 9 Y 10. Sextante temprano de Juan Bird (Tapia, L. J 2003. Mapa Batimétrico Digital de la porción meridional del Golfo de México).

1.2 Navegación por conteo

En este caso el navegante determina la posición de una nave teniendo en cuenta un cómputo de la distancia y de la dirección del recorrido a partir de una posición conocida. En el conteo, el navegante estima la posición de una nave de acuerdo con la historia del movimiento del barco. Desde este punto, el curso del barco es dirigido y se trazan las trayectorias en una carta tomando en cuenta la estimación de la velocidad del barco y el tiempo que transcurre en el tránsito entre un punto y otro, y de esa forma se calcula o “cuenta” la distancia recorrida.

Los puntos a lo largo de la línea cuentan las posiciones sucesivas del barco. El conteo empieza nuevamente cada vez que la brújula, las observaciones celestes o las ayudas electrónicas proporcionan una posición exacta. La línea de conteo que se anota en la carta es importante para el navegante porque indica la posición teórica de la nave, el recorrido que el barco debió haber seguido y la dirección en la cual está viajando.

1.3 Navegación electrónica

Este método de navegación se basa en el uso de equipos y sistemas en los que las ondas de radio y las técnicas electrónicas se utilizan para poner en una carta la posición y la ruta de un navío. La ayuda electrónica y la precisión en la mayoría de los casos han incrementado la seguridad de la navegación suministrando información importante y de forma rápida en períodos de baja visibilidad.

La radio como ayuda a la navegación fue utilizada por primera vez a comienzos del siglo XX en algunos barcos. La ayuda en la navegación moderna consiste en indicar la dirección de radio utilizada en una de las siguientes formas: un barco toma la dirección a partir de transmisores instalados en puntos



fijos y determina su posición relativa con respecto a dos o más transmisores, o bien, toma la dirección mediante estaciones terrestres en una transmisión que desde un barco se correlaciona a un centro lo que establece la posición del aparato.

Por ejemplo, la moderna navegación de los buques inició con los satélites, particularmente con el lanzamiento **satélite Topex/ Poseidón** el 10 de agosto de 1992. Su finalidad entre otros era conocer toda la topografía marina en tan solo 5 años y su costo por estuvo por debajo de 100 millones de dólares. (Bathymetry from space. Oceanography, Geophysics, and Climatology 2003).

Algunas características de este satélite fueron que la órbita del Topex/Poseidón era de tipo polar con una inclinación de 66 grados respecto al plano del ecuador y situada a una altura de 1,336 kilómetros con respecto a la superficie media del mar. Topex/Poseidón siempre estuvo orientado hacia un punto determinado de la superficie terrestre y pudo sobrevolar esa misma posición cada diez días (127 revoluciones u orbitas o un ciclo), lo que permitió una repetición periódica y sistemática de las mediciones sobre más del 90% de los océanos libres de hielo del mundo. Desde el 15 de septiembre de 2002, el Topex/Poseidón fue sustituido paulatinamente por **Jason I**, el cual fue lanzado en diciembre del 2001 para continuar la misión. Hoy ya se tiene en órbita al satélite **Jasón 2**. Un ejemplo de la aplicación de la navegación electrónica y del uso de datos del satélite mencionado, la encontramos en la siguiente elaboración de mapas.

La elaboración del siguiente mapa batimétrico es el resultado del procesamiento de un conjunto de los datos que se obtuvieron por ecosondeo de buques oceanográficos durante las diferentes campañas realizadas por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología a bordo del "Justo Sierra" de la **UNAM**, también producto de datos digitalizados de las cartas náuticas de la Secretaría de Marina y del el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) durante el año de 2003.

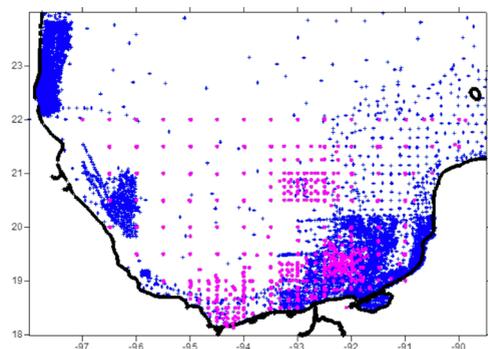


FIGURA 11 Y 12. Buque oceanográfico Justo Sierra de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y datos de profundidad obtenidos de la digitalización de los mapas náuticos de la Secretaría de Marina (azul) y de las campañas oceanográficas de la UNAM (en rosa). Elaboración propia.

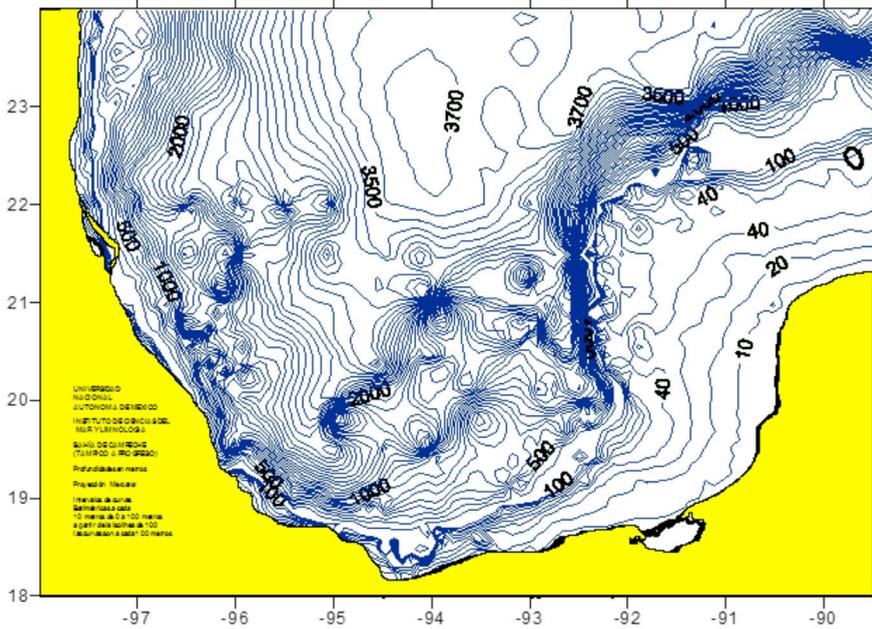


FIGURA 13. Mapa batimétrico resultante (desde Tampico a Progreso) elaboración propia.

Asimismo, enseguida se muestra de comparación entre buques (B) y el satélite Topex/Poseidón (T) realizados en la región del Golfo de México. En la comparación analítica se usó el programa Matlab.

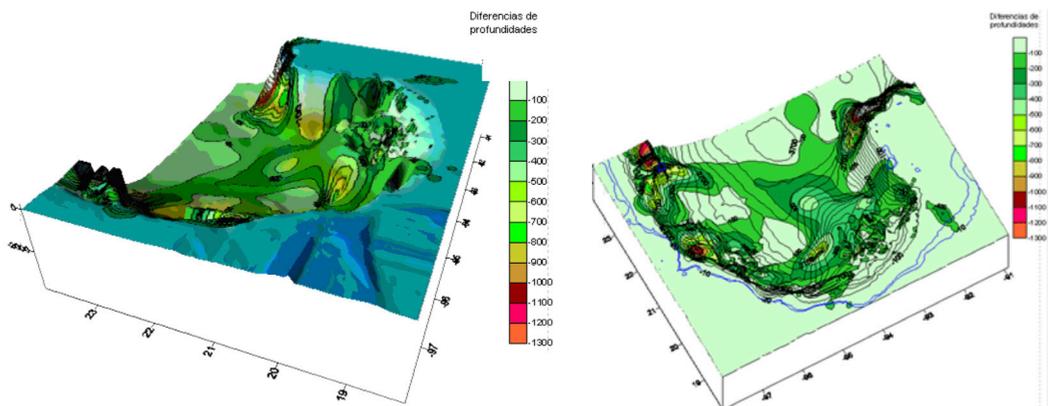


FIGURA 14 Y 15. Mapa tridimensional de diferencia de profundidades entre Buques (B) y el satélite activo Topex/Poseidon (T). Elaboración propia.



Finalmente, el mapa náutico elaborado por los estudiantes de geografía de los océanos: Gerson León Chavarín y Rebeca Dávila García, bajo la asesoría propia.

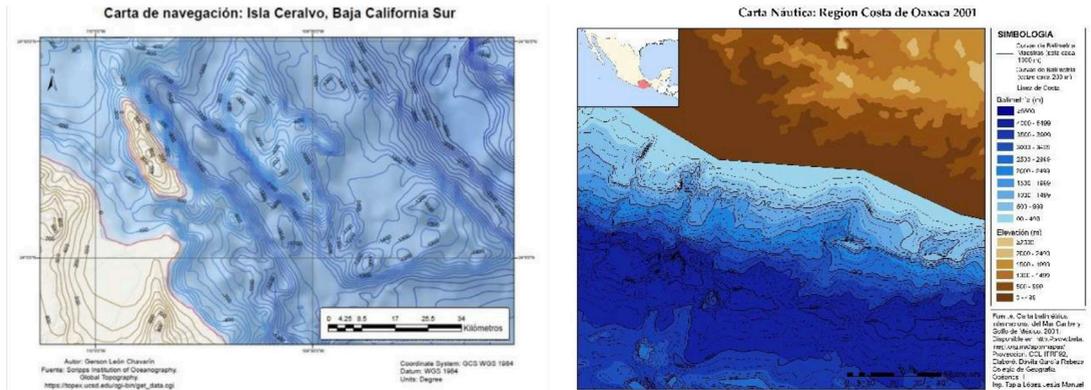


FIGURA 16 Y 17. Mapas náuticos de Baja California Sur y la costa de Oaxaca. Autores: Gerson León Chavarín y Rebeca Dávila García.

Unidad II

Modelado de la corteza marina



En esta unidad se explica de manera general la forma de cómo se modela el relieve marino y para tal efecto debemos de partir principalmente de la teoría de isostasia y del movimiento de placas tectónicas.

2.1 Formación del relieve por diferencias de densidad de las rocas: Teoría la Isostasia

Como sabemos la litosfera siempre permanece en equilibrio y para ello Dutton (1889) propuso el término isostasia para referirse al equilibrio que regula la altura entre los continentes y los océanos.

En el siguiente ejemplo tenemos que la corteza continental se pliega y acumula gran cantidad de material en una región determinada. Después terminado el ascenso los agentes de interperismo y erosión empiezan a desgastar a las rocas y acto seguido las raíces rocosas ascienden para compensar esta pérdida de masa obteniendo así un nuevo equilibrio isostático como se muestra en la siguiente figura 18.

La **isostasia** es una condición de equilibrio que se presenta en la superficie de la corteza terrestre debido a la diferencia de densidades que existe entre sus partes. Son movimientos verticales (epirogénicos) está fundamentada en el principio de Arquímedes. Los continentes son menos densos que el manto superior (que es de donde “flotan”). Este equilibrio isostático puede romperse debido al movimiento tectónico o el deshielo de una capa de hielo u otro factor como la erosión que sufren los relieves en su generalidad, el siguiente modelo refleja dicho equilibrio.



De este modelo observamos que Pratt señala que las raíces de todos los bloques penetran a la misma profundidad y los bloques más altos poseen más baja densidad de masas por lo tanto “a mayor elevación, existe menor densidad y el peso de todas las columnas sobre el nivel de compensación es siempre el mismo. En cambio para Airy los bloques tienen igual densidad y cuanto más alta sea una montaña, existe una raíz más profunda que se hunden en el manto, dicho de otra manera, a menor elevación, mayor densidad y por tanto el peso de todas las columnas se iguala por encima de una superficie de compensación. Ambos modelos son complementarios.

Observa el siguiente ejemplo, si la densidad de 2.67 está en equilibrio a 100 km, ¿cuál de los siguientes bloques también estará en equilibrio?

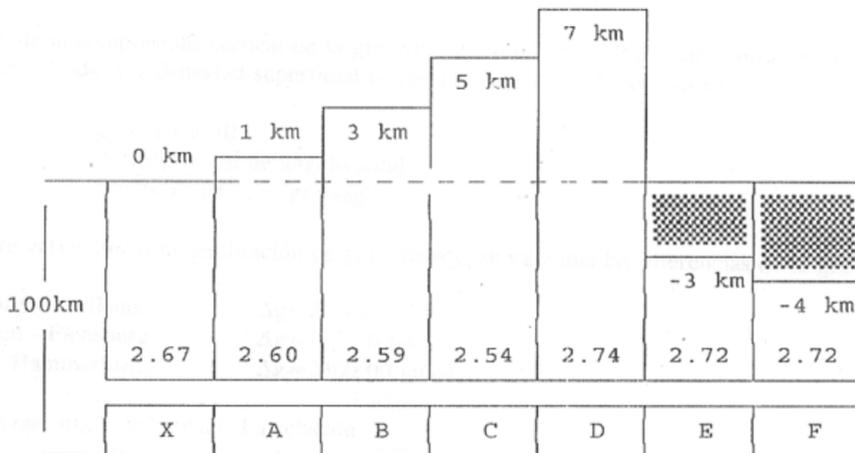


FIGURA 20. (ejercicio de gravimetria en curso).

2.67=100 km (resolviendo por regla de tres)

$(2.60)(100)/2.67=97.37 + 1 = 98.37$ no está en equilibrio

$(2.59)(100)/2.67= 97.003 + 3 =100.00$ Esta en equilibrio

$(2.54)(100)/2.67= 95.13 + 5 = 100.13$ Esta en equilibrio

$(2.74)(100)/2.67=102.62 + 7 = 109.62$ No está en equilibrio

$(2.72)(100)/2.67= 101.8 - 3 = 98.8$ No está en equilibrio

$(2.72)(100)/2.67=101.8 - 4 = 97.8$ No está en equilibrio



2.2 Formación del relieve por Tectonismo

En la década iniciada en 1960 los científicos plantearon una revolución en los conceptos de la Geología Oceánica que ahora son interpretados como la teoría de las placas tectónicas y que postula que la corteza terrestre está formada por placas que son creadas y destruidas en forma constante en las fosas marinas vecinas a los continentes. La tectónica de placas se mueve en la litósfera. Existen siete grandes placas como la Placa del Pacífico y varias más chicas.

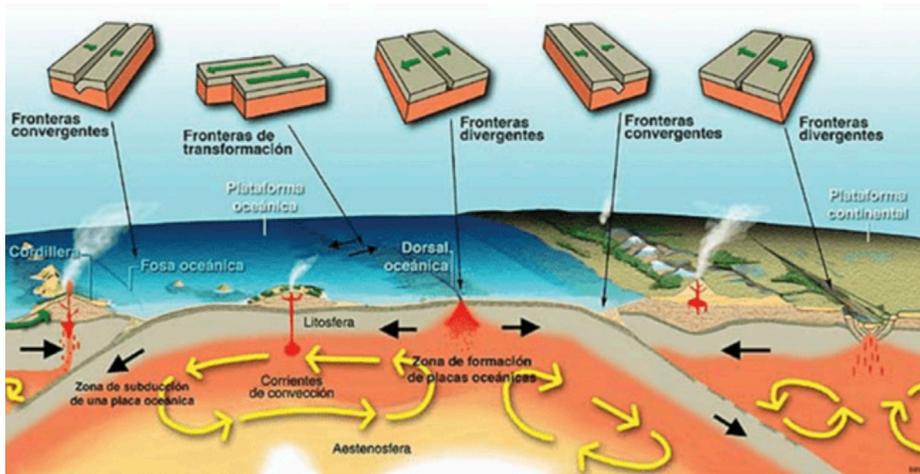


FIGURA 21. (Placa tectónica. Wikipedia, enciclopedia libre 2023).

A causa de estos movimientos se forman estructuras tales como:

Rifts y grietas, producidas por el alejamiento o separación de placas tectónicas. Al distanciarse las placas entre sí, el magma sale al exterior y al enfriarse se convierte en corteza terrestre conformado así un nuevo suelo marino (teoría del fondo oceánico). La expansión de los fondos oceánicos ocurre en las dorsales oceánicas, donde se forma una nueva corteza oceánica mediante la actividad volcánica y el movimiento gradual del fondo alejándose de la dorsal. La hipótesis está apoyada por la simetría de que en ambos lados de la dorsal tienen la misma edad de la corteza, el mismo espesor de los sedimentos y la polaridad magnética las cuales son simétricas con respecto al eje dorsal.

Este hecho ayuda a entender la deriva continental explicada por la teoría de la tectónica de placas, y desde luego que estos movimientos de placas tectónicas han dado origen a océanos y mares antiguos y actuales. La teoría se acepta ampliamente en la actualidad y se cree que el fenómeno es causado por corrientes de convección en la parte débil y plástica de la capa superior del manto denominada astenosfera. En la siguiente imagen tenemos que las partes en color azul son las más antiguas (180 millones de años) y en rojo oscuro se muestran las expansiones más recientes. (Fuente: NOAA 2018).

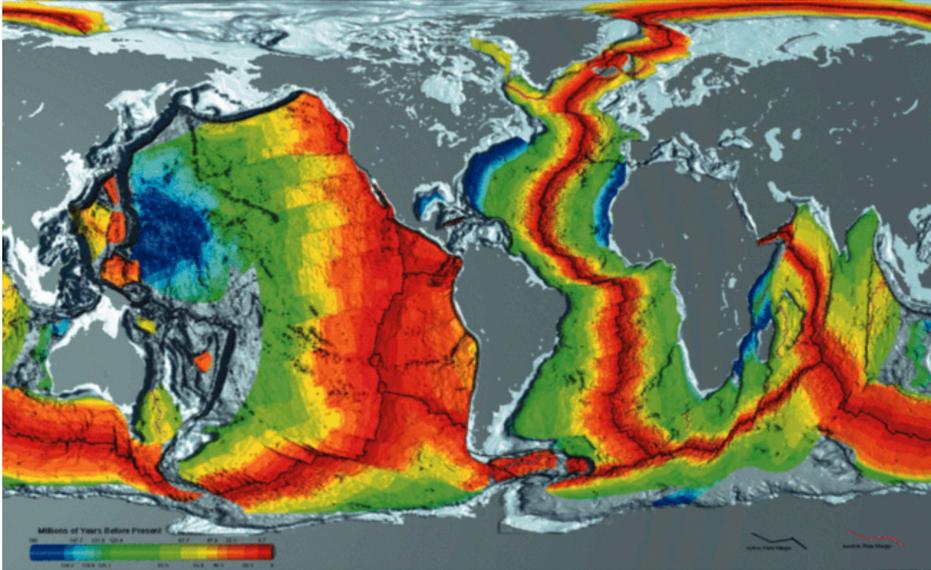


FIGURA 22. Nueva corteza oceánica (fondos marinos).

Las fosas o **trinchera oceánicas** es una profunda depresión submarina. Las fosas oceánicas se encuentran principalmente a lo largo de la subducción de las placas tectónicas. Esto se debe al hecho de que la placa oceánica apoyada por la litosfera se hunde impulsado por su propio peso bajo la placa continental.

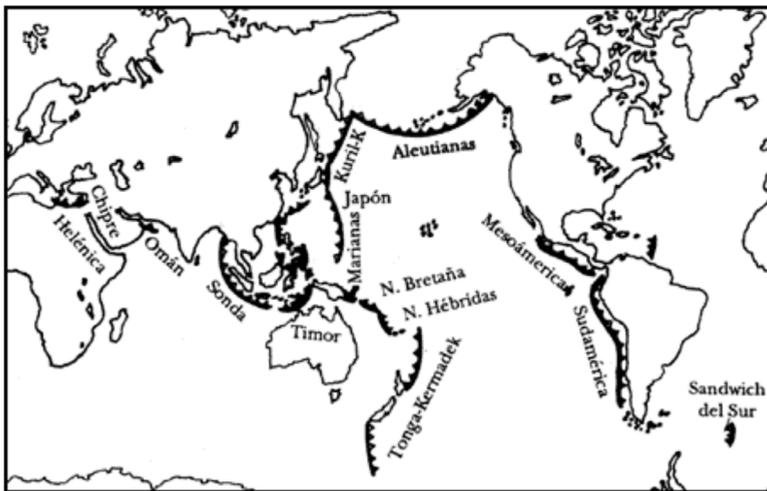


FIGURA 25. Principales trincheras oceánicas. (Ilce: el fondo del océano).



TABLA I. Principales fosas o trincheras.

Trinchera	Océano	Profundidad (m)
1. Marianas	Pacífico	11022
2. Tonga	Pacífico	10882
3. Filipinas	Pacífico	10265
4. Kermadec	Pacífico	10047
5. Izu-Bonin	Pacífico	9810
6. Kuriles	Pacífico	9717
7. Santa Cruz	Pacífico	9174
8. Volcano	Pacífico	9156
9. Buganvilia	Pacífico	9103
10. Amirante	Índico	9074
11. Yap	Pacífico	8850
12. Puerto Rico	Atlántico	8742
13. Japón	Pacífico	8720
14. Perú-Chile	Pacífico	8069
15. Sandwich	Atlántico	8428
16. Aleutianas	Pacífico	7822
17. Caimán	Atlántico	7491
18. La Sonda	Índico	7209
19. Mesoamericana	Pacífico	6489

Enseguida se muestran el mapa de la trinchera de Puerto Rico elaborada por la estudiante de geografía de los océanos: Elizabeth Feria Ramos, Yésica González y Arely Vidal, bajo la asesoría propia.

Pliegues. Son producidos por el choque de dos placas que da como resultado la formación de una ondulación en la superficie. Este choque de placas produce levantamiento de bloque que forman las cordilleras marinas. Enseguida se muestran el mapa de cordilleras y montañas marinas del Pacífico Norte elaborados por los estudiantes: Melisa castillo, Lizandra Hernández y Miguel Ángel Martínez bajo asesoría propia.

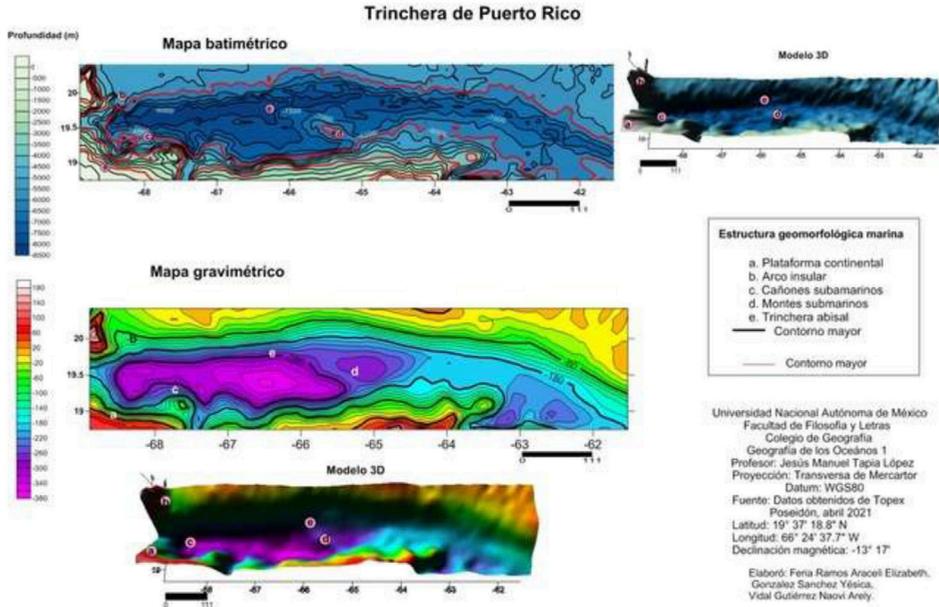


FIGURA 26. Mapa batimétrico de trincheras del Puerto Rico. Autores: Elizabeth Fera Ramos, Yesica González y Arely Vidal.

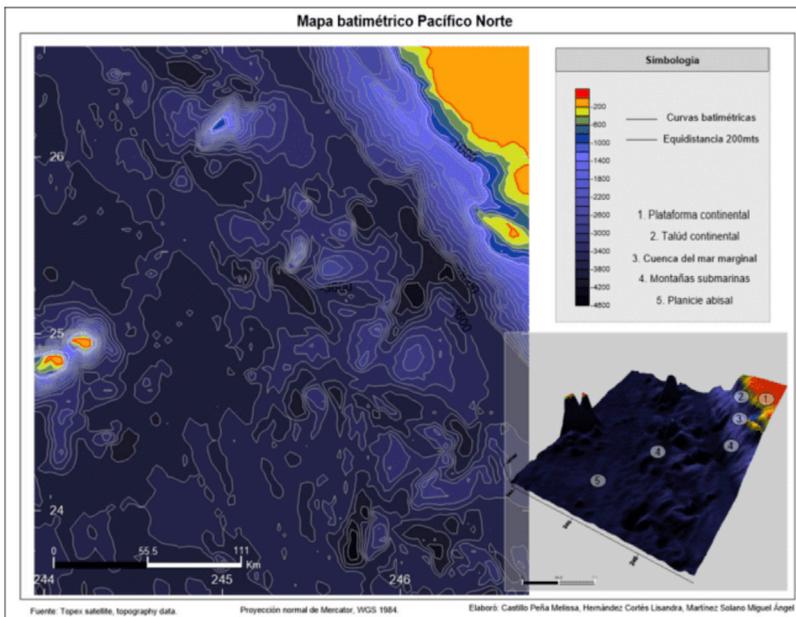


FIGURA 27. Mapa batimétrico de cordilleras y montañas marinas del Pacífico Norte elaborados por los estudiantes: Melisa castillo, Lizandra Hernández y Miguel Ángel Martínez.



2.3 Principales formas del relieve marino

Plataforma continental. - Es la continuación de los continentes bajo el agua. Son muy diversas y resultan más irregulares en las regiones tropicales que en las regiones frías. La extensión promedio es de 200 a 600 metros y la profundidad media de 150 a 200 metros, las de Groenlandia llegan a tener de 300 a 400 metros de profundidad, en contraste con la del mar Beaufort al norte de Alaska que solo tiene 70 metros en determinados sitios.

Talud continental. - Es el cambio brusco de desnivel que une a la plataforma continental con el fondo oceánico y puede tener de 1500 a 3000 metros de profundidad donde se localiza el borde continental. Su tipografía es irregular y está cubierta de entre 50 y 60% de fango sedimentario; además depresiones y cañones submarinos y generalmente su origen es tectónico. La inclinación varía de 2° a 5° en promedio y se localizan a profundidades de 2000 a 4000 metros.

El fondo oceánico se puede distinguir dos partes:

- a) **Las llanuras o planicies abisales.** - Son zonas llanas o de pendiente suaves del fondo marino. Las llanuras abisales suponen aproximadamente el 40% del fondo de los océanos y la profundidad media oscila entre 2200 a 5500 metros.
- b) **La zona de acreción (dorsales).** - son cordilleras donde el borde de acreción crea nueva litosfera oceánica. A diferencia de la superficie continental, las dorsales oceánicas se comunican formando una enorme cordillera de unos 60000 km de longitud y su principal característica es que presenta una hendidura llamado Rift y por tanto son producto de efusiones magmáticas.

Cuenca del Mar marginal o abisal. - Son depresiones amplias en forma circular o elipsoidal que tienen como límite a las montañas marinas o arcos insulares, hay autores que señalan que son planicies fragmentadas en otras menores rodeadas de elevaciones.

Arcos insulares o arco de islas. - Son sistemas montañosos marinos con cimas de volcanes alineados en forma de arco.

Guyot o montes islas: montaña o pico submarino sumergido de cima plana debido a la erosión. Suelen provenir de una isla volcánica erosionada.

Falla transformante o de transformación: gran fractura de la litosfera oceánica provoca un desplazamiento horizontal que atraviesa la litosfera oceánica y es producto del movimiento de separación entre dos placas.

Montaña o monte submarino: Pico volcánico aislado que asciende al menos a 1000 metros por encima del suelo oceánico profundo.



Fosa oceánica o submarina: depresión alargada en el fondo marino producida por la subducción de placas tectónicas.

A continuación, se muestran las formas de relieve antes descritas

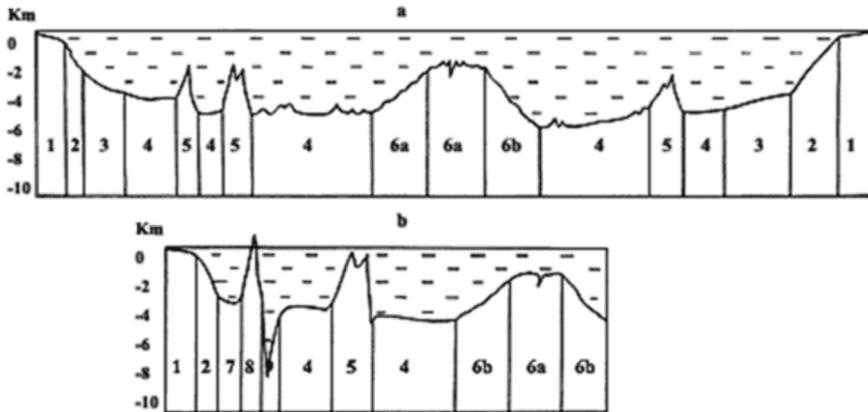


FIGURA 28. Perfil de las estructuras geomorfológicas que tiene un océano. (Ilce. Biblioteca digital. Piso oceánico).

