



00377
2/

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS**

**Análisis sobre la delimitación y tamaño de los sistemas
costeros mexicanos con base en sus geoformas, así como
cuantificación de la flora más representativa**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
**MAESTRO EN CIENCIAS
(B I O L Ó G I C A S)**
P R E S E N T A :
JOSÉ LUIS CARBAJAL PÉREZ

DIRECTORA DE TESIS

DRA. GUADALUPE JUDITH DE LA LANZA ESPINO

MÉXICO, D.F.

AGOSTO, 2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A la memoria de mi padre

a mi madre

y hermanos

Autorizo a la Dirección General de Estadística de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo estadístico.

NOMBRE: José Suárez

Carbajal Pérez

FECHA: 25 Agosto 2003

FIRMA: [Firma]

A mi esposa

e

hijos

B

Agradecimientos

Mi gratitud a la Dra. Guadalupe de la Lanza Espino por su tenaz persistencia y su amplio apoyo, así como su excelente dirección para la realización de esta tesis.

Agradezco a los Doctores Luis Arturo Soto González, Enrique Martínez Hernández R. y Alfonso Vázquez Botello, los comentarios y observaciones que enriquecieron este documento.

A mis compañeros Salvador Hernández Pulido, Juan Carlos Gómez Rojas. y José Luis Díaz Olguín. por su valioso apoyo.

A la Comisión Nacional del Agua por haber permitido el uso de la información relativa a los cuerpos de agua a nivel nacional, la cual fue fundamental para el análisis de este trabajo.

Finalmente agradezco infinitamente el apoyo incondicional de mi esposa e hijos, así como de mi madre y hermanos en quienes siempre he encontrado el impulso para seguir adelante.

Contenido

Resumen	2
Introducción	2
Geoformas Costeras	3
Deltas	5
Bahías	6
Estuarios	7
Lagunas Costeras	12
<i>Clasificaciones</i>	19
Esteros	24
Albuferas	24
Marismas o Pantanos Marinos	27
Vegetación Costera	28
Planteamiento de la Problemática	30
Hipótesis	30
Objetivos	31
Objetivo general	31
Objetivos particulares	31
Área de Estudio	32
Pacífico Mexicano	34
Costa Occidental de la Península de B.C.	36
Costas del Golfo de California	38
Costas del Pacífico Tropical Mexicano	40
Costas del Atlántico	42
Golfo de México	43
Mar Caribe	45
Material y Método	48
Resultados y Discusión	53
Deltas	53
Bahías	55
Estuarios	58
Lagunas Costeras	60
Esteros	68
Albuferas	70
Marismas	73
Integración de los resultados de las geoformas	74
Inventario de la vegetación Costera	79
Vegetación halófitas	79
Manglar	81
Conclusiones	85
Referencias	90

Análisis sobre la delimitación y tamaño de los sistemas costeros mexicanos con base en sus geoformas, así como cuantificación de la vegetación más representativa.

Resumen

Existen grandes diferencias entre los distintos autores, en relación con el número y delimitación de las geoformas costeras. Con base en esto, el presente estudio tuvo como objetivo delimitar, diferenciar y cuantificar el número de cuerpos de agua y su superficie así como la cobertura de la vegetación costeras en las cinco vertientes de México.

Con base en la información obtenida de 55 cartas hidrológicas de la zona costera del INEGI y del inventario hidrológico de la CNA-IBUNAM (1999) se calculó el número, tipo y superficie de las diferentes geoformas (deltas, bahías, estuarios, lagunas, albuferas, esteros y marismas), así como la distribución de la vegetación costera (manglar y halófito). Los resultados mostraron que en el país hay: cuatro deltas, en una superficie de 9, 671.71 km², a pesar de ser los menos representados numéricamente, ocupan el cuarto lugar en superficie (con el 15.52 %). Existen 62 bahías, con una superficie de 14,043.36 km², que representa el 22.53 % de la zona costera del país; 42 de ellas se localizan en la Costa Occidental de la Península de Baja California y el Golfo de California, (es el 73 % de la superficie total de las bahías). Hay 19 estuarios, con una superficie de 293.42 km², en relación con las demás geoformas, estos representan escasamente el 0.47 % de la superficie total costera. Las lagunas son uno de los rasgos geomorfológicos costeros más sobresalientes del país, con el 21.05 % de la superficie total; existen 164 lagunas y tienen una distribución más amplia, ocupando una superficie de 13,119.83 km², de las cuales 20 son sistemas lagunares y 12 sistemas estuarino-lagunares. Las albuferas, son ambientes acuáticos de la planicie costera aislados del mar, son los más numerosos, con un total de 1,445, pero con una superficie de 2,150.7 km², que es el 3.45 % de las geoformas. En cuanto a los esteros hay 357 en una superficie de 1,111.99 km², que es el 1.78 % de las geoformas del país. Las marismas cuentan con 21,927.91 km², que es la cobertura más amplia de la zona costera (más del 35 %). La vegetación ocupa 22,296.93 km², en la que el manglar representa el 26.7 % de la cobertura total, y la vegetación halófito con 16,295.27 km² (74.3 %), como la más abundante.

Introducción

El litoral mexicano tiene una extensión costera de 11, 592.76 km; dentro de ella el Océano Pacífico, en el cual se encuentran las costas de la Península Occidental de Baja California, las del Golfo de California y las del Pacífico Tropical Mexicano. Al oriente el Océano Atlántico conformado por las costas del Golfo de México y el Mar Caribe (INEGI, 1989). Hacia el mar, el país se encuentra bordeado por una plataforma continental que ocupa una superficie de 431,051 km², considerando el espacio comprendido entre la costa y la isobata de los 200 m de profundidad (SAG, 1960).

México por el hecho de ubicarse entre dos grandes océanos: el Pacífico y el Atlántico, y por estar en la franja latitudinal comprendida desde el trópico al subtropical, así como contar con una topografía accidentada le confieren un clima variado, conformado por zonas áridas hasta regiones templadas y tropicales. Lo que le ha permitido agrupar a numerosos ambientes con una composición físico-geográfica heterogénea, desarrollando los más diversos biótupos en el mundo (Ferrusquía-Villafranca, 1993), que se ve reflejado también en los sistemas costeros.

Específicamente en la zona costera, se han desarrollado una gran cantidad y variedad de rasgos morfológicos (deltas, bahías, lagunas, estuarinos, esteros, marismas, pantanos, playas, caletas y ensenadas) con características particulares, que son debidas a los aspectos antes mencionados, pero que además se debe a su evolución geológica y a su hidrodinámica. Según Lugo (1986) la gran diversidad y amplitud de dichos rasgos, son, producto de las diversas morfoestructuras que confluyen frente a su gran extensión litoral, como una característica notable de su fisiografía.

Según Álvarez Arellano y Gaitán Morán (1994) desde el punto de vista geológico la forma y posición de la línea de costa es el producto de los cambios globales del nivel del mar durante el Cuaternario (la cual se empezó a estabilizar hace unos 7,000 años aproximadamente), por levantamientos y subsidencias en las áreas de naturaleza tectónica activa y por los procesos de depositación y erosión costera influida por los procesos fluviales, con la consecuente descarga de sedimentos aportados por los diferentes ríos caudalosos que desembocan en los mares mexicanos.

En términos generales el marco geológico, fisiográfico, oceanográfico y meteorológico, de cada una de las costas del Pacífico y del Atlántico, deben analizarse para ubicar en un contexto particular los diferentes aspectos que intervienen en la formación y desarrollo de las distintas geoformas costeras, así como los criterios que constituyen la base para el desarrollo de una clasificación y censo de la amplia variedad de ambientes del litoral Mexicano.

Geoformas costeras.

Una de las definiciones más completas sobre la zona costera, planteada desde la perspectiva de su manejo, explotación y conservación ha sido propuesta por Sorensen y McCreary. (1990). Esta comprende aspectos; demográficos, ecológicos, funcionales y geográficos, definiéndola como; "La franja de tierra firme y el espacio oceánico adyacentes (agua, y tierra sumergida), en donde la ecología terrestre y el uso del suelo afectan directamente la ecología del espacio oceánico y viceversa. Es una franja de ancho variable que bordea los continentes, los mares interiores y los grandes lagos. Funcionalmente es la amplia interface entre la tierra y el agua donde los procesos de producción, consumo e intercambio de energía ocurren a altas tasas de intensidad. Ecológicamente es un área dinámica de actividad biogeoquímica, pero con limitada capacidad para sostener varias formas para el uso humano. Los océanos pueden afectar al clima hasta tierra adentro, las mareas se pueden extender lejos río arriba".

Por su parte Margalef (1967) señala que en las zonas costeras prevalecen las aguas que constituyen una transición entre las dulces y las marinas y se encuentran contenidas en depresiones de la línea de costa, cuya evolución está asociada con la dinámica oceánica y fluvial; encontrándose dentro de ellas la mayor diversidad de geoformas (como; deltas, bahías, estuarios, lagunas costeras, esteros, ensenadas, marismas).

Es precisamente dentro de la zona de la costa, en donde se ubican los rasgos o ambientes más conspicuos y dinámicos (geoformas) con diversos ecosistemas que, aunque pueden interactuar entre sí, se considera que están relativamente confinados. Dichos ambientes marginales, están sujetos a las más numerosas interacciones con la atmósfera (vientos, lluvia, sol), océano (corrientes, oleaje, marea) y con el continente (aportes fluviales, aporte de sedimentos, actividades antrópicas) (Margalef, 1967).

Por sus múltiples interacciones, es que poseen el mayor dinamismo entre sus diferentes ambientes, lo que propicia que los procesos de producción, consumo e intercambio (geológico, biológico, continental y atmosférico) se lleven a cabo con gran celeridad. Esto ha permitido además del gran desarrollo de numerosos ambientes costeros, condición para el desarrollo de una gran biodiversidad (Vázquez Botello *et. al.*, 2000).

Los diferentes rasgos geográficos que componen a la zona costera, también juegan un papel importante en los patrones de migración y distribución de las especies costeras y marinas. Son importantes como zonas de anidación y crianza, así como áreas de distribución; con una gran riqueza en su biodiversidad, y una alta producción natural; son ricas en recursos minerales y contienen un alto potencial energético (Yáñez- Arancibia, 1986).

Algunos de los trabajos que abordan el número y extensión de las diferentes geoformas costeras, se limitan a considerar a las lagunas costeras (Lankford, 1979; Contreras- Espinosa, 1985; Castañeda y Contreras-Espinosa, 1995), sólo en algunos trabajos como los de INEGI (1988) y CNA-IBUNAM (1998 y 1999), se diferencian ciertos rasgos costeros. Diferentes autores han señalado que hay 12,500 km² de superficie lagunar y 16,000 km² de superficie estuarica (Phleger, 1969; Cárdenas, 1969; Yáñez- Arancibia, 1986; Contreras- Espinosa, 2001), pero sin que haya un claro señalamiento ni justificación de sus límites y sin que se presente una relación del número, ubicación y superficie sobretudo de los estuarios. Cordero-Melo *et al.* (1977) con base en las características de los sistemas fluviales en México, señalan que, son pocos los ríos que llegan a formar estuarios, ya que la gran mayoría de ellos forman barreras de playa, sin llegar a constituir sistemas estuarinos característicos, por lo que para este autor no existen estuarios en México.

La CNA-IBUNAM (1998) han estimado que los cuerpos costeros ocupan el 3 % de la superficie de la República Mexicana. Dentro de esta estimación fundamentalmente se contemplan lagunas costeras y algunos esteros, pero no se diferencian y se consideran a deltas, bahías, estuarios y albuferas (retomado este término y modificándolo para enriquecer la clasificación en este estudio y definido en párrafos posteriores). Ambientes que forman parte de la zona costera y que son geoformas, cuya evolución está asociada a la dinámica oceánica y fluvial.

Existen algunas referencias con relación a los deltas, en la que se menciona, en términos generales, que los más importantes del país son los que están asociados a la desembocadura de los ríos más caudalosos como: Colorado, Yaqui, Mayo, Balsas, Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Pánuco y Bravo (Álvarez Arellano y Gaitán Morán, 1994), pero sin que se defina qué superficie ocupan. Cordero-Melo *et al.* (1977) señalan que en la vertiente del Golfo de México únicamente se presenta una zona deltaica amplia, en la llanura Tabasqueña (Grijalva-Usumacinta) y en la vertiente del Pacífico se presentan tres ríos con desembocadura en forma de delta: el Colorado, El Santiago y el Balsas.

Con el objeto de elegir los elementos y definiciones más aplicables a los rasgos costeros mexicanos y su clasificación, a continuación se presentan algunos principios y conceptos sobre geoformas. En donde se definirán y se describirán las características geográfico-hidrodinámicas de cada uno de ellas, destacando sus rasgos más importantes. Los aspectos del marco físico sobresalientes que se encuentran integrados en la definición.

Delta

El delta según Petzall (1967) es "la planicie costera de acumulación transitoria de sedimentos, que está alimentada y asociada a los aportes fluviales que llegan al mar, de donde son distribuidos por las olas y corrientes marinas".

Destacando además que un delta es un tipo de desembocadura de los ríos que consiste en la existencia de dos o más brazos fluviales, que resulta de la acumulación de aluviones, lo que dificulta la salida libre de las aguas por un solo canal, obligando a la formación de canales o brazos anexos (Cordero-Melo *et al.*, 1977).

Es importante mencionar el hecho de que en el enfrentamiento de los ríos con el mar, se produce una reducción drástica de la velocidad de la corriente fluvial, provocando que haya una menor dinámica en esta zona, reduciendo al mismo tiempo su fuerza de transporte y facilitando la depositación del material sedimentario, propiciando que haya un conjunto de sedimentos aluviales subyacentes en esta zona, formando como rasgo característico un cono submarino (Petzall, 1967; Shepard, 1973).