Dónde los números correspondiente al perfil anterior son:

1. Plataforma continental
2. talud continental
3. pie de continente
4. planicie abisal
5. montañas marinas
6. dorsal (a, cresta, b laderas)
7. cuencas del mar marginal
8. arco insular
9. trincheras o Fosa

Enseguida se muestran los mapas que contemplan las estructuras geomorfológicas marinas antes señaladas. La figura 29 muestra las estructuras en la región del Golfo de México elaborado por los estudiantes: Emily Medina, Brenda Paola Reyes y Omar Eduardo Roldan bajo asesoría propia.

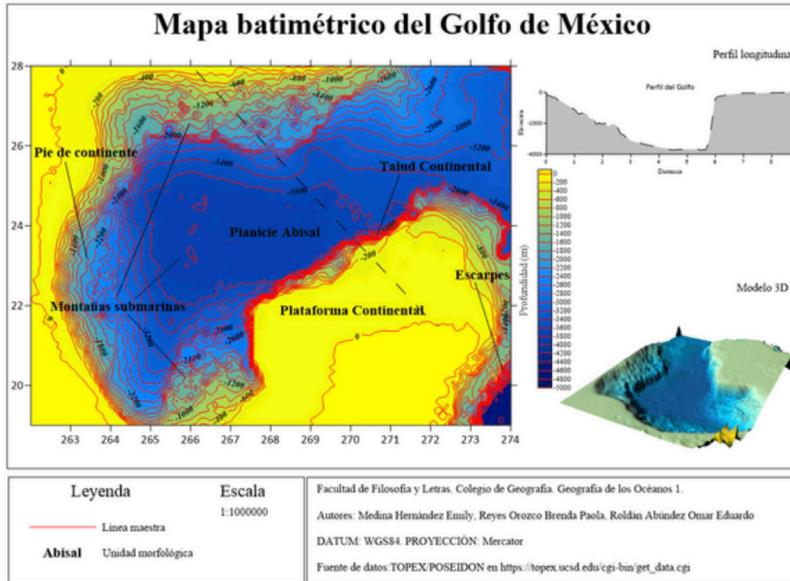


FIGURA 29. Mapa del Golfo de México que las estructuras geomorfológicas marinas antes señaladas elaborado por los estudiantes: Emily Medina, Brenda Paola Reyes y Omar Eduardo Roldan.

La siguiente figura muestra donde se encuentran las estructuras geomorfológicas del relieve marino mexicano.

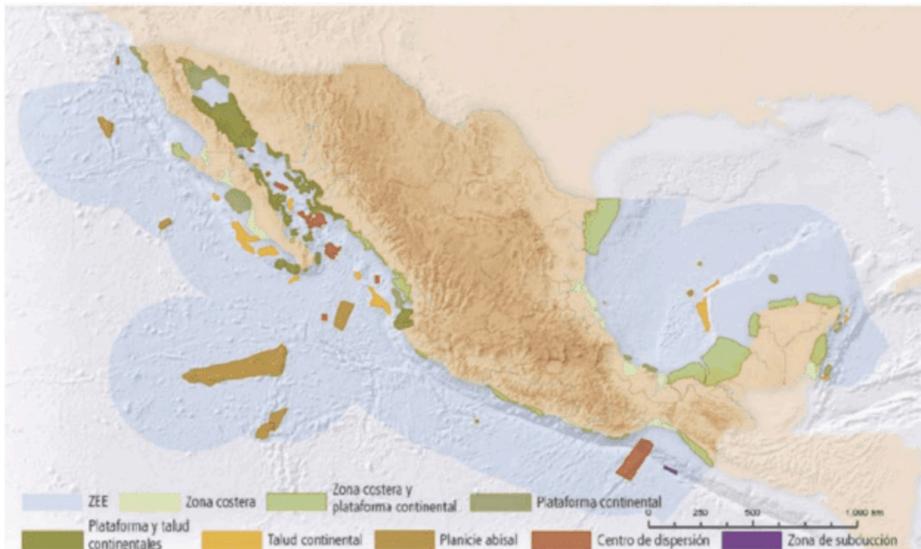


FIGURA 30. (Océanos, costas e islas México, 2007).



Las rocas que componen la corteza oceánica en su generalidad son en la parte superficial sedimentos (lodos) y rocas volcánicas. La segunda capa más profunda de esta corteza está constituida por rocas máficas. Finalmente la capa profundidad está constituida por rocas ultramáficas como los gabros y peridotita. Desde luego que existen parte del suelo marino formados por rocas calizas como el Caribe mexicano que se formaron a una profundidad media de 4000 a 4500 metros. También existen rocas con algún grado de metamorfismo debido al magma de los volcanes marinos y de los movimientos de las placas tectónicas. (Rogers, N.; Blake, S.; Burton, K. -2008)

2.4 Minerales asociados al relieve marino

Los minerales se forman en ambientes numerosos y diversos. La mayoría de las piedras preciosas se forman en la corteza de la tierra, es decir la capa superior a una profundidad que varía de 4.8 kilómetros a los 40 kilómetros. Sólo dos variedades de gemas se forman en el manto de la tierra, el diamante y la peridotita, lo que representa el 80% del volumen de la tierra. El manto está constituido mayormente de roca fundida denominada magma con una capa superior sólida.

De la larga lista de piedras de mar formadas a partir de rocas ígneas mencionamos el grupo de los crisoberilos, es decir, todos los cuarzos, incluida la amatista, el citrino y el ametrino, los berilos que son la esmeralda, los granates, las piedras lunares, las apatitas, los diamantes, las espinelas, las tanzanitas, las turmalinas, los topacios y los zircones. (web: Piedras preciosas del mar)

Los minerales que se formaron al interior de la tierra, salen a la superficie de la corteza terrestre por la alta presión y temperatura que esta tiene en su interior, es por ello que muchas veces podemos encontrar en playas cercanas o en el interior del mar, alguna de las gemas preciosas que hoy conocemos.

Los **minerales placeres** son yacimientos formados por la concentración de minerales en la arena de ríos, torrentes o playas. Se trata de yacimientos secundarios formados por concentración mecánica de ciertos minerales tras la denudación de los yacimientos primarios. El mineral ha sido removido de su lugar de origen y aparece asociado a otros materiales diferentes a los que componían la roca madre. El caso más conocido es el de la acumulación de "pepitas" de oro en arenas de ríos. Otros minerales de interés placeres son: platino, diamante, esmeraldas, circón, ilmenita, rutilo y muchos otros.

Los depósitos de placeres se han formado en todo el tiempo geológico, pero la mayoría es del Cenozoico a Reciente. La mayoría de los placeres son pequeños y a menudo efímeros ya que se producen sobre la superficie terrestre y muchos de ellos son erosionados y solo excepcionalmente son enterrados como para preservarse como paleoplaceres.

La mayoría de los depósitos de placeres para su explotación casi siempre que se encuentran en materiales sueltos. En el caso de paleoplaceres (placeres antiguos preservados en secuencias sedimentarias), su eventual explotación será mucho más costosa. Por ejemplo, los paleoplaceres del



Precámbrico del Witwatersrand en Sudáfrica que constituyen una de las mayores concentraciones de oro del mundo. (web: minerales de playa o placeres)

En las playas el efecto del oleaje y de corrientes costeras también puede producir la concentración de minerales pesados. Las olas lanzan material a la playa y la resaca arrastra los materiales más livianos, los cuales son transportados por la deriva a lo largo de la costa de modo que se producen concentraciones de minerales pesados en las playas sobre todo durante la acción del oleaje durante tormentas.

Los minerales más importantes de placeres de playa son: casiterita, diamante, oro, ilmenita, magnetita, monazita, rutilo, xenotima y circón. Ejemplo. placeres de oro de Nome, Alaska, placeres de playa en costa occidental de la isla de Chiloé, Chile, placeres diamantíferos de Namibia, arenas de ilmenita – monazita – rutilo de Travencore y Quilon, India, arenas de rutilo – circón –ilmenita de Australia del este y oeste y arenas de magnetita de la North Island, Nueva Zelanda.

En cuanto al océano Atlántico en la costa de Namibia se extraen diamantes valiosos. Los diamantes del fondo marino que se extraen de esta región son piedras preciosas. Estos diamantes provienen de Namibia y fueron arrastrados por el río Orange, para depositarse en el océano durante millones de años. Por otro lado, sabemos que el agua de mar contiene 3.5 % de los minerales disueltos en el agua marina, siendo la mayor parte de estos la sal común, estos minerales reciben el nombre de placeres o de playa si están cercanas a la costa. Estos minerales placeres en México los encontramos principalmente en los estados de la república mexicana en las playas de Sonora, Sinaloa, BCS y Colima y los principales estados que explotan sal en el país son Guerrero negro, Baja California y Salinas Cruz, Oaxaca y en el extranjero, los principales proveedores son Japón y Australia.

Cabe señalar que los yacimientos en general se encuentran en la plataforma continental que se formaron durante las glaciaciones ocurridas en el Pleistoceno por lo tanto, desde entonces tenemos minerales, pero, además en dicho lugar se concentra el 80% de las actividades económicas del mundo y representa el 0.1% del área oceánica. También en rocas metamórficas como la serpentina que está asociada a depósitos de cobre y estaño y en ese mismo espacio donde chocan las placas tectónicas podemos encontrar trozos de ofiolita.

Otro caso son los nódulos polimetálicos, que son depósitos hidrotermales formados en el fondo de océano asociados éstos a zonas volcánicas activas. Es un proceso de acumulación lento y se desarrollan alrededor de un núcleo que podría ser un grano de arena, un trozo de concha y se van añadiendo capas concéntricas de manganeso, cobre, cobalto, níquel o zinc. Se han encontrado grandes vetas en el mar Rojo y el Golfo de Adén. En el caso de México, la concentración estos minerales polimetálicos se encuentra concentrado en las islas del Pacífico de Roca Partida, Juárez y Socorro y en el Golfo de California y particularmente en las fallas de Clarion y Clipperton y las dorsales de la Bahía de Banderas. La siguiente figura muestra la localización de los polimetálicos en el país.

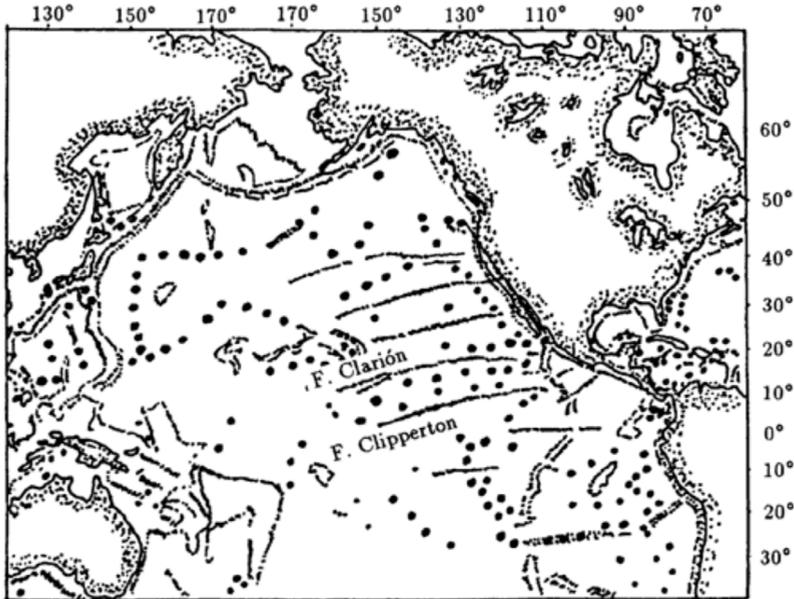


FIGURA 31. Polimetálicos en el pacifico Mexicano. Ilce. Avance científico marino en México.

Unidad III

Movimiento de las aguas marinas



La gran masa de agua que contienen los mares y océanos constantemente están en movimiento debido a varias causas como es el calentamiento de la superficie marina la cual provoca diferencias de temperatura y da como origen las diferencias de densidades de las aguas marinas y por ende los movimientos de las grandes masas de agua, corrientes marinas, las surgencias, el efecto de Ekman y brisas marinas de entre otros.

Lo mismo ocurre con los movimientos de los vientos que mueven las aguas marinas en forma de olas y desplazan a las corrientes marinas a diferentes lugares. Otros factores que inciden en estos movimientos tiene que ver con la propia rotación de la tierra y la fuerza gravitatoria interna y de los astros los cuales provocan mareas y sismos dentro de la corteza marina que en la costa marinas provocan grandes olas llamadas Tsunamis.

3.1. Fenómenos de las aguas marinas relacionados con vientos

Los vientos son el motor de la circulación de las corrientes marinas, de los buques de navegación, de la formación del espiral de Ekman, de las trombas marina la cual está asociada con el desarrollo de nubes tipo cumulus y de muchos otros fenómenos. Los vientos son productos de las diferencias de presión atmosférica y circulan de alta o mayor presión atmosférica (aire frío de mayor densidad) a baja presión atmosférica (aire caliente de menor densidad) donde los vientos son más débiles.

Los vientos se mueven en todas direcciones, pero para la cuestión meteorológica y marinas son importantes aquellas que viajan en forma horizontal y que no están a más de 10 m de altura dependiendo del relieve y la latitud. Así, durante las tardes (17 a 19 hrs) generalmente los vientos son fuertes y en las mañanas (de 9 a 11 hrs) la velocidad de los mismos es menor. Platiquemos de algunos de estos fenómenos que ocurren en los mares y océanos.

La fuerza del viento producen sobre la superficie de las aguas marinas ondulaciones en su aspecto **local** (insitu) y también es posible que esa fuerza se propaga fuera de la zona donde se ha generado



pudiendo llegar a lugares muy alejados llamados **vientos oscilatorio o libres** que dan origen al **mar de fondo** (también llamado mar de leaves o tendida).



FIGURA 32. Mar de fondo en Acapulco, Gro. (mar de fondo en Acapulco).

Otro fenómeno que se produce por la acción vientos es **la marejada**. Este fenómeno inunda la costa porque el viento hace que el agua se eleve por encima del nivel del mar normal. El efecto combinado de la baja presión y el viento sobre una masa de agua poco profunda es la causa más común de los problemas de la marejada. La marejada es particularmente dañina cuando coincide con la pleamar, ya que los efectos de la marejada se combinan con los de la marea y desde luego este fenómeno está muy relacionado con los huracanes.

Otro ejemplo son las **brisas marinas y continentales**. Estas se localizan en las costas y se producen por el efecto de las diferencias de calentamiento y enfriamiento que experimenta la Tierra y las masas de agua.

Así, durante el día la mayor temperatura de la tierra da lugar a ascensiones del aire calentado que son rápidamente compensadas por la llegada de aire frío procedente del mar o grandes lagos. Al anochecer hay un periodo de calma cuando las temperaturas se igualan. Durante la noche el mecanismo se invierte al estar el agua más caliente aunque la velocidad del viento suele ser menor debido a que las diferencias no son tan acusadas.

Durante el día en la playa costera el aire se calienta demasiado y tiende a subir de manera inmediata, entonces el aire frío del océano la sustituye lo que hemos llamado brisa marina. Asimismo, durante la noche ocurre el fenómeno contrario porque ahora es más caliente el aire del mar y entonces tiende a evaporarse y el aire de la costa tiende a sustituirla debido a que es más fría y se da el fenómeno



llamado brisa de tierra. En ambos casos, las brisas marinas son desviadas por el efecto de Coriolis y por tanto tienden a adquirir una dirección paralela a la costa con vientos suaves y continuos. Los monzones del suroeste de Asia no son más que una brisa marina y terrestre a gran escala según la estación del año.

La fuerza del viento empuja al agua superficial y ésta a su vez empuja a la capa de agua que la subyace y cada capa se desplazará a una cierta dirección debido a la fuerza de Coriolis, sin embargo la velocidad con que empuja el viento será menor en la medida que aumente la profundidad, además de que el agua se estará moviendo en la dirección opuesta de la corriente superficial, a esto se le llama **Espiral de Ekman**. En la latitud cero el agua no gira y su giro se incrementa con la latitud.

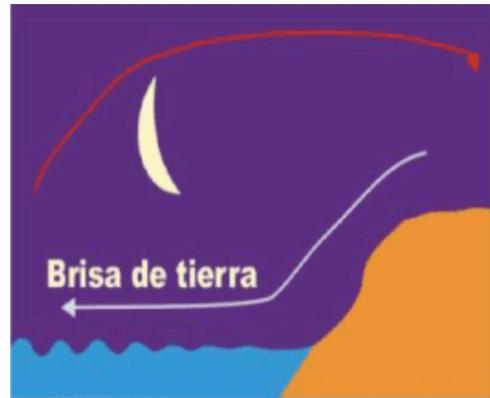
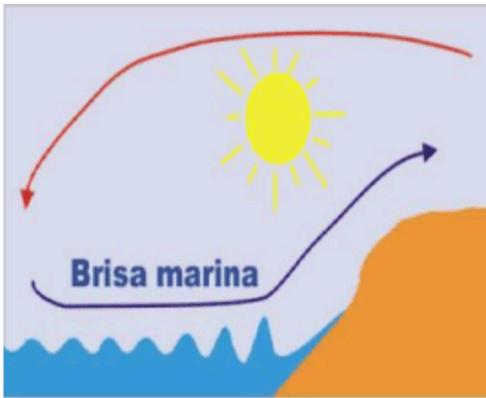


FIGURA 33. (Fondear. Brisa de mar y de tierra).

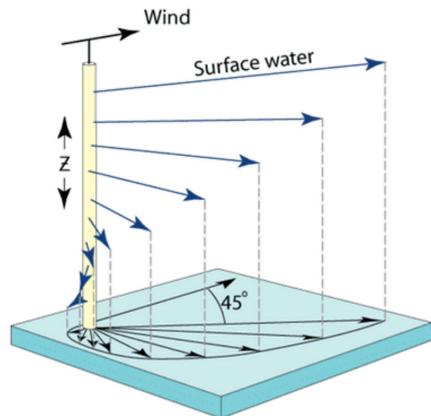


FIGURA 34. Espiral de Ekman. Oceanografía física.



Un caso particular que tiene que ver con vientos y otras variables como la temperatura son las **corrientes marinas**. Están asociadas al intercambio de calor y humedad de la atmósfera, dicho de otra manera, la generación de corrientes se da por efectos de convección de calentamiento de las aguas superficiales que ocurre en el hemisferio norte lo que produce un cambio en la densidad del líquido y después es desplazada por la fuerza de los vientos. También puede ocurrir por las mareas y ondas internas, como pasa en el Mar del Norte. Otros mecanismos hidrológicos y oceanográficos que explican la producción de las corrientes marinas son los movimientos de rotación y de traslación terrestre, la surgencia, el espiral de Ekman, diferencia de densidad por la sal, entre otros.

Definidos de manera más simple, diremos que las corrientes marinas son ríos dentro del mar que se desplazan siguiendo rutas cíclicas, la cual se denomina circulación general de las corrientes marinas, aunque existen casos particulares de circulación como el caso de muchas subcorrientes cuyo comportamiento es distinto ya que se mueven en forma independiente, algunas forman remolinos o desaparecen y ello se debe a múltiples factores como podrían ser la topografía del relieve marino, características morfológicas y otros. El viento sobre la superficie es el motor de las grandes corrientes marinas oceánicas superficiales y la circulación de las corrientes marinas responde al patrón general de la circulación atmosférica de los vientos.

Por su duración, las corrientes marinas u oceánicas pueden ser:

Permanentes o geostróficos.- Aquellas que solo experimentan pequeños cambios a lo largo del año. Algunas corrientes permanentes son: Humboldt, la del Golfo y las corrientes Ecuatoriales y son una parte de la circulación general de los océanos.

Estacionales. Aquellas que cambian en dirección o velocidad debido a cambios estacionales del viento.

Periódicas.- Aquellas cuya velocidad o dirección cambia periódicamente.

Accidentales.- Ocurren en cualquier periodo de tiempo y son de corto tiempo. Existen muchas subcorrientes cuyo comportamiento es distinto, ya que se mueven en forma independiente y forman remolinos o desaparecen.

Por su profundidad:

Superficiales.- Aquella que solo se extiende unos pocos metros por debajo de la superficie. La fuerza de estas corrientes, depende de la velocidad, constancia y duración de los vientos y se reconocen tres factores que influyen en la velocidad: profundidad del agua, topografía del fondo marino y temperatura. Por lo tanto, las aguas más frías y con mayor presión hidrostática, frenan las corrientes.

Las corrientes superficiales están ligadas a movimientos convectivos de agua más profundas donde la salinidad y la temperatura juegan un papel determinante. Las podemos clasificar por su localización:

Oceánicas.- Localizadas en alta mar



Costeras.- Son las corrientes que fluyen paralelas a la costa

Locales.- Que se desarrollan únicamente en cierta región

Intermedias o corriente subsuperficial.- Aquella que se localiza solo por debajo de la superficie.

Profundas.- Las corrientes de convección o “corrientes de circulación profunda”, también son impulsadas en parte por los vientos, pero su característica principal es la variación de temperatura de las aguas.

Las corrientes marinas dependen de la latitud, densidad, composición química, vegetación, clima. **Las cálidas** elevan la temperatura y están asociadas a las lluvias. En cambio las **frías** ocasionan a su paso sequías y provocan poca humedad.

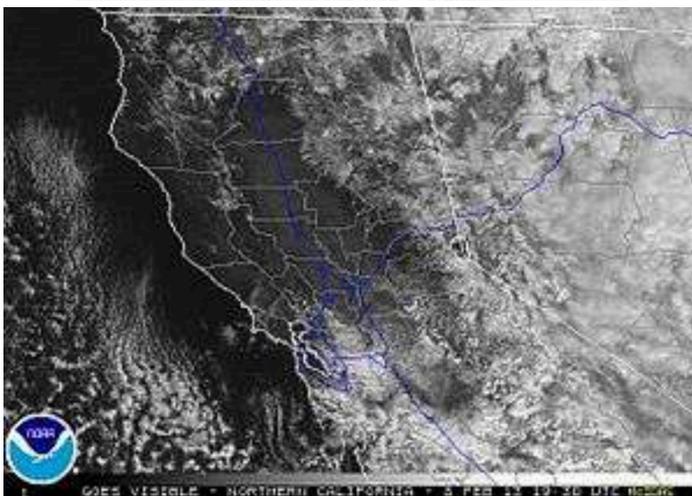
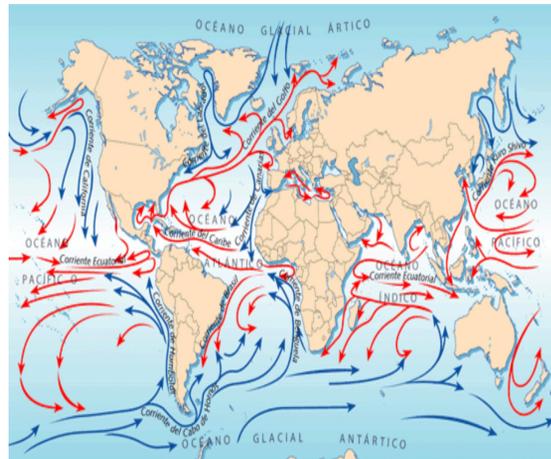


FIGURA 35. Circulación general de las corrientes marinas frías (azul) y cálidas (rojo) (Meteorología en red). Y corriente de California (Wikipedia, enciclopedia libre 2023).



Algunos beneficios de la circulación de las corrientes marinas son que equilibra de cantidad de agua al removerla; revuelve sales y reparte el oxígeno, distribuye la temperatura y ayuda a la migración de los animales marinos y a la navegación.

¿Qué pasaría si los vientos dejan de tener una velocidad y dirección constante?, ¿particularmente los vientos alisios que soplan de los trópicos de cáncer y capricornio hacia el Ecuador?

En términos generales, los vientos alisios mantienen estables las aguas cálidas del Pacífico occidental y las aguas frías del Pacífico oriental y la termoclina se encuentra más o menos a 40 metros de profundidad. Asimismo, el océano Pacífico absorbe una gran cantidad de calor, los cuales son desplazados al oeste por los vientos alisios de esta manera el agua caliente que eleva y forma nubes que después se precipita formando los monzones en los países de Indonesia y Australia. Como se muestra en la figura siguiente.

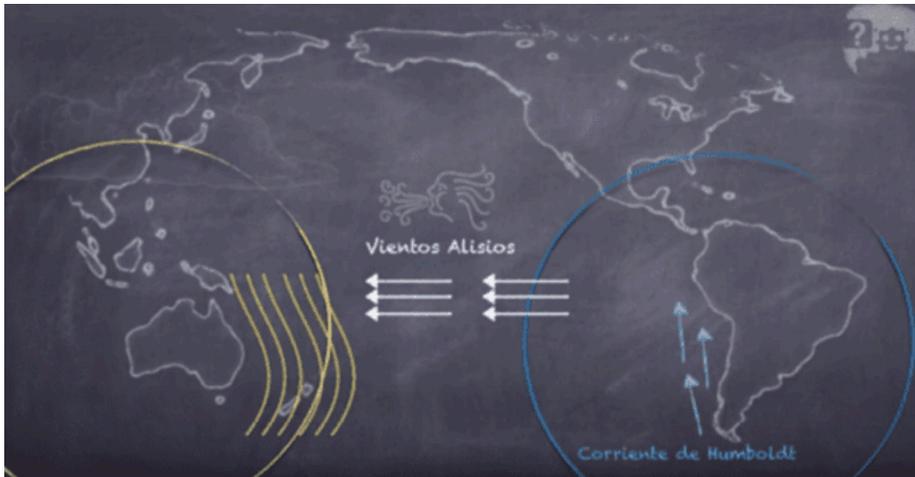


FIGURA 36. (Ciencias de la Tierra y Medio ambientales. fenómeno el niño).

Pero al disminuir los vientos alisios del este, una capa cálida del Pacífico occidental fluye hacia el este y se desplaza sobre aguas frías y el sistema normal se interrumpe y las aguas cálidas se desplazan ahora hacia el este y se producen lluvias inusuales en el Pacífico y el agua de las costas de Perú se calientan y por ende mueren peces, originándose el fenómeno llamado **el niño**. Dependiendo de su fuerza, 'El Niño' puede causar una variedad de impactos como aumentar el riesgo de fuertes lluvias y sequías en algunos lugares del mundo. En la siguiente imagen observamos que la corriente llamada niño ha incrementado su presencia en enero, debido a que las aguas del Pacífico han incrementado su temperatura.

Si ocurre el fenómeno contrario, es decir, que vientos alisios aumenten, entonces la capa cálida del W se repliega y hace más frío en la zona. Este fenómeno que se llama **La niña**.

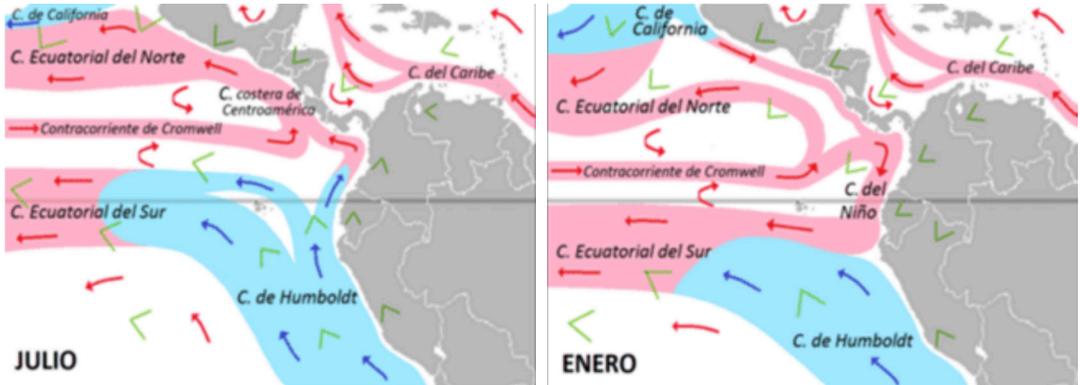


FIGURA 37. (web: Fenómeno el niño).