Desde el punto de vista de su evolución Shepard (1973) señala que cuando el suministro de sedimentos excede a la capacidad de dispersión de las olas y las corrientes, el delta tiende a crecer. En los litorales someros se llega a producir una colmatación de los sedimentos provocando una obstrucción en la desembocadura del cauce, lo que a su vez provoca que el río suba de nivel y busque otra salida hacia el mar, a través de la formación de "nuevos" brazos. Cuando los ríos cesan de suministrar los sedimentos que lo mantienen sobre el nivel del mar, la planicie deltaica se va hundiendo, ya sea por la compactación del sedimento o por que se formó en áreas de subsidencia, permitiendo que gradualmente el mar lo inunde.

El delta aunque bien definido en cuanto a su geomorfología, es en realidad, un ambiente de transición y mixto, en donde, en diversas porciones o sucesivamente, se realiza la sedimentación (asentamiento de material particulado tanto orgánico como inorgánico en la superficie de las geoformas) bajo condiciones aluviales, lacustres, eólicas, lagunares, palustres y de playa. Los sedimentos depositados bajo estas condiciones se ramifican y superponen a medida que el río y sus interdigitaciones cambian de cauce en el delta. Los criterios más útiles para reconocer los sedimentos de estas geoformas de transición, por sus mismas ramificaciones son: la forma de la acumulación deltaica en su conjunto y la distribución característica de los sedimentos fluviales en los canales de distribución (Petzall, 1967).

El desarrollo de la planicie deltaica propicia la formación de marismas, esteros, estuarios y lagunas modificando la línea de costa con una mayor rapidez que con cualquier otro ambiente costero. Con el incremento de las diferentes actividades antropogénicas, se han acentuado estas modificaciones, al disminuir substancialmente la aportación de los sistemas fluviales de los principales ríos del país (por los represamientos, construcción de diques, canales, estanques), abatiendo rápidamente el aporte sedimentario y propiciando cambios drásticos en la margen continental, lo que permite que el mar gane terreno dentro de la zona deltaica, y cambie aún más rápidamente la configuración de la línea de costa (Ortiz-Pérez y Mendez-Linares, 1999).

Según Álvarez-Arellano y Gaitán-Morán (1994) los deltas más importantes del país, son los que están asociados a la desembocadura de los ríos más caudalosos como: Colorado, Yaqui, Mayo, Balsas, Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Pánuco y Bravo.

Bahía

Está considerada como una porción del océano sobre la zona costera, que penetra hacia el continente. Caracterizada por una línea de costa que se prolonga hacia el exterior. Pueden tener orígenes diferentes, esto es: como producto de una falla, o por hundimientos locales, o vulcanismo, o por deslizamientos, pero que característicamente forman indentaciones costeras, con una forma cóncava hacia el interior del continente. Poseen un área que es igual o mayor que la del semicírculo que la conforman (modificado de De la Lanza- Espino *et al.*, 1999).

En algunas bahías llega a desembocar algún río, con la consecuente formación de lagunas y/o estuarios, particularmente en las bahías protegidas del ataque de las olas, lo que favorece que haya una gran acumulación de material suspendido, propiciando que haya una depositación activa. Muchas de ellas llegan a formar en primer instancia a los estuarios, ya que al desarrollarse una bahía con influencia fluvial, por su dinámica natural favorece la formación de un estuario, pero al continuar con el desarrollo de este ambiente se puede llegar a formar sistemas complejos, con la combinación de lagunas costeras, marismas, esteros, dentro de lo que inicialmente era una bahía. No obstante, las bahías tienen un origen completamente diferente al de las lagunas y estuarios, ya que desde el punto de vista geológico su origen puede ser producto de una falla, de un hundimiento local, o vulcanismo, o por deslizamientos de la zona costera (Shepard, 1973).

Las bahías fundamentalmente están dominadas por el ambiente marino. Su hidrodinámica esta regida por el mar adyacente. Con una mayor predominancia en este ambiente de la fauna oceánica, Las amplitudes de marea son mucho más grandes que en una laguna, las bahías tienen en promedio una profundidad mayor a la de las lagunas (Emery y Stevenson, 1957).

En términos generales las bahías se clasificaran en:

a) "Abiertas" cuando el semicírculo que las conforma se encuentra abierto en más del 50 %, y cuyos ambientes se encuentran en constante relación con el mar.

b) "Semicerradas", cuando la boca de la bahía sea angosta, y el semicírculo que las conforma está cerrado en un 60 % o más.

c) Bahías "protegidas" aquellas que se encuentran separadas del mar por una barrera; llamadas también bahías Limnám (Emery y Stevenson, 1957). Estas son aquellas en donde hay una desembocadura amplia de algún río, que es

cubierta por las aguas marinas; la mayoría de este tipo de bahías se formó durante la transgresión del mar dentro de las tierras bajas en los valles planos. Los estados juveniles de una bahía "Limnán", se caracterizan por presentar sedimentos principalmente de origen abrasivo, por lo que tienden a formar barreras o bancos de arena fuera de la bahía en dirección al mar. Los bancos de arena son alimentados por la deriva de la costa, al mismo tiempo existe un suministro de sedimentos del fondo, este fenómeno provoca que se plieguen hacia el continente, con un perfil irregular, llegando a formar algunos ganchos en los extremos de la boca, lo cual da una evidencia de su estado de desarrollo. Al incrementarse la masa total de sedimentos éstos se van a mover siguiendo las restricciones del bloque terrestre. En este momento hay una gran migración de sedimentos hacia la región menos dinámica, la costa puede experimentar algunas transformaciones peculiares y finalmente se convierte en una laguna costera (Emery y Stevenson, 1957).

Estuarios

Barnes (1980), establece que los estuarios en las planicies costeras, están formados por los cuerpos de agua que llegan a alcanzar a través de los ríos las partes bajas de los valles y los que se forman en las bocas de los ríos anegados. Normalmente los estuarios de este tipo son alargados y someros, ramificados e irregulares a la línea de costa pero finalmente todos reciben un río.

Pritchard (1955), definió al estuario sobre tres características básicas: 1) un cuerpo de agua semicerrado; 2) libre circulación con el océano abierto y 3) ocurre la mezcla de dos tipos de agua, de mar y dulce; excluyendo características morfológicas de la costa. Los clasifica de acuerdo a los modelos de circulación y distribución de la salinidad en: mezclados, parcialmente mezclados y estratificados.

Existen numerosas definiciones sobre estuario (Pritchard, 1967; Ringuelet, 1962; De la Lanza- Espino *et al.*, 1999; EPA, 2001) que enfatizan las siguientes características generales:

- 1) Son cuerpos de agua costeros semicerrados.
- 2) Se encuentran en el curso final de un río.
- 3) Aunque protegidos poseen un intercambio libre entre el curso fluvial y el mar.

En forma particular cada uno de los autores destaca características importantes y que definen aún más a estos sistemas costeros:

a) La existencia de dos corrientes en sentido opuesto, afectadas en sus movimientos por diversos factores, incluyendo la disposición de las orillas y a veces la configuración del fondo (Pritchard, 1952),

b) Un rasgo importante que se debe subrayar es el hecho de que los estuarios se pueden extender perpendicularmente a la línea de costa (Pritchard, 1967).

c) Es un cuerpo de agua lótico, polihalino, favorable para la vida de organismos eurihalinos, poblado por animales y vegetación de origen dulceacuícola y marino. Un estuario es un biótomo lótico mixohalino (Ringuelet, 1962).

d) Son áreas de transición o ecotonos variables (Day Jr. y Yáñez-Arancibia, 1982; Contreras- Espinosa, 1985; De la Lanza- Espino *et al.*, 1999).

e) Las marismas están mejor desarrolladas en los estuarios que en las lagunas. Típicamente los estuarios difieren de las lagunas en que muestran un incremento de la influencia fluvial a través de su nacimiento (en la parte principal) e incrementa la influencia marina a través de sus bocas (Shepard, 1973).

f) Algunos están protegidos de las olas, vientos y tormentas marinas por los arrecifes, islas que actúan como barreras o franjas de terreno, lodo o arena que definen la frontera del estuario (EPA, 2001).

Yáñez – Arancibia, (1986) señala otras características sobresalientes:

- Existe un aporte de agua dulce que acarrea material disuelto y suspendido.
- Son afectados por las mareas.
- Son someros, de manera que el sustrato es afectado por la turbulencia superficial.
- El patrón de circulación del agua es generalmente complejo y están fuertemente afectados por la geomorfología, los vientos, la descarga de los ríos y el efecto de las mareas.
- Comúnmente se presentan gradientes horizontales y eventualmente estratificaciones verticales de diferentes parámetros.
- Son áreas de cambios geomorfológicos relativamente rápidos.

Se enfatiza que la influencia básica en los procesos químicos estuarinos está principalmente relacionada con gradientes en la composición, asociada con la dilución del agua dulce. Pero que sin embargo, el parcial encierro natural de estos cuerpos de agua y los varios factores, tales como la estratificación, considerados en la clasificación de estuarios, desde un punto de vista físico, son de poca importancia para el comportamiento de los constituyentes químicos. Estos factores físicos pueden contar para muchas de las variaciones en el comportamiento químico observado entre diferentes estuarios (Burton, 1976).

Un rasgo importante de un sistema estuarino es la zonación, la cual se hace evidente en la morfometría, en las propiedades químicas del agua, en la circulación, estratificación y régimen de marea, en los sedimentos, en la flora y en la fauna. Rochford (1959; citado en Ringuélet, 1962), reconoce cuatro zonas para una reconstrucción ideal de los estuarios australianos: la dulceacuícola, la de gradiente, la de marea y la marina. Estas cuatro zonas se diferencian basándose en las condiciones sedimentológicas, de circulación, hidrológicas referidas sobretodo a factores químicos y a características biológicas, que se expresan mediante valores promedio o mínimos y máximos, pero no absolutos.

Desde un punto de vista ecológico un estuario presenta las siguientes características: existe una inestabilidad y cambios frecuentes de los caracteres químicos, especialmente en las aguas de salinidad variable, polihalinas y mixohalinas. El ritmo de cambio es de corta frecuencia (ritmo mareal) como consecuencia de la acción de la marea (Ringuélet, 1962). La salinidad cambiante da lugar a fenómenos de estratificación, con una capa profunda de mayor salinidad subyacente a otra superficial "más dulce", y con doble circulación en capas superpuestas o bien con circulación vertical llamada "celular" (Pritchard, 1967).

La biota que se encuentra en un estuario es propicia para albergar formas eurihalinas (organismos que tienen capacidad de soportar cambios fuertes de salinidad), y que se van sucediendo según la escala de salinidad y su capacidad más o menos amplia a la tolerancia a los solutos. Así las especies vegetales y animales oligohalinas (toleran salinidades entre 0.5 a 5.0 ups) se van sustituyendo por otras mesohalinas (toleran salinidades entre 5 a 15 ups), posteriormente son sustituidas a su vez por especies que se encuentran en un intervalo polihalino (entre 15 y 30 ups), hasta llegar a las euhalinas (soportan salinidades marinas). Entre los dos extremos: se encuentran los organismos propiamente "dulceacuícolas" y los propiamente marinos, con todos los intermedios (Ringuélet, 1962). En cuanto a la fauna, ésta cambia progresivamente con la salinidad, la cual decrece hacia la parte superior del estuario.

Uno de los rasgos que se señala con mayor frecuencia es que el ambiente estuarino figura entre los más productivos de la tierra, creando cada año una mayor cantidad de materia orgánica que áreas comparables en tamaño, de bosques, prados o tierras agrícolas. Sin embargo esta alta productividad se basa

principalmente, en la cantidad de energía fijada dentro de la materia orgánica por las plantas fotosintéticas (Schelske y Odum, 1962).

Los estuarios tienen diversos hábitats para la vida silvestre, como los pantanos que bordean a muchos estuarios; que también desempeñan otras funciones de alto valor ecológico. El agua drenada de las tierras altas trae sedimentos, nutrimentos y contaminantes, que al fluir a través de los estuarios, permite que se filtren. La vegetación también actúa como amortiguador natural entre la tierra y el océano, conteniendo las inundaciones y disipando las marejadas. Esto protege a los organismos continentales, así como también de las tormentas y de las inundaciones. La vegetación de los estuarios también ayuda a prevenir la erosión y estabiliza las costas. Proveen el hábitat para más del 75 % de los peces comerciales. Los estuarios proveen una gran variedad de recursos, beneficios y servicios (Yáñez – Arancibia, 1986).

La escasa profundidad de muchos estuarios, permite la posibilidad de que haya mayor sustrato de una gran cantidad de sedimentos resuspendidos, con la frecuencia de altos niveles de actividad biológica, condicionando una complejidad adicional (Burton, 1976).

Para Aston y Chester (1976), un estuario lejos de ser simplemente el punto de reunión del agua dulce y el agua salada, es una representación importante del transporte de los sólidos producidos por la erosión de la corteza terrestre. Los productos de la erosión son llevados al océano por una variedad de mecanismos, en los que se incluye a los ríos, el viento y el hielo.

Geológicamente, los estuarios tienen una vida relativamente corta. Constantemente es alterada por la depositación y erosión de los sedimentos, y experimentan modificaciones extremas durante los pequeños cambios en el nivel medio del mar. Una de las más grandes dificultades en la modelación de los procesos estuarinos, es el hecho de que en condiciones extremas durante periodos cortos (estacionales), son frecuentemente más importantes que el promedio en periodos largos (decadas). Por ejemplo, una súbita inundación puede causar que un río descargue una mayor cantidad de material dentro de un estuario, que el material aportado diariamente durante años en condiciones normales (Aston y Chester, 1976).

El estuario puede tener más de un cambio sucesional, y su evolución por causas geológicas puede conducir a una laguna en cauce preexistente, o bien a una albufera para finalizar en una salina o salitral (Ringuelet, 1962).

Los estuarios se pueden clasificar a través de una gran variedad de criterios; sin embargo, hay un sistema de clasificación que es usado universalmente. El balance entre el agua dulce que ingresa y la pérdida debida a la evaporación, proporciona las bases del sistema. Cuando el ingreso del agua dulce excede la evaporación se define como "estuario positivo"; cuando la evaporación excede el ingreso de agua dulce el estuario se refiere como

“negativo”. En un estuario neutral, la evaporación y el aporte de agua están aproximadamente en equilibrio (Perkins, 1974).

Hay varias clasificaciones para estuarios basadas en parámetros tales como topografía, estructura espacial de la salinidad, patrones de estratificación y circulación. Con base en su topografía se pueden clasificar en tres principales grupos según Pritchard (1967), únicamente se referirá a dos de ellos, ya que los estuarios de cuenca profunda, no existen en México:

1) Los estuarios de los valles de ríos inundados (estuarios de planicie costera), se formaron durante la Transgresión Flandrian que terminó aproximadamente hace unos 3,000 años. En este tipo de estuarios, la sedimentación no se ha mantenido durante el paso de inundaciones y los restos topográficos son similares a aquellos a los del valle de un río. Los estuarios están inundados totalmente, pero varía el espesor de los sedimentos Recientes. Estos sedimentos con frecuencia consisten de lodo en el extremo más alejado del estuario, incrementándose la presencia de arena hacia la boca. Los valles de los ríos inundados, regularmente están restringidos y son comunes en latitudes templadas en donde la cantidad de los sedimentos descargados por los ríos es con frecuencia, relativamente pequeña.

2) Estuarios con barrera, esencialmente son valles de ríos inundados, en donde los sedimentos Recientes son retenidos durante el paso a las inundaciones, este fenómeno propicia el desarrollo de una barrera característica a través de la boca. Regularmente su profundidad es de unos cuantos metros, contienen lagunas extensas y rutas acuáticas someras inmediatamente en el interior de sus bocas. Tales estuarios generalmente están establecidos en regiones tropicales, o en áreas en donde la depositación costera de sedimentos es activa (Aston y Chester, 1976), estos son el tipo de estuarios que principalmente se encuentran en el litoral Mexicano.

Los estuarios de las planicies costeras son considerados como los estuarios verdaderos, y han recibido gran atención, más que los estuarios de barrera y de cuenca profunda, pero cada uno de ellos tiene características en común y sus diferencias se deben tratar con atención (Pritchard, 1967).

Según Shepard (1973), muchos de los estuarios típicos que son verdaderos valles inundados, tienen canales intrincados relativamente profundos con bancos someros en la orilla o en medio de los canales que se anastomosan. En algunos, los canales tienen fondos arenosos y los bancos con piso fangoso, pero usualmente el fango tiene un considerable porcentaje de arena. Típicamente los estuarios difieren de las lagunas en que muestran un incremento de la influencia fluvial en la cabecera (en la parte principal) e incrementa la influencia marina a través de sus bocas. Esto particularmente se manifiesta por los minerales pesados, que son característicos de las áreas del interior del continente, así como de la zona costera y de la plataforma continental frente a la boca.

Las micras y restos de plantas terrestres son comunes en la parte superior de los sedimentos estuarinos. En algunos estuarios, los sedimentos se vuelven más finos en dirección hacia el continente; la arena y otros sedimentos gruesos son introducidos comúnmente hacia el interior del estuario proveniente del mar abierto. La orientación de la barrera en los estuarios bajos es usualmente alargada al eje del estuario y por lo tanto con ángulo recto a la línea de la costa. Sin embargo, las barreras en las lagunas son paralelas a la orientación de costa. Los sedimentos de los ríos en la parte superior de los estuarios pueden ser gruesos pero usualmente tienen un alto contenido de lodo y arcilla. Los ríos con un alto gradiente y un gran flujo introducen arena. Los grandes ríos de bajo gradiente, acarrear grandes cantidades de sedimentos hacia la parte baja del estuario, que consisten muchas veces en lodo y arcilla pero con una considerable cantidad de arena (Shepard, 1973).

Los estuarios en zonas áridas, como el caso de las zonas costeras del noroeste de México, no son comunes, como en las regiones húmedas ya que son escasos los valles de los ríos que los inundan.

Aunque según Phleger (1969) todas las lagunas están asociadas con un río, en algunos casos fluye dentro de ellas hacia el océano o por el contrario fluyen directamente al océano pero pasan en una zona cercana a la laguna. En los casos en donde actualmente no están asociadas a los ríos, se puede demostrar que existió un río en el área en algún momento anterior, pero que actualmente ya no se manifiesta, por lo tanto carecen de corrientes en sentido opuesto, así como el rasgo distintivo de los sistemas estuarinos que es la mezcla del agua de mar y el agua dulce, así como sus implicaciones, por lo que este tipo de sistemas costeros presenta un patrón de circulación que depende fundamentalmente del ciclo de mareas y del viento. Condiciones que se presentan característicamente en las lagunas del noroeste de la república mexicana.

Odum y Copeland (1974), proponen, además una clasificación de los estuarios con relación al nivel de energía del ecosistema, estableciendo un balance de energía entre los ecosistemas.

Laguna Costera

En México como en la mayor parte del mundo, un rasgo morfológico de la zona costera, que quizás sea el de mayor relevancia es el de las lagunas costeras, que sobresalen por su número y extensión. Existen conceptos y definiciones sobre este rasgo costero entre los distintos autores, en muchas ocasiones contradictorias y hasta confusas.

Emery y Stevenson (1957) establecen que: las lagunas costeras son cuerpos de agua separados en muchos casos del océano por barreras arenosas o islas de origen marino y son usualmente paralelas a la línea de costa. Ellos señalan algunos rasgos distintivos entre una laguna y un estuario, que son;

- 1) Las lagunas costeras son el resultado de emergencias principalmente, aunque también se pueden formar como resultado de una submergencia de un llano de la planicie costera. Mientras que los estuarios son el resultado de submergencias.
- 2) Las lagunas comúnmente son más someras que los estuarios, lo que propicia que el piso lagunar esté sujeto a un retrabajamiento continuo ocasionado por el oleaje.
- 3) Presentan una línea de costa recta, con una barra que separa a la laguna del mar. Las islas de barrera de las lagunas son construidas por las corrientes paralelas a la costa o corrientes de deriva.

Para Bruun (1966) el número y tamaño de las bocas está en función de la cantidad de agua que fluye a través de las mismas. A su vez está en función directa de la amplitud y frecuencia de las mareas y del área de inundación de la laguna. En las zonas áridas las lagunas están sujetas al flujo de marea únicamente, carecen de corrientes fluviales que lleguen a ellas (por ejemplo Laguna Ojo de Liebre, B.C.). Las bocas migran en dirección a la deriva de la costa como en el caso de la Laguna de Guerrero Negro, en B.C.

Hoyt (1967) encontró que muchas de las lagunas se formaron por la submergencia e inundación de las tierras bajas de la costa, constituyéndose en la parte de atrás de un cordón de dunas o playas. Emery (1967) señala que las lagunas son comunes en donde la plataforma continental y la planicie costera son amplias y llanas, especialmente en donde la elevación del nivel del mar fue relativamente lenta; formándose por una submergencia, sobre la depresión de la boca de un río y fueron cerradas por el crecimiento de bancos de arena a través de las aguas abiertas.

Por su parte Hoyt (1967) estableció que las bocas que se encuentran en las barras en una laguna costera, ocupan las partes bajas, permitiendo el paso del agua de un río o una corriente marina. La profundidad de una laguna depende de la magnitud de la submergencia y la altitud original del área. El tamaño de la laguna depende no sólo de la magnitud de la submergencia, sino de la pendiente original de la superficie del terreno.

Las lagunas son sistemas en donde la energía del continente, del mar y de la atmósfera es absorbida. Los procesos de sedimentación son básicamente similares en todo el mundo, pero sólo a escala mundial, en diferentes intensidades. La sedimentación está directamente relacionada con los procesos que controlan la erosión, la transportación y la depositación. Estos procesos son físicos, químicos y/o biológicos. En las lagunas con una dinámica baja y en donde la precipitación excede a la evaporación, predominan los lodos en la cuenca. Las lagunas con alta dinámica y con un transporte activo, tienen sedimentos arenosos dominantes (Hoyt, 1967).

Mc Intire y Ho (1969) mencionan que el origen y evolución de las islas de barrera lagunares están directamente relacionados a eventos geológicos locales que se dieron durante la época Cuaternaria. El desarrollo de la laguna hasta el estado actual es el resultado de los eventos relacionados con el levantamiento del nivel del mar durante el Cuaternario Tardío. En los últimos 3,000 años aproximadamente, el nivel eustático del mar cambió, el tamaño de las lagunas decreció a través de regresiones y sedimentaciones costeras. Asociado a ello, se dio el alargamiento de las barras y el posterior encierro de algunas, cambiando la geomorfología lagunar, particularmente en las costas áridas.

Phleger (1969) considera que al menos una tercera parte de las costas de México están formadas por lagunas costeras, desarrolladas durante el levantamiento post- glaciario del nivel del mar y establece que:

- 1) Las lagunas se desarrollan en áreas costeras en donde se presenta la gradación (construcción de una superficie terrestre por la sedimentación de depósitos marinos o fluviales). En donde ha sido esencial un suministro abundante de arena, para formar una barrera en la laguna.
- 2) Según este autor, todas las lagunas están asociadas con un río, que fluye dentro de ellas o dentro del océano directamente, pero en una zona cercana a la laguna. En algunos casos en donde actualmente no están asociadas a los ríos, se puede demostrar que existió un río en el área en algún momento, como es el caso de la Laguna Ojo de Liebre en B.C.
- 3) Las lagunas son alargadas y relativamente estrechas, con el eje paralelo a la costa. Las lagunas alargadas se localizan en costas bajas relativamente rectas o ligeramente curvadas, con un suministro abundante de sedimentos, como en el caso de la laguna de Santo Domingo, en Baja California.
- 4) Las lagunas frecuentemente se presentan entre espacios limitados del continente, como una punta o cabo y regularmente están asociadas a la boca de un río. Si no hay irregularidades significativas del terreno presenta la forma de un rectángulo alargado paralelo a la línea de costa.

Phleger (1969), encontró patrones característicos, en los sistemas de distribución de los canales dentro de las lagunas costeras; cuando hay amplitudes de marea apreciables los canales profundos están siempre por detrás y adyacentes a la barra de la laguna y tienden a ser paralelos a ésta; considerando por lo tanto, que la mayor velocidad de la corriente se encuentra adyacente a la barra en donde el agua es más profunda; esta velocidad de la corriente tiende a mantener el caudal principal en su porción original. Las grandes áreas lagunares, están compuestas principalmente por llanos de marea (pudiendo corresponder a las marismas), siendo pequeñas en donde la marea es poco significativa. Algunos

de los llanos de marea y cuencas interiores drenan a través de canales, hacia el canal principal.

Zenkovitch (1969), considera desde un punto de vista geológico que cualquier cuerpo de agua costero puede ser considerado como una laguna, aún teniendo una conexión limitada o no con el mar. Un rasgo importante es el régimen de salinidad, que propicia cierto desarrollo de flora y fauna. También señala que:

- 1) Desde un punto de vista geomorfológico las lagunas son cuerpos de agua someros y alargados, separados del mar por una barrera arenosa o de guijarros y orientada a lo largo de la costa.
- 2) El concepto clásico geomorfológico es que las lagunas son un factor común de la emergencia de la línea de costa. Sin embargo se ha establecido que las lagunas no son menos frecuentes en su desarrollo a lo largo de la costa por submergencia.
- 3) La formación de la barra lagunar en muchos casos está influenciada por la deriva de los sedimentos a lo largo de la costa. Como resultado de los constantes cambios de dirección de las barreras por las corrientes, éstas pueden crecer a lo ancho en dirección al continente.
- 4) El oleaje lagunar es mínimo y no es activo, por lo que el fondo gradualmente está cubierto por una capa gruesa de lodo fino. El oleaje en el interior de la laguna puede ser complicado porque se crea una serie de asimetrías debida a los bancos de arena.
- 5) Pueden tener o no una boca o bocas a través de la o las barreras.
- 6) Los sedimentos transportados pueden hacer una barrera ancha, construyendo un delta de marea dentro de la laguna.
- 7) La distribución mundial de las barreras es amplia, de aproximadamente el 13 % del total de la línea de costa.

Shepard (1973) considera que las lagunas se encuentran en distintos estados de desarrollo, con diferentes grados de azolvamiento, y frecuentemente se encuentran bordeadas por marismas. Son comunes, particularmente a lo largo de las costas de las tierras bajas, expuestas a una baja o relativamente baja energía del oleaje. El Golfo de México es un buen ejemplo, en donde se encuentran varias lagunas que se extienden por más de 200 km, y establece además que la mayoría de los sedimentos lagunares se han formado durante los últimos 6,000 ó 7,000 años, y que las barreras que están fuera de la línea de costa se han progradado generalmente del lado del mar durante este período.

Barnes (1980) establece las siguientes características para las lagunas costeras;

- a) Son cuerpos de agua someros, con una profundidad menor a los 10 m.
- b) Existen canales (o canal) que intercambian agua con los grandes cuerpos adyacentes y en el que también hay intercambio por percolación a través de la barrera de confinamiento.
- c) Con relación al tamaño de la laguna y la longitud de la barrera el canal es pequeño.
- d) Son sistemas semicerrados y regularmente están alineadas paralelamente con el eje de la línea de costa.

Nichols y Allen (1981) establecen que las lagunas costeras son embahiamientos o depresiones que llegan a encerrarse particularmente por una barra que la separa del mar adyacente. La formación de las barras se lleva a cabo en las partes bajas de las costas en donde hay un suministro de sedimentos que consisten en arena y grava proporcionados por la deriva paralela a la costa. La arena llega a la costa a través de los ríos, por el deshielo o por la erosión continental. Históricamente el desarrollo de las lagunas en grandes costas fue a través de la submergencia, asociada al levantamiento del nivel del mar en el Holoceno.