Si los vientos virtualmente desaparecen por completo, o bien si son suaves acompañado de lluvias abundantes y calor, entonces se produce de gran periodo de calma llamada **zona de calmas ecuatorial o calma ecuatorial**. La zona se sitúa donde convergen los vientos alisios del hemisferio norte y sur. Las calmas se producen porque la convergencia de vientos ocasiona baja presión atmosférica, por lo que también se le relaciona con la vaguada ecuatorial. La anchura media de la zona de calmas ecuatoriales sobre los océanos es de 6° en promedio, pero su ubicación varía dependiendo de la estación del año, de tal modo que su oscilación promedio puede ser entre los 5°S y 15°N de latitud norte y sur.

Sobre dicha zona está el cinturón de lluvias tropicales. Es por ello que la precipitación es constante en dicho lugar, lo que aunado al calor y la falta de viento hace que el tiempo sea sofocante.

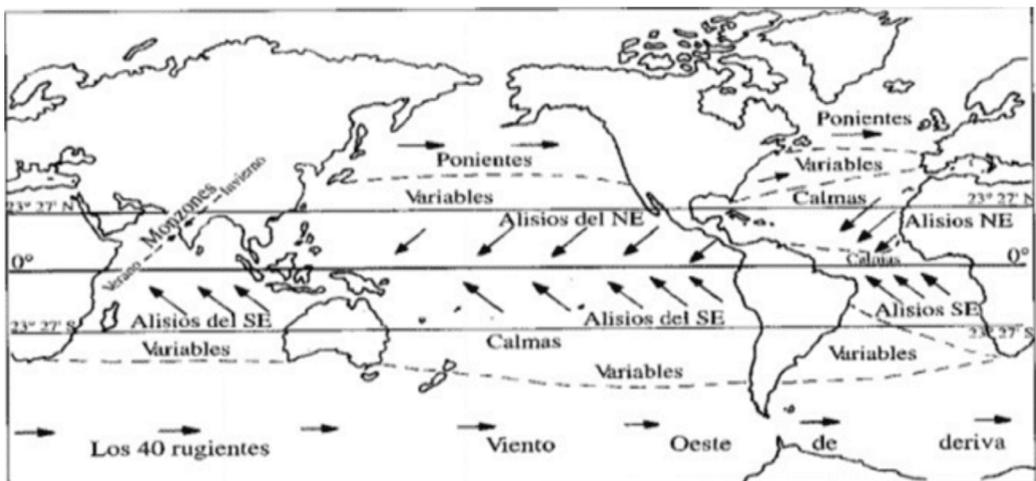


FIGURA 38. Zona de calma ecuatorial. (Aula náutica: Meteorología).



3.2 Cambios de densidad de las aguas superficiales marinas y las surgencias o afloramientos como producto

Los cambios de densidad de las aguas superficiales marinas pueden ser originados por muy diferentes causas como son la formación de corrientes marinas, por el transporte de Ekman, por la intensidad de los mismos vientos, pueden ser debidas a la desviación de corrientes profundas y por movimientos de grandes masas de aguas que se generan en latitudes altas. Estos cambios de densidad de las aguas superficiales marinas también son causados por las elevadas temperaturas (particularmente en zonas tropicales y durante primavera-verano), o bien por la fusión de hielo en los polos, de entre otras causas.

Cabe señalar que en cualquiera de los casos, las aguas frías y salinas son más pesadas y éstas se van al fondo y producen un vacío que son reemplazadas por las aguas más ligeras que absorben el calor de la atmósfera. Todo lo anterior produce las llamadas surgencias o afloramientos. Así, las **surgencia o afloramiento** consiste en el ascenso de aguas frías desde la zona sbyacente hasta la capa superficial.



FIGURA 39. Fuente propia.

FIGURA 40. Tomada y modificada. (web: Corriente oceánica profunda).



Las consecuencias son poca lluvia en la región donde se presentan estos afloramientos y existen banco de niebla en la zona, ello debido a que el agua fría que emerge las produce. Las zonas de afloramiento comprenden tan sólo el 1% del área total de los océanos de la Tierra y sin embargo acumulan el 20% de la productividad.

En la siguiente figura se muestra las surgencias que tenemos en México.

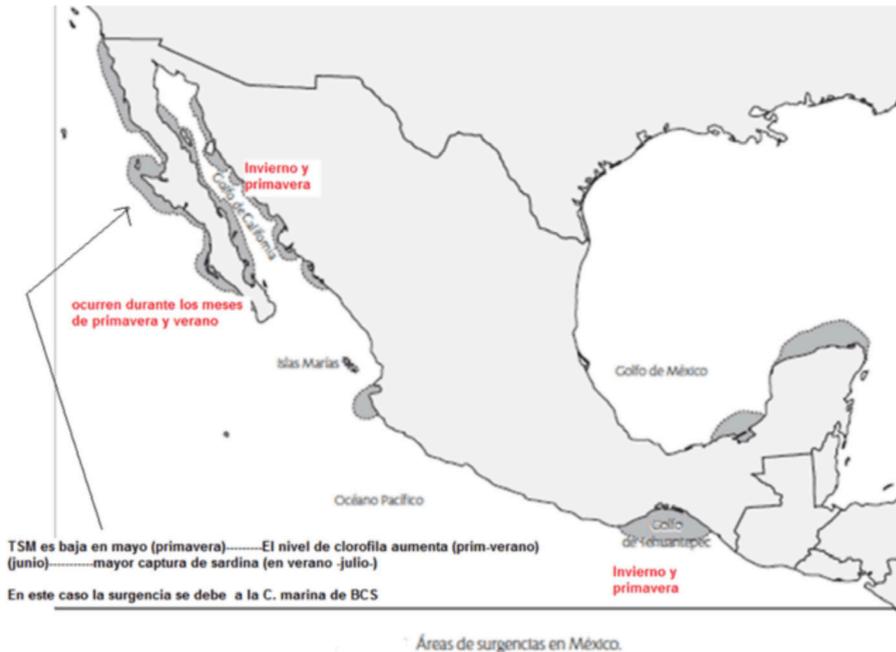


FIGURA 40. Áreas de surgencias en México. (Ecorregiones marinas de México. Enero 2008. Los ecosistemas marinos).

Existen tres tipos de surgencias a saber:

Ecuatorial.-Son producidos por vientos alisios y generalmente ocurren en mar abierto y son mas comunes en el pacifico.

Afloramiento costero.-Tiene lugar en los bordes de los continentes. Son una consecuencia de la rotación terrestre (efecto de Coriolis), y se origina cuando los vientos soplan de forma paralela a la costa desplazando la masa de agua superficial costera hacia el océano y permitiendo la elevación o afloramiento del agua subsuperficial.

Afloramiento estacional.- Se debe a las diferencias de calor tierra-mar entre verano e invierno. En el invierno el viento sopla de la tierra al mar desplazando el agua de la costa y causando afloramiento.



También debido a las diferencias de densidades de la sal y la temperatura (termohalina) tenemos que hundimiento de masa de agua las cuales se producen cuando las grandes masas de aguas que son frías y densas en las latitudes altas son impulsadas hacia latitudes más meridionales por los vientos. Al llegar a áreas con aguas más cálidas y menos densas se hunden dando lugar a desplazamientos verticales.

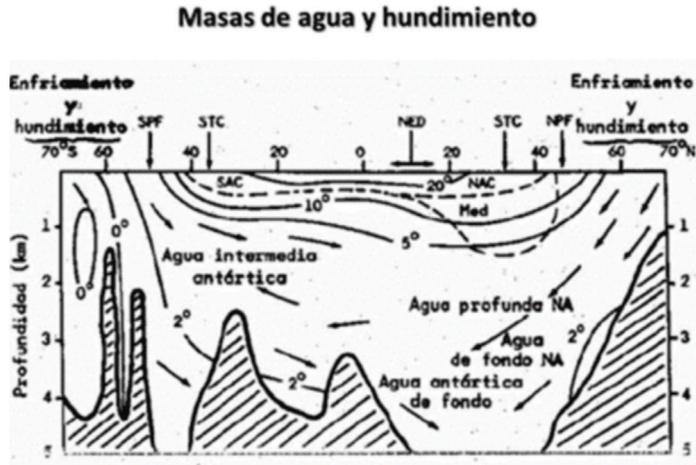


FIGURA 42. (Ilce biblioteca. Las masas de agua).

3.3 Corrientes de convección o por corrientes por mareas

Son corrientes periódicas cercanas a las costas que ocurren por interacciones gravitacionales entre el sol, la tierra y la luna manifestadas a través de subidas y caídas de los niveles del mar. Así, el ascenso y descenso regular del nivel del mar depende básicamente de las fuerzas gravitatorias de los astros externos de la tierra, particularmente del sol y la luna y en segundo término también depende de la batimetría de la región en que se produce este ascenso y descenso. La relación de las fuerzas gravitatorias está dada por la ley universal gravitacional.

La fuerza de atracción de la luna al estar mucho más cerca de la tierra que el sol, es la fuerza principal de la marea, siendo 2 o 3 veces superior a la del sol. Si los astros sol, luna y tierra están alineados formando un ángulo de 180°, la fuerza gravitatoria será mayor y entonces se producen subidas y bajadas del nivel del mar mucho más acusadas llamadas mareas vivas o zizigia la cual ocurre aproximadamente cada 15 días en el periodo de luna llena y luna nueva (luna nueva o novilunio y luna llena o plenilunio) y durante los espacios de la intermareas tendremos pleamar, que es una subida del mar debido a las mareas normales diarias provocada por la atracción gravitatoria de la luna y el sol.

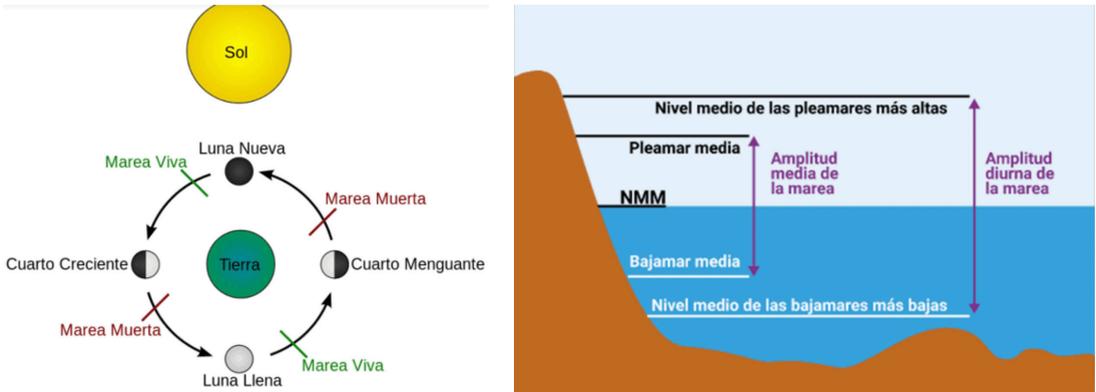


FIGURA 43 Y 44. (web: Tabla de mareas. Tipos de mareas).

En cambio, cuando la luna, la tierra y el sol forman un ángulo recto (luna en cuarto creciente o cuarto menguante) tenemos marea muerta, debido a que las fuerzas de atracción son menor entre los astros. Cabe señalar que los fenómenos de mayor o menor atracción también ocurren durante el perihelio y el afelio.

La amplitud de la marea alta es menor a 1 m en alta mar, en cambio, cerca de las costas la amplitud generalmente es mayor y en algunos casos sobrepasa los 10 m. También la amplitud depende de la batimetría, fricción de rotación y la fuerza gravimétrica. Así, si la pendiente es más suave las olas serán más pequeñas, en cambio sí son abruptas las olas serán mayores.

Entonces, para entender el ciclo de la marea, debemos pensar que a la vez que la tierra gira sobre su propio eje en movimiento de rotación, también la luna gira alrededor de la tierra en traslación. Este movimiento de traslación de la luna hace que desde un punto de la tierra tardemos algo más de 24 horas en volver a estar alineados frente a la luna. Esto es lo que llamamos un día lunar y es el tiempo por el que se rige el ciclo de la marea, por lo tanto el ciclo de la marea es de 12 horas entre pleamar y pleamar y de 6 horas entre pleamar y bajamar.

3.4 Movimiento de las aguas marina que ocurren por sismos

Los terremotos también conocidos como temblores o sismos ocurren en casi el 80% en las costas del Pacífico, un área que también recibe el nombre de “Anillo de Fuego” por la gran actividad volcánica que presenta aunque la mayoría ocurre en zonas sísmicas o fallas geológicas. Algunos sismos son lentos y de larga duración y duran de seis u ocho meses ocurriendo entre las placas de cocos (oceánica) y la norteamericana (continental) que se suscitan notablemente en la brecha sísmica de Guerrero y



Oaxaca. (Gaceta UNAM 1 de junio de 2023). Para poder describir la fuerza de un terremoto y los daños que produce se han confeccionado escalas que miden la intensidad y la magnitud de los sismos. Se asignan escalas a los movimientos telúricos en función de la magnitud o duración de sus ondas sísmicas. La escala más conocida y usada es la de Richter (1935).

Si un sismo que se localiza en el mar se le llama **Maremoto** y tiene lugar en los fondos oceánicos relacionada con zona de subducción o fallas geológicas. La figura 45 muestra la actividad sísmica y la figura 46 fue realizado por los estudiantes de geografía de los océanos José Issac García, Gabriel Ramírez y Saúl Ortiz bajo asesoría propia.



Actividad sísmica en la costa este de Japón (2000-2016)
Mayor a 6,5 grados Richter

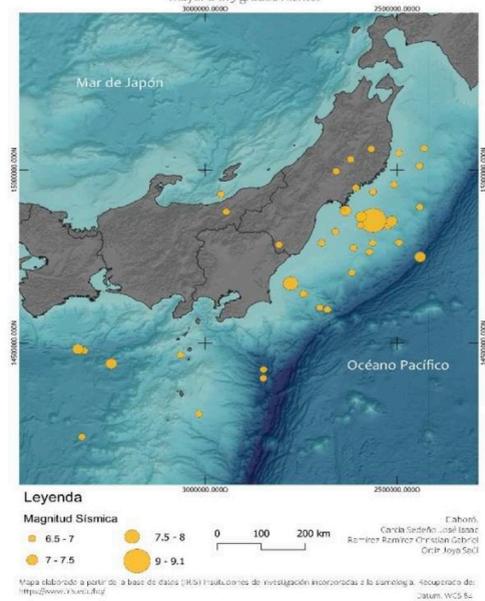


FIGURA 45. (web: Esquema de propagaciones Tsunamis) y **FIGURA 46.** Mapa de actividad sísmica realizado José Issac García, Gabriel Ramírez y Saúl Ortiz.

Una vez que se produce un sismo en las aguas marinas se genera una serie de ondas que producen olas que se propaga en la superficie del mar teniendo como producto el **tsunami**. Los tsunamis son olas enormes con longitudes de hasta 100 kilómetros y que viajan a velocidades de 700 a 1000 km/h. En alta mar la altura de la ola es pequeña sin superar el metro; pero cuando llegan a la costa al rodar sobre el fondo marino alcanzan alturas mucho mayores de hasta 30 y más metros. Lo anterior se debe a que cuando la ola entra en la plataforma continental la disminución drástica de la profundidad hace que su velocidad disminuya y empiece a aumentar su altura, claro dependiendo del tipo de relieve. Así, los elementos determinantes para que ocurra un tsunami son la magnitud del sismo, la profundidad del hipocentro y la morfología de las placas tectónicas involucradas.



Antes de su llegada, el mar acostumbra a retirarse a distancias variables de la costa, desde entonces hasta que llega la ola principal pueden pasar de 5 a 10 minutos u horas. La mínima magnitud que se requiere para generar un tsunami es de 6.5 en la escala de Richter. Los Tsunamis también pueden ser provocados por volcanes submarinos, deslizamientos de laderas, por impacto de un meteorito y hasta el factor humano como explosiones nucleares. La siguiente figura muestra las causas principales que provocan las olas y las fuerzas restauradoras que estabilizan dichos movimientos.

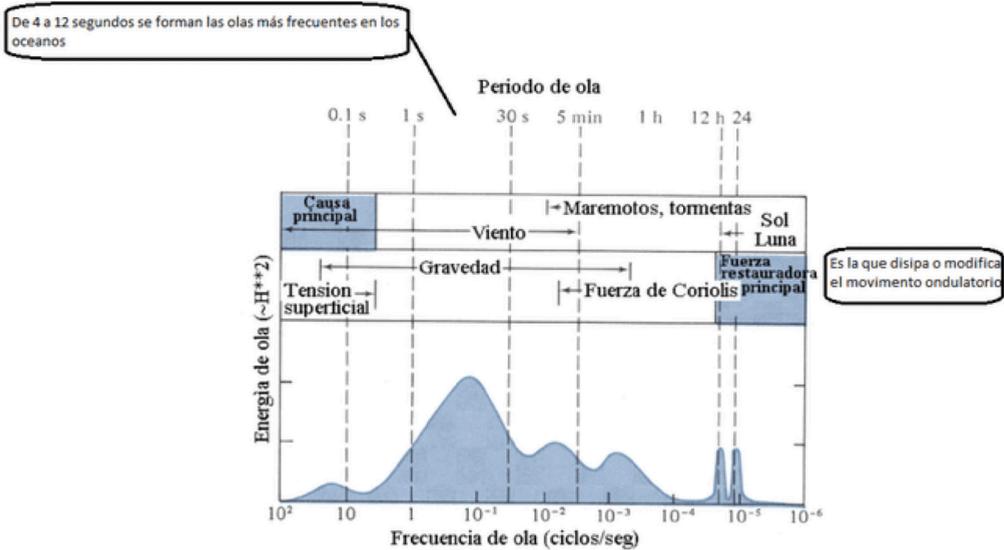


FIGURA 47. Clasificación de las olas según su periodo. (Fundamentos de oceanografía física).

3.5 Modelado de las costas: la deriva litoral, los agentes endógenos y exógenos

Existen diferentes tipos de costa que son formas resultantes de la deriva litoral o deriva costera y esta a su vez es producto de los procesos endógenos y exógenos.

La **deriva litoral y corrientes litorales** consisten en el transporte y depósito de sedimentos (normalmente limos, arenas y sedimentos gruesos como gravilla) a lo largo de la costa. Los sedimentos son transportados y no llegan perpendicular a la orilla, sino que siguen una trayectoria en zigzag y dependen de la dirección del viento predominante, el reflujos y la corriente del reflujos. Este proceso ocurre en la zona litoral o muy cerca de la zona de rompimiento de las olas.

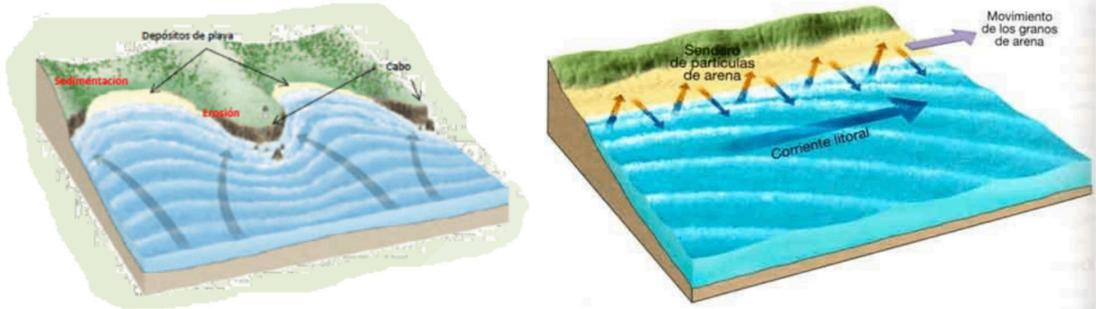


FIGURA 48. Revista geográfica: IGUNNE. Facultad de humanidades. UNNE. Enero-junio 2014. ISSN:1668-5180 Resistencia, Chalco.

La deriva litoral juega un rol fundamental en la evolución de una costa, puede cambiar dramáticamente impactando en la formación y evolución de una playa y desde luego impacta a la línea de costa, pero la erosión costera también modifica la variación relativa del nivel medio del mar. Los principales tipos de erosión son: el viento, las olas, las corrientes, el hielo, los procesos químicos y la acción biológica.

Enseguida platicaremos de las formas más comunes de erosión y de depósito de sedimentos que encontramos en las costas.

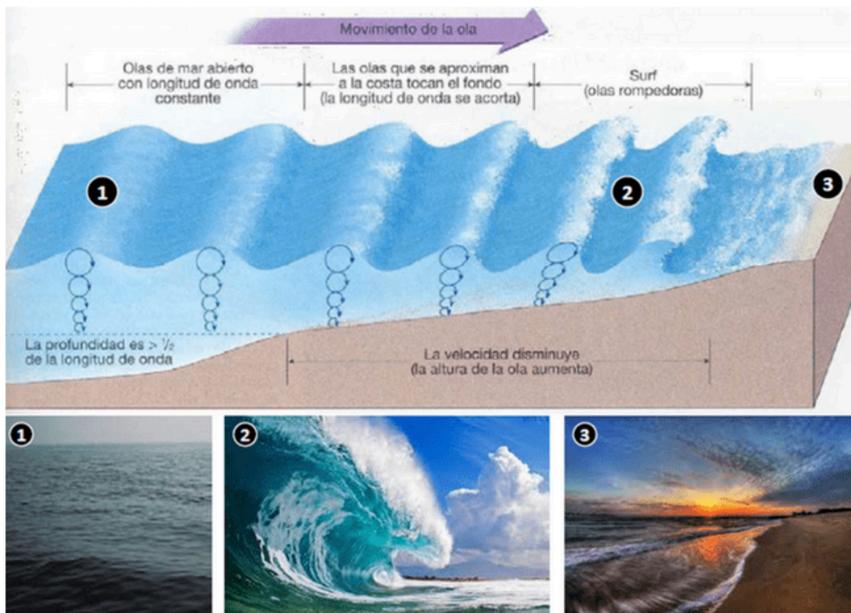


FIGURA 49. Revista geográfica: IGUNNE. Facultad de humanidades. UNNE. Enero-junio 2014. ISSN:1668-5180 Resistencia, Chalco.

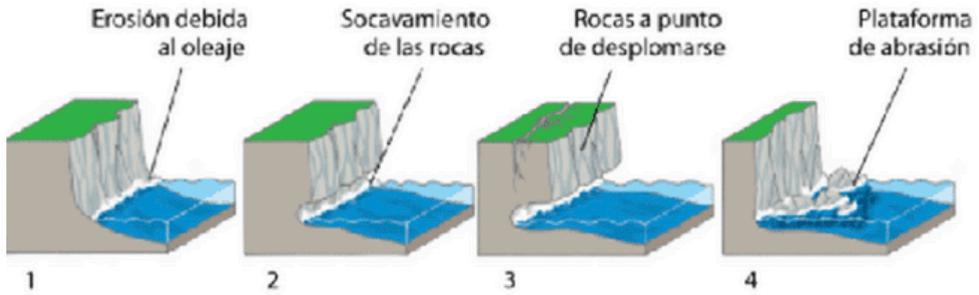


FIGURA 50. Formación de una plataforma de abrasión. (Web: Ciencias de la tierra y medio ambiente. Morfología costera).

Imágenes de las plataformas d abrasión producidas por erosión de las aguas marinas.



FIGURA 51. Plataforma de abrasión debido a la erosión del oleaje. (Ciencias de la tierra y medio ambiente. Morfología costera) y Figura 52. Restos de una plataforma de abrasión en corralero, Oaxaca. Aportación propia.

Imágenes de farallón que es un promontorio rocoso que se alza sobre el mar cerca de la línea de costa, originado también por la acción erosiva de las olas sobre las partes más blandas y un acantilado producidas por agentes erosivos marino y eólico.



FIGURA 53. Farallón (Wikipedia, enciclopedia libre) y acantilado

FIGURA 54. (Definición de acantilado).

Imágenes de flecha o barra litoral producida por cúmulo o depósito de arena con un apéndice de tierra que la mantiene unida al continente y el arco marino producto de la erosión marina y eólica.



FIGURA 55. Flecha o barra litoral.(geomorfología litoral).

FIGURA 56. Arco marino (Infobase. Arco marino en Cabo San Lucas).

Imágenes de dunas de arena producida por cúmulo o depósito de arena generada por el viento. La existencia de vegetación en las zonas de dunas permite que estas se estabilicen.



FIGURA 57. Dunas de arena.Mancera Flores Andrea. (2021).Adaptación y aplicación de un índice de vulnerabilidad costera en el litoral norte del municipio de Actopan, Veracruz, México.

Otros modelados del relieve costero comunes son la propia playa, bahía, cuevas entre los más comunes. Enseguida se muestran algunos elementos morfológicos de la costa en el mapa elaborado por el estudiante de geografía de los océanos Erik Sánchez bajo asesoría propia.

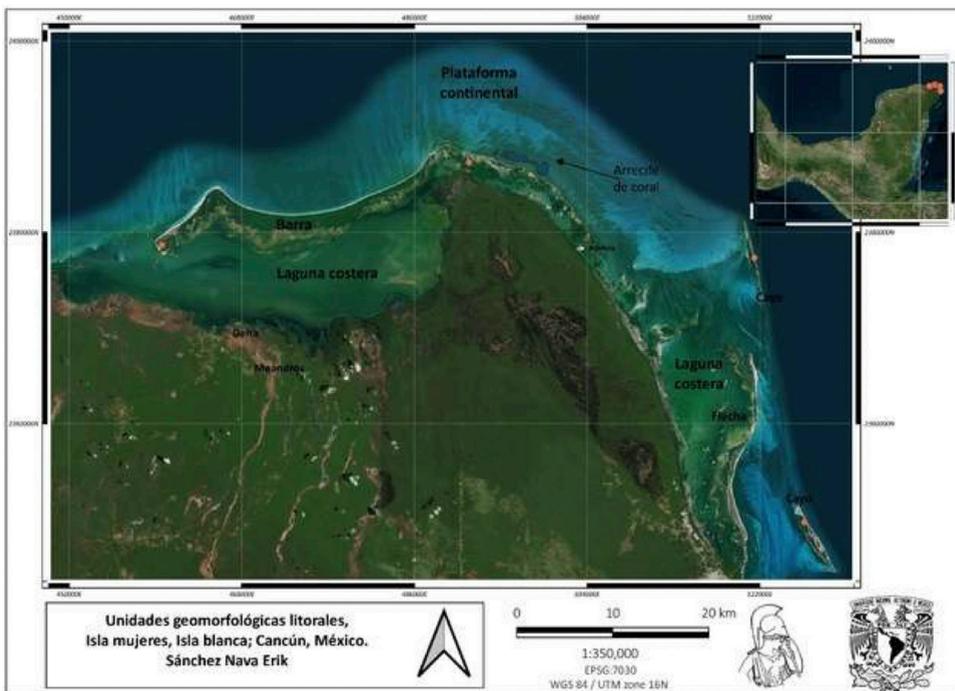


FIGURA 58. Mapa elaborado por el estudiante Erik Sánchez Nava



El resumen lo tenemos en la siguiente tabla

TABLA II. Elaboración propia.

Formas de relieve costero	Entrantes al continente Está rodeado de tierra y solo uno de sus lados tiene salida al mar.	Saliente al continente Está rodeada de agua y sol una parte está ligada a la tierra.
En contacto con el continente	Golfo—Bahía—ensenada—fiordo. Ría o Rada -Es un brazo de mar que se interna en las costas y está sometido a las acciones de las mareas. Fiordo. -barranco escavado por un glaciar y que luego fue invadido por el mar.	Península—cabo o punta. - sólo difieren de tamaño y son zonas extensas (Istmo) y se unen a un territorio mayor Duna. - acumulación de arenas en el litoral. Tómbolo - Barra de arena que une al continente con una isla pequeña.
Llano	Playa. - depósito de sedimento no consolidados. Marima. - es un humedal Albufera. -es una laguna litoral separada del mar por una lengua de arena. Delta. - desembocadura de río.	Flecha litoral.
Otros	Istmo Estuario	
En el mar u océano		Archipiélagos---Islas---islotos. - el primero es un conjunto de islas en mar abierto y el islote es una isla muy pequeña. Estrechos y canales. -

Unidad IV

El color del océano



El color de los océanos y mares está relacionada con la incidencia solar sobre ellas, es decir, la luz solar es absorbida, pero de manera distinta en las diferentes profundidades, de esta manera, del 100% de la incidencia solar; 43 % incide sobre los océanos, de los cuales el 27% es absorbido por las aguas marinas. En la siguiente figura se observa el espectro electromagnético del sol.