Según Nichols y Allen (1981) una laguna puede evolucionar de un parcial a un total aislamiento, por una barra o un banco de arena y de ahí formar una marisma o un pantano. Eventualmente, una laguna se rellena por sedimentos y es reemplazada por una planicie costera con ríos y corrientes que pasan hacia el mar a través de las entradas de marea. Alternativamente, si la barra es erosionada, una laguna puede evolucionar desde un aislamiento parcial por detrás de la barra a una bahía abierta. Tales cambios dependen del grado de submergencia de la costa, la tasa de infiltración de los sedimentos y su suministro hacia la barra. Factores adicionales, en términos generales, como el cambio de nivel del mar, la intrusión de las marismas y de tormentas, producen una amplia variedad en la configuración con historias complejas; por ejemplo, lo reportado por Lankford (1977) a lo largo de las costas de México (como en las lagunas de Guerrero Negro, San Ignacio en B. C. y Laguna Cuyutlán en Colima).

Una vez presentado los rasgos más sobresalientes de las lagunas costeras, es importante, aclarar cual es el concepto que las define mejor.

Ortiz Pérez (1975), propone una definición con base Ringuélet (1962), la cual señala que las lagunas costeras "son depósitos marginales continentales que se pueden conceptualizar como aquellos cuerpos de agua limitados entre el dominio continental y oceánico, con influencia marina actual, separados de él por un

obstáculo que, generalmente, se identifica por una barrera arenosa. Corresponde a un depósito de agua de escasa profundidad y de aguas con salinidad variable, sujeta, la mayoría de las veces, a la penetración de corrientes de marea o litorales, pero resguardadas de la acción directa del oleaje oceánico". El concepto además de presentar aspectos geológicos, incluye elementos de marea, pero no refleja la dinámica propia de una laguna costera, en donde nuevamente dentro de esta definición se podrían considerar diversas geoformas de la zona costera.

La definición más difundida es la propuesta por Lankford (1977) que dice "es la depresión de la zona costera por debajo del promedio máximo de las mareas (MHHW), tienen una comunicación con el mar permanente o efímera, pero protegida de las fuerzas del mar por algún tipo de barrera". Esta definición es general, ya que se pueden incluir diversas depresiones costeras además de las lagunas, tales como; bahías semicerradas, estuarios, esteros, albuferas, además de caletas, sondas. De tal manera que se incluyen diferentes geoformas. Pero que de acuerdo a Nichols y Allen (1981), Lankford ofreció un invaluable punto de vista, sobre el origen geológico para la descripción de los procesos modernos y para reconocer los diferentes tipos de lagunas alrededor de las costas, no sólo de México sino del mundo.

Es importante destacar que en ambos conceptos planteados no se considera el que haya una influencia fluvial, como un carácter necesario o distintivo de estos sistemas de transición, señalando únicamente que las lagunas presentan una influencia marina.

Margalef (1967), maneja un concepto de laguna costera en el que se implica la influencia fluvial como una característica preponderante de estos sistemas, definiéndolos como "una masa de agua relativamente tranquila, poco profunda, separada del mar por una barrera, generalmente de arena, que impide la entrada de la energía del oleaje a la laguna. Ésta recibe agua dulce y sedimentos de los ríos, y agua salada del mar encontrándose frecuentemente la gradación completa, desde agua con salinidad marina normal a agua dulce. En el ambiente lagunar también se suele encontrar una considerable variedad de tipos litológicos, dependiendo de la naturaleza de los materiales terrígenos de la aportación de carbonatos del agua de mar, de la sedimentación eólica de arena procedente de la barra, y de la abundancia del material orgánico, que suele incluir fauna de agua salobre y aportaciones de flora terrestre, mejor conservada que en el ambiente litoral. El carácter de los sedimentos lagunares depende en gran parte de la naturaleza de la barrera que separa a la laguna del mar abierto". Es una definición mucho más amplia que las anteriores, en donde se incluyen aspectos del aporte fluvial y sus implicaciones, integrando la hidrodinámica y geomorfología. Pero en este concepto las lagunas costeras de las zonas áridas del noroeste de México no estarían incluidas.

Lasserre (1979), señala que los términos estuario, delta y laguna generalmente se usan para designar formaciones litorales infiltradas, las cuales deben su origen a una hidrodinámica específica y condiciones de sedimentación.

Estas áreas proveen refugio a plantas y animales. En particular las lagunas son estrechamientos costeros, someros, situados entre el continente y la barrera costera, frecuentemente conectada a través de pasajes estrechos o bocas. El rasgo distintivo de las lagunas con estuarios es la presencia de una barrera. Se encuentran más o menos aisladas del mar, por lo que las lagunas toman una característica de este hecho. Sus aguas por ejemplo pueden ser apreciablemente diluidas o por el contrario se pueden volver exclusivamente salinas a través de la evaporación. La acción del oleaje interno forma la pendiente o declive por detrás de la costa del banco de arena y las áreas alejadas del mar posteriormente se vuelven a obstruir con los lodos. Las lagunas suelen estar en permanente comunicación con el mar y también reciben aportes de agua dulce limitado, resultando regímenes de salinidad fluctuante. Esto puede ser temporal, algunas veces permanentemente aisladas del mar. En contraste en los climas calurosos desérticos, estas se pueden volver hipersalinas; y en temperaturas o latitudes frías, pueden ser de agua dulce. Suelen presentar una cobertura de vegetación exuberante de plantas halófitas; debido a su alta productividad, muchas especies animales, pasan parte de su ciclo de vida en las lagunas costeras". En esta definición están incluidas las lagunas de las zonas áridas. Hace una generalización con los estuarios, lagunas y deltas, pero incluye una diferenciación entre una laguna y un estuario, aunque ésta no es contundente, ya que muchos estuarios presentan una barrera. Por otro lado en esta definición quedarían incluidas todas las lagunas del país. Hace énfasis en el componente biótico.

Una definición que se presenta con una perspectiva ecológica es la propuesta por Day y Yáñez-Arancibia (1982), agrupando en este concepto a las lagunas y estuarios, proponen que se defina como "un ecotono costero, conectado con el mar de manera permanente o efímera. Estos ecosistemas son cuerpos de agua someros, semicerrados, de volúmenes variables dependiendo de las condiciones locales climáticas e hidrológicas. Tienen temperaturas y salinidades variables, fondos predominantemente fangosos, alta turbidez, y características topográficas y de superficies irregulares. La flora y la fauna presentan un alto grado de adaptación evolutiva a las presiones ambientales y su origen es marino, dulceacuícola y terrestre. La biota de estos ecosistemas costeros es variada en flora y fauna; biota que es directamente importante para el hombre, ecológica y económicamente, en especial dependiente estuarina. En estas condiciones naturales, el ecosistema funciona con base en una balanceada matriz de interrelaciones bióticas; este balance natural es también altamente vulnerable al impacto del hombre".

Es una de las definiciones más integradas, en la que se conjuga los diferentes elementos que interactúan dentro de estos sistemas. Sin embargo esta definición ha sido una de las causas que ha favorecido la confusión, ya que con este término se quiso agrupar a las lagunas y a los estuarios, llamados "ambientes estuarino - lagunares", aplicándolo, de acuerdo a ellos, en un sentido ecológico general, con las reservas del caso, se pueden formular algunas generalizaciones; pero que en la realidad se han generalizado tanto que las lagunas y estuarios se han tomado como sinónimos, olvidando las diferencias

genéricas que existen entre ambas. Por la posición latitudinal y la escasez de ríos caudalosos, los estuarios en México, no son representativos, más bien son escasos (como se verá más adelante en este trabajo).

Integrando las definiciones anteriores se propone la siguiente: "Es un ambiente costero, semicerrado y paralelo a la línea de costa, con influencia marina actual, permanente o eventual, pero separado de él por una barrera, a través de la cual se lleva a cabo el intercambio de agua con el mar adyacente, por medio de una o varias bocas. Son cuerpos de agua someros (que en la mayoría de los casos cuentan con una profundidad media entre los tres a 10 metros), por lo que el fondo está sujeto a un reabajamiento continuo ocasionado por el oleaje, caracterizándose por presentar una alta turbidez, el fondo está constituido principalmente por limo, con características topográficas y de superficies irregulares. Sus volúmenes son variables, dependiendo de las condiciones locales climáticas e hidrológicas (si hay aporte de agua dulce limitado o no), lo que condiciona el hecho de que haya temperaturas y salinidades variables. La biota de las lagunas costeras es variada y específica en flora y fauna, como consecuencia de los procesos dinámicos de mezcla y flujo propios de estos ambientes, su alta especialización es la respuesta a las condiciones cambiantes del medio. Son potencialmente productivas, y suelen estar rodeadas por vegetación halófila abundante. Las lagunas se caracterizan más por su tipo de fluctuación (por los procesos dinámicos propios de las lagunas) que por valores definidos en algún momento o lugar determinado".

Clasificaciones

Existen clasificaciones geográficas que están basadas en aspectos físicos y geológicos, que son prácticas en términos generales. A continuación se mencionarán algunas de ellas.

Shepard (1973) clasifica a las lagunas costeras en tres grupos:

- 1) Las lagunas de la zona templado-húmedo que presentan una predominancia de depósitos terrígenos.
- 2) Las lagunas de las zonas áridas con depósitos terrígenos mezclados con evaporitas.
- 3) Las de zonas húmedas tropicales, en donde se encuentran sedimentos calcáreos, con una combinación de precipitados químicos, así como el reabajamiento del coral erosionado y piedra caliza.

Según el autor en el grupo uno, las lagunas de las áreas húmedas tienen un patrón similar, con una predominancia de limo en la parte profunda, y la arena se encuentra a lo largo de las márgenes y cerca de las bocas, los sedimentos limo- arcillosos se encuentran sobre la boca de los ríos.

En el grupo dos, en las regiones áridas, preponderantemente las lagunas tienen depósitos de arena, que es llevada por el viento desde las islas de barrera y desde las dunas. En un punto de la boca, la salinidad se incrementa y se forma la sal y otras evaporitas, particularmente en los desplajamientos de las márgenes interiores de las lagunas, en donde éstas se pueden volver salmueras que son llevadas por el viento.

Las lagunas del grupo tres, presentan en general depósitos de grano fino. Las olas y las corrientes transportan muchos sedimentos finos de carbonato de los arrecifes y de las piedras calizas que afloran a lo largo de la costa, sumándose para engrosar los depósitos (Shepard, 1973).

Lankford (1977) clasifica a las lagunas costeras de acuerdo al origen geológico y reconoce los siguientes tipos, uno de los principales méritos de esta clasificación es que la desarrolló específicamente para las costas de México:

- 1) Erosión diferencial; depresión formada por procesos no marinos, durante el nivel más bajo del mar.
- 2) Sedimentación terrígena diferencial; lagunas costeras asociadas con sistemas fluvio-deltáicos producidos por sedimentación irregular y/o superficies de subsidencia debido a efectos de compactación/carga.
- 3) Frente de barrera en la plataforma interna; las depresiones están en la margen interna inundada de la plataforma continental bordeadas por la superficie de la tierra, sobre sus márgenes internos, protegidos del mar por diversas barreras arenosas producidas por olas y corrientes.
- 4) Orgánica; depresiones producidas por el crecimiento de barreras de corales o por el manglar sobre la plataforma continental interna, desde la última estabilización del nivel del mar.
- 5) Tectónico- volcánicas; depresiones y/o barreras producidas por fallas, plegamientos o vulcanismo en la zona costera, en un pasado geológico independiente de la historia del nivel del mar.

Lasserre (1979) propone la siguiente clasificación de las lagunas, basándose fundamentalmente en su hidrodinámica y los procesos de sedimentación, que en términos generales, distingue cuatro tipos principales (Fig. 1):

Tipo A.- Laguna "estuarina", que se caracteriza por sus fuertes flujos de marea incrementada por los afluentes de los ríos. Debido a la acción considerable de las mareas, éstas mantienen una serie de canales en forma alargada con un continuo intercambio. Como resultado el transporte de los sedimentos es abundante y los cambios morfológicos de la costa son significativos. Este tipo de

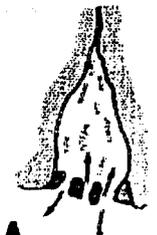
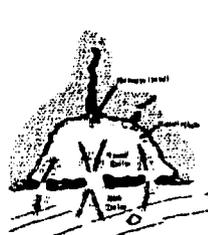
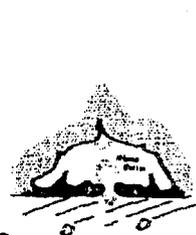
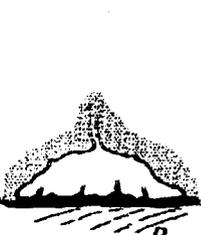
formación está ampliamente desarrollada, particularmente en el norte de Europa (Alemania y Bélgica); en México no existe este tipo de laguna, no obstante en el delta del Río Colorado se llegan a presentar estos cambios en el nivel del mar por las corrientes de marea.

Tipo B.- Lagunas "abiertas", éstas se forman por la acción combinada de dos elementos; las corrientes moderadas y el flujo de los ríos. Por lo que se observa con frecuencia la construcción de cordones de isla o barras a lo largo de las planicies costeras. Los sedimentos que tienden a acumularse en la parte interna de la laguna son lodos (mezcla de limo y arcilla con agua) y por consiguiente llegan a formar vastas áreas de marismas, en donde la arena tiende a acumularse en la boca. Un ejemplo de este tipo es la Laguna de Términos y la Laguna de Alvarado.