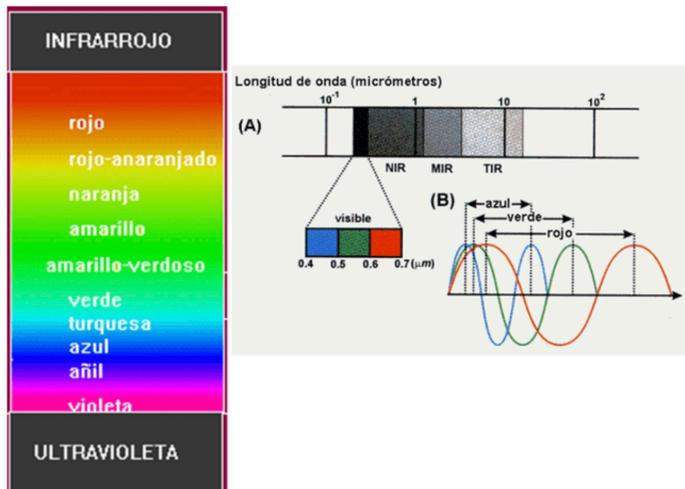


FIGURA 59. Espectro de la radiación solar. (Fundamentos físicos de la teledetección).

En la siguiente figura se ha realizado una tabla y se señala la forma en cómo se absorben las radiaciones solares y las profundidades a que se realizan. Como se observa, las rojas y anaranjadas son absorbidas rápidamente a diferencias de las azules que son las ultimas en absorberse. Un caso particular es que en el Atlántico es absorbida a 700 metros y en el Mediterráneo a 800 metros.



TABLA III. Elaboración propia.

superficie marina

penetracion de radiaciones rojas y anaranjadas	20 m
penetracion de radiaciones amarillas	100 m
Penetracion de radiaciones verdes	200 m
penetracion de radiaciones azules	

Otras causas que le dan color al océano son la suspensión de sedimentos como el caso que ocurre en el mar amarillo que por desembocadura del río YungTse el color se torna amarillo en la parte costera. En algunas zonas de los océanos se torna de color verde debido al crecimiento del fitoplacton (donde las condiciones de nutrientes y luz solar son adecuadas) y clorofilas. También los colores dependen del tipo de algas que exista en el mar por ejemplo en el mar rojo y mar bermejo sus colores se deben a sus algas. Hay casos en que la coloración roja de los océanos y sus costas se debe a que existe una gran cantidad masiva de fitoplancton como los dinoflagelados, lo cual provoca la marea roja. Finalmente, también debido a las diferentes densidades de las masas de agua también se puede adquirir un color más oscuro, como ocurre con el mar Kuroshio (agua oscura). Un caso particular son los mares del caribe mexicano, donde tenemos aguas de color verde-azul debido a la abundancia de las rocas calizas en su fondo.



FIGURA 60 Y 61. Mar Caribe mexicano y Mar amarillo. (web. Sin reserva).



FIGURA 62 Y 63. Mar Kuroshio y Mar rojo. (Naval Today.com).

Hay casos particulares como las Coloradas que no es una playa como tal (aunque sí está en la costa) y tampoco se trata de un lago o laguna, y se le llama así a un conjunto de pozas que pertenecen a una de las plantas procesadoras de sal de México. Se encuentra ubicado en el litoral norte de la península de Yucatán. El tono puede variar del rosa pálido al intenso casi rojizo. Las halobacteriales o halófilos es cualquier organismo que vive en un ambiente de alto contenido de sal y son comunes en los entornos de grandes cantidades de sal, la humedad y materia orgánica y aparecen de color rojizo como se muestra en la siguiente imagen64.

El fenómeno que le da luz más que color a la parte costera es el creado por algunos organismos microscópicos denominados fitoplancton bioluminiscente y son seres pequeños que reaccionan a los cambios en la tensión y la acidez mediante la emisión de luz tal como hacen las luciérnagas como se muestra en la figura 65.



FIGURA 64 Y 65. Las coloradas y y bioluminiscencia en Chacahua, México. (web: Topadventure).



La bioluminiscencia tiene distintas funciones en los ambientes naturales tales como la defensa, la comunicación, la reproducción y la atracción de presas. También es cierto que una amplia variedad de organismos emiten luz incluyendo bacterias, hongos, insectos, crustáceos, moluscos y peces. En los hábitats marinos el uso de la bioluminiscencia está mucho más generalizado que en el entorno terrestre donde se limita al reino de los hongos y ciertos invertebrados como las luciérnagas y algunos escarabajos.

Algunas playas y lagunas bioluminiscentes en México son: Xpicob en Campeche que es una zona dedicada a la conservación de las especies. El fenómeno ocurre entre julio y noviembre. También ocurre en las de Bahía Bucerías, Nayarit en este lugar se puede ver durante gran parte del año. Otro lugar donde ocurre este fenómeno es en

Holbox, Quintana Roo durante los meses de julio a enero, mientras que en las lagunas de Chacahua y Maniatlepet en Oaxaca ocurre entre agosto y marzo.

4.1 El color del litoral: Las playas

Las playas también presentan cierta coloración dependiendo del material con que esté integrado, así tenemos que la playa de arena blanca de las Maldivas, Fiji o, Hyams Beach en Australia son blancas debido a que son integradas por pequeños trozos de coral acompañado de algas marinas. En cambio, la playas de arena rosada. Proviene de la abundancia de un tipo especial de foraminíferos que viven en pequeñas conchas de color rosa-rojizo. Cuando éstas mueren estas cáscaras quedan y eventualmente terminan aplastados o mezcladas con otros trozos de rocas y conchas. Las playas de arena roja se forman cuando la roca volcánica y los grandes depósitos de hierro colisionan gracias al poder erosivo del mar, Hay tres grandes playas de arena roja en el mundo: la playa de Kokkini en Grecia, Kaihalulu Beach en Hawaii y una en las Islas Galápagos.



FIGURA 66 Y 67. Playa de arena blanca y playa de arena rosada.
(Web: Insolit. 12 playas con arena de colores).



Las playas de arena roja se forman cuando la roca volcánica y los grandes depósitos de hierro colisionan gracias al poder erosivo del mar. Hay tres grandes playas de arena roja en el mundo: la playa de Kokkini en Grecia, Kaihalulu Beach en Hawaii y una en las Islas Galápagos. Las playas de arena verde existen en el mundo Papakolea en Hawaii y playa Talofofu en Guam. Estas playas deben su color inusual a los cristales de olivino que se desprenden de depósitos de basalto (probablemente de volcanes submarinos). Como los cristales de olivino son mucho más pesados que la mayoría de los minerales se lavan en las costas y quedan atrás cuando la marea aleja las arenas más ligeras.



FIGURA 68 Y 69. Playa de arena roja y playa de arena verde.
(Web: Insolit. 12 playas con arena de colores).

También existen playas de conchas marinas en lugares como Australia o Jeffreys Bay en Sudáfrica y la isla de Sanibel en Florida, las causas de la abundancia de conchas marinas. Playas de cristal son un fenómeno provocado por el hombre. Ejemplo de ello es la playa en Fort Bragg, California, la cual fue un importante sitio de depósito de basura de la ciudad. En los años 60, la ciudad cerró “El Depósito” y se instituyeron varios proyectos de restauración y programas de limpieza ambiental para limpiar residuos y escombros. Debajo de todos los escombros, encontraron una playa entera de vidrio pulido por el mar.

Playa de arenas naranja se debe a su alto contenido de hierro. La costa de Ramla Bay en las islas maltesas es de un color naranja brillante. En cambio, la playa de arena púrpura como Pfeiffer Sur de California se debe al manganeso y granate erosionados.



FIGURA 70 Y 71. Playa de arena concha marina y playa de cristal.
(Web: Insolit. 12 playas con arena de colores).



FIGURA 72 Y 73. Playa de arena naranja y playa purpura. (Web: Insolit. 12 playas con arena de colores).

También tenemos playas de arenas negras su color único se debe a las altas concentraciones de lava erosionada y roca volcánica. Un caso particular que no se debe a la coloración de las playas es su estructura rocosa, así tenemos playas de rocas geométricas. Estos llamativos pilares en la Calzada de los Gigantes en Irlanda son del basalto de la fracturación de la lava endurecida durante su secado, dejando pilares entrelazados. Finalmente, tenemos playa en forma de cueva, la cual se debe a la erosión, Islas Marietas frente a las costas de Nayarit en México son un ejemplo de ella y existe otra en Portugal.



FIGURA 74 Y 75. Playa de arena negra y playa en forma de cueva.
(Web: Insolit. 12 playas con arena de colores).

Unidad V

Propiedades físico-químicas de las aguas marinas



El océano contiene 1350 millones (m) de km³ de agua y se calcula que contiene aproximadamente 77 elementos químicos. Las aguas marinas son saladas porque están formadas por compuestos químicos derivados de los ríos que desembocan de la corteza terrestre, desde luego la salinidad varía dependiendo de factores tales como evaporación, precipitación, aportación de agua dulce, formación de hielo, temperatura, de entre otros. Los elementos disueltos en las aguas marinas son: Br, Fe, Fl, Mn, Cu, I, y algunos gases en disolución como el N (63%), O (33%) y CO₂ (1.4%) y gases raros Ar, Kr, Xe, Ne, He (1.6%).

Los principales elementos químicos que contiene el agua marina

TABLA IV. (Slideshare.Caractersticas-fsicas-de-la-tierra).

Elementos	Concentración (gr/l)	Cantidad de agua (ton)	Observaciones
Cl	19	8.5x10 ⁷	Disuelto en agua
Na	11	4.95x10 ⁷	Disuelto en agua
Mg	1.3	6.4x10 ⁶	Presente en esqueletos orgánicos
S	1	4.2x10 ⁶	En forma de sulfatos
Ca	0.5	1.9x10 ⁶	En forma de carbonatos ej, foraminíferos
K	0.4	1.8x10 ⁶	En forma de cloratos

5.1 Distribución de la temperatura en los océanos

Por otra parte, el principal aporte calorífico que tiene el agua del mar está representado por las radiaciones energéticas que le llegan del Sol. Su calor específico tiene un valor elevado en comparación con el calor específico de las demás sustancias existentes en la superficie del planeta; esto confiere al mar una extraordinaria capacidad para almacenar calor y por esta propiedad puede actuar como un gigantesco moderador del clima.



Esta gran capacidad de los océanos para conservar el calor permite que la temperatura sea más estable en el mar que en los continentes. Las radiaciones solares que llegan a la superficie del mar penetran en su masa alcanzando generalmente una profundidad promedio de cien metros, pero que puede extenderse hasta los mil metros. La penetración de estas radiaciones depende principalmente de la turbiedad, es decir, de la cantidad de materia sólida que se encuentra en suspensión.

Conforme la profundidad aumenta van penetrando menos radiaciones, por lo que la temperatura disminuye. Por lo anterior, en la superficie del mar existe una capa de agua relativamente caliente, con una temperatura uniforme; esa capa puede extenderse de los 20 a los 200 metros de profundidad, dependiendo de las condiciones locales. Abajo de ella existe una zona limítrofe en donde se presenta un rápido descenso de la temperatura llamada termoclina que divide a estas aguas superficiales menos densas y menos salinas, de las aguas de las profundidades más frías, densas y salinas.

La temperatura media del agua varía de manera latitudinal y consideremos que las latitudes bajas o tropical se encuentran de 0° a 24° o 30°, las latitudes medias de 24° a 60° o 70° y las latitudes altas de 70 a 90°.

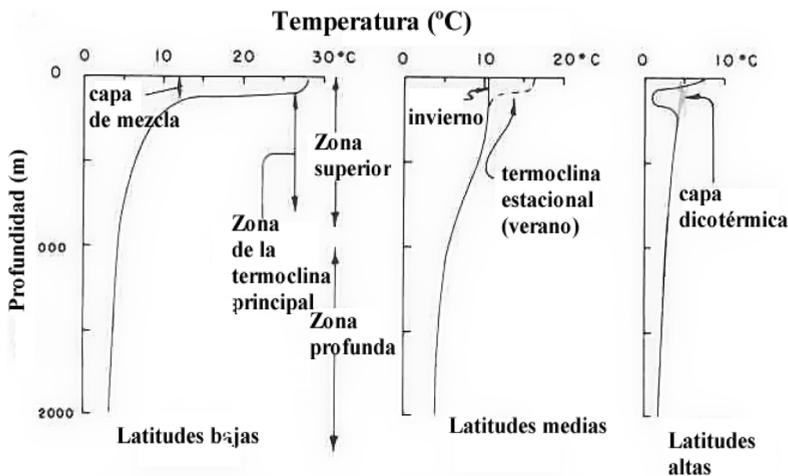


FIGURA 76. Perfiles típico de temperatura en los océanos (Distribuciones típicas de las características del agua de mar).

De la figura anterior se observa que las latitudes bajas están asociadas a agua con una temperatura de 13°C a 30°C a una profundidad media que varía de 0 a 200 metros. Aunque se tiene la información de que la temperatura media en agua tropicales es de 25°C y en aguas subtropicales la temperatura media es de 15°C.



También es posible que se pueda presentar una termoclina invertida en dicho lugar, es decir, que la temperatura de las aguas superficiales sea más fría que las profundas, ello se debe al fenómeno de surgencias.

En latitudes medias observamos que durante el invierno la temperatura media superficial es de 10°C y en verano alcanza hasta 20°C y a una profundidad no mayor a 200 metros. A diferencia de las aguas profundas (mayor a 1000 metros) que alcanza hasta 5°C en promedio todo ello a una profundidad de 2000 metros. En este caso la termoclina es constante.

En latitudes altas como se observa, el promedio de la temperatura oscila de 2°C a un máximo de 10°C en la superficie y a profundidades mayores de 200 metros la variación promedio es de 2°C . Particularmente en aguas polares la temperatura promedio superficial es de entre 0°C y 2°C , pues el punto de congelación del agua salada es de 1.9°C . Como regla la salinidad y la temperatura disminuyen con la profundidad, aunque existen excepciones como ocurre con la corriente de California donde la salinidad crece con la profundidad. En síntesis, el promedio de temperatura a diferentes latitudes queda representada en la siguiente figura.

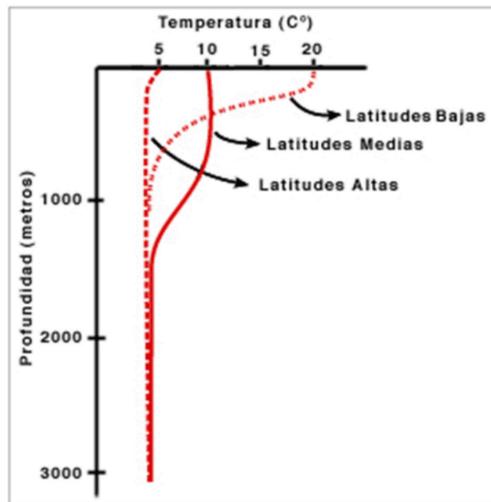
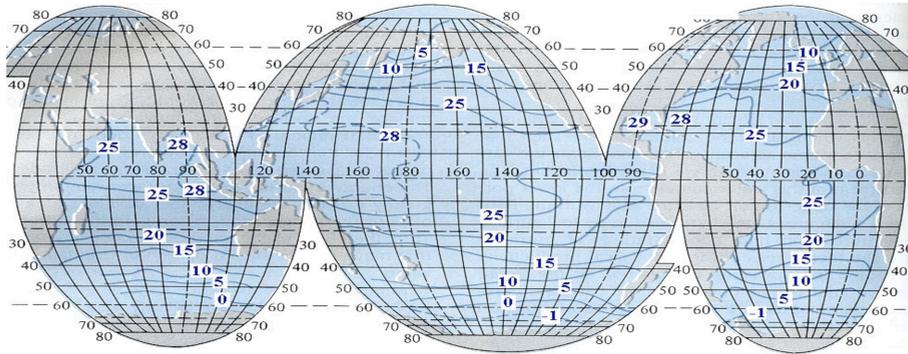
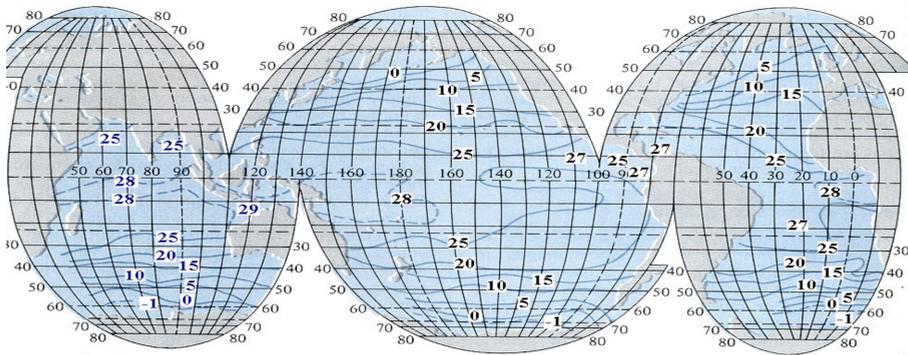


FIGURA 77. Estructura del promedio de temperatura del océano.

En la siguiente figura se muestra la temperatura superficial de verano (agosto) y la de invierno (febrero) en el hemisferio norte y sur respectivamente.



Temperatura superficial en agosto



Temperatura superficial en febrero

FIGURA 78. (web: distribuciones típicas de las características del agua de mar).

Como se observa, en el hemisferio norte la distribución de calor es más homogéneo, debido a que existe mayor cantidad de agua comparada ésta con el hemisferio sur.

5.2 La Termoclina

La temperatura está relacionada directamente con la termoclina que es la capa de temperatura que desciende de manera brusca con la profundidad del agua marina; dicho de otra manera, es la zona de transición entre la capa cálida y la fría. La termoclina se puede formar de forma temporal debido a fenómenos del calentamiento del agua y su formación también depende de las estaciones del año, de las corrientes marinas, de la salinidad y otras condiciones atmosféricas del lugar y desde luego se localiza a diferentes profundidades. La Termoclina es muy fácil observar en verano, aunque se manifiesta desde primavera cuando se empieza a calentar el agua en la superficie y la capa inferior se mantiene más fresca y densa. Generalmente se forman tres capas de agua bien definidas a saber.



La capa superior, es llamada el “**epilimnion**,” y es la que capta la luz solar y por tanto es la capa más cálida con alto contenido de Oxígeno y baja en nutrientes, puede tener un espesor hasta de 500 metros de profundidad. En el extremo esta la capa “**hipolimnion**” que es el segmento más frío, puede estar hasta a 4000 metros de profundidad y finalmente, en medio de estas capas se encuentra la **termoclina**, la capa de transición más agradable para los peces y ocurre de entre 200 1000 metros de profundidad.

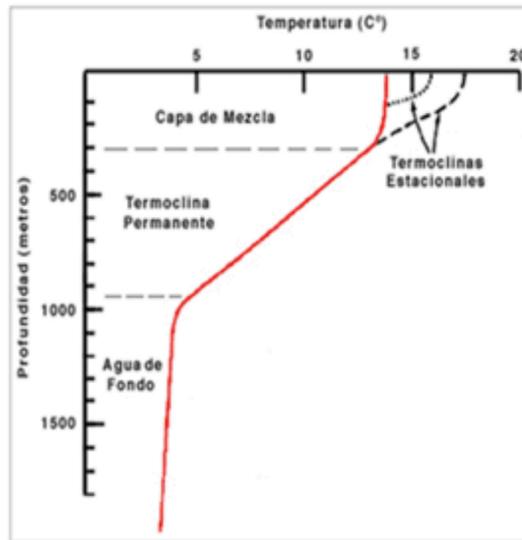


FIGURA 79. Crecimiento y decaimiento de la termoclina. (web: distribuciones típicas de las características del agua de mar).

5.3 Salinidad en los océanos

Se han identificado más de 70 elementos químicos en el agua de mar, la mayoría en cantidades pequeñas. Las sales minerales disueltas son: Cloruro, sodio, magnesio, azufre, calcio, potasio, bicarbonato, bromo, estroncio, boro y flúor. En conjunto estas sales constituyen más del 99% de la masa de solutos disueltos en el agua de mar. De ellos, el cloruro y el sodio (que forman el cloruro sódico, es decir, los componentes de la sal de mesa común) constituyen más del 85% del total. La cantidad restante de elementos que en total son menos del 1%. son: fósforo, hierro, manganeso, yodo y cobre.

Es importante resaltar que el agua de mar no es simplemente una solución de sales y gases disueltos, sino que los organismos vivos del mar también ejercen una influencia sobre la composición de las aguas. Por ejemplo, los moluscos y los crustáceos extraen el calcio del agua marina para crear sus conchas y cuerpos, y las esponjas y algunos tipos de algas marinas eliminan el yodo del mar.



En ausencia de la sal, el agua cálida flota sobre el agua fría, y a pesar de que la sal representa únicamente el 3% de la masa de los océanos es de gran importancia, pues afecta la densidad de las aguas marinas. Los factores que inciden en esta salinidad es la evaporación o bien la precipitación pluvial.

En el primer caso, la densidad aumenta con la evaporación, esto porque las moléculas que se evaporan son de agua sin sal, dejando en la superficie marina agua con mayor cantidad de sal. Otro ejemplo de incremento de densidad del agua es porque en latitudes altas los hielos de los glaciares se forman únicamente con moléculas de aguas puras, así cuando las densidades son diferentes empieza el desplazamiento de las masas de agua como ocurre en latitudes altas en donde basta con una mínima diferencia de sal para que ocurra dicho desplazamiento y otro fenómeno muy conocido son las surgencias de ambas ya platicamos anteriormente.

La circulación del agua salada de los océanos o también llamada o **cinta transportadora oceánica** está determinada por la densidad y por las diferencias de temperatura y la salinidad. En oceanografía la salinidad se expresa tradicionalmente en partes por mil considerando la densidad como la unidad de gramos de sal por litro de solución. En química analítica se expresa la salinidad en mg/l o ppm y la nueva escala es la unidad de medida “ups” o “PSU”, por su sigla en inglés, (Practical Salinity Units), y corresponde a la relación entre la conductividad de la muestra de agua de mar y la de una solución estándar de KCl formado por 32,4356 gramos de sal disuelta en 1 kg de solución a 15 °C. Los valores son adimensionales, pero se asigna 35 psu a la salinidad equivalente a 35 gramos de sal por litro de solución.

Así que el mar Báltico tiene una salinidad de entre 6 y 18 gramos por litro, lo que técnicamente hace que no sea un mar de agua salada, sino de agua salobre. Por otro lado el Mar Caspio y del Mar Muerto en realidad son lagos de agua salada, este último tiene una salinidad que oscila entre 350 y 370 gramos por litro llamado hipersalinidad y finalmente el Mar Caspio tienen una salinidad de 12 gramos por litro. La alcalinidad que es el grado de acidez (PH) fluctúa entre 7.6 a 8.4, pero ello depende de la temperatura, presión, profundidad y de la acción de organismos.

Las sales marinas producen un efecto de congelación que según la expresión: T de congelación = $-0.054 S$, que es una ecuación que nos permite obtener el punto de congelación de las aguas marinas debido a la salinidad.

Donde TC es la temperatura de congelación
 S es la salinidad

Ejemplo, para una salinidad de un 35 ‰ (35) la congelación que alcanzará es inferior a $-1,89^{\circ}C$.

Como sabemos que el punto de congelación del agua salada es de $-1.9^{\circ}C$. De lo anterior podemos deducir que si se incrementa la salinidad entonces baja el punto de congelamiento del agua marina, es decir la relación entre la salinidad y el punto de congelación es inversa. Durante la congelación del agua en la superficie ocurre la formación de salmuera que es agua con una alta concentración de sal.

En la siguiente gráfica tenemos la curva intermitente que representa a la evaporación-precipitación (E-P) y la que representa a la salinidad, todo en función de la latitud.

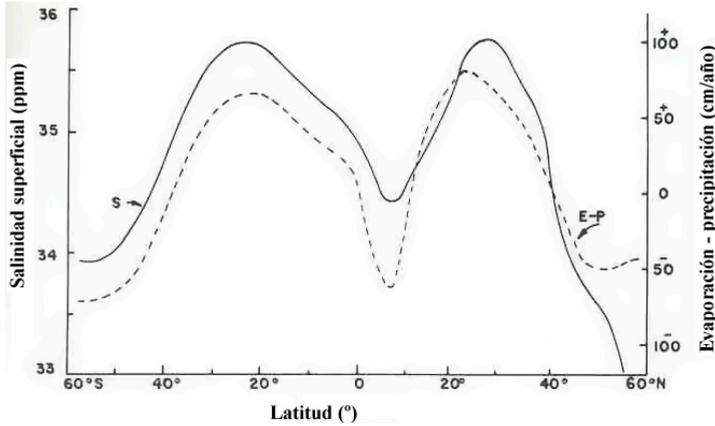


FIGURA 80. Salinidad superficial y evaporación menos precipitación en función de la latitud.(web: distribuciones típicas de las características de agua de mar).

Observamos que en latitudes aproximada de 32° de latitud norte y 21° latitud sur, (por los trópicos de cáncer y capricornio) la salinidad es alta (de 35.7 ppm), ello debido a una mayor evaporación y menor precipitación (de aproximadamente de 70 cm/año en promedio).

En la latitud norte aproximada de 7° a 8°, tenemos que la salinidad es menor (34,5 aproximadamente), debido a que existe una mayor precipitación pluvial y la relación de evaporación disminuye (aproximadamente a 60 cm/año) y este mismo fenómeno ocurre en las latitudes norte y sur a 60°.

Los Perfiles típicos de salinidad en los océanos

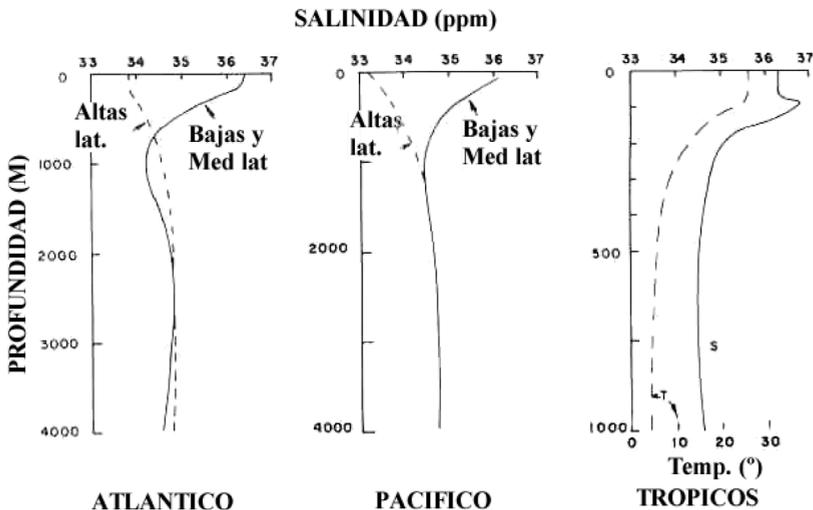


FIGURA 81. Salinidad. (Distribuciones típicas de las características de agua de mar).



Analizando las gráficas vemos que en latitudes altas tenemos una mayor concentración de sal que es de 33 a 36.5 ppm (partes por millón) disueltas en la parte superficial del océano Atlántico y la cual disminuye de 33 a 34.5 ppm a una profundidad de 4000 metros. La diferencia con respecto al océano Pacífico apenas es de 0.5ppm en la parte superficial y a una profundidad de 4000 metros la salinidad también es aproximadamente de 33 a 35 ppm.

En la latitud media la variación superficial es de 34.5 a 36 ppm. En los primeros 1000 metros de profundidad, después varía de 33 a 35 ppm a una profundidad mayor a 4000 metros.

En cuanto a la latitud baja de los trópicos la variación de salinidad es de 33 a 37 ppm hasta los primeros 100 metros, posteriormente a una profundidad mayor a 1000 metros también tiene de 33 a 34.5 ppm.

También sabemos que los mares Báltico y Norte no se mezclan por diferencia de densidad salina, al igual que el Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico cuya proporción de sal es diferente, así como el Mar Caribe y el Océano Atlántico de entre otros muchos. Enseguida se muestra la distribución global de sal.

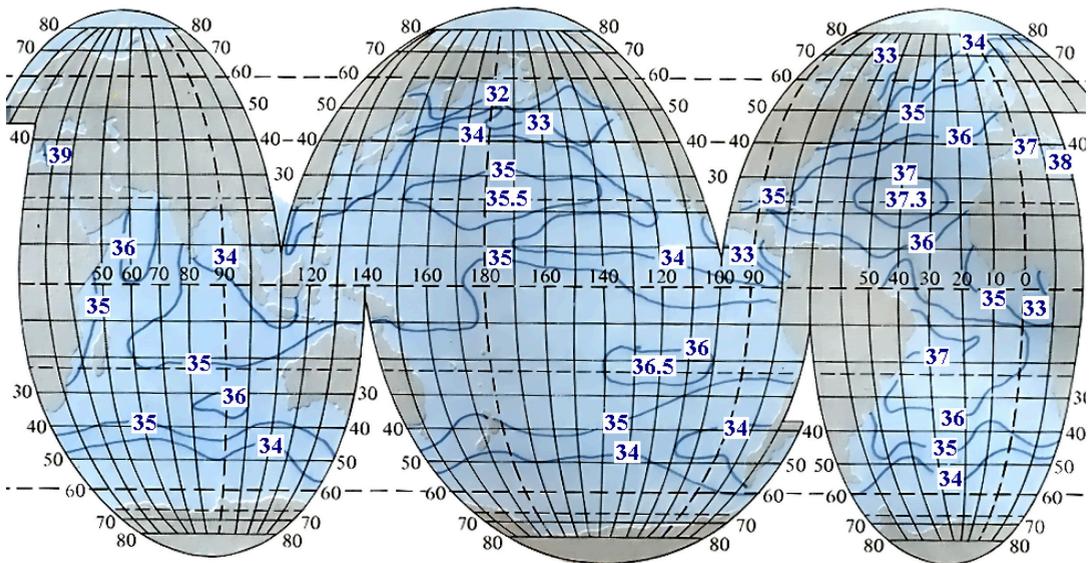


FIGURA 82. Salinidad global. (web distribuciones típicas de las características de agua de mar).

La característica más importante del océano es que los cambios se reflejan más de forma vertical (estratificación) que en forma horizontal. En síntesis, observemos la siguiente imagen.

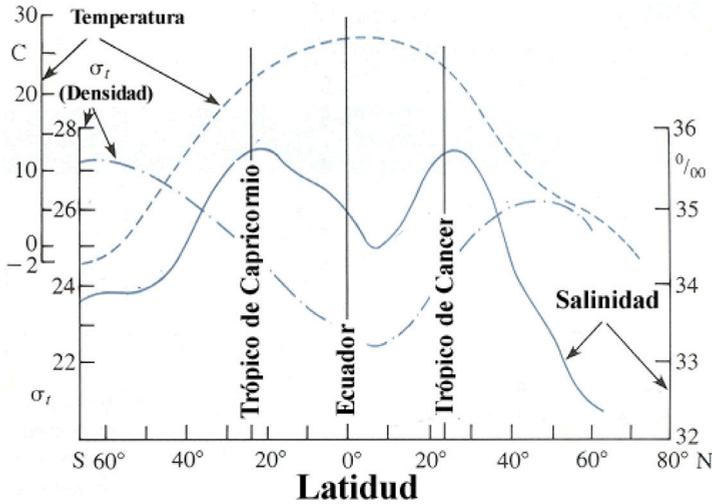


FIGURA S3. Distribución superficial de temperatura, salinidad y densidad en función de la latitud. (distribuciones típicas de las características de agua de mar).

A groso modo observamos que la salinidad es baja alrededor del ecuador (alrededor de 7° a 10° latitud norte), es decir tenemos un mínimo relativo de sal debido a la alta precipitación pluvial que existe en dicha región y tenemos una alta temperatura por la alta radiación solar que existe en dicha zona del ecuador.

Los vientos alisios del norte de este lugar chocan con los alisios del sur y forman zonas de convergencias que ascienden cargados de humedad, que forman nubes y que después precipitan. Observamos también que la densidad es menor esto es debido a que la precipitación excede a la evaporación.

En los trópicos de cáncer y capricornio la salinidad se incrementa debido a la alta evaporación que sufren los océanos y finalmente tenemos que en las latitudes norte y sur por arriba de los 60° la salinidad disminuye y la densidad aumenta debido a la formación de hielo glacial.

5.4 Distribución del oxígeno disuelto en las aguas marinas

El oxígeno es otro de los elementos importantes de los mares y océanos. Como se observa en los siguientes perfiles, en todas las latitudes el oxígeno se concentra en las aguas superficiales, esto se debe a la interacción de la atmósfera con la superficie del agua marina; pero la sobresaturación de oxígeno está a unos cuantos metros de profundidad, es decir no más allá de 20 metros, debido a que organismos plácticos que la fotosíntesis viven en la superficie marina, y como observamos el rango varía de 0 a 8 ml/L.



De la misma forma vemos que en latitudes medias del hemisferio sur hasta aproximadamente a 500 metros de profundidad, tanto en el Pacífico como en el Atlántico hasta un poco antes de los 500 metros de profundidad la proporción de oxígeno se mantiene constante en cuanto a la cantidad (aproximadamente 6 ml/L), pero a una profundidad media de 3500 metros, el oxígeno disuelto es de solo 4.5 ml/L.

En la misma latitud media, pero ahora del hemisferio norte ocurre que la cantidad oxígeno disuelto es diferente. Hasta los 500 metros en el pacífico el intervalo de cantidad de oxígeno disuelto es de 1 a 7 ml/L, pero en el intervalo de 500 a 1000 metros existe un descenso drástico del oxígeno el cual llega a tener una cantidad de 0 a 1 ml/L, para después nuevamente pasar de 2 hasta 4 ml/L a una profundidad media de 4500 metros. Probablemente esto se deba a que es una zona de transición donde quedan atrapadas materias orgánicas que absorben mucho oxígeno, la cual también está asociada a un cambio de densidad. Después de esta zona transitoria se incrementa nuevamente el oxígeno, pero en niveles menores.

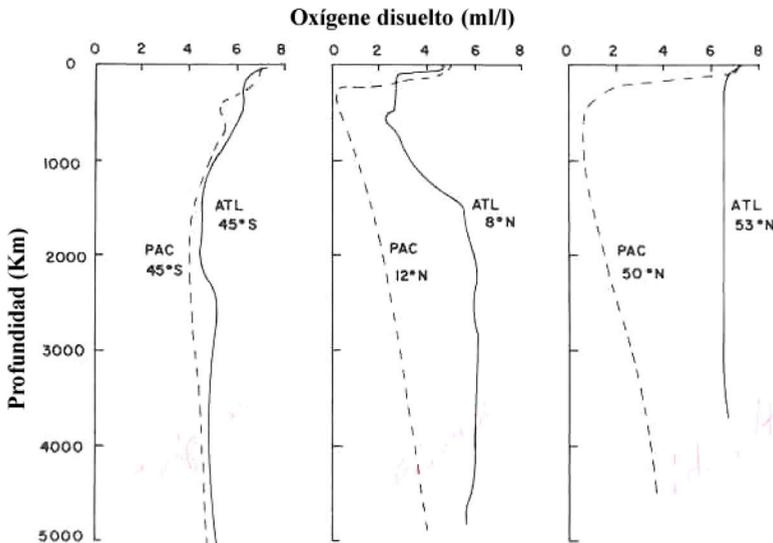


FIGURA 84. Perfiles de oxígeno disuelto en diferentes latitudes (distribuciones típicas de las características de agua de mar).

En cambio, en el Atlántico de misma latitud norte, la variación es de entre 6 y 7 ml/L en la parte superficial y permanece constante casi desde la superficie hasta una profundidad de 4000 metros con 5 ml/L.

No ocurre lo mismo a latitudes bajas del hemisferio norte, donde en el pacífico la cantidad de oxígeno disuelto es del rango de 0 a 5 ml/L hasta los 200 metros y curiosamente a esta profundidad el valor del oxígeno disuelto es de cero, para nuevamente incrementarse poco a poco hasta llegar a aproximado



de 4 ml/L, pero a una profundidad de 4500 metros. En cambio, en el Atlántico la variación superficial es de 3 a 5 ml/L en los primeros 200 metros y después se incrementa a partir de los 500 metros hasta llegar a 6ml/L a una profundidad media de 4500 metros.

En términos generales podemos observar que el valor mínimo de la disolución de oxígeno es aproximadamente en la profundidad de 100 a 600 metros en los trópicos, esto se debe al consumo del O₂ por organismos vivos y por la oxidación. Los valores mayores que se dan en el Atlántico comparado con el Pacífico en latitudes altas, se debe principalmente a que el primero tiene más circulación en aguas profundas que lo que tiene el Pacífico donde existe mayor cantidad de masa continental.

5.5 Distribución de nutrientes en aguas marinas

Los nutrientes disueltos en las aguas marinas son otro factor a considerar para caracterizar las masas de agua. Tenemos que algunos elementos de los nutrientes son los elementos químicos de N, P Si, Fe, Ni y el P, las cuales se encuentran en forma de sales. Además, son piezas clave de la producción primaria. Se expresa en términos de energía acumulada (calorías/ml/día o en calorías/ml/hora) o en términos de la materia orgánica sintetizada (gramos/m²/día o kg/hectárea/año) y se distribuyen en un gradiente vertical de la siguiente manera:

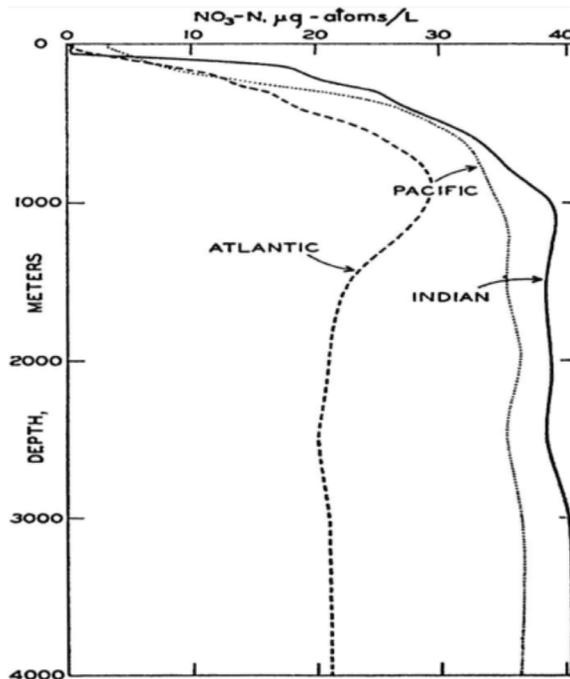


FIGURA 85. (distribuciones típicas de las características de agua de mar).



Como se observa, existe una alta concentración de nutrientes en la superficie hasta antes de los 1000 metros de profundidad. A partir de los 2000 metros de profundidad aproximadamente, la concentración es uniforme o constante. Finalmente, después de los 2000 metros de profundidad, existe un gran incremento de nutrientes debido a que cuando los organismos marinos mueren muchos van a para al fondo, es ahí donde se descomponen y de esa forma aumenta la concentración de nutrientes llamándosele a éstos bombas biológicas, pero además se debe que la temperatura que existe en dicha profundidad oscila de entre 5 a 2 grados Celsius y por tanto, esto contribuye a que debido al descenso de la temperatura se conserven intacto los nutrientes.

La clorofila también forma parte de los nutrientes. Son una familia de pigmentos de color verde que el fitoplancton utiliza para absorber la luz del sol y convertirla en energía útil para la fotosíntesis lo que incluye a las plantas algas y diversas bacterias. Estas plantas necesitan de temperaturas cálidas y luz solar para poder producir clorofila, es por ello que cuando llegan los meses fríos, las plantas pierden temporalmente su capacidad de seguir produciendo clorofila, pierden su pigmento y de esta forma tenemos los tonos ocres, naranjas y marrones que son los que visten el otoño.

Enseguida se muestran dos mapas de clorofila realizados por los estudiantes de geografía de los océanos Juan Alberto Andrade, Paulina Berenice Toledo, Carla Ixchel Martínez, Pablo Ameth Lemus y Liliana Aguilar bajo la asesoría propia.

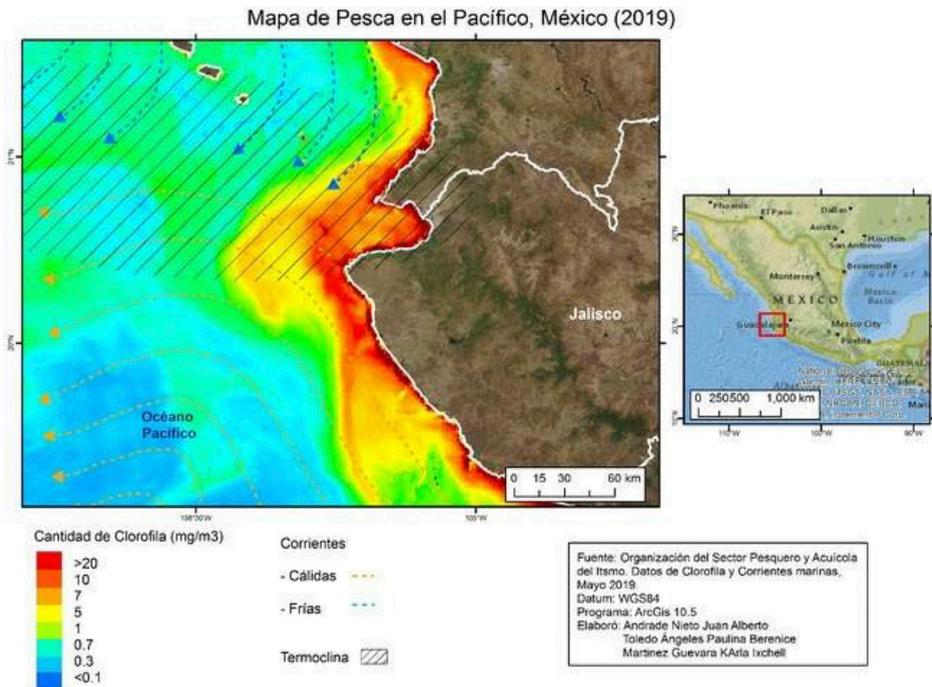


FIGURA 86. Mapa realizado por los estudiantes: Alberto Andrade, Paulina Berenice Toledo, Carla Ixchel Martínez.

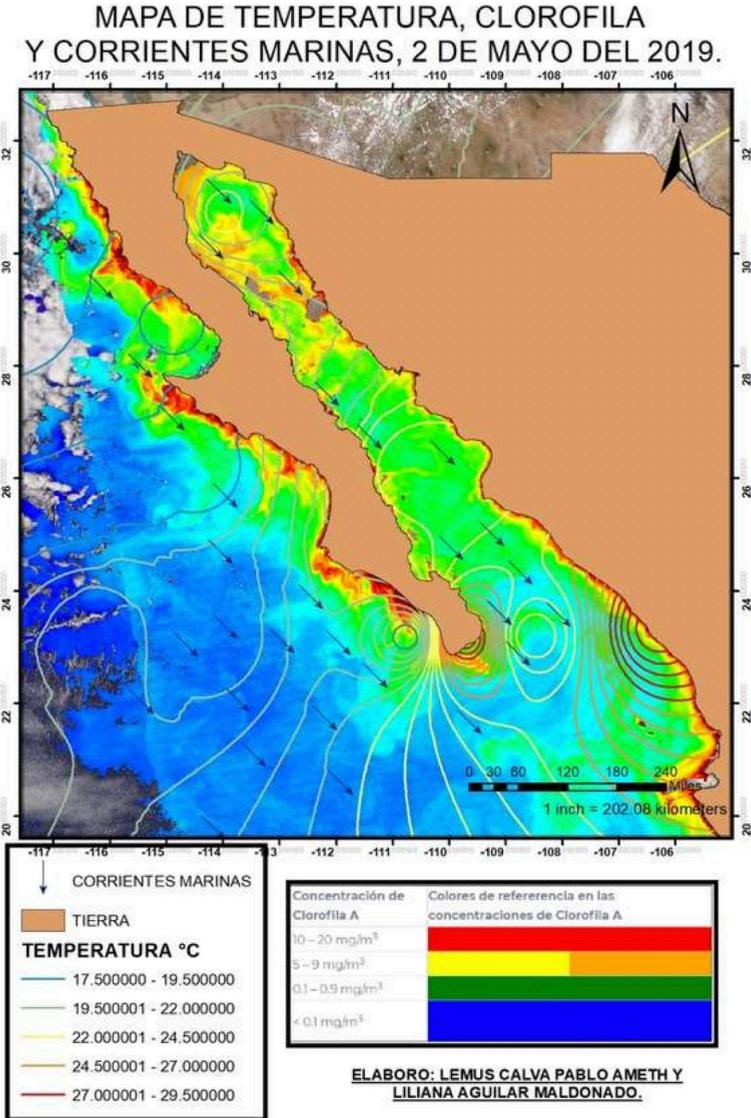


FIGURA 87. Mapa realizado por los estudiantes: Pablo Ameth Lemus y Liliana Aguilar.

Unidad VI

Ecosistema marino



Un **ecosistema** esta formado de organismos vivos o tambien llamada comunidad biótica o factor biótico y un medio físico llamado biotopo o factor abiótico (temperatura, relieve, clima, energia solar, etc) que es el habitat y de relacion de los seres vivos. El medio ambiente de las aguas marinas (factores **abióticos**) son las sales (tales como fosfatos, nitratos, sulfatos y cloruros), además de oxígeno y dióxido de carbono disuelto, entre otros. En cuanto a los factores **bióticos** tenemos que todas las plantas verdes que son la producción primaria y un proceso clave en los ecosistemas. La caracterización lineal del flujo químico y de energía a través de los organismos se denomina **cadena trófica o alimentaria**.

Los **productores primarios** también llamados **autótrofos** (porque producen su propio alimento) son organismos que actúan como entrada de energía en los ecosistemas, transformando la energía radiante en energía química. Indiscutiblemente las plantas verdes como el fitoplancton constituyen los principales productores primarios, tanto en los ecosistemas acuáticos como terrestres, usando la energía solar para transformar el agua y el dióxido de carbono pueden transformarse posteriormente en moléculas más complicadas como proteínas y lípidos. Tenemos que las algas marinas proporcionan en general las tres cuartas partes del oxígeno de la tierra y requieren luz para realizar la fotosíntesis, es por ello que flotan en la superficie oceánica. También es la capa superficial de producción de nutrientes de todos los demás organismos **heterótrofos** (se le llama así porque se alimentan de otros organismos).

El segundo eslabón corresponde a animales herbívoros. Por ser los primeros animales que se alimentan en la cadena trófica y se denominan consumidores primarios. El tercer eslabón corresponde a animales carnívoros. Como es el primer organismo que se alimenta de carne se llama carnívoro de primer orden y como es el segundo animal en la cadena se le denomina consumidor de segundo orden. De esta manera continúan clasificándose los distintos eslabones de la cadena. En este rubro encontramos al zooplancton, organismos bentónicos y nectónicos.

Para finalizar la cadena y asegurar el flujo de la materia y energía, existe un eslabón muy importante: los descomponedores formados por bacterias y hongos, las cuales desintegran el protoplasma de los restos de animales y vegetales, consumiendo algunas de estas sustancias y liberando otras que las autótrofas vuelven a aprovechar.



6.1 Clasificación de los organismos de acuerdo a su habitat

En cuanto se refiere a la disposición estratigráfica de los organismos se clasifican de la siguiente manera:

Plancton: Especies microscópicas que habitan en la superficie de las aguas y que son desplazados por las corrientes de agua. El plancton vegetal se denomina Fitoplancton y está formado principalmente por diatomeas, clorofitas, rodofitas, feofitas, etc. El plancton animal se denomina Zooplancton y está formado por protozoarios, por larvas y ninfas de animales multicelulares, por pequeños crustáceos, gusanos, rotíferos, etc.

El plancton constituye la base de la pirámide trófica del ecosistema marino. Es el productor primario de la cadena alimentaria. Además absorben cuatro veces más la cantidad de bióxido de carbono y generan el 75% del oxígeno que respiramos. Buena parte de los organismos se desarrolla en profundidades intermedias hasta los 600 metros, aunque algunas especies pueden llegar a vivir en las fosas oceánicas.

Necton: Se le llama así a las especies nadadoras. Se trata de especies macroscópicas que pueden desplazarse por las aguas sin depender de las corrientes acuáticas; por ejemplo, peces, anfibios, reptiles, algunas aves estrictamente acuáticas como los pingüinos y algunos mamíferos como las ballenas, las focas y los delfines.

Bentos: Especies vegetales y animales que habitan en el fondo de las masas de agua o entre la vegetación sumergida. Existen especies fijas a algún sustrato y especies de movimientos libres. Estos organismos se apoyan, se sujetan o descansan y se alimentan en el fondo del mar. Hay algas, moluscos, corales, estrellas, crustáceos, esponjas, entre otros.



FIGURA 88. Pez gota. Habita a los 4.000 metros de profundidad.

FIGURA 89. Pez víbora. Habita en profundidades de hasta 4.400 metros. (Ecología verde: Animales de las profundidades marinas).



El 98% de los seres vivos marinos que habitan en el fondo marino son bentónicos. De este 98%, el 1% viven en profundidades superiores a los 2000 metros.

En síntesis, tenemos la siguiente imagen que resume la clasificación de los organismos de acuerdo a su hábitat.

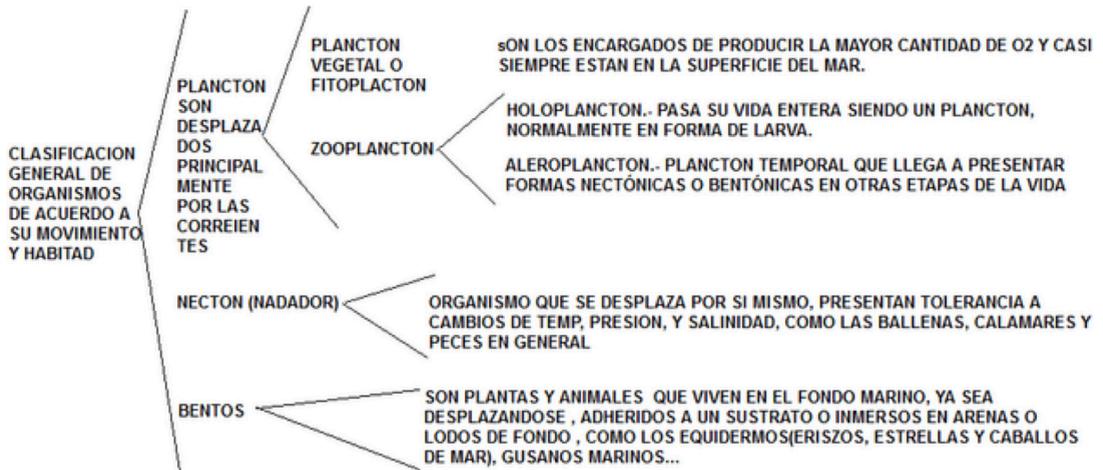


FIGURA 90. Cuadro sinóptico de la clasificación de organismos, de acuerdo a su hábitat. Fuente propia.

6.2 Ambiente o entorno marino

Consiste en un esquema donde se divide ecológicamente a las especies marinas de acuerdo a su profundidad y la horizontalidad oceánica.

De **forma horizontal** y a partir de línea de costa hacia mar adentro podemos distinguir las siguientes regiones:

Ambiente Litoral: es *la región comprendida entre los límites de la marea alta y la marea baja*. Su extensión y profundidad son variables. Es la región que marca la línea costera. Esta zona es rica en seres vivos.

Ambiente Pelágico: se extiende desde la línea de la marea baja hacia mar adentro. Su extensión en profundidad es variable. El ambiente pelágico se subdivide en dos regiones importantes:

- a) **Ambiente Nerítico:** Es el bioma nerítico. Está comprendido entre la línea de la marea baja y la terminación de la plataforma continental. Su extensión y profundidad son variables,



pero en forma general podemos decir que es de 150 Km. mar adentro y unos 150 metros en profundidad, aunque existen océanos en donde su profundidad alcanza los 1500 metros. La vida se desenvuelve óptimamente en este ambiente debido a que *sus aguas son cálidas y ricas en nutrientes. La mayoría de las plantas acuáticas multicelulares se desarrollan en este ambiente. Esta zona es la más rica en seres vivientes.*

- b) **Ambiente Oceánico:** se extiende desde la terminación de la plataforma continental hacia mar adentro. Al igual que el ambiente nerítico, su extensión y profundidad son variables. En profundidad, el Ambiente Oceánico puede alcanzar los 14000 metros en las fosas oceánicas.

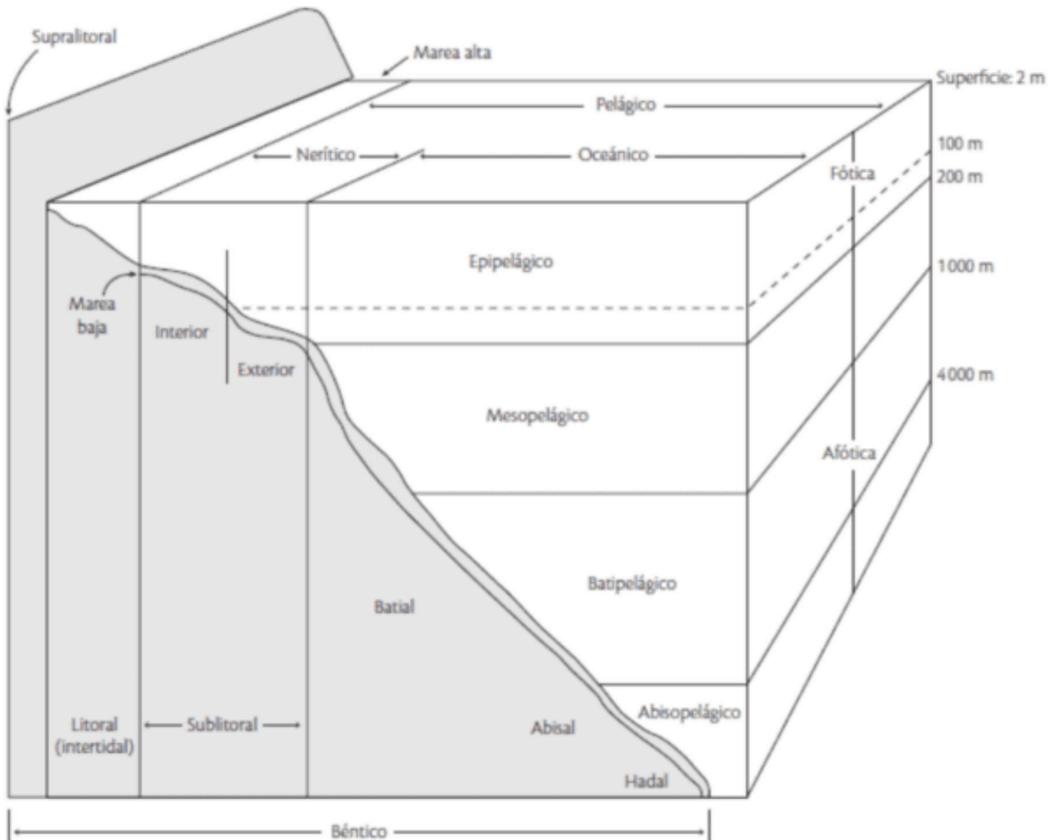


FIGURA 91. Entorno marino. (Ecorregiones marinas de México).

De **forma vertical** y a partir de la superficie marina hacia mar la profundidad podemos distinguir las siguientes regiones:

1. **Zona Litoral:** Al igual que el ambiente litoral correspondiente a la superficie, *la zona litoral se extiende desde la línea de la marea alta hasta la línea de la marea baja.*



2. **Zona Sublitoral:** Se extiende desde la línea de la marea baja hasta el borde de la plataforma continental. Es correspondiente al ambiente nerítico de las aguas superficiales.
3. **Zona Batial:** Comprende desde el límite de la plataforma continental hasta descender en declive a los 4000 metros de profundidad.
4. **Zona Abisal:** Es la continuación del fondo marino desde los 4000 metros de profundidad hasta el borde de las depresiones o fosas marinas.
5. **Zona Hadal:** Se extiende desde los bordes de las fosas marinas hasta el fondo de las mismas.

Podemos encontrar organismos vivientes en toda la extensión vertical y horizontal de los océanos; en aguas cálidas, templadas y frías incluso en las congeladas. Existen seres vivientes en zonas abisales y hadales. Hay animales viviendo sobre el suelo marino (epifauna) y otros viviendo dentro del suelo marino (infauna) en todas las zonas del fondo oceánico (fauna bentónica).

La comunidad marina al igual que todas las especies abióticas está constituida por un conjunto de especies que interactúan entre sí, por ejemplo la interacción de **mutualismo** es el pez payaso quien vive en los arrecifes coralinos donde abundan las anémonas y en ellas se refugia cuando está en peligro escondiéndose entre sus tentáculos y también la anémona produce una sustancia para protegerse ella misma. El beneficio que obtiene el pez de esta relación es la protección frente a depredadores y la anémona obtiene también protección porque el pez ahuyenta a otros peces que son comedores de anémona. Otro ejemplo es el **Comensalismo** de la rémora. Un pez se puede desplazar dejándose llevar por los tiburones u otros animales marinos, gracias a una ventosa que posee en la parte superior de la cabeza. Este sistema de viajar gratis le proporciona numerosos beneficios. Por una parte, ahorra energía al ser arrastrado por un tiburón. Por otro lado, la rémora obtiene de esta manera la comida con facilidad.