Tipo C.- Representan a las lagunas parcialmente cerradas. En este caso, la acción de las corrientes costeras es considerable, y son responsables de la formación de grandes barreras sobre la costa. Los ríos alteran la alineación de la costa con la construcción de una ligera extensión, alterando el delta, que a la postre es tapado o encerrado. Debido a que la acción de la marea que incide en la laguna es limitada, un volumen substancial de lodo se acumula, mientras que en el litoral del lado del mar, la acción del oleaje favorece a la depositación de la arena. Las lagunas someras están sujetas a fuertes vientos, por lo que la arena tiende a acumularse en los canales y en la boca, mientras que el lodo se deposita en la parte interna de la laguna en áreas protegidas. El intercambio entre el mar abierto y la laguna está restringido. Un ejemplo de estas lagunas en el país es La Laguna Ojo de Liebre, en B.C.S.

Tipo D.- Agrupa a las lagunas cerradas. Estas se forman por la influencia de los vientos y las fuertes corrientes de deriva a lo largo de la costa. La ausencia de mareas y el flujo de los ríos que en forma eventual las encierra completamente. En algunas ocasiones, durante tormentas fuertes o inundaciones una laguna puede desbordarse y derivar en una apertura de la barra costera; pero posteriormente esto nuevamente se azolva. Este último tipo puede formar a los cuerpos de agua costeros a los que en este trabajo se llamará albuferas. Por ejemplo La laguna Figueroa o la Salina en Baja California y Laguna Champayan en Tampico.

De acuerdo a Nichols y Allen (1981), existen dos procesos dominantes que actúan en el desarrollo de una laguna: (1) el pulso de marea y los afluentes de un río, por un lado y (2) el oleaje y la deriva costera por el otro. Las mareas y los afluentes del río actúan manteniendo abierta a las bocas de las lagunas que las comunican con el mar, mientras que el oleaje asociado a la deriva de la costa restringe o clausura a las lagunas. Por lo tanto, en los dos extremos, o en la parte final del proceso completo, se representa una laguna totalmente cerrada. Entre estos extremos hay un espectro de tipos lagunares de a cuerdo a la variación en la intensidad de los procesos dominantes, resumidos en la figura 1.

				
	A Laguna-Estuario Wierds & Canales Barreras	B Laguna "Abierta" Wierds & Canales Bajos	C Lagunas Parcialmente Cerradas Cajales & Corrientes Costeras Barreras	D Lagunas Cerradas Cajales & Wierds Barreras
Fisionomía	Alta ← mareas y afluencia de los ríos → baja bajo ← deriva del oleaje → alto abierto ← condiciones de entrada → cerrado			
Morfología	Barreras cortas Canales profundos y llanos de marea	Barreras alargadas, amplias entradas Flujo y refluo, deltas bien desarrollados	Barreras alargadas, entradas estrechas Reducción del refluo deltáico	Barreras continuas
Procesos Dominantes	Transporte de marea y flujo de ríos	Transporte de marea	Olas, inundaciones & corrientes costeras	Inundaciones, viento Producción orgánica Química
Sedimentos		Arena del lado del mar Lodo hacia tierra.	Bancos de arena del lado del mar. Lodo en la cuenca	Riqueza orgánica Lodo lacustre y evaporitas
Intercambio océano-laguna	Alto	Intermedio	Bajo	No hay intercambio superficial, precolación a través de las barreras
Ejemplos	NW Alemania; Bahía Mobile	Laguna de Términos, Campeche, Mex.	Laguna Superior, Oaxaca Mex.	Laguna de Coyuca, Guerrero, Mex.

Tomado de Nichols and Allen (1981)

Figura 1. Procesos dominantes en los diferentes tipos de lagunas

Kjerfve (1986) clasifica a las lagunas costeras desde el punto de vista de su geomorfología e intercambio de agua con el océano, de la siguiente manera:

- 1) Lagunas obstruidas; éstas pueden ser sistemas predominantemente dulceacuícolas, en regiones de alta precipitación y escurrimiento, pero también en las regiones áridas se pueden cerrar por largos periodos e incluso alcanzan la hipersalinidad (Ejem. En regiones áridas Las lagunas Figueroa y La Salina en B.C.).
- 2) Lagunas restringidas; tienen un comportamiento intermedio entre las obstruidas y las altamente activas por el desarrollo de múltiples barreras (Ejem. Laguna de Teacapán-Agua Brava en Nayarit).
- 3) Lagunas de barreras múltiples; se conectan al mar adyacente a través de varias entradas o canales sobre un barrera incompleta con diversas islas arenosas o de arrecifes de coral (Ejem..Laguna Madre en Tamaulipas).

Adicionalmente, en relación con esta clasificación Knoppers y Kjerfve (1999), sugieren que en el caso en las lagunas obstruidas, éstas presentan una barrera costera en la que existe una o varias bocas, son alargadas y el intercambio de agua o tiempo de residencia es breve, la mezcla por la acción de la marea pueden ser insignificante o intensa y la salinidad puede variar desde agua dulce hasta una laguna hipersalina. A lo largo de estas lagunas es común las micromareas (Ejem. en México es el complejo lagunar Santo Domingo-Magdalena-Almejas-Santa María en B. C. S).

Estas clasificaciones carecen de una integración, ya que únicamente se consideran aspectos físicos y geológicos de estos sistemas, sin considerar aspectos ecológicos.

Barnes (1980) señala que la clasificación de las lagunas costeras se ha basado en la salinidad, el tipo de sustrato o el modelo de formación. Pero sugiere que es mucho más conveniente considerar su grado de aislamiento, así como la diversidad de los sub-hábitats contenidos en ellos y por su tamaño.

Otra clasificación es la propuesta por Horn y Allen (1976), basada en los parámetros bióticos y abióticos, encontraron una correlación positiva (en una relación logarítmica), entre el número de especies y la superficie del sistema. Con el mismo enfoque, Yáñez-Arancibia y Nugent (1976) consideraron además la geomorfología, los niveles de producción de materia orgánica y la organización biológica de las comunidades, particularmente la estructura trófica.

Odum *et al.* (1979) proponen un sistema de clasificación basado en el balance importación/exportación de materia orgánica, quienes consideran que la geomorfología es la que controla la dinámica del funcionamiento de los sistemas.

Otra importante clasificación es la propuesta por Boynton *et al.* (1982) en donde se agrupa a los estuarios dominados por los ríos, embahiamientos, lagunas y fiordos, dentro de un diagrama en el que se consideran las variables que controlan la producción fitoplanctónica, la circulación, así como la geomorfología, aportes de nutrimentos, salinidad, latitud y radiación.

Yáñez-Arancibia (1987) propone una clasificación sobre la diagnosis ecológica de los sistemas costeros, como resultado de la integración y síntesis de investigaciones multidisciplinarias, concatenando de esta manera la forma geológica y la función biológica. Esta clasificación intenta integrar la geomorfología y la dinámica ambiental, tomando en cuenta la producción, importación y exportación de la materia orgánica, así como la estructura y función del ecosistema.

Al clasificar los ambientes costeros es necesario tomar en cuenta las características geológicas, fisiológicas, edáficas, climatológicas, físicas, químicas, también particularidades biológicas.

Esteros

Un estero es una porción de una superficie terrestre en una zona de la desembocadura fluvial, con frecuencia deltaica de baja dinámica, que es afectada directamente por las mareas de pleamar, y que junto con la bajamar, definen sus límites. Son terrenos bajos pantanosos, que suelen llenarse con agua de lluvia o por el desbordamiento de un río, de una laguna cercana o por el mar. También se considera al cauce seco de un río antiguo (De la Lanza- Espino *et al.*, 1999).

Ortiz-Pérez (1975) define al estero como un cuerpo de agua formado en un estrecho canal natural o en antiguos brazos deltaicos cegados; en sus aguas se alternan períodos de estancamiento y de circulación, de acuerdo con el ciclo diario o estacional de las mareas y en relación con la magnitud y penetración de las corrientes de marea sobre el canal, lo que origina que sus aguas presenten salinidad variable. Generalmente los esteros forman vías de comunicación entre los depósitos de un sistema fluvio-marino. Edwards (1978) señala que pueden ser canales de comunicación, entre los diferentes cuerpos lagunares.

En este rasgo morfológico de la zona costera hay ciertas coincidencias en las definiciones entre los diferentes autores como se observa también en Ringelet (1962) quien considera a los esteros como cuerpos lénticos, de escasa profundidad, con poca superficie de agua libre y sin movimiento. Señala algunas características como son: la presencia de una estratificación térmica, con la capa superficial más caliente; el oxígeno disuelto es escaso hasta nulo, la vegetación sumergida y emergida es abundante y lo rodean; contiene abundante materia orgánica en descomposición, con una pobre población planctónica, sobretodo del fitoplancton debido al elevado índice de turbidez y a los factores químicos poco favorables. La abundante vegetación arraigada y emergente impide la remoción del agua por el viento. La elevada temperatura del agua (en las regiones tropicales y subtropicales) presenta una estratificación permanente o casi constante a pesar de la escasa profundidad, siendo notoria la hipoxia en la superficie y la anaerobiosis en el fondo. Se considera como un tipo de cuerpo de agua distrófico (aunque este término es empleado básicamente para aguas dulces, aquí se aplica para resaltar el alto contenido de materia orgánica).

Albufera

Se ha decidido retomar este término que originalmente fue planteado para definir a un tipo de laguna costera que según Ringelet (1962) es un ambiente acuático con una composición hidrológica y un contenido biológico semejante al de una laguna; es un cuerpo léntico. Lo define como "un cuerpo de agua con salinidad variable, polihalino (con salinidades que van de 15 y 30 ups), con influencia marina, pero separado del mar por una barrera, y cuyos organismos son totalmente o parcialmente de origen marino".

Este concepto actualmente ha quedado en desuso. Pero se considera apropiado para agrupar a una infinidad de cuerpos limítrofes entre el dominio epicontinental y el marino y que van quedando paulatinamente aisladas en la planicie costera y algunas con características de oligohalinas a hiperhalinas, con diferencias entre las lagunas costeras que mantienen una comunicación continua y mucho más dinámica con el mar en donde existe una o varias bocas que mantienen un flujo de agua continuo con el mar, ya sea permanente o eventual. En el caso de algunos cuerpos de agua costeros, en los que se ha perdido la comunicación directa con el mar (a través de una boca), pero que sin embargo, están influenciados por el agua marina, que a través de las mareas vivas (de sisigias) y/o por percolación de la barrera llegan a estos cuerpos de agua, también es posible que por eventos climatológicos extraordinarios (tormentas, huracanes, ciclones) llegue a ellos el agua de mar a través de una boca que se abre de manera efímera.

Con el fin de caracterizar a las albuferas y poderlas diferenciar del resto de las lagunas, fue necesario integrar la información generada por diferentes autores en relación con la tendencia de presentar el aislamiento, extrayendo conceptos.

Las albuferas se diferencian de las lagunas costeras porque son ambientes acuáticos costeros en el que se va disminuyendo paulatinamente su hidrodinámica, con cambios en su fisicoquímica así como en sus hábitats, sometiéndolas, por este hecho, a condiciones ambientales diferentes a las de una laguna costera, propiamente dicha. Las albuferas que no reciben aportes fluviales importantes y/o que carecen de ellos, mantienen una salinidad elevada que sobrepasa en ocasiones a la del mar, llegando a niveles de hipersalinidad. Cuando llegan a perder la comunicación con el mar, paulatinamente se van convirtiendo; primero en marismas y luego llegan a ser áreas de salitrales. Por otro lado algunas albuferas, que reciben aportes de agua dulce se transforman en oligohalinas paulatinamente a través de las lluvias y de los afluentes, llegando a formar lagos de agua dulce costeros, sólo si llegan a perder por azolvamiento o por movimientos diferenciales su comunicación definitiva con el mar, aislándola de la influencia marina directa (Ringuelet, 1962).

En cuanto a su geodinámica, Hoyt (1967) menciona un fenómeno importante que debe ser incluido dentro de las características de las albuferas; descrito de la siguiente manera: cuando los sedimentos que son suministrados por la línea de costa o que vienen lejos de la costa y que exceden la capacidad de transporte por marea o corrientes fluviales que mantienen las bocas de los canales abiertas entre las barreras, la laguna se azolva separándola del mar, llamadas en ese momento estanques o estructuras ciegas. Estas se conectarán al mar únicamente cuando haya un fuerte oleaje, o por fenómenos atmosféricos (ciclones o huracanes) y cuando los sedimentos de la barrera sean porosos, en donde se presente un intercambio sub-superficial con el mar (por percolación). Esta condición va a definir a esa "estructura ciega", como una albufera, pero que será determinante ya que este hecho le infiere características particulares tanto ambientales como bióticas (Ringuelet, 1962).

Zenkovitch (1969), señala que bajo condiciones favorables (ya indicadas en párrafos anteriores por Hoyt), existe la probabilidad, de que algunas lagunas puedan derivar en el aislamiento y formación de una serie de cuerpos de agua redondeados (aquí llamados albuferas). Por su parte Margalef (1967) menciona que cuando una barrera llega a mantener una separación total (con excepción por ejemplo de las máximas mareas y/o por percolación) es fácil que en la laguna (si está en proceso de albufera) se formen precipitados de las sales marinas, si la evaporación excede el aporte de agua dulce o marina, cambian las condiciones fisicoquímicas.

Ringuelet (1962) indica que en la evolución de una albufera se presenta, una sucesión de cambios que no siempre conducen al mismo resultado, sino que existen varios caminos, pero señala que el biotopo es el segundo paso en estos cambios, que son el producto de los procesos geomorfológicos (movimientos epirogénicos o eustáticos) o por causas alogénicas, además de los cambios climáticos, que conducen básicamente a dos tipos.

- a) Albuferas que tiende a formar salinas.
- b) Albuferas que tienden a formar lagos de agua dulce.