Algunas especies que se desarrollan en la plataforma continental son las siguientes.

Unidad VII

Arrecifes y Corales



Los arrecifes coralinos de aguas cálidas tropicales y subtropicales son una comunidad diversa de profundidad de 12 a 90 metros con aguas cálidas de temperatura entre 16 y 20 grados. Por su forma, también se le conoce también como barreras, atolones y cayos. Se estima que el área que ocupan los arrecifes coralinos de aguas cálidas en el país asciende a cerca de 1 780 kilómetros cuadrados, es decir, cerca del 0.63% del área total de este tipo de arrecifes en el mundo (Spalding et al., 2001).

Esta formado por numerosas colonias de coral, algas, esponjas, sedimentos y moluscos los que producen esqueletos de carbonato de calcio (roca). Pertenecen al grupo de los anidarios al que también pertenecen las medusas. Por lo general crecen muy lentamente, no más de 10 cm por año. Las colonias de corales son capaces de vivir más de 4,000 años.

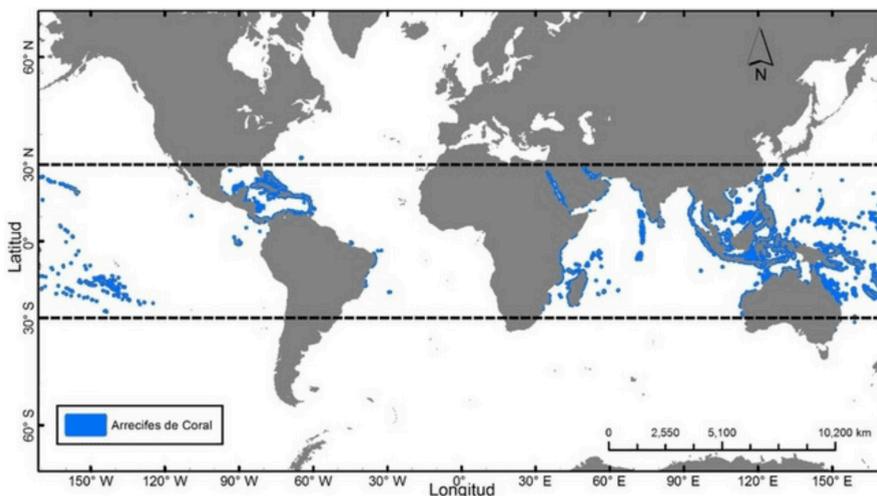


FIGURA 92. Distribución de arrecifes de coral.
(web: Distribución-mundial de los arrecifes de coral).



Los corales eliminan y reciclan el dióxido de carbono, protegen las costas contra la erosión y los embates de las olas. Sirven también como hábitat para el 25% de especies marinas porque funcionan como área de crianza y refugio de varias especies como meros, pargos o los peces damisela y payaso que se comercializan para acuarios.

7.1 Tipos de arrecife

Los arrecifes costeros o de contorno están ubicados cerca de la línea de costa o de islas, generalmente son las formas de arrecife más jóvenes. Están separados de la costa por lagunas estrechas y poco profundas. Estos arrecifes costeros son el tipo más común.

Los arrecifes de barrera se forman en forma paralela a las costas pero a cierta distancia de ellas, a veces están separados por lagunas más profundas y anchas. Algunos arrecifes de barrera son muy grandes. El más largo tiene 2 mil kilómetros de largo que es Gran barrera de coral en la costa este de Australia. México tiene el segundo arrecife de barrera mas grande del mundo que llamado el gran arrecife Maya o bien El Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), el cual nace en Cabo Catoche, al norte de Quintana Roo y bordea las costas de Belice, Guatemala y Honduras



FIGURA 93 Y 94. La Gran Barrera de Coral esta en el noreste de Australia y el arrecife maya.

Esta segunda barrera de coral más grande del mundo mide mil kilómetros de extensión. Son más de 65 especies de corales pétreos las que habitan en el SAM, los cuales están acompañadas de 500 especies de peces y 350 especies de moluscos. Este sistema arrecifal es un refugio importante para especies protegidas como las tortugas verdes, bobas, laúd y carey así como para el manatí y la caracola reina, sin olvidar los corales negro y de cuerno alce.

Los atolones son anillos de coral que crean lagunas protegidas y suelen ubicarse en medio del mar. Los atolones se forman cuando las islas rodeadas de arrecifes marginales se hunden en el mar o cuando el nivel del mar sube a su alrededor. La siguiente figura muestra la Isla Clipperton (o Isla de la Pasión), el



atolón que México y Francia disputaron por años. Este atolón coralino deshabitado tiene 6 kilómetros cuadrados de superficie y 11 kilómetros de perímetro costero.



FIGURA 95. El atolón de Clipperton (clipperton atolon).

La distribución de los arrecifes en México tenemos que la zona con mayor diversidad y se han documentado cerca de 346 especies de peces asociados a arrecifes. La zona con mayor diversidad corresponde al Caribe (45-56 especies), seguida por los arrecifes de las costas de Veracruz y Campeche (45 especies), en contraste, las zonas con menor número de especies son las Islas Marías y el Golfo de California (entre 7 y 13 y 12 especies, respectivamente). El área que ocupan los arrecifes coralinos de aguas cálidas en el país asciende a cerca de mil 780 kilómetros cuadrados, es decir, cerca del 0.63% del área total de este tipo de arrecifes en el mundo (Spalding et al., 2001).



FIGURA 96. Distribución geográfica de arrecifes en México. (webcoralesdemexico).



Los daños a los arrecifes se dan por la sobreexplotación de las especies comerciales como la construcción de infraestructura (principalmente en lo que se refiere a puertos, marinas y diques para la navegación), la extracción de material de construcción (arena y piedra caliza para producir cemento), el dragado de puertos y canales, las actividades recreativas que practican los turistas, tales como el buceo, colecta de partes o ejemplares de coral. También la basura y fertilizantes arrojada al océano causan daño ya que las algas crecen muy rápido que cortan la luz y el oxígeno que necesitan los corales para sobrevivir.

También el calentamiento global constituye otra fuerte presión sobre los sistemas coralinos. El sobrecalentamiento del agua del mar y la contaminación, producen el llamado “blanqueamiento del coral. El coral también puede decolorarse por otras razones como mareas extremadamente bajas, contaminación o demasiada luz solar.

Según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, entre 2014 y 2017 alrededor del 75% de los arrecifes tropicales de coral de todo el mundo fue víctima del estrés debido a temperaturas altas capaces de provocar el blanqueamiento.

Distribución global de blanqueamientos, 1998–2000.

[Fuente: World Conservation Monitoring Centre, Cambridge y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente]

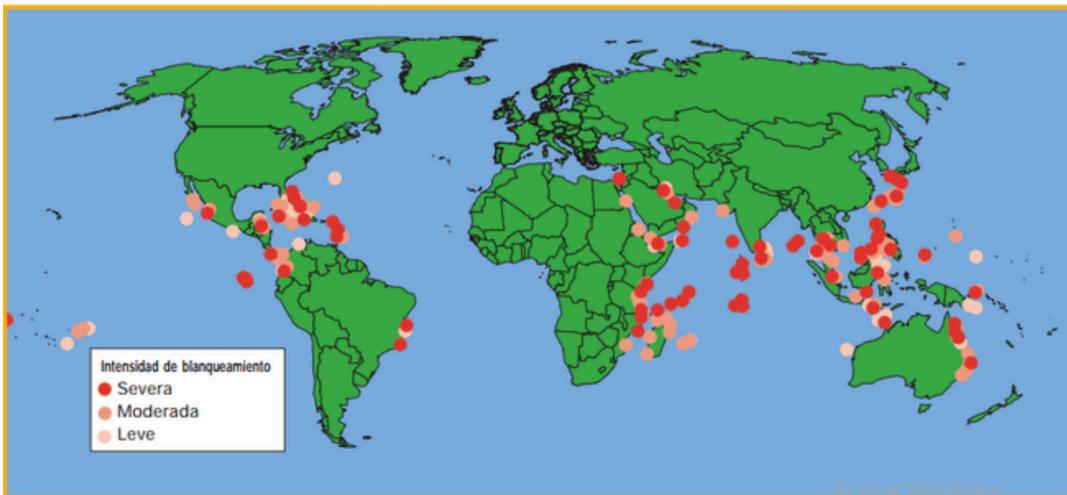


FIGURA 97. Distribución global de blanqueamiento de corales arrecifes. (portal).

Cabe destacar que en México actualmente existen 13 Áreas Naturales Protegidas (ANP) que incluyen zonas con arrecifes, nueve de ellas se encuentran en el Golfo de México y Mar Caribe y las restantes se encuentran en el Pacífico y Golfo de California.



Arrecifes coralinos de México Se indica su categoría y fecha de decreto		
Categoría	Área Natural Protegida	Fecha del decreto
Reserva de la Biosfera	Arrecifes de Sian Ka'an, Q. Roo	2-feb-1998
	Banco Chinchorro, Q. Roo	19-jul-1996
Parque Nacional	Cabo Pulmo, BCS	6-jun-1995
	Arrecifes de Cozumel, Q. Roo	19-jul-1996
	Arrecifes de Puerto Morelos, Q. Roo	2-feb-1998
	Costa occidental de isla Mujeres, punta Cancún y punta Nizuc, Q. Roo	19-jul-1996
	Arrecifes de Xcalac, Q. Roo	27-nov-2000
	Arrecifes Alacranes, Yucatán	6-jun-94
Área Protegida de Flora y Fauna	Sistema Arrecifal Veracruzano, Ver.	24-ago-1992
	Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan, Ver.	9-jun-2009

FIGURA 98. Conservación de los arrecifes coralinos como área natural protegida (<https://www.jornada.com.mx/2012/03/26/eco-e.html>).

Unidad VIII

Ecorregiones marinas



Una ecorregión marina es un área donde la composición de las especies que contiene es relativamente homogénea y se distingue claramente de las otras áreas adyacentes. Ecológicamente se trata de unidades fuertemente cohesionada que abarcan los procesos ecológicos de vida de la mayoría de sus especies que en ella habitan.

Está delimitadas por clima, patrones de circulación de las corrientes, temperatura del agua, surgencia, geomorfología costera, vegetación, geología, entre otros. Las ecorregiones marinas han sido definidas por el Fondo Mundial para la Naturaleza para ayudar en las actividades de conservación de los ecosistemas marinos.

Se han identificado 12 regiones marinas en el mundo subdivididas en 62 provincias marinas, que a su vez incluyen 232 ecorregiones marinas y de las cuales 11 le corresponden a México, como se muestra en el siguiente recuadro.

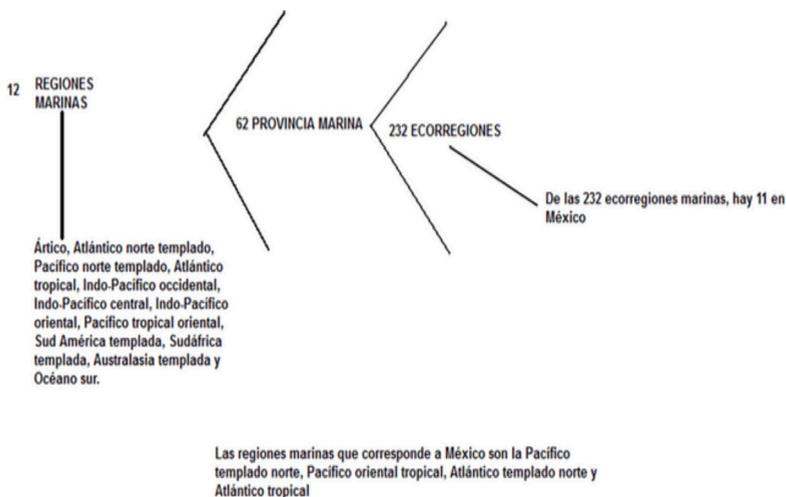


FIGURA 99. Ecorregiones marinas (Océanos, Costas e Islas: Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México. 2007).



NUMERO	ECORREGION DEL PACIFICO
58	CALIFORNIA NORTE
59	COSTA DEL SUR DE CALIFORNIA
60	MAR DE CORTÉZ O GOLFO DE CALIFORNIA
61	TRANSICION DE MAGDALENA
164	REVILLAGIGEDOS
165	CLIPPERTON
166	PACÍFICO TROPICAL O TRANSICIONAL MEXICANO
167	CHIAPAS-NICARAGUA O PACÍFICO CENTROAMERICANO
	ECORREGION DEL ATLÁNTICO
43	GOLFO DE MEXICO NORTE
68	CARIBE OCCIDENTAL
69	GOLFO DE MEXICO SUR

FIGURA 100. Océanos, Costas e Islas: Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México. 2007.

Enseguida se muestra la siguiente figura de ecorregiones de Norteamérica para el caso de México.

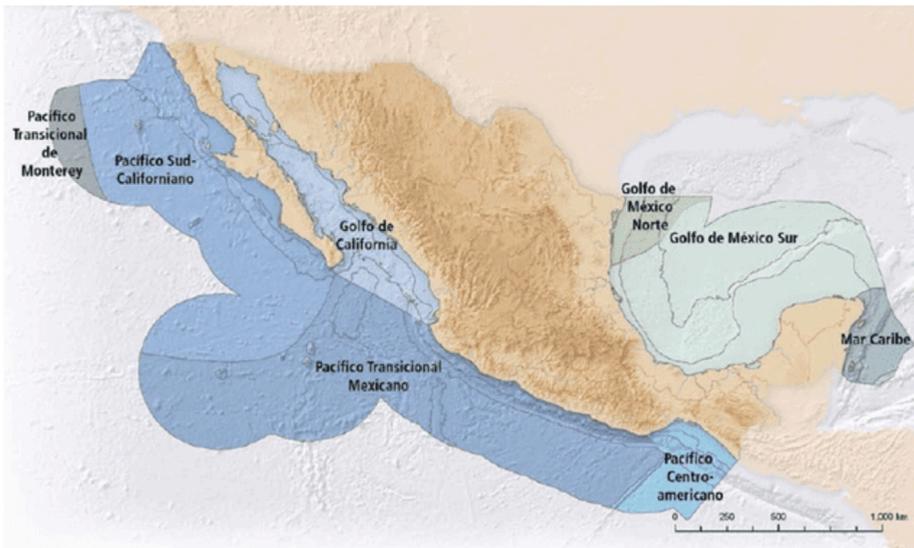


Figura 2. Ecorregiones de Norteamérica para México: tonos azules nivel I, contorno gris nivel II.

FIGURA 101. Ecorregiones marinas de México. Océanos, Costas e Islas: Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México. 2007.



Sin embargo, para estudiar mejor estas ecorregiones marinas del país, se ha dividido en cinco o seis partes fundamentales (depende del autor), como se muestra en la siguiente gráfica.

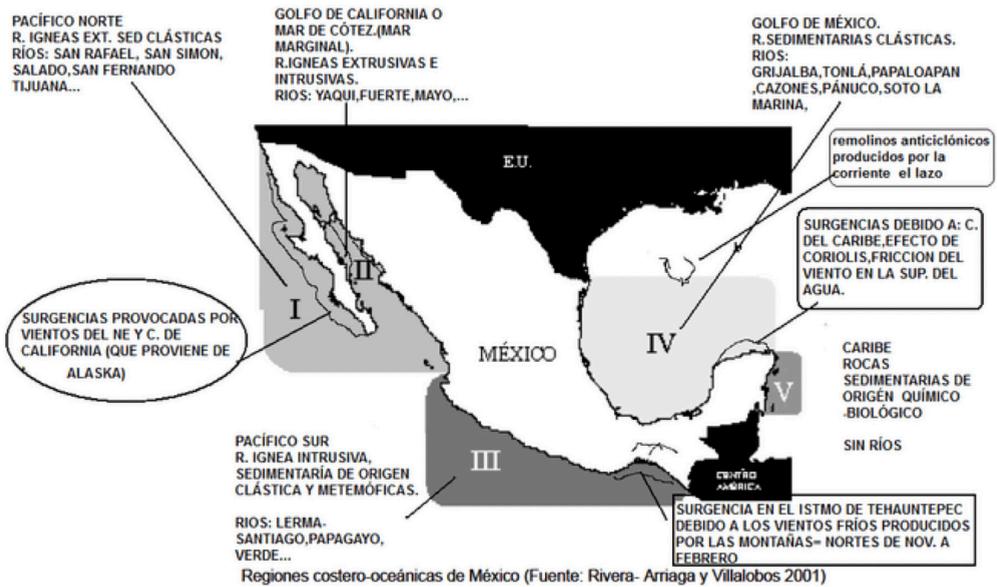


FIGURA 102. Regiones costeras de México. Rivera-Arriaga y Villalobos 2001.

Unidad IX

Características generales de la zona costera o litoral de México



La zona costera es un espacio geográfico donde interactúan el medio marino, el medio terrestre y la atmósfera (Semarnat). De esta manera, podemos señalar que el límite entre el medio terrestre y el marino es la plataforma continental, zona importante ya que los elementos que la constituyen son un conjunto de islas, humedales, arrecifes y comunidades de coralinas someras, cañones submarinos, praderas de pastos marinos, zonas de surgencias, escarpes, de entre otros

México tiene una longitud de la costa 11,500 km o 11,122 km (INEGI) de los cuales el 68 % corresponden al Océano Pacífico incluyendo el Mar de Cortés o Golfo de California y 32 % al Golfo de México y Mar Caribe en el Océano Atlántico. El país está conformado por 32 estados, 17 de ellos con límites costeros: 11 en el Océano Pacífico y Golfo de California (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas), cinco en el Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán) y uno en el Mar Caribe (Quintana Roo) y cuenta con 500,000 km² de plataforma continental.



Fuente: INEGI 2001a.

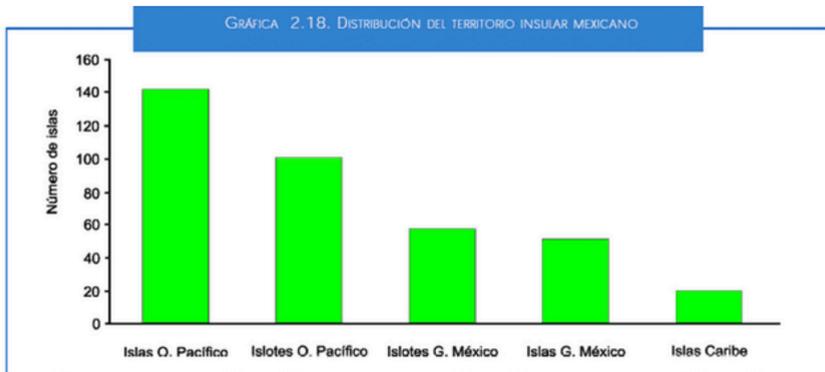
FIGURA 103 Y 104. Zona litoral de México. (La calidad del agua en los ecosistemas costeros de México. Instituto Nacional de Ecología).



9.1 Las islas de México

Islote o islas pequeñas es una proporción pequeña de tierra e isla es una porción de tierra más grande. México posee según datos de INEGI, un aproximado 3,000 (otros suponen 2,268) elementos insulares, enlistando islas, islotes, barras, cayos y rocas, de las cuales 147 tienen asentamientos con 618,930 personas y solo 60 son habitadas permanentemente. Las tres islas con mayor número de habitantes son Isla del Carmen, Cozumel. Asimismo, las Islas arrecifales y cayos son en total 370 y que cubren 5000 kilómetros cuadrados de los cuales 42% están en el Golfo de Baja California.

Las principales islas se encuentran en el océano Pacífico y el Golfo de California, siendo la totalidad de la extensión territorial insular de la República Mexicana de 5 127 km², representando aproximadamente el 0.26% de la totalidad de la extensión territorial del país. La siguiente gráfica muestra el número de islas en la zona económica exclusiva del país.



Fuente: CONABIO 1998.

FIGURA 105. Tomado de Estado del medio ambiente: zonas marinas y costeras (La calidad del agua en los ecosistemas costeros de México. Instituto Nacional de Ecología).

Los siguientes mapas de las islas de México fueron elaborados por el estudiante Manuel Baudelio Arriero Macías de la asignatura de geografía de los océanos.

Las principales islas de México por su importancia son la isla Tiburón, perteneciente al Estado de Sonora, la isla María (en la Vivian los presos), perteneciente al Estado de Nayarit, isla Guadalupe del Estado de Baja California.

Desde la perspectiva económica del país, las principales islas son: la isla del Carmen (Campeche). Su importancia radica en su estratégica posición en la denominada Sonda de Campeche, y las más notables en la industria del turismo son Cozumel, Isla Pasión e Isla Mujeres, ambas islas pertenecen al Estado de Quintana Roo.



FIGURA 106. Islas de México. Mapa fue elaborado por el estudiante Manuel Baudelio Arriero Macías.

En el siguiente cuadro y mapa mostraremos las 10 islas más grandes en extensión.

Algunos casos particulares. Tras la declaración de independencia en 1821, México se consideró heredero de los derechos de España sobre la isla Clipperton por lo que pasó a formar parte del recién nacido país. Las constituciones mexicanas de 1824 y de 1857 incluyen explícitamente a la isla dentro de su territorio. La constitución de 1917 retuvo el texto anterior, pero la isla se excluyó del texto constitucional el 18 de enero de 1934 después de que México perdió la controversia internacional en 1931 con Francia, aunque históricamente México ha reclamado la posesión de la isla.

La isla Bermeja o isla fantasma que según investigaciones recientes de INEGI demuestran que la isla en cuestión no existió y que se ha tratado de un error cartográfico que se mantuvo indebidamente a lo largo de varios siglos. También en

El 20 de marzo de 2009 el buque oceanográfico Justo Sierra de la Universidad Nacional Autónoma de México realizó una expedición que fueron publicados en la Gaceta de la UNAM del 25 de junio de 2009 e indicaron que no había vestigios de una isla en el área estudiada.



FIGURA 107. Las grandes islas de México. Mapa fue elaborado por el estudiante Manuel Baudelio Arriero Macías.

Cuadro 2. Islas más extensas de México (km ²)		
1	Isla Tiburón	1198.74867
2	Isla Ángel de la guarda	930.432563
3	Isla Cozumel	467.889513
4	Isla Cedros	346.881535
5	Isla del Cabo Rojo	343.492796
6	Isla Magdalena	284.312842
7	Isla Guadalupe	243.595203
8	Isla Santa Margarita	215.461172
9	Isla San Jose	180.795232
10	Isla Panales	151.736659

FIGURA 108. Tabla realizada por estudiantes de geografía de océanos 2.



9.2. Los humedales

Otros elementos geomorfológico-hidrográficos que se presentan dentro de la zona costera, son la vegetación hidrófila o humedales que alberga una gran pluralidad de ecosistemas y hábitats como son: lagunas costeras, ríos y deltas, playas y acantilados, marismas (depósitos lagunares o llanuras de inundación) y pantanos (Ciénegas o palustres), arrecifes coralinos, dunas costeras, manglares y praderas de pastos marinos, entre otros. De acuerdo a la definición de CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), los humedales son zonas de tierras que se inunda de forma permanente o intermitentemente y donde el agua es el principal factor que controla el ambiente, así como la vegetación y fauna asociada.

En México tenemos ecosistema de aguas salobres de 15.6 KM² (Contreras,1993) y de manglares de 8.8 KM² (Palacio-Prieto, 200) y de Popal y tular se tiene en total 11.5 KM². El Popal se desarrolla en lugares pantanosos de las planicies costeras con agua permanente y donde vive enraizada en el fondo, en tanto que el tular son plantas enraizadas en el fondo de terrenos pantanosos o en las orillas de lagos y lagunas, tanto de zonas cálidas como de regiones templadas.

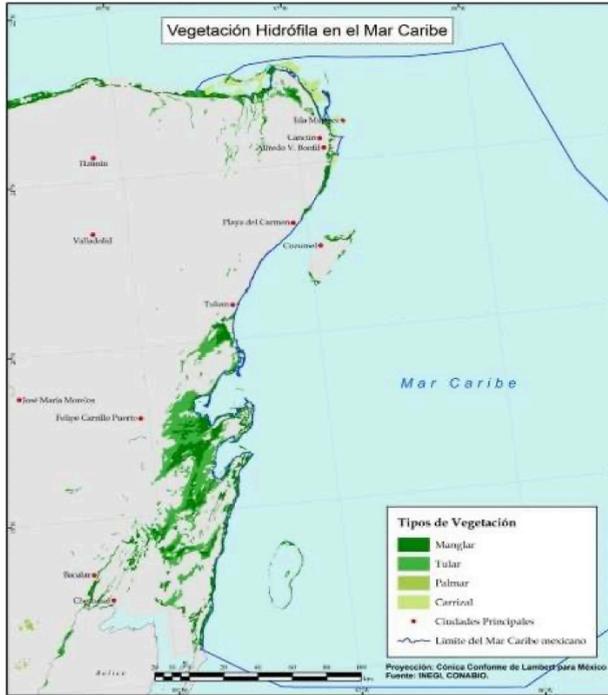
Humedales prioritarios de México (INE, 1993)

<i>Nombre</i>	<i>Estado</i>	<i>Superficie aproximada (ha)</i>
Ensenada del Pabellón	Sinaloa	80 000
Complejo Lagunar Topolobampo	Sinaloa	55 000
Laguna de Santiaguillo	Durango	30 740
Laguna Madre	Tamaulipas	200 000
Pantanos de Centla	Tabasco	302 700
Ría Lagartos	Yucatán	48 000
Marismas Nacionales	Nayarit y Sinaloa	200 000
La Encrucijada	Chiapas	80 000
Complejo Lagunar de Alvarado	Veracruz	280 000
Laguna de Babicora	Chihuahua	20 000
Laguna Los Mexicanos	Chihuahua	3 000
Zonas Húmedas de Guanajuato	Guanajuato	12 000
Bahía de San Quintín	Baja California	17 000
Lago de Cuitzeo	Michoacán	45 000
Lago de Chapala	Jalisco	112 500
Delta del Río Colorado	Sonora y Baja California	200 000
Laguna de Términos	Campeche	100 000
Laguna Tamiahua	Veracruz	105 000
Humedal de Tláhuac	Distrito Federal	800
Bahía de Santa María	Sinaloa	138 000
Laguna de Bustillos	Chihuahua	10 000
Lagunas Fierro y Redonda	Chihuahua	80
Celestín	Yucatán	60 000
Laguna Ojo de Liebre	Baja California Sur	50 000
Bahía San Ignacio	Baja California Sur	60 000
Bahía Magdalena	Baja California Sur	170 000
Presa Guadalupe Victoria	Durango	280
Estero El Soldado	Sonora	200
El Palmar	Yucatán	40 177
Cuatrociénegas	Coahuila	110 000
Zonas Húmedas de Sian Ka'an	Quintana Roo	450 000
Yalahau	Quintana Roo	85 000

FIGURA 109. Humedales prioritarios de México (INE 1993).



Los siguientes mapas de humedales fueron elaborados por estudiantes de geografía de los océanos.



Mapa de vegetación hidrófila en el norte del estado de Sinaloa 2015.

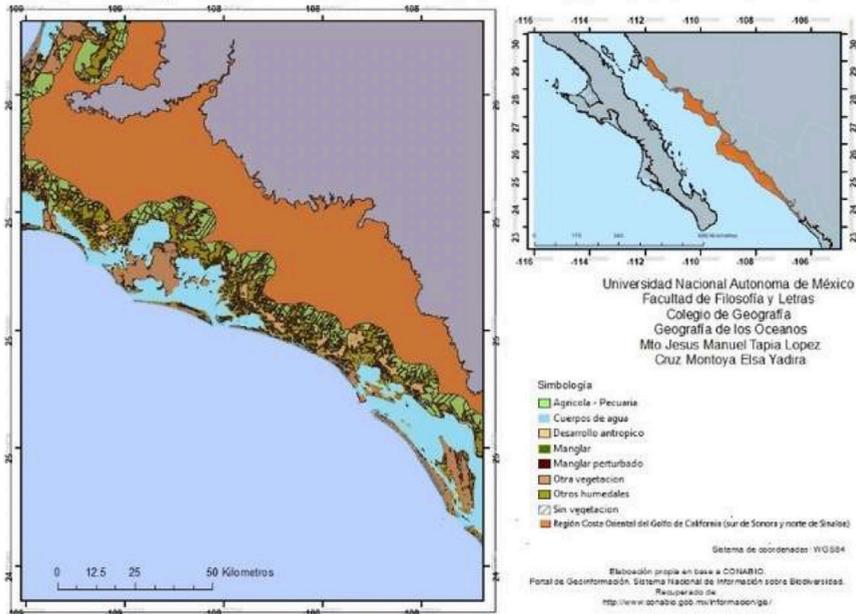


FIGURA 110. Vegetación hidrófila. Realizado por Elsa Yadira Cruz Montoya.



9.3 Los manglares

Los bosques de mangle o manglares prosperan principalmente en las orillas de las lagunas costeras, de bahías, desembocaduras de ríos y en donde hay zonas de influencia de agua del mar. Generalmente son de agua salobre. Desde el punto de vista ecológico, el manglar es productor primario que sostiene a una gran variedad de organismos a través de su cadena trófica directos e indirectos, su profundidad no exceda los 6 metros.

Típicamente para su desarrollo el manglar necesita de un suelo profundo de textura de limos, arcillas y arenas y de agua salina tranquila o estancada. Soporta cambios fuertes de nivel de agua y de salinidad, pero no se establecen en lugares decididamente rocosos o arenosos, ni en áreas sometidas a fuerte oleaje. (Rzedowski, 1988).

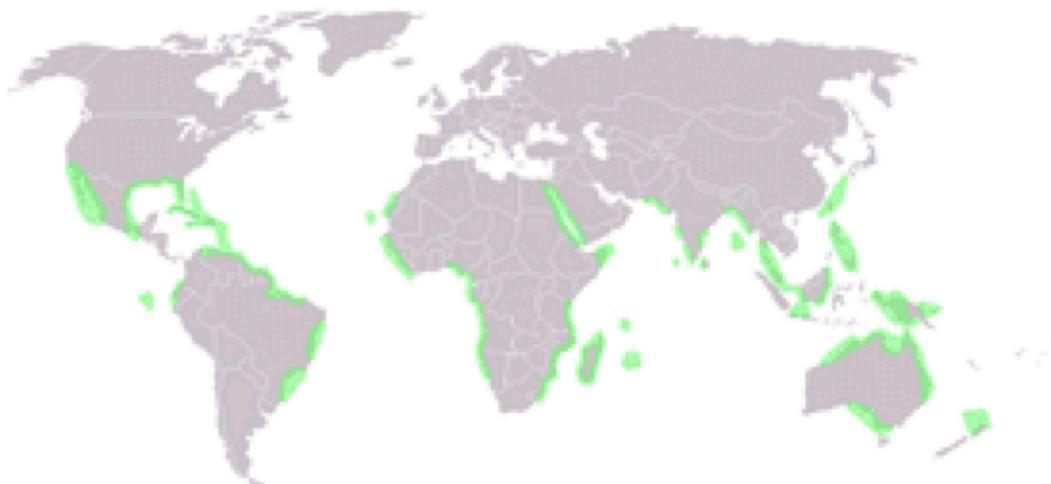


FIGURA 111. Distribución de los manglares en el mundo (Estudio multidisciplinario del ecosistema manglar en la comunidad tradicional de Curral Velho).

Se ha calculado que cubren una extensión de 7-9 millones de km², lo que equivale al 4-6 % de la superficie terrestre (Mitsch y Gosselink, 2000), de la cual 2% son lagos, el 30% turberas, el 26% marjales (zona húmeda, generalmente cercana al mar de gran riqueza tanto en fauna como en flora), el 20% pantanos y el 15% llanuras de inundación.

Este ecosistema ofrece un ambiente adecuado para peces, crustáceos, moluscos, aves, reptiles y anfibios, así como de iguanas y los cocodrilos de río. En la parte terrestre los mapaches, monos y jaguares utilizan este ecosistema. Las raíces de los mangles proporcionan un sustrato adecuado para muchas de las especies de fauna como caracoles, ostras, erizos, esponjas, cangrejos, jaibas, camarones, langostinos y peces como bagre, lisa, mojarra, pargos y robalo.

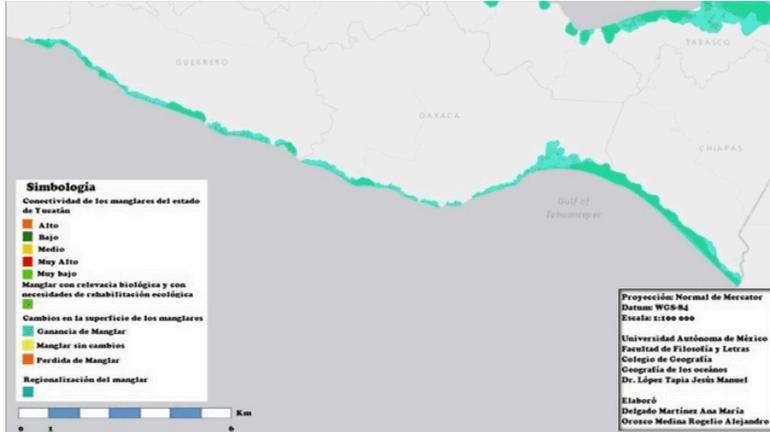


FIGURA 113. Mapa de distribución de manglares en el pacífico sur. Elaborado por Ana María Delgado Martínez y Rogelio Alejandro Orozco.

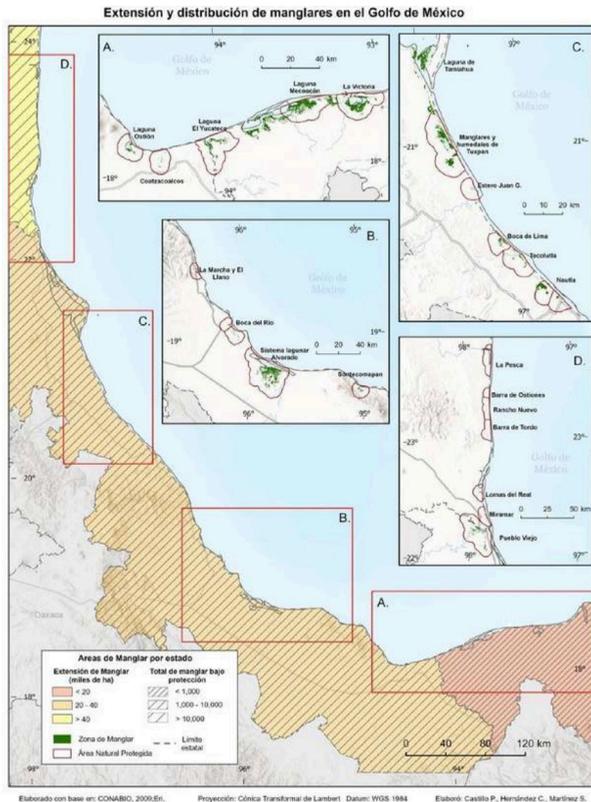


FIGURA 114. Mapa de distribución de manglares en el Golfo de México. Elaborado por Castillo P. Hernández y C. Martínez.



Los manglares comprenden 12 familias y más de 50 especies de las cuales sólo 10 se encuentran en América. En México se reportan cuatro especies: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo).

El mangle rojo, es una de las 70 especies en 17 géneros de la familia Rhizophoraceae. Las especies presentan hojas gruesas en forma de higo en el ápice de cada rama. Sus flores son pequeñas y es común verlas durante todo el verano. La característica peculiar de la especie es su raíz ya que es la única en la que podemos encontrar tanto raíces como zancudas. (Dawes, 1986).



FIGURA 115. Mangle rojo en lagunas de Chacagua Oaxaca, fuente propia.

El Mangle blanco sus hojas son gruesas, brillantes, de 2 a 7 cm de largo y de 2 a 3 cm de ancho en forma de corazón, por lo que se dice que la hoja es acorazonada.

Manglar de botoncillo, la característica peculiar de la especie son sus hojas, las cuales son alternas, simples, enteras y ovaladas. Esta especie suele encontrarse en las zonas más altas de un manglar. Por ello algunos botánicos no consideran a esta especie como un mangle verdadero. (Dawes, 1986).



FIGURA 116. Mangle blanco en lagunas de Chacagua Oaxaca, fuente propia.



FIGURA 117. Mangle de botoncillo en lagunas de Chacagua Oaxaca, fuente propia.

Unidad X

Sitios de conservación y protección marina



Al igual que en el continente, en el océano también existen sitios de conservación y protección. Las ANP (Áreas naturales Protegidas) son espacios estratégicos que tienen como objetivo la conservación de la biodiversidad, generando servicios ambientales (SEDEMA, 2020). En la actualidad, las ANP están ligadas a tres objetivos: la conservación, la preservación y la restauración.

Tan sólo el 1.5% de los océanos del mundo se consideran áreas marinas protegidas. En el caso de Europa, las áreas marinas protegidas solo cubren el 4% de las aguas europeas, lejos del objetivo del 30%. En 2014, los científicos exigieron la protección del 30 por ciento de los mares del mundo mediante una red de AMP Áreas marinas protegidas para 2030, pero parece que ni siquiera se alcanzará la meta de la ONU de proteger el 10 por ciento de los océanos para 2020. Aunque la ONU sostiene que estamos al 8 por ciento, los expertos advierten que solo un 2.2 por ciento de los mares del mundo están plenamente vedados de actividades comerciales y solo un 4,8 por ciento se administran de forma activa.

Un estudio publicado el 2018 en la revista Science determinó que la pesca industrial estaba presente en 432 de las 727 AMP de la Unión Europea. Se tiene información de que solo existe un 5% de áreas protegidas, de las cuales en más del 90 % se permite la pesca comercial, entonces lo que realmente restringe del área protegida en solo 0.5%.

La siguiente es una lista de objetos prioritarios utilizados en la identificación de sitios de importancia para la conservación de la biodiversidad costera y oceánica.



Zona costera

- Humedales costeros (lagunas costeras, esteros, marismas, pantanos, ciénegas, manglares, petenes y palmares inundables)
- Desembocaduras de ríos, arroyos y canales
- Ríos subterráneos
- Costas rocosas en zonas de amplia variabilidad de mareas
- Costas fangosas o lodosas
- Costas arenosas con playas de poca pendiente en zonas de amplia variabilidad de mareas
- Barras de arena
- Acantilados
- Caletas y pequeñas bahías
- Bahías
- Playas de anidación de tortugas marinas
- Áreas de refugio, reproducción, crecimiento y alimentación de moluscos, crustáceos, peces, aves costeras migratorias y residentes, y mamíferos marinos
- Dunas costeras

Plataforma Continental

- Arrecifes y comunidades coralinas someras
- Zonas de agregaciones reproductivas de peces
- Zonas con alta frecuencia de frentes oceánicos
- Islas continentales
- Rocas
- Bajos
- Bancos de rodolitos
- Cañones submarinos
- Sitios de reproducción y concentración de mamíferos marinos
- Praderas de pastos marinos
- Camas de macroalgas (Kelp Forests)

- Deltas
- Zonas de surgencias
- Talud continental
- Cañones submarinos
- Escarpes
- Bancos
- Arrecifes profundos

Zona oceánica

- Montañas submarinas
- Montes o colinas submarinas
- Volcanes submarinos
- Domos salinos o diapiros
- Eminencia continental o pie de continente
- Zonas de dispersión o de rift
- Fosas submarinas o zonas de subducción
- Islas o archipiélagos oceánicos
- Fondos hadales y abisales
- Chimeneas hidrotermales
- Infiltraciones de metano
- Infiltraciones de hidrocarburos
- Corales de profundidad y bancos de esponjas
- Chapopoterías submarinas
- Tapetes de bacterias
- Estructuras de barita
- Zonas con alta complejidad de fondos
- Sedimentos laminados de diatomeas
- Zonas de oxígeno mínimo
- Zonas con concentraciones de depredadores de alto nivel trófico

FIGURA 118. Regiones costeras de México. Rivera-Arriaga y Villalobos 2001.

En el caso de México tenemos que 182 ANP son de carácter federal, de los cuales 58 protegen ecosistemas marinos, de estos solo el 35% es la parte abisal y el resto es costera (65%). El Caribe mexicano protege el 100% del sistema arrecifal (CONANP, 2018)

La ley que regula jurídicamente el ordenamiento de las ANP es la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) que entró en vigor en 1988. La LGEEPA. México reconoce seis categorías de conservación a nivel federal: Área de Protección de Flora y Fauna, Área de Protección de los Recursos Naturales, Monumento Natural, Parque Nacional, Reserva de la Biosfera y Santuario. También considera tres categorías propias de otros niveles administrativos: Parque, Reserva Estatal y Zona de Preservación Ecológica, las primeras dos corresponden a gobiernos estatales y la última a gobiernos municipales (SEMARNAT, 2005).



Actualmente las actuales ANP están enfocadas a proteger zonas costeras sin contemplar la conectividad entre sí con zona terrestre u oceánica. Algunos requisitos para poder ser considerado como un sitio de conservación:

1. Representar ejemplos característicos y viables de un ecosistema importante.
2. Ser necesario para la sustentabilidad de las pesquerías.
3. Presentar una elevada diversidad de especies.
4. Ser una zona clave en procesos ecológicos tales como zonas de alta productividad, reclutamiento o reproducción.

Hasta ahora existen 182 áreas protegidas (AP) de carácter federal, de los cuales 58 protegen ecosistemas marinos que cubren una superficie de 12 millones de hectáreas, de estos solo el 35% es la parte abisal y el resto (65%) es costera.

Categoría de Protección	# de ANP	Superficie en ha
Área de protección de flora y fauna (APFF)	40	6 996 864.12
Área de Protección de Recursos Naturales (APRN)	8	4 503 345
Monumento Natural (MN)	5	16 269
Parque Nacional (PN)	67	16 220 099.30
Reserva de la Biosfera (RB)	44	62 952 750.52
Santuario (S)	18	150 193
Total	182	86 169 880.40

Fuente: Elaborado con base a CONANP. 2019.

FIGURA 119. (Tesis de Licenciatura en Geografía “Impacto territorial de la regulación de la actividad pesquera en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán, México”).



La siguiente figura muestra las Áreas protegidas (AP) federales y estatales costeros.

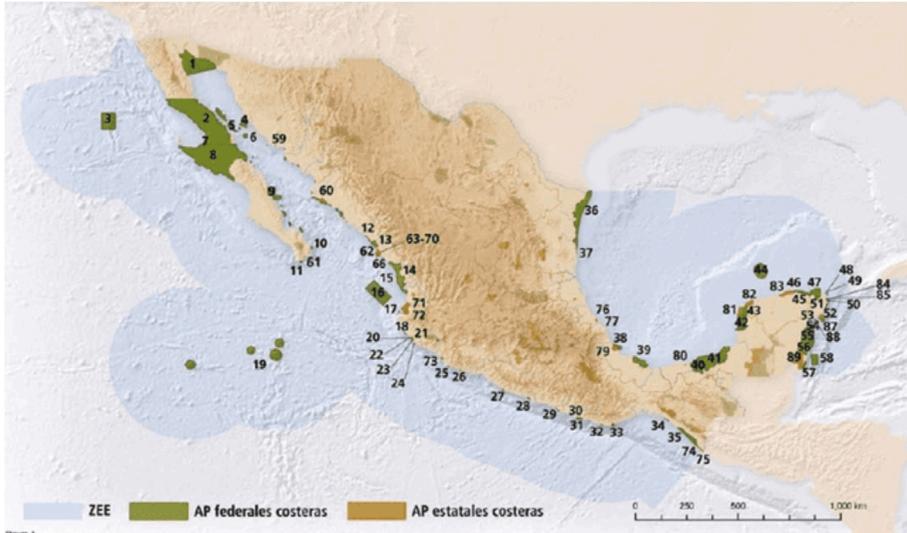


FIGURA 120. Áreas protegidas (AP) federales y estatales costeros. Tomado de Océanos, Costas e Islas: Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México. 2007.

La siguiente figura muestra los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad.

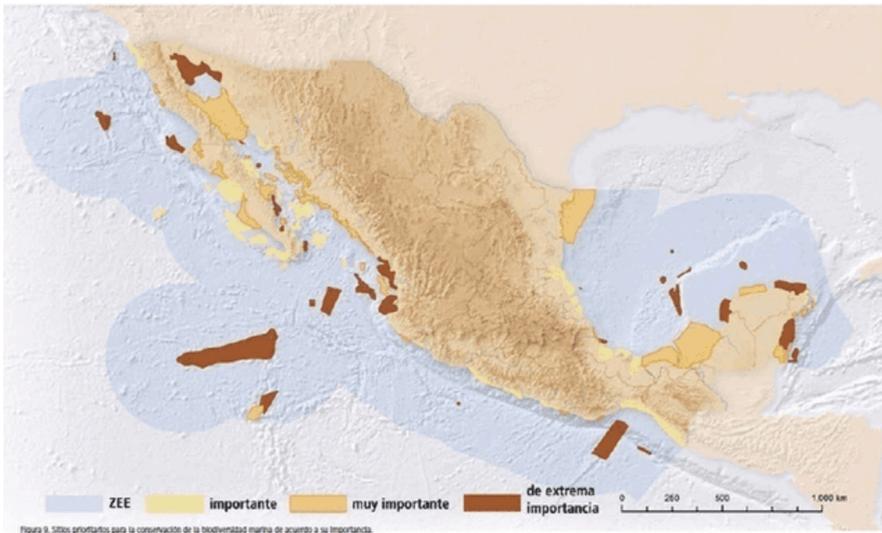


FIGURA 121. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Tomado de Océanos, Costas e Islas: Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México. 2007.



Por último, tenemos una figura de sitios prioritarios por ecorregión.

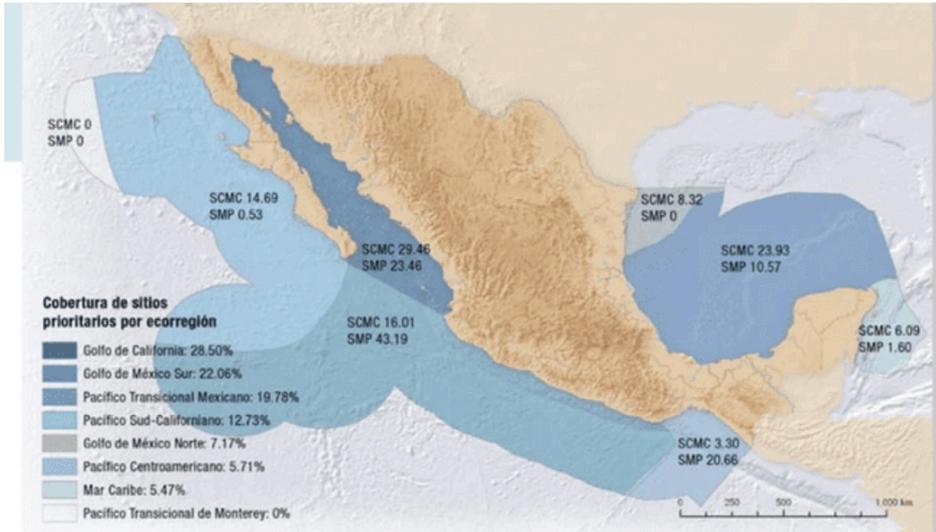


FIGURA 122. Sitios prioritarios por ecorregión Tomado de Océanos, Costas e Islas: Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México. 2007.

Unidad XI

La riqueza marina



La mayor riqueza de especies que concentra México está en el Golfo de California la cual es conocida como el acuario del mundo, seguido de la costa occidental de Baja California, Golfo de México, en el Caribe y el Pacífico tropical sur en ese orden.

La pesca

La actividad económica pesquera está sujeta a las condiciones geográficas-físicas de los lugares donde se ejerce como son: las corrientes marinas (principalmente las frías), la cantidad de oxígeno, la presencia de nutrientes, la existencia de clorofila, densidades salinas y la temperaturas.

En el mundo entero aunque las plataformas continentales representan apenas el 0.1% del área oceánica, estas contribuyen con aproximadamente el 50% de volumen de pesca capturada y en cuanto al volumen solo el 31% de la pesca es ribereña o continental (cerca de las costas y aguas continentales), pero en términos económicos alcanza el 75.9% del total de todo el país (INEGI, 1998).

Lugar	País	Producción (en t)
1	China	81 529 000
2	Indonesia	23 200 000
3	India	10 785 000
4	Vietnam	6 420 000
5	Estados Unidos	5 375 000
17	México	1 733 000

Fuente: CONAPESCA, 2017.

FIGURA 123. (Tesis de Licenciatura en Geografía “Impacto territorial de la regulación de la actividad pesquera en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán, México”).



11.1 Tipo de pesca

Pesca artesanal. Se realiza con implementos rústicos, hasta cierto punto, no mecanizado, puede realizarse con fines comerciales a pequeña escala. Los implementos usados son: canoas, pangas, con remos o motores, redes sedales y boyas, el anzuelo (en sus distintas modalidades: línea de mano o cordel y palangre), las redes de enmalle y el arpón a través del buceo.

La pesca recreativa es una actividad pesquera no comercial, en que se pescan animales con fines recreativos de entretenimiento, deporte y turismo, dentro de los cuales tenemos:

- A) **Peces acuarios**, como corales esponjas, moluscos, arrecifes..., que se han registrado en BCS, Revillagigedo y Clairion, Mazatlán y zonas arrecifales de Veracruz y el Caribe mexicano.
- B) **La pesca deportiva**, su fin es buscar es la recreación y el esparcimiento y el dominio de cierta técnica como deporte; los peces para tal fin son: marlin, pez vela, pez espada, sábalo, pez gallo, pez dorado, lobina y picudos.

Además existen **pesca furtivismo o caza furtiva**, que es la caza o la pesca ilegal, debido a que la pesca esta fuera de la temporada legalmente establecida, es decir, lo furtivo no posee una licencia.

Año de constitución	Nombre de la Comisión	¿De qué se encarga?
1949	Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT)	Es una comisión responsable de la conservación y ordenación de atunes y otras especies marinas en el Océano Pacífico Oriental.
1960	Comisión para la Conservación del Atún del Sur (CCSBT)	Es una organización intergubernamental responsable de la gestión del atún rojo del sur a lo largo de su distribución.
1966	Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA)	Es una organización pesquera intergubernamental responsable de la conservación de los tónidos y especies afines en el océano Atlántico y mares adyacentes.
1996	Comisión del Atún para el Océano Índico (IOTC)	Es una organización intergubernamental responsable del manejo de atún y especies afines en el Océano Índico.
2004	Comisión de Pesca del Pacífico Occidental y Central (WCPFC)	Es la organización encargada de las poblaciones de peces altamente migratorios en el Océano Pacífico Occidental y Central.
2015	Comisión Interamericana para la conservación de los Delfines (APICD)	Es un acuerdo para eliminar la mortalidad de delfines en la pesquería del atún con red de cerco el Océano Pacífico Oriental.

Fuente: European Commission, 19 abril, 2019

FIGURA 124. Organización regional de la pesca. (Tesis de Licenciatura en Geografía: Impacto territorial de la regulación de la actividad pesquera en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán, México).



México tiene una superficie total de 1,969.229 km² con 15 069 km de litorales marinos de lo cual el 72% está en la vertiente de pacífico y 28% en la vertiente atlántico (CONAGUA, 2008). La plataforma continental corresponde a 153 000 km² en el Pacífico y 235 km² en el Atlántico y esta bañado por tres mares que son: el golfo de México, el golfo de California y el mar Caribe.

Del total de 589 especies que se explota 318 se localizan en el Pacífico y 271 provienen del Golfo de México y del Caribe.

En México la pesca se concentra en el litoral del pacífico y más específicamente en la parte noroeste donde se encuentran los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa, mientras que por el litoral del Golfo el Estado que destaca más es Veracruz mayoritariamente por su extensa superficie.

Especie	Participación en la producción pesquera	Producción (en t)	Posición en la producción mundial	Principal consumidor
Sardina	27.2%	587 433	10*	Estados Unidos
Camarón	10.7%	230 381	7*	Estados Unidos
Molana	7.8%	168 359	9*	Estados Unidos
Alón	5.5%	119 297	13*	España
Pulpo	2.6%	56 754	3*	Italia
Langosta	0.2%	4 903	12*	Hong Kong

Fuente: Elaborado con base en COMAPESCA, 2017

FIGURA 125. Principales capturas en México. (tesis: Impacto territorial de la regulación de la actividad pesquera en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán, México).

Las principales especies que se capturan en México se muestra en el siguiente mapa del estudiante de geografía de los océanos Manuel Baudelio Arriero Macías.



FIGURA 126. Volumen de producción pesquera. Mapa elaborado por Manuel Baudelio Arriero Macías.

En el siguiente mapa elaborado por estudiantes de geografía de los océanos muestra la captura de peces por entidades federativas.

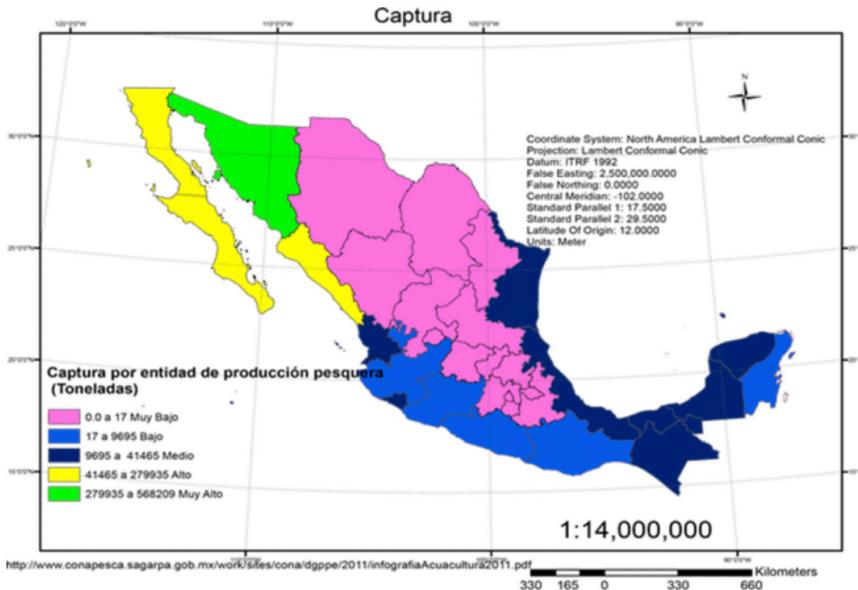


FIGURA 127. Mapa de captura de peces. Fuente Conapesca-Sagarpa. Elaborado por estudiantes de Geografía de los océanos.



Conforme a la Carta Nacional Pesquera (CNP) (enero 19, 2018) y el Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA, 2017), México está dividido en cinco regiones pesqueras que se asignan de la siguiente manera:

Región I: contiene los estados de Baja California, Baja California Sur y los mares de Sonora, Sinaloa y Nayarit. Cabe destacar que es la región con mayor producción del país.

Región II: incluye los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

Región III: sólo acapara dos estados, Veracruz y Tamaulipas. Por producción, es la segunda región más importante.

Región IV: esta región contiene los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo es la tercera región más productiva.

Región V: engloba los estados que no tienen litoral.



FIGURA 128. Regiones pesqueras de México. (regiones pesqueras).

El Anuario Estadístico de Pesca y Acuacultura de 2017 expresa que en México hay cerca de 285 033 personas empleadas en la pesca y en la acuacultura. La mayor parte de los pescadores viven en las entidades de la costa del océano Pacífico. Los estados con mayor número de pescadores son Sinaloa, con 48 035 personas; Veracruz, con 29 000 personas; Sonora, con 19 597 personas; y Chiapas, con 19 235 personas (CONAPESCA, 2017).



Instituciones como la CONAPESCA y el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) son responsables de una adecuada gestión de los recursos pesqueros en México. La primera se encarga de la planeación y la implementación de políticas públicas del sector pesquero; la segunda se dedica a la investigación pesquera y acuícola. La Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS) es la base para el desarrollo de las herramientas de gestión de los recursos acuáticos vivos a fin de elaborar estrategias y acciones que conduzcan al desarrollo sostenible.

Un de los métodos de extracción y obtención de recursos vivos más usados es la pesca de arrastre o retropesca y se trata de un tipo de pesca que destruye el fondo marino, pues las redes de los barcos arrastreros arrancan a su paso todo tipo de corales, algas y microorganismos, convirtiéndose en una gran amenaza que perjudica a los fondos marinos de todas las regiones del planeta. Se basa, fundamentalmente en el uso de una pesada red que barre el fondo del mar, y aunque la veda es el acto administrativo por el que se prohíbe llevar a cabo la pesca en un periodo o zona específica establecido mediante acuerdos o normas oficiales, con el fin de resguardar los procesos de reproducción y reclutamiento de una especie, ello no siempre se cumple.

Hay dos tipos de vedas: la permanente en la cual es ilegal obtener el recurso en cualquier momento del año y la temporal fijada por un periodo definido, normalmente se repite anualmente. Asimismo, los permisos de pesca comercial también indican el número de personas que pueden practicar el arte de pesca y por tanto cuántos pescadores deben ir en la lancha. Si la autoridad sorprende a una embarcación con un número de pescadores que sobre pasa el permitido debe realizar la correspondiente denuncia.