Las albuferas se desarrollan cuando se cierra una entrada de una laguna costera, eliminando el efecto de mezcla producida por la marea, y por lo tanto el agua pierde dinámica. Las condiciones anóxicas se pueden desarrollar por la acumulación de materia orgánica en los sedimentos del lecho. Dependiendo de la afluencia del río y la tasa de evaporación, la salinidad puede variar de oligohalina a hipersalina. Tales condiciones extremas pueden producir inusuales florecimientos de ciertos organismos o la precipitación bioquímica de evaporitas. Los aportes de los sedimentos por los afluentes de los ríos y la erosión de la costa son atrapados más efectivamente en la albufera que cuando esta abierta la entrada, limitándose el transporte de los sedimentos por el efecto de los vientos locales (Lasserre, 1979).

Alternativamente, si la barra arenosa que separa a la albufera es erosionada y abierta, ésta puede evolucionar nuevamente en una laguna con un aislamiento parcial, o puede llegar a formar incluso hasta una bahía. El rumbo que tomen estos cambios dependerán del grado de submergencia de la costa, la tasa de infiltración de los sedimentos y la tasa de suministro de estos a la barrera, así como factores físicos adicionales, tales como; cambios en el nivel del mar, desarrollo de las marismas y por las tormentas (Hoyt, 1967).

Como ya se mencionó sólo durante tormentas fuertes o inundaciones de tierra adentro, las albuferas pueden desbordarse y derivar en una apertura de la barra costera, para que posteriormente se clausure nuevamente. En las albuferas el agua de mar penetra regularmente por desborde con la pleamar máxima o por infiltración, manteniendo continuamente un tirante de agua. Este hecho favorece el desarrollo de una flora y fauna más o menos segregada en los hábitats originales.

En el plancton de albufera, de acuerdo a las condiciones ecológicas cambiantes que presentan estos ambientes, figuran los elementos predominantemente marinos (halófilos), pero siempre eurihalinos (plancton mixohalino). Las diatomeas son halófitas mesohalobias, comunes en lagunas y en la zona nértica del mar adyacente (Ringuelet, 1962).

La vegetación de sus orillas está formada por plantas halófitas típicas (como *Spartina*, *Zoostera*, *Thalassia* o manglar), que forman una comunidad densa. En general es un tipo de vegetación de orilla fangosa semejante a las de lagunas o estuarios, inundados. En las zonas tropicales en donde la albufera mantiene un aporte de agua dulce se desarrollan bosques de manglar. La fauna más conspicua se compone de peces de naturaleza marina (euhalinos) (Ringuelet, 1962).

Marisma o Pantanos Marinos.

El término tiene varias acepciones 1) Es una planicie pobremente drenada de la zona costera. 2) Zona húmeda abierta con vegetación de juncos, hiervas, cañas y halófitas con pequeñas lagunetas y canales intercalados. Asociados a ríos, lagos o terrazas marinas. 3) Terreno bajo y anegado que suelen ocupar las aguas sobrantes de las mareas en los encuentros de éstas con las aguas dulces, en las grandes avenidas de los ríos y cuencas de sus desembocaduras. Las mareas depositan limo y fango en los lugares de aguas tranquilas, y en ellos se añaden a menudo aluviones transportados por los ríos. La vegetación se propaga rápidamente; las fanerógamas y halófitas forman continuamente densas comunidades que ayudan a retener el fango. Se forman primero pequeñas acumulaciones de vegetación, y más tarde se desarrollan áreas más extensas y continuas hasta que toda la superficie queda cubierta, mientras las aguas de la marea circulan por canales cada vez más restringidos. Gradualmente se van estableciendo otras plantas y la marisma se va transformando en salobre especialmente si el hombre ayuda al proceso construyendo diques o empalizadas (De la Lanza- Espino, *et al.*, 1999).

Lasserre (1979) por su parte las considera como depresiones de las planicies costeras que no son lo suficientemente profundos para formar lagunas; se sitúan en las márgenes de los cuerpos de agua que son invadidos por vegetación que se desarrolla bajo condiciones de gran humedad y amplios intervalos de salinidad, se caracterizan por presentar abundantes pastos, bosques de manglar y vegetación similar.

Ortiz- Pérez (1975) propone que las marismas son áreas que quedan formados por la parte baja y pantanosa del litoral directamente afectado por las mareas; desarrollándose en la llanura de intermareas, bordeando lagunas, barras, deltas y en ocasiones, en costas bajas arenosas o en áreas de gradación; sus sedimentos están constituidos por partículas de grano fino que puede ser arena, limo-arcilla o arcilla exclusivamente. Esta zona se ve sujeta a gran variedad de

condiciones por el ciclo diario y estacional de las mareas con los consiguientes cambios de temperatura, humedad y salinidad. El rasgo distintivo de una marisma es la vegetación; en los trópicos está constituida por mangle o pradera de plantas halófitas.

Lasserre (1979) establece que las marismas saladas, constituyen casi siempre una superficie plana de lodo seco, cubierta por una capa densa de vegetación, como *Spartina*, *Puccinella*, *Sueda* y *Atriplex*, en los trópicos se desarrolla los bosques de manglar. Esta vegetación se cubre sólo durante las mareas altas de primavera, en tormentas y lluvias. Se llegan a formar pequeños canales o esteros, debido al flujo de agua de las mareas que corre fuera de la costa hacia el mar, separando las áreas en donde el lodo esta al descubierto y sin movimiento. Hay cambios graduales hacia una zona de transición más consistente de la planicie de lodos, en ésta área se desarrollan las plantas halófitas. Los procesos de fijación a través de sus raíces, se inician con la primera vegetación, promoviendo la canalización del flujo de marea y desarrollan una red de pequeños canales o esteros, los cuales son labrados en los bloques de lodo estancado. Cuando se cierran los canales principales, se forma una planicie de lodos blandos, la cual es inundada cuando la marea es alta.

Vegetación costera.

Se enfoca básicamente a la vegetación halófitas, que son comunidades asociadas típicamente a las aguas someras con un alto contenido de sedimentos y que se desarrollan en un medio salino, extendiéndose en amplias zonas de las llanuras costeras, marismas, lagunas, bahías, deltas, esteros y estuarios. Son áreas de "entrampamiento" de sedimentos, ofrecen resguardo a numerosos organismos y son zonas potencialmente productivas; estos ambientes se destacan por generar y suministrar energía a los sistemas adyacentes (Lot-Helgueras, 1971).

Las marismas o zonas de inundación intermareales, son generalmente pantanos salobres en las latitudes templadas y en los trópicos se forman los pantanos de manglar. Esta vegetación halófitas esta formada en los pantanos salobres por *Spartina*, *Juncus*, *Typha*, *Phragmites* y *Distichlis* que son los géneros que aportan la mayor cantidad de biomasa. *Zoostera* y *Thalassia* son los pastos sumergidos dominantes en áreas templadas y tropicales respectivamente (Yáñez-Arancibia, 1986).

En México según Lot-Helgueras (1971), las fanerógamas marinas, conocidas como pastos marinos, forman grandes mantos sumergidos en ambientes litorales, bajo ciertas condiciones salinas. La mayoría de estas fanerógamas son monoespecíficas y se distribuyen ampliamente en ambos litorales del país. Los géneros más representativos son: *Spartina* y *Thalassia* que cuentan con una especie cada una y *Halophila* que tiene nueve especies; *Zoostera*, tiene 11 especies y *Phylospadix* con tres especies, *Ruppia* con una

especie, *Halodule* está representada por seis especies y finalmente *Syringodium* con dos especies.

Los pantanos de manglar, es la vegetación más representativa en los trópicos, y representa la mayor comunidad vegetal costera entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio (23°27'N a 23°27' S) con un desarrollo óptimo en el Ecuador (De la Lanza-Espino y Flores Verdugo, 1998). Dentro de las 50 especies de manglar que existen en el mundo, sólo cinco se encuentran en el país; el manglar rojo (*Rhizophora mangle*), que es la especie pionera y más importante, mangle negro (*Avicennia germinans* o *Avicennia nitida*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Existe otra especie (*Rhizophora harrisonii*), reportada únicamente para el sureste del Pacífico Mexicano (Rico Garay, 1981).

Planteamiento de la problemática

La información generada en torno a la zona costera del país ha sido controvertida, como queda de manifiesto con los datos existentes sobre la extensión del litoral mexicano; Carranza-Edwards *et al.* (1975) y Lugo (1986) estiman una longitud entre 8,000 a más de 9,000 km, sin llegar a precisar esta cantidad, cifra semejante a la reportada en el Atlas Geográfico de la SAG (1960) en donde se establece que es de 9,798 km y finalmente Lankford (1977) calculó 10,000 km. Distan mucho de lo señalado por el Programa Nacional Hidráulico del 2001 al 2006, en donde se indica una longitud de 11,600 km de línea de costa, INEGI (1989) reporta 11,592.76 km. Este último valor, respaldado por una amplia información y especialización con la que cuenta esta institución en el país.

Particularmente se ha estimado que los cuerpos costeros ocupan el 3 % de la superficie de la República Mexicana (CNA-IBUNAM, 1998). Se ha llegado además a señalar que existen 1'567,000 ha de superficie estuarica (Contreras-Espinosa, 2001), incluso se señala que hay 12,500 km² de superficie lagunar y 16,000 km² de superficie estuarica (Phleger, 1969; Cárdenas, 1969), pero sin que haya un claro señalamiento de cuales son las lagunas y cuales los estuarios, dejando fuera de las investigaciones a la mayoría de las geoformas, ya que son escasos los censos que existen en los que se contemple a otros rasgos costeros). Se puede señalar que hay dos posibles causas en esta controversia: la primera está en relación con la geodinámica propia de la zona costera, así como por las alteraciones antrópicas, que aceleran los cambios fisiográficos en el litoral.

La segunda causa se refiere, a la problemática que se ha generado en torno a los diferentes criterios y puntos de vista en la delimitación de esta zona de transición, lo que ha propiciado el desarrollo de conceptos y clasificaciones tan diferentes como ambiguas. Como consecuencia de las distintas perspectivas o enfoques de una amplia gama de disciplinas (destacándose la geológica, geográfica, biológica, ecológica, económica y sociológica), lo que ha provocado que haya criterios y puntos de vista influenciados por las diferentes corrientes del conocimiento y por las distintas escuelas, que no siempre son comunes y que de acuerdo a los intereses de las diferentes corrientes, son distantes entre sí (Ortiz-Pérez y Espinosa-Rodríguez, 1991).

Hipótesis

Existe una desigualdad entre los límites y superficie de los ambientes costeros, propiciada por el empleo de metodologías y criterios diferentes, los cuales han sido aplicados fundamentalmente en lagunas, marismas y vegetación costera, siendo escasos o no existen los trabajos que definan y delimiten otras geoformas como son; deltas, bahías, estuarios, esteros y albuferas.

Objetivos

Objetivo general:

Delimitar y cuantificar la superficie, número y ubicación de los diferentes sistemas costeros en las cinco vertientes de México, con base en atributos geomorfológicos, analizando los conceptos de diferentes autores para cada geoforma (deltas, bahías, lagunas costeras, estuarios, esteros y marismas), así como la vegetación aledaña.

Objetivos particulares:

- Con base en la delimitación geográfica de las diferentes geoformas costeras del país, calcular la superficie ocupada por cada una.
- Catalogar las diferentes geoformas, para estimar su número y ubicación.
- Estimar porcentualmente la composición de geoformas por vertiente.
- Determinar las áreas de la vegetación más representativa (manglar y halófitas) asociada a las diferentes geoformas.

Área de Estudio

El área de estudio comprende 11,592.76 km del litoral mexicano, limitada por el Océano Pacífico y por el Océano Atlántico, latitudinalmente se encuentra desde el trópico al subtropico y cuenta con una topografía accidentada que le confieren un clima variado, conformado por zonas áridas hasta regiones templadas y tropicales. De acuerdo al INEGI (1989) se presentan principalmente cuatro tipos de climas en la zona costera del país (Fig. 2). En la región noroeste el clima es seco y muy seco, variando hacia su parte sur (hacia la mitad de Sinaloa) a un clima cálido subhúmedo, de este punto hacia el suroeste el clima que predomina es cálido subhúmedo. En la parte norte del Golfo de México el clima es templado subhúmedo, cambiando hacia el sur a un clima cálido subhúmedo hasta el norte de Tabasco, con excepción de la región del Río Pánuco (sur de Tamaulipas y norte de Veracruz) en donde el clima es cálido húmedo. Hacia el sur de Tabasco y Campeche el clima es cálido húmedo y finalmente en el sureste en la Península de Yucatán el clima es cálido subhúmedo.

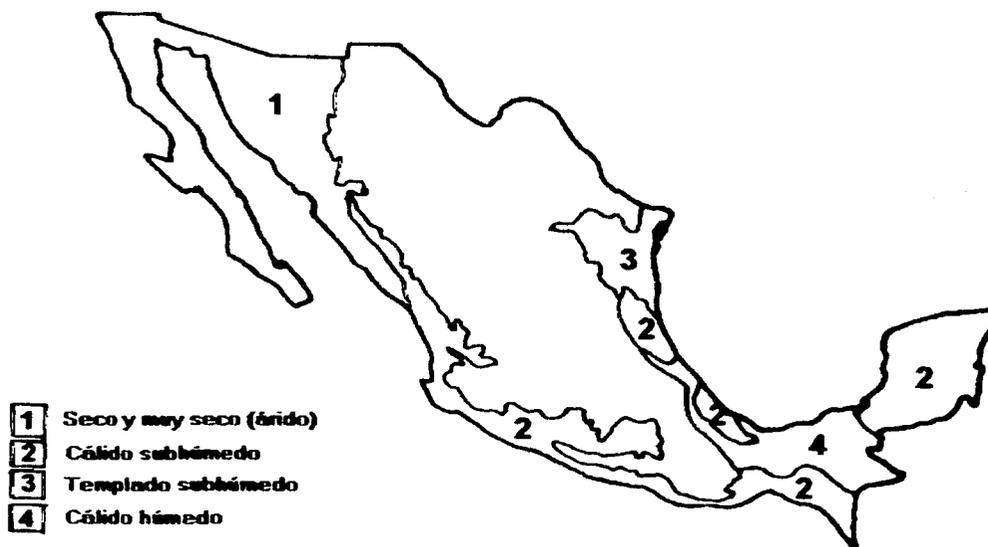


Fig. 2 Principales tipos de clima en la zona costera del país (Tomado de Alvarez-Arellano y Gaitán -Morán, 1994)

La República Mexicana se ha dividido en once provincias hidrogeológicas de acuerdo a su fisiografía, geología y en la disponibilidad del agua dulce (Velázquez y Ordaz, 1992), de las cuales seis corresponden a la zona costera, existiendo una gran correspondencia con las provincias morfotectónicas propuestas por Ferrusquía-Villafranca (1993). Las provincias se definen como regiones de un mismo origen geológico, con rasgos fisiográficos y tipos de roca genéticamente similares, así como sus características climáticas, hidrológicas y

oceanográficas en la mayor parte de su extensión. Estas provincias corresponden a las nueve unidades en las que clasificaron Carranza-Edwards *et al.* en 1975 a las costas mexicanas de acuerdo a su estabilidad tectónica y clasificación genética y geomorfológica. Cada unidad presenta rasgos distintivos que las va a diferenciar entre sí desde el punto de vista tectónico y/o morfológico (Fig. 3).

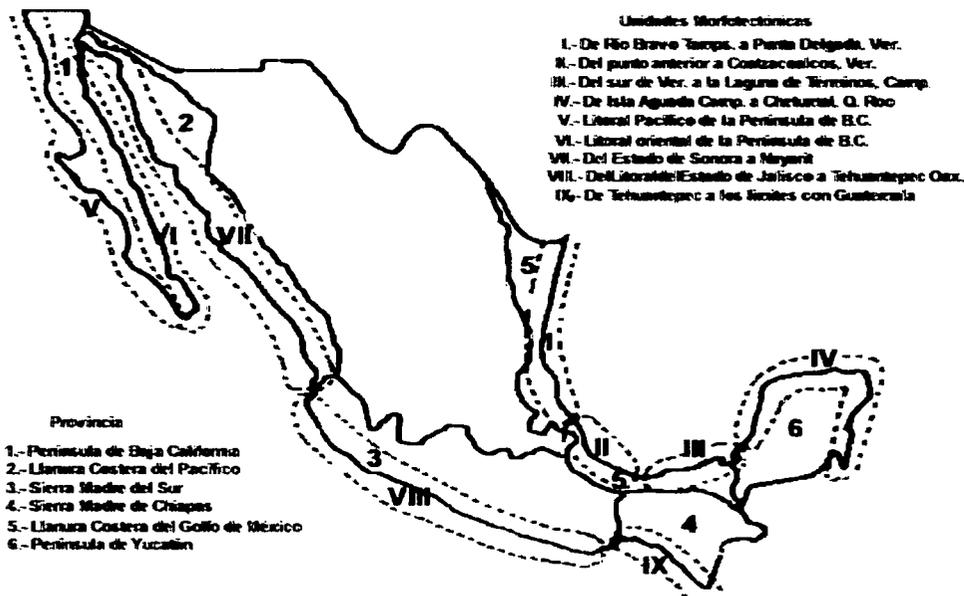


Fig. 3 Provincias hidro-geológicas y unidades morfotectónicas de acuerdo a Ferrusquia-Villafranc (1993) y Carranza-Edwards *et al.* (1975).

En la figura 4 se muestra la precipitación total anual y los principales ríos de México. Los ríos más importantes de la vertiente del Pacífico son el Colorado, Yaqui, Fuerte, Sinaloa, Culiacan, San Lorenzo, Piaxtla, Presidio, Baluarte, Acaponeta, Lerma-Santiago, Armeeria, Coahuayana, Balsas, Papagayo, Ometepec, Verde, Tehuantepec y Suchiate. La mayoría son ríos cortos, rápidos (la pendiente es muy empinada), con un volumen bajo, la estación seca es muy larga (con volumen de agua bajo), y la mayoría no son navegables (Alcocer y Escobar, 1996). Los principales ríos de la vertiente del Golfo de México y el Caribe son; El Bravo, Pánuco, Nautla, Tuxpan, cazonas, La Antigua, Cotaxtla, Tecolutla, Jamapa, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva, Usumacinta y Candelaria. Estos ríos se caracterizan por ser lo opuesto a los ríos que drenan al Pacífico; son largos, con una corriente lenta (pendiente suave), tienen un volumen grande (el Grijalva y el Usumacinta son los ríos más importantes de México), con una estación seca muy breve y usualmente son navegables. En estas vertientes se descarga el 59.81 %

del volumen total de agua de los ríos, mientras que en el Océano Pacífico se descarga únicamente el 39.22 % (Alcocer y Escobar, 1996).



Fig. 4. Precipitación media anual y principales ríos de la República Mexicana (Tomado de Ortiz-Rendón, 2001 y Alcocer y Escobar, 1996, respectivamente)

Se describen a continuación las características geográficas, geológicas, oceanográficas y climáticas de cada una de las vertientes del país, delimitadas por los dos grandes océanos, como marco conceptual de la zona costera.

Pacífico Mexicano

Las costas del Pacífico Mexicano se extienden a lo largo de 7,999.67 km cubriendo 11 estados de la República: Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (INEGI, 1989).

Geográficamente el litoral del Pacífico Mexicano, comprende la costa occidental de la Península de Baja California, el Golfo de California y la costa del Pacífico Tropical Mexicano.

El Pacífico Mexicano se ha dividido en siete importantes provincias fisiográficas, dentro de las cuales en su conjunto comprenden un gran número de ambiente costeros y marinos dominados por rasgos oceanográficos particulares (vientos, corrientes, productividad biológica, factores físico-químicos) (Lugo, 1986; Carranza-Edwards *et al.*, 1975; Vázquez-Botello *et al.*, 2000).

Las características oceanográficas del Pacífico Mexicano están definidas por las masas de agua superficiales paralelas a la línea de costa, básicamente estas masas de agua están formadas por las corrientes: del Golfo de California, la Corriente Norecuatorial con características cálidas (temperatura media de 26 °C), la Corriente de California de tipo templada (con temperaturas medias de 20 °C) y finalmente la costanera de Costa Rica que en el Pacífico se denomina Mexicana, que fluye de sur a norte en el verano. En el Golfo de California existe la influencia de todas las corrientes del Pacífico del este que provienen del norte y sur (De la Lanza, 1991; Cervantes, 1994).

La Corriente de California alcanza la parte extrema de la Península de Baja California, en donde se encuentra con el agua del Pacífico Ecuatorial para ser desviada hacia el oeste. A medida que la corriente fluye hacia el sur se va mezclando con el agua Ecuatorial, transformándose en las aguas de la Corriente Norecuatorial (Sverdrup *et al.*, 1942).

Las mareas en el Pacífico Mexicano, de acuerdo a la clasificación establecida por Klein (1985), con base en el régimen, se observa en la costa occidental de la Península de Baja California que son del tipo mesomareal (2-4 m), en las costas del Alto Golfo de California macromareales (>4 m) y por último en el resto del litoral del Pacífico micromareales (0-2 m).

En la costa occidental de la Península de Baja California predomina el clima mediterráneo semiárido, caracterizado por inviernos fríos y húmedos y veranos cálidos y secos; en el Golfo de California el clima es árido tropical, con temperaturas moderadas en invierno y veranos calientes (Ibarra-Obando, 1990).

Hacia el norte, en la parte media de la vertiente del Pacífico, se encuentran amplias zonas con climas secos o desérticos, del tipo Bw, y climas secos esteparios, del tipo Bs. Los climas secos Bw se localizan en la parte norte del Altiplanicie Mexicana a altitudes menores de 1500 m, así como en la porción de la llanura costera del Pacífico situada al norte del paralelo 25° N y en las zonas litorales de la Península de Baja California, con excepción del extremo NO, en donde el clima es Bs (Cervantes, 1994).

Las tormentas tropicales se presentan en verano, con un promedio de 12 perturbaciones para el Pacífico, de las cuales el 20 % penetran al Golfo de California y tocan tierra al norte de Nayarit, Sinaloa y al sur de Sonora, influyendo en las precipitaciones máximas en el verano, causa principal de las avenidas de los ríos y sus desbordamientos en la planicie costera. La mitad sur de Sonora es un área claramente identificada por los escurrimientos superficiales, recibe tres

veces más precipitación que la media del norte, con temperaturas menos extremas (Cervantes, 1994).

De acuerdo a la clasificación de Lankford (1977) el Pacífico Mexicano cuenta con un total de 85 lagunas costeras, distribuidas a lo largo del litoral; Contreras- Espinosa en 1985 señaló que había 100. No se cuenta con una relación del número y extensión de los otros ambientes que constituyen la zona costera como son los deltas, bahías, esteros, estuarios, aunque dentro de esos inventarios de los citados autores se registran algunas bahías y esteros. En el inventario de los cuerpos de agua de la CNA-IBUNAM (1998; 1999) se plantea en términos generales que en todo el litoral Mexicano existen 1,256 lagunas perennes, 335 lagunas temporales y 160 esteros; en ese inventario no se consideran a las bahías ni a los deltas.

A continuación se describirán los rasgos más importantes de cada una de las costas que conforman al litoral del Pacífico. Dentro de los cuales se encuentra el desarrollo de la plataforma continental y sus rasgos fisiográficos de las llanuras costeras, ya que de acuerdo al desarrollo de estos elementos se favorece el establecimiento de los numerosos ambientes costeros.

Costa Occidental de la Península de Baja California

El margen submarino de la costa occidental de Baja California, presenta un relieve semejante a una amplia cadena montañosa, con alternancia de elevaciones y depresiones ("borderland"), limitada al oriente por la plataforma continental, de amplitud irregular, que alcanza a las costas de California a menos de 10 km, con unos 20 km de amplitud. Al sur del paralelo 33 se reduce a unos tres kilómetros, y vuelve a ensancharse frente al puerto de Ensenada hasta 13 km (Lugo, 1986).

La plataforma continental continúa hacia el sur con una amplitud regular de 15 a 30 km. En el sur se encuentran máximos de hasta 140 – 150 km de ancho, en la Bahía de Sebastián Vizcaíno. Entre las Bahías de Ballenas y San Juanico la plataforma continental se amplía hasta 70 – 80 km; hacia el sur se estrecha nuevamente, hasta unos cuatro kilómetros frente a Bahía Todos Santos. En el extremo sur de la península la plataforma continental casi desaparece. El desarrollo de la plataforma continental se atribuye al aumento del nivel oceánico a finales del Pleistoceno, debido al retroceso de los hielos de la última glaciación (Lugo, 1986).

Geológicamente el substrato está formado por rocas metamórficas con pendientes escarpadas; en la mitad sur de la unidad abundan los depósitos de aluvión, médanos y salitrales del Reciente y del Pleistoceno. Tectónicamente la península está formada por la placa del Pacífico con movimientos telúricos (De la Lanza-Espino. 1991; Vázquez Botello *et al.*, 2000).

Ortíz Pérez y Espinosa Rodríguez (1991), proponen la siguiente clasificación geomorfológica de las costas mexicanas. Específicamente para la costa occidental de la Península de Baja California: hacia el norte se encuentran costas mixtas de tipo abrasivo acumulativas (que según estos autores son costas rocosas que se alternan con los derrames de conos detríticos y de abanicos aluviales). En la región de las lagunas costeras de Guerrero Negro, Manuela y Ojo de Liebre se encuentran costas de tipo acumulativas principalmente marismas (que son tierras bajas sujetas a inundaciones que se caracteriza por el predominio de la baja energía física del medio subacuático y por una alta densidad de la vegetación). Después de la bahía de Sebastián Vizcaíno hasta la Bahía San Hipólito las costas son del tipo erosivo rocosas (en donde el proceso dominante es el trabajo abrasivo del oleaje). Hacia el sur hasta la Bahía de Ballenas se encuentran costas mixtas del tipo abrasivo acumulativo; en la Laguna de San Ignacio en donde hay una zona de marismas de este tipo. Antes de Bahía Todos Santos las costas están formadas por playas bajas arenosas de tipo acumulativo (playas con un dominio de una abundante sedimentación, con formas acumulativas típicas) y de este punto a Cabo San Lucas son mixtas del tipo abrasivo-acumulativo y en la región de Cabo San Lucas a Bahía de San José del Cabo se presentan costas rocosas del tipo erosivas. Desde el punto de vista de su geodinámica costera se tiene que el avance de la línea de costa hacia el mar es evidente en casi toda la península con pequeñas áreas de retroceso por sumersión y/o inactividad deltaica, con excepción del área que abarca desde Bahía Magdalena – Algodones hasta Bahía Todos Santos en donde la línea de costa de acuerdo a su geodinámica se encuentra en equilibrio.

Desde el punto de vista fisiográfico la zona de la costa occidental de la Península de Baja California tiene una longitud aproximada entre 1250 - 1300 km, limitada al este por el Sistema Californiano (Tamayo, 1970; Carranza-Edwards *et al.*, 1975; Lugo, 1986) dentro de la cual se encuentra según Álvarez Arellano y Gaitán Morán (1994) la provincia fisiográfica de la Llanura Costera de Baja California.

La Península de Baja California presenta en la zona norte una cadena montañosa, en la vertiente occidental de la zona costera. Al sur del paralelo 28° 00' se encuentran amplias llanuras, en donde se logran destacar algunas formas aisladas de sierras y mesetas; esta región es llamada Llanura Costera del Vizcaíno – Magdalena. Además, existen cursos bajos tan grandes y desproporcionados con relación a la cuenca, que numerosas corrientes no llegan al mar y se pierden en las zonas áridas arenosas; en donde se tiene un cauce elevado sobre los terrenos vecinos (Tamayo, 1970).