11.2 Acuicultura y maricultura

La acuicultura se refiere a todo tipo de cultivo de animales y plantas acuáticas en agua dulce, salobre y salada y engloba el uso de métodos y técnicas para manejo y control de organismos desde su cosecha, procesamiento y comercialización. Se divide en: Piscicultura (cultivo de peces), Camaronicultura (cultivo de camarón). Ostricultura (cultivo de ostras), Cultivo de almejas y Cultivo de langostino.

A nivel internacional, México se encuentra entre las cinco naciones productivas de mojarra (ya mejorada, (Gaceta UNAM 2009)), tiburón, Cazón y ostión; así también, la sardina y la anchoveta ocupan el 6° lugar a nivel internacional y la carpa el 7° lugar (Gaceta universitaria, UNAM 2001). La primera Granja en México se crea en 1977 en el noroeste del país.

Los Centros Piscícolas se encuentran distribuidos en tres zonas geográficas del territorio nacional:

Zona Norte: San Cayetano, Nayarit, El Peaje, San Luis Potosí, Canatlán, Durango, La Boquilla, Chihuahua y Jaral de Berrio, Guanajuato.



Zona Centro: Tancol, Tamaulipas, Chapala, Jalisco, La Carreta, Michoacán, Tezontepec, Hidalgo, Las Pintas, Jalisco y Chignahuapan, Puebla.

Zona Sur: Chilpancingo, Guerrero, Zacatepec, Morelos, Chapingo, Estados de México y Tlacolula, Oaxaca.

Existe además el Centro de Pátzcuaro, cuya función básica es la investigación y diseño de métodos de producción.

Muchos criaderos de peces con frecuencia están contaminados por los propios residuos de los animales marinos, es decir, están infestados por piojos, aguas residuales, alimentos contaminados y los colorantes que le agregan al Salmón. Además aproximadamente el 38% de los manglares son destruidos por la acuicultura del camarón.



FIGURA 129. Regionalización de cultivo de peces (Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México).



La **maricultura** es una rama especializada de la acuicultura o acuacultura involucrada en el cultivo de organismos marinos ubicados en mar abierto en una sección cerrada del océano o en estanques o canales que se llenan con agua del mar. CONAPESCA está llevando a cabo proyectos de maricultura en Guerrero, Baja California Sur, Yucatán y Jalisco, entre otros estados del país. Actualmente la maricultura aplicada en el Pacífico es en colaboración con la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) y del programa tortugas marinas de la Facultad de Ciencias del Mar de dicha Universidad, cuya finalidad principal es el conocimiento y conservación de la tortuga golfina en las playas de Sinaloa, así como la reproducción de otros organismos marinos.

Además existen capturas de peces acuáticos como corales, esponjas, moluscos, arrecifes..., que se han registrado en BCS, Revillagigedo, Clairón, Mazatlán, zonas arrecifales de Veracruz y el Caribe mexicano. También existe la pesca deportiva cuyo fin es la recreación y el esparcimiento y el dominio de cierta técnica para tal fin los peces son: marlin, pez vela, pez espada, sábalo, pez gallo, pez dorado, lobina y picudos.

Unidad XII

Fenómeno que afectan a los mares y océanos



12.1 La Marea roja

Es un fenómeno natural provocado por el incremento de algunas microalgas o fitoplancton en el agua. Crecen de manera desproporcionada en forma muy rápida y en corto tiempo lo que llamamos 'floraciones de algas microscópicas. Estas microalgas pueden provocar un cambio del color del agua debido a sus pigmentos fotosintéticos (diferentes colores) de variada composición química.

De esta manera, el mar toma un aspecto de color amarillento, rojizo, rojo, verde, o incluso incoloro, este último a simple vista no se puede apreciar. El crecimiento descontrolado de microalgas forma una floración Algal Nociva (FAN) tóxica o inocua para otros seres vivos.



FIGURA 130. Marea roja. (Efecto socioeconómico producto de la presencia de marea roja en la zona marino costera del pacifico de Guatemala).

En la proliferación de estas microalgas inciden diversos factores como el viento, la lluvia y la temperatura. Algunas veces durante la época lluviosa hay mayor cantidad de nutrientes en el agua y



esto es aprovechado por las algas que crecen y se multiplican en miles y millones. La lluvia y la tierra que se escurren al mar funcionan como fertilizantes.

Algunos científicos señalan que el cambio climático y su relación con los cambios en los ecosistemas marinos tienen indicios de que la acidificación oceánica incide en el aumento de las mareas rojas. Este fenómeno de la marea es producido principalmente por dos grupos de microalgas: diatomeas y dinoflagelados.

12.2 El sargazo

Es una macroalga color marrón que se encuentra en la superficie marina y es arrastrada por las corrientes del océano Atlántico a las playas del Caribe, y está compuesto por especies clonales y por eso se reproducen aceleradamente. La SEMARNAT explica que el arribo del sargazo es ocasionado por múltiples factores como el aumento de nutrientes, aumento de la temperatura y de corrientes marinas y vientos.

Por su parte la UNAM (Jorge Zavala Hidalgo) señala que se ha observado la mayor abundancia de sargazo es cuando los vientos alisios son más intensos y las temperaturas superficiales del mar un poco más baja. Así una posible hipótesis es que la intrusión de agua subsuperficiales más rica en nutrientes en la zona donde penetra la luz solar contribuye a que el sargazo sea más abundante en ciertos años.



FIGURA 131. El sargazo.(El sargazo en las costas mexicanas).

Es un fenómeno que dependiendo de la variabilidad climática, de las condiciones atmosféricas y la oceánica en el Atlántico tropical pueden ser más abundantes en algunos años que en otros. Rosa



Elisa Rodríguez del ICML señala que los factores responsables del aumento esta en la contaminación del océano con nutrientes (eutroficación) y cambio climático, que provoca cambios en las corrientes marinas, sugencias y vientos.(Gaceta UNAM. 13 de abril de 2023).

Durante los meses de invierno(enero, febrero y marzo), no hay sargazo en las costas del Caribe mexicano. Es a partir de que entra la primavera cuando empieza a multiplicarse y a arribar poco a poco y en verano alcanza su pico mas alto y cuando entra otoño decae de nuevo.

Cuando las grandes concentraciones de sargazos se descomponen el olor que se desprende de ellas es muy agresivo (gases de ácido sulfhídrico y metano) y desagradable, además que irrita las vías respiratorias, dermatitis y dolor de cabeza, es por ello que se debe recolectar a la brevedad.

Para contener el sargazo se ha recurrido a tres estrategias: poner barrera cerca de la zona donde puede llegar; sacarlo del agua con unas embarcaciones especializada y recolectarlo directamente de la playa. La limpieza de los sargazos es costoso por todo lo que implica en cuanto a mano de obra, equipos de mantenimiento, camiones, etc. Particularmente en las costas del mar caribe las acumulaciones masivas de sargazos que ocurren desde 2018 duraba entre cinco y siete meses, y se espera que el 2023 sean por lo menos nueve meses de duración. En un principio esta alga se concentraba en el mar de los sargazos, pero en el 2011 se formó una nueva zona de distribución llamada gran cinturón de sargazos del Atlántico, que va de África al golfo de México. Finalmente llega a México de forma heterogénea ya que su distribución esta sujeta a la corrientes y vientos y su acumulación depende de la forma de la costa (es mas en la bahías que en las penínsulas).

“La marea marrón” es de color café debido a sus descomposición de materia orgánica, lo que implica deterioro de la calidad del liquido y la muerte de pastos marinos, fauna, incluyendo corales y la pesquería.

12.3 Residuos de plástico y redes de pesca

Se estima que alrededor de 100.000 mamíferos marinos mueren por año en el mar a causa de la basura o por quedar atrapados en PET y el 90% de las aves marinas contienen plástico en su estómago, según Greenpeace. Aproximadamente un 80% de la basura se origina en tierra firme y de ello el 80% de la misma es microplástico, el que por su durabilidad en el ambiente -varios cientos de años- constituye el mayor peligro para la vida en el mar. El 20% que no se origina en tierra es producto de los desechos de la industria pesquera y la navegación.

Más de 640,000 toneladas de redes, líneas, macetas y trampas usadas en la pesca comercial son arrojadas y desechadas en el mar cada año. Se estima que el equipo fantasma representa el 10% de la contaminación plástica. Un estudio encontró que hasta el 70% (en peso) de macroplásticos (más de 20 cm) que se encuentran flotando en la superficie del océano estaba relacionado con la pesca.



Tres mil millones de personas dependen de la biodiversidad marina. Sin embargo, actualmente se encuentran ocho millones de toneladas de plásticos flotando en el mar. Incluso existe una gran isla de plástico en medio del océano que deteriora la calidad de vida diferentes especies de la fauna marina.

Además se sabe que más de 140.000 toneladas de residuos radiactivos permanecen depositados en la fosa atlántica a 630 kilómetros de la costa gallega, sin que nadie se responsabilice del estado de los bidones que a principios de los ochenta fueron arrojados al mar por la industria nuclear para librarse de desechos que generaba su actividad. Han pasado 25 años y los científicos apuntan que los contenedores pueden empezar a deteriorarse debido a la salinidad del agua y las fuertes presiones que soportan situados a más de 3.000 metros de profundidad.

Unidad XIII

Aguas interiores, mar territorial, zona contigua y zona económica exclusiva



Las aguas interiores son una pequeña franja que coincide con la línea de bajamar, aunque en archipiélagos (un archipiélagos es aquel conjunto, generalmente numeroso, de islas agrupadas en una superficie más o menos extensa del mar) y zonas escarpadas con fiordos, rías, y cabos, suele trazarse una línea recta de referencia llamada línea de base. Desde esta demarcación se extiende el mar territorial (lo que comúnmente se conocen como aguas territoriales), se mide desde la línea de baja marea o líneas de base recta hasta 12 millas marinas o 22,2 kilómetros cuadrados.

A partir de ahí nace la llamada zona contigua, que se prolonga hasta otras 12 millas desde el final del mar territorial. Por último tenemos la zona económica exclusiva, que se extiende 200 millas náuticas (370 kilómetros) en total y que van desde la línea de base o desde el límite de las aguas interiores; aunque si existe una plataforma continental ancha se puede reclamar su extensión hasta 350 millas.

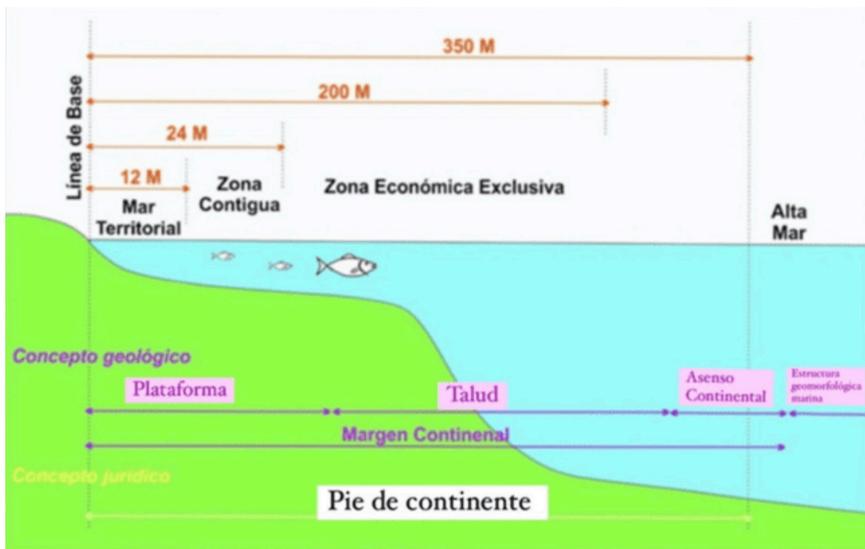


FIGURA 132. Perfil de la ZEE. (Oceánicas: perfil).



Las características **Mar Territorial** son que en ella se extiende la absoluta soberanía de un Estado sobre el mar, su espacio aéreo, así como de su lecho y subsuelo submarino.

De todas maneras, existen algunas limitaciones a ese poder estatal sobre el mar territorial y tiene que ver con el permiso que se le otorga a los barcos de otros estados, en tanto no implique ningún tipo de afrenta que atente contra la seguridad de la nación. Tal permiso se conoce formalmente como **Paso inocente** y se encuentra asentado en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar; así es que cuando se trate de un paso rápido y sin paradas prolongadas se le permitirá a los barcos de todos los estados la navegación por el mar territorial que corresponda.

El derecho de paso inocente de los buques, es un derecho del Mar, entendido éste como una disciplina que se desgaja del Derecho Marítimo. Cuando los buques de bandera extranjera navegan por aguas pertenecientes al mar territorial de un Estado, o por estrechos o por aguas archipelágicas, tienen el derecho a atravesar por esos espacios acuáticos en forma pacífica y sin perjudicar el buen orden o la seguridad del Estado ribereño.

“En el transcurso del paso inocente por el mar territorial que debería ser rápido e ininterrumpido, los buques, por razones justificadas, incluso pueden detenerse y fondear en él, si la navegación o ciertas circunstancias especiales como pueden ser la fuerza mayor, dificultades graves o el auxilio de personas en peligro”.

En esta **zona Económica exclusiva o mar patrimonial**, el Estado ribereño mantiene la soberanía para explorar y explotar los recursos que allí se encuentren, y tiene jurisdicción en cuanto a las estructuras que se instalen allí y a las investigaciones científicas que se realicen en esas aguas, pero también otros estados tienen libertad de navegación y vuelo, y de colocar cableado y tuberías submarinas. Después de las 200 millas náuticas, empiezan las aguas internacionales o aguas de alta mar, sobre las cuales no tiene soberanía ningún estado y que se regulan según los principios del derecho internacional y la Convención del Mar de 1982 y representa el 45% de la superficie de la Tierra, casi la mitad del planeta.

No obstante, existen casos en los que un estado puede ampliar su zona económica si su plataforma continental se extiende más allá de esa distancia, el estado puede solicitar al Comité de Límites de Naciones Unidas una ampliación de su soberanía hasta las trescientas cincuenta millas náuticas (648,2 kilómetros). Sin embargo, en la práctica todas estas distancias podrían cambiar si las costas de un estado se encuentran frente a las de otro estado, en ese caso se dividen tomando como referencia el punto medio entre ambas costas.

Todos los Estados (derechos de terceros) sean ribereños o sin litoral, gozan de las siguientes libertades: libertad de navegación; libertad de sobrevuelo; libertad de tender cables y tuberías submarinos; libertad de pesca limitada por el Estado ribereño. La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar permite a los países sin salida al mar el acceso al mismo sin tener que pagar aranceles o cuotas de paso a los países de tránsito.

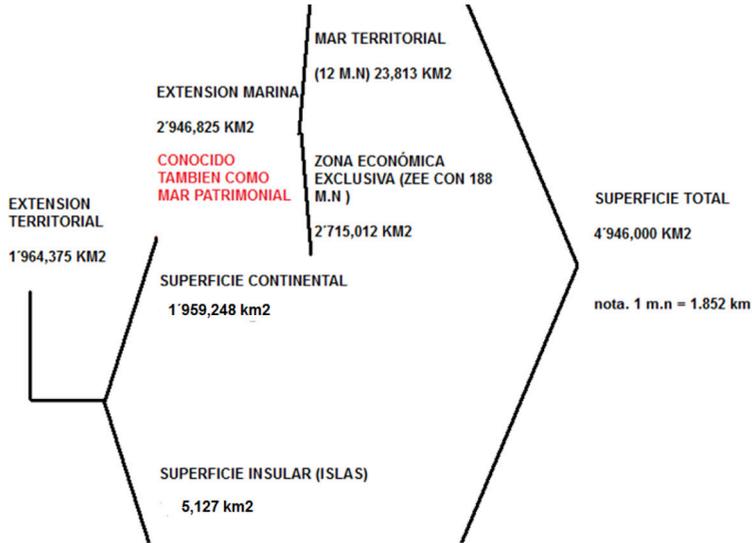


FIGURA 133. Cuadro sinóptico de la ZEE en el caso de México. Elaboración propia.

El siguiente mapa que muestra la zona económica de México y fue elaborada por el estudiante de geografía de los océanos: Gerson León Chavarín.

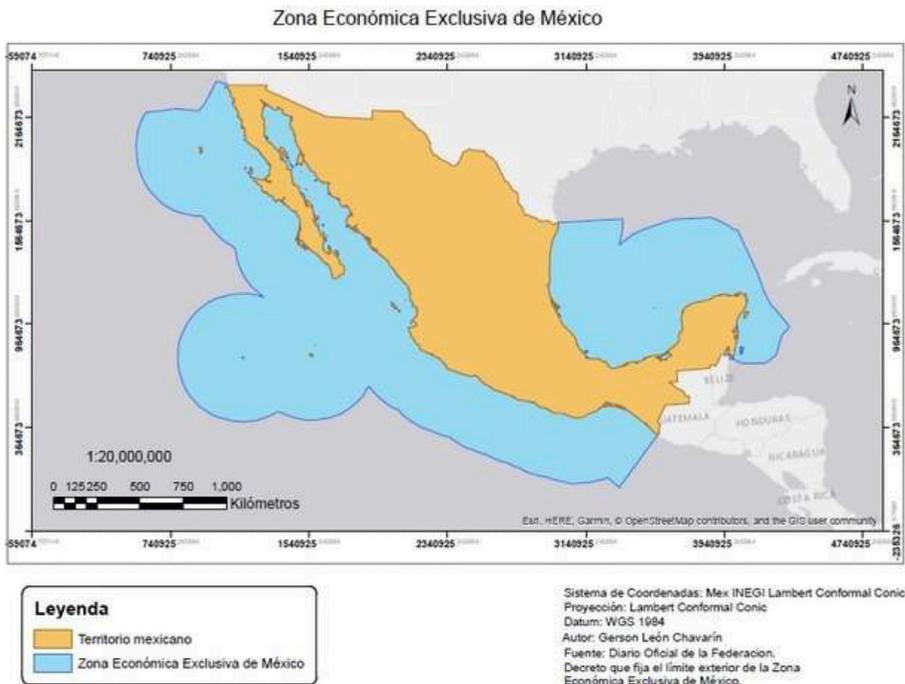


FIGURA 134. Mapa elaborado por Gerson León Chavarín.

Referencias bibliográficas



- Aguilar V., Hernández, D., Melanie K. (2007). Ecorregiones marinas de México. Océanos, Costas e Islas: Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México. Conabio, Pronatura, Semarnap. México, 2007.
- Arrecife maya. <https://aquaworld.com.mx/blog/bucea-en-la-segunda-barrera-de-coral-mas-grande-del-mundo/>
- Ciencias de la Tierra y Medio ambientales. Fenómeno el niño. <http://ctmalagunas.blogspot.com/2016/11/fenomeno-el-nino.html>
- Ciencias de la tierra y medio ambiente. Morfología costera. <http://ctmalagunas.blogspot.com/2013/02/morfologia-costera.html>
- CONABIO, (2009) Manglares de México. Extensión y distribución Comisión Nacional. Para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. Julio 2009.
- ¿Cómo se forman las piedras preciosas del mar? <https://www.gemselect.com/spanish/other-info/gemstone-formation.php>
- Corriente oceánica profunda. <http://descubriendogalapagos.ec/descubre/procesos-geograficos/oceanografia/surgencia/>
- Definición de: Acantilado. <https://definicion.de/acantilado/>
- Distribución geográfica de arrecifes en México. https://aida-americas.org/sites/default/files/featured_pubs/informe_corales_mexico.pdf
- Distribución global de blanqueamiento de corales arrecifes. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2000-062-Es.pdf>
- Distribución de temperatura de los océanos. http://www7.uc.cl/sw_educ/geo_mar/html/h332.html
- Distribuciones típicas de las características del agua de mar. <http://www.fisica.ucr.ac.cr/sites/default/files/RP2103%20FUNDAMENTOS%20DE%20OCEANOGRAFIA.pdf>



- Distribuciones típicas de las características de agua de mar Tema: Salinidad superficial y evaporación menos precipitación en función de la latitud. <http://www.fisica.ucr.ac.cr/sites/default/files/RP2103%20FUNDAMENTOS%20DE%20OCEANOGRAFIA.pdf>
- Distribución de arrecifes de corales. https://www.researchgate.net/figure/Figura-01-Distribucion-mundial-de-los-arrecifes-de-coral-El-SAM-tiene-en-cuatro_fig1_320960998
- Ecología verde: Animales de las profundidades marinas. <https://www.ecologiaverde.com/animales-de-las-profundidades-marinas-3632.html>
- Ejercicios del curso. www.gravity.uni-kiel.de/Uebungen/EJERCICIOS%20DEL%20CURSO.doc
- El atolón de Clipperton: <https://mexicotravelchannel.com.mx/mundo/20210111/isla-clipperton-atolon-mexico-francia-disputaron/>
- Equipo de pesca arrojado en el mar. <https://www.mexicoambiental.com/el-equipo-de-pesca-arrojado-es-el-mayor-contaminante-plastico-en-el-oceano-segun-un-informe>
- El mar caribe mexicano. <https://www.mexicodesconocido.com.mx/escapadas/cancun.html>
- Escolar Port. Aula náutica. Meteorología. <https://aulanautica.org/unit/meteorologia-capitan-yate>
- Esquema de propagaciones Tsunamis. https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Esquema-de-generacion-y-propagacion-de-un-tsunami_fig3_276931161
- Fenómeno el niño. Pendiente <https://www.hrtv.com.pe/80-que-se-presente-unfenomeno-el-nino-este-ano/>
- Fondear. Brisa de mar y de tierra. <http://www.fondear.org/infonautic/Mar/Meteo/Brisa/Brisa.htm>
- Fondos marinos. <http://nogalescano.blogspot.com/2008/04/mapa-de-islandia.html>
- Fundamentos físicos de la teledetección: Espectro de las radiaciones solares. <http://www.um.es/geograf/sig/teledet/fundamento.html>
- Global Seafloor Topography from Satellite Altimetry, Walter H.F. Smith and David I. Sandwell, 1997, Science Magazine, vol. 277, issue 5334, San Francisco, CA.
- Geomorfología dinámica y climática. Geomorfología litoral https://www7.uc.cl/sw_educ/geografia/geomorfologia/html/4_3_2.html
- Ilce. Avance científico marino en México. http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/141/htm/sec_11.htm
- Ilce. Biblioteca digital. El fondo del océano. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/Colecciones/index.php?clave=cTiSuperf0&pag=9>
- Ilce. Biblioteca digital. Piso oceánico. http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/54/htm/sec_10.html
- Infobase. Arco marino. <https://www.infobae.com/america/mexico/2019/02/22/por-que-el-famoso-arco-de-cabo-san-lucas-esta-condenado-a-derrumbarse/>



- Instrumentos de posicionamiento en la antigüedad: El sextante, cuadrante y astrolabios. <http://www.mat.uvpt/~helios/Mestre/Novemb/Hgliflan.htm>
- Insolit. 12 playas con arena de colores increíbles. <https://insolitiviatges.com/blog/post/h1-12-playas-con-arenas-de-color-inigualables-h1>
- INE-SEMARNAP (2000). Zona litoral de México. La calidad del agua en los ecosistemas costeros de México. Instituto Nacional de Ecología. Estado del medio ambiente: zonas marinas y costeras.
- La Gran Barrera de Coral esta en el noreste de Australia. <https://aquaworld.com.mx/blog/bucea-en-la-segunda-barrera-de-coral-mas-grande-del-mundo>
- Lara, J. R. (2008). Las Ecorregiones marinas de México: Los ecosistemas marinos. CONABIO enero 2008.
- LifeScience. Marea roja. Efecto socioeconómico producto de la presencia de marea roja en la zona marino costera del pacifico de Guatemala.
- Mancera, F. A. (2021) Tesis de Licenciatura: Adaptación y aplicación de un índice de vulnerabilidad costera en el litoral norte del municipio de Actopan, Veracruz, México. Colegio De geografía, de la Facultad der Filosofía y Letras. UNAM. México.
- Mar de fondo en Acapulco. <https://novedadesaca.mx/alertan-mar-fondo-en-acapulco/>
- Mar rojo. <https://www.adn40.mx/programa/fusion-salvaje/nota/2014-08-05-13-24/el-fascinante-mar-rojo/>
- Maravillas naturales: chachagua. <https://www.pinterest.com.mx/pin/149674387604468132/>
- Meteorología en red. Cómo son y cómo se forman las corrientes marinas. <https://www.meteorologiaenred.com/corrientes-marinas.html>
- Minerales placeres o de playa. (<https://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/PLACERES.pdf>)
- Morrone, J.J (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. Web: <http://rev.mex.biodivers.unam.mx/index.php/es/encrucijada-de-la-biodiversidad/>
- Navegación electrónica. <http://www.sai-systems.com/aviación/TEORIA/Tipos%20de%20navegación.htm>
- Nahle, Nasif. (2008). El entorno marino: Ambientes Marinos. Biology Cabinet Organization. New Braunfels, TX. y de la página web: (http://www.biocab.org/Ambientes_Marinos.html)..
- Noaa. Bathymetry from space. Oceanography, Geophysics, and Climatology. https://www.star.nesdis.noaa.gov/pub/sod/lsa/walter/global_bathy_5.15.03.pdf
- Naval Todoy.com. Kuroshio. <https://navaltoday.com/2018/09/19/japan-dispatches-submarine-kuroshio-to-south-china-sea-asw-drill/>
- Océánicas. Perfil de la ZZE. <https://oceanicas.ieo.es/el-dia-que-estuve-en-la-onu/>



Océanos, costas e islas (2007). Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México.

Oceanografía física. http://oceanografiafisicaymas.blogspot.com/2011/10/corrientes-superficiales_22.html

Omar G. Lizano Rodríguez. Fundamentos de oceanografía. Capítulo 5: distribución de las características de agua del mar.PDF

Piedras preciosas del mar. <https://pedraspreciosas7.com/mar/>

Pompei, C., Vide, D., Brianso, M. M. (2014). Estudio multidisciplinario del ecosistema manglar en la comunidad tradicional de Curral Velho. Web: https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2014/hdl_2072_248363/PFC_BriansoVide.pdf

Puentes intercontinentales e isostasia (PDF) .Land Bridges and Isostasy: Historical and didactic aspects. Cándido Manuel García Cruz y página web: (www.gravity.uni-kiel.de/Uebungen/EJERCICIOS%20DEL%20CURSO.doc)

Revista geográfica: IGUNNE. Facultad de humanidades. UNNE. Enero-junio 2014.ISSN:1668-5180 Resistencia, Chalco.

Rivera-Arriaga y Villalobos (2001). Regiones costeras de México. México.

Secretaria del Medio ambiente y recursos naturales e Instituto Nacional de Ecología. (2009). Ordenamiento Ecológico Marino, visión integrada de la regionalización.

Slideshare. Características físicas de la tierra. <http://es.slideshare.net/leonelacarmen/caractersticas-fsicas-de-la-tierra-39438196Cara>

Sin reserva: el mar amarillo de china. <https://www.sinreservas.com.do/misiones-en-rd/francia/el-mar-amarillo-de-china-se-vuelve-verde/>

Tabla de mareas. Tipos de mareas. <https://tablademareas.com/mareas/tipos-mareas>

Tapia, L. J 2003. Mapa Batimétrico Digital de la porción meridional del Golfo de México. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y letras. UNAM. México

Topadventure. Las coloradas de Yucatán. <https://topadventure.com/experiencias/Las-Coloradas-el-paisaje-favorito-de-la-Peninsula-de-Yucatan-20200928-0005.html>

Universidad veracruzana. El sargazo en las costas mexicanas. <https://www.uv.mx/cienciauv/blog/el-sargazo-en-las-costa-mexicanas/>

Wikipedia. Enciclopedia libre. Placa tectónica. Agosto de 2023.

Wikipedia. Enciclopedia libre corriente de california 2023. https://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_de_California

Wikipedia. Enciclopedia libre. Farallon. <https://es.wikipedia.org/wiki/Farall%C3%B3n>

Apuntes de geografía de los océanos y mares

Mtro. Jesús Manuel Tapia López

Es una obra, donde el autor nos adentra a un recorrido por las aguas del planeta con imágenes y textos representativos a la cátedra que el Maestro Tapia-López imparte. Poco a poco salen a la luz los misterios y maravillas que componen los océanos y mares, lo que permite disfrutar y saber qué tanto nos hace falta conocer de ellos. La Casa Editorial STUNAM a través de la Secretaría de Divulgación y Desarrollo Académico pone a su disposición la obra de uno de nuestros académicos de la UNAM fortaleciendo las funciones sustantivas de nuestra universidad con esta valiosa herramienta de conocimiento.