La corriente dominante en toda la zona de la costa occidental es la Corriente de California y la principal masa de aguas es la superficial derivada de esa corriente (Masa de Agua Norteña); cerca de la costa esta corriente se puede alterar debido a surgencias y contraflujos. La circulación eólica tiene predominantemente una deriva hacia el norte durante casi todo el año con excepción de la época de primavera en donde se presentan fuertes vientos del

norte, fortaleciendo la Corriente de California, alcanzando su máxima extensión hacia el sur (a los 25°N). En algunas áreas el oleaje es de alta energía (De la Lanza Espino, 1991; Vázquez-Botello *et al.*, 2000).

Las mareas en la costa occidental de la península son de tipo mixto semidiurno, con una gran diferencia diurna; generalmente ocurren dos pleamares y dos bajamares. Las amplitudes van aumentando desde Ensenada hasta alcanzar su máximo a la altura de Punta Abreojos, para disminuir hacia Cabo San Lucas (De la Lanza Espino, 1991).

El clima en la península de Baja California va de semi-árido a caluroso en la parte norte, y subhúmedo en el sur. Con una precipitación media anual entre 100 y 200 mm. Existen pequeñas porciones entre Tijuana y Ensenada con lluvias del orden de los 300 mm al año y únicamente en las cimas de las serranías de Las Palmas, Los Gigantes, La Laguna y La Sierra de San Lázaro, la precipitación anual llega a más de 500 mm. La temporada de lluvias se presenta de julio a diciembre (Tamayo, 1962; Vázquez-Botello *et al.*, 2000).

De acuerdo a la clasificación de Lankford (1977) la costa oeste de Baja California, se registran 16 ambientes costeros entre lagunas, bahías y esteros. Contreras- Espinosa (1985) contabiliza 18 lagunas, dos más que las reportadas por Lankford (Laguna Mormona y el Estero San José). En el Atlas Nacional del Medio Físico (INEGI, 1988) se registran 13 bahías.

Golfo de California

El Golfo de California, cuya división geográfica es considerada hasta Cabo Corrientes, es una fosa profunda, desde la desembocadura del Río Colorado, hasta las montañas submarinas de Alarcón frente a Cabo San Lucas, con una longitud de 1,090 km, mientras que su amplitud varía de 100 a 200 km, excepto en su extremo norte donde se reduce hasta 25 km en la desembocadura del Río Colorado (Lugo, 1986).

La plataforma continental del Golfo de California en su extremo norte tiene un gran desarrollo, alcanzando frente a la desembocadura del Río Colorado una amplitud de 170 km, siguiendo por la zona axial del Golfo; hacia el oriente su amplitud es de 40 km, mientras que hacia el occidente es más reducida, variando de 3 a 8 km. En sus límites con Sonora y Sinaloa (paralelo 29°) al sur del Río Mayo la plataforma continental se estrecha considerablemente hasta el Puerto de Guaymas, en donde alcanza unos tres kilómetros de anchura; esta zona es conocida como la depresión de Guaymas. Hacia el sur la plataforma continúa ampliándose considerablemente hasta alcanzar 50 km, y se estrecha en Los Mochis, en donde alcanza 20 km. En la margen opuesta, la amplitud de la plataforma continental es irregular y estrecha, sin rebasar los cinco kilómetros, únicamente se llega a ampliar hasta 20 km frente a la Bahía de la Paz (Lugo, 1986).

El Golfo de California pertenece a las unidades costeras VI y VII de acuerdo a Carranza-Edwards *et al.* (1975); tectónicamente sus costas son de arrastre del neo-eje. La península está dominada tectónicamente por la Placa Pacífico del Este así como su cambiante sistema de fallas. Geológicamente la región está compuesta por rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico Medio, hacia el sur se unen con sedimentos aluviales.

Ortiz Pérez y Espinosa Rodríguez (1991) señalan que en la mayor parte del margen occidental presenta costas abrasivas de tipo acumulativas mixtas, con algunas áreas aisladas con costas erosivas de tipo rocoso y únicamente en la desembocadura del Río Colorado se encuentran costas de tipo acumulativas potamogénicas (que son playas con abundante sedimentación cuya fuente son los ríos y la consecuente depositación se hace a través de estuarios y deltas) y marismas. Desde un punto de vista de la geodinámica la margen occidental presenta en casi toda la línea de costa un avance hacia el mar por emersión, únicamente en la región del eje axial del golfo se presenta un retroceso de la línea de costa hacia el continente por sumersión, y/o inactividad deltaica, y/o elevación del mar.

Dentro de la regionalización altimétrica y fisiográfica propuesta por Álvarez Arellano y Gaitán Morán (1994) para las costas de la república mexicana, los márgenes del Golfo de California se encuentran limitadas por las Sierras Peninsulares de Baja California en su margen occidental, caracterizada por una cadena montañosa que se orienta NW-SE prolongándose ininterrumpidamente desde la Sierra de San Pedro Mártir-Juárez a la Sierra de San Lázaro en Cabo San Lucas. Por lo que la vertiente es sumamente angosta, no hay ríos propiamente dicho, sino torrentes que descargan directamente al mar sin formar redes hidrológicas importantes (Tamayo, 1962).

En la margen oriental del Golfo de California desde el Río Colorado hasta el Río Concepción se presentan costas de tipo acumulativo con playas bajas arenosas. Hacia el sur hasta la altura de la Isla Tiburón se presentan costas mixtas de tipo abrasivo acumulativas. Hasta aproximadamente el Río Sonora existen costas rocosas de tipo erosivo; en esta región frente a los ríos Yaqui, Mayo y Fuerte son de tipo acumulativas potamogénicas y marismas, intercaladas con costas rocosas de tipo erosivo y casi toda la costa del estado de Sinaloa presenta playas bajas arenosas de tipo acumulativas. De Sinaloa a Nayarit se encuentran costas de tipo acumulativas con playas bajas arenosas, a excepción del área de influencia fluvial del Río Santiago en donde se desarrollan zonas potamogénicas y de marismas. En el límite de Nayarit con Jalisco las costas son rocosas de tipo erosivo. En su geodinámica la costa oriental del golfo presenta un retroceso de la línea de costa hacia el continente por sumersión y/o inactividad deltaica y/o elevación del mar, con algunas zonas no definidas y/o en equilibrio. Después del Río Fuerte la línea costera tiene un avance hacia el mar por emersión y sedimentación deltaica (Ortiz Pérez y Espinosa Rodríguez, 1991).

La margen oriental del Golfo de California se caracteriza por una extensa planicie fluvio-deltáica influenciada por los ríos Colorado, Sonora, Yaqui, Mayo, Fuerte, Sinaloa, Culiacán y San Lorenzo entre los más importantes (Tamayo, 1962; INEGI, 1989). El Río Colorado se destaca por su gran caudal, con un curso bajo típico; en el Estado de Sonora los ríos se caracterizan por poseer cursos bajos amplios como el caso de los ríos Concepción, Sonora, Guaymas, Yaqui y Cocoraqui, que no llegan a descargar al Mar de Cortés, sólo en avenidas extraordinarias y siguen diversos cauces con apariencia deltaica. A partir del Río Mayo hacia el sur, comprendidos todos los ríos del Estado de Sinaloa, el curso bajo es largo y se les pueden considerar normales pues los ríos conservan volúmenes importantes en estiaje y anualmente descargan sus avenidas al océano (Tamayo, 1962), a pesar de su represamiento.

Las mareas del golfo son de tipo diurno, semidiurno y mixto, dependiendo del sitio. Según Álvarez Arellano y Gaitán Morán (1994) el régimen de mareas de la margen occidental de la Península es de tipo mesomareal (2-4 m), en las costas del Alto Golfo el régimen de mareas es de tipo macromareal (> 4 m); en las costas del margen oriental el régimen de mareas es de tipo micromareal (0-2 m).

El clima de las costas del Golfo de California en ambas márgenes es semidesértico. La precipitación es inferior a los 200 mm en la mayor parte de la superficie peninsular, en general en el norte del golfo la precipitación oscila entre 50-600 mm anuales; en el centro y sur del golfo la precipitación se eleva a 200-1,200 mm y en la boca es de sólo 160 mm al año. La evaporación en el norte del golfo es alta de 240 a 1,600 mm y hacia la boca del golfo es más alta del orden de los 1,400 a 2,000 mm. A lo largo de las costas de Sinaloa y Nayarit los vientos son S-SW (Tamayo, 1962; Vázquez-Botello, *et al.*, 2000).

Lankford (1977) clasifica al Golfo de California en dos regiones la costa de la Península en donde reporta cinco lagunas, en la región de la costa oriental del Mar de Cortés, 31 lagunas. En 1985 Contreras- Espinosa para estas mismas zonas registró en la primera región del Mar de Cortés seis a los que llama "ambientes estuarinos" y 40 en la segunda región. En el Atlas Nacional del Medio Físico (INEGI, 1988) se informan 30 bahías en ambos litorales dentro del Golfo de California.

Costas del Pacífico Tropical Mexicano

Se extiende desde Cabo Corrientes en Jalisco hasta los límites con Guatemala, con una extensión de 1,560 km, a lo largo de las costas de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Su fisiografía y tectónica está definida por dos grandes estructuras: la Sierra Madre del Sur y la Trinchera Mesoamericana. La primera se extiende desde Bahía de Banderas hasta el Istmo de Tehuantepec, se continúa con la Sierra de Chiapas y el sistema montañoso de Centroamérica, manifestándose en esta zona una

subducción; la segunda paralela a la margen continental, es continua desde Cabo Corrientes hasta Panamá (Lugo, 1986).

La plataforma continental en Bahía Banderas alcanza hasta 70 km, al sur del paralelo 22° se estrecha de 10 a 15 km, pero se puede ampliar por algunos kilómetros en bahías como las de Manzanillo y Petacalco. La menor amplitud de la plataforma continental se observa frente a las costas de Oaxaca, al oriente de Punta Galera, reduciéndose a menos entre 4-6 km amplitud que se continúa hasta el meridiano de 90°, en donde se inicia bruscamente una ampliación que alcanza hasta 50 km en el Golfo de Tehuantepec (Lugo 1986).

La región es tectónicamente influenciada por la Placa de Cocos y clasificada como una costa de colisión. Los rasgos geológicos dominantes son las planicies aluviales del Cuaternario, rocas metamórficas así como rocas ígneas del Cretácico y rocas sedimentarias calcáreas (Flores-Verdugo, *et al.*, 2001).

Muchas de las costas están compuestas por continuas playas arenosas interrumpidas únicamente por los ríos y las bocas de las lagunas. Entre Jalisco y Oaxaca la costa es predominantemente rocosa con estrechas playas y pequeñas lagunas rodeadas por manglar. Con excepción del Río Balsas, la mayoría de los aproximadamente 70 ríos tienen una cuenca de drenaje pequeña y el flujo es intermitente y estacional (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998).

En todo el litoral del Pacífico Tropical, las diferentes sierras tanto la Madre Occidental, como la del Sur y la de Chiapas, se aproximan tanto al litoral que no le permiten a las corrientes la oportunidad de construir un curso bajo, pasando violentamente del curso medio al mar, a través de una reducida planicie costera, probablemente a esto se deba la falta de escurrimiento permanente de importancia (Tamayo, 1962).

Álvarez Arellano y Gaitán Morán (1994) señalan que el litoral del Pacífico Tropical Mexicano cuenta con estribaciones de las cadenas montañosas y de las sierras que están próximas a la línea de costa. A partir de Bahía de Banderas hacia el sur hasta las estribaciones de la Sierra de Miahuatlan, la zona costera está caracterizada por una llanura estrecha, predominando áreas montañosas y acantilados con pendientes prominentes.

La vertiente del Pacífico presenta numerosos ríos que descienden de las sierras Madre Occidental, del Sur, y de Chiapas, con excepción del Río Colorado que se origina de las Rocallosas, y de las pequeñas corrientes de la península de Baja California. Dentro de los que se destacan tres importantes ríos por que desarrollan su curso desde el interior del país y se abren paso a través de las sierras para desaguar en el mar; son el San Pedro o Mezquital, el Lerma-Santiago y el Balsas (Cordero-Melo *et al.*, 1977).

Las costas según la clasificación de Ortíz Pérez y Espinosa Rodríguez (1991) de Jalisco a Colima están compuestas por costas de tipo acumulativas con

playas bajas arenosas. En Bahía de Banderas la costa es de tipo erosivo. Hacia el sur hasta el límite con Guatemala se intercalan playas bajas arenosas y rocosas con costas de tipo acumulativo y acumulativo abrasivas; en la confluencia con el Río Balsas se encuentra una zona potamogénica y marismas de tipo acumulativas. Se presenta en toda la línea de costa hasta Oaxaca un avance hacia el mar por emersión y/o sedimentación deltaica; en Chiapas la línea de costa es neutral o esta en equilibrio.

Casi todos los ríos de la vertiente del Pacífico son alimentados por las lluvias a excepción del Río Colorado que presenta un caudal con alimentación mixta: por las lluvias y por el deshielo, aumentando considerablemente el caudal durante la primavera al fundirse la nieve de las montañas (Cordero, *et al.*, 1977).

El clima está entre el semi-árido a húmedo (Chiapas), aunque la mayoría de las regiones son secas sub-húmedas (800 – 1,200 mm/año) (García, 1983). Se presentan importantes fenómenos meteorológicos, tales como tormentas tropicales, huracanes, "nortes" en el invierno y el efecto de El Niño (De la Lanza-Espino, *et al.*, 2002). Vientos del noroeste (< 6 m/s) que prevalecen durante el invierno (noviembre - abril); los cuales están relacionados a las depresiones tropicales y huracanes. Fuertes vientos del norte ("nortes"), que se originan en el Golfo de México, alcanzan el Golfo de Tehuantepec (Lankford, 1977). La temperatura media anual es > 26 ° C y las fuertes lluvias se presentan principalmente en el verano (julio – septiembre) con una media anual de 800 mm. La precipitación difiere cada año como resultado de la frecuencia e intensidad de los huracanes y las tormentas tropicales (Sánchez-Santillan y De la Lanza-Espino, 1994).

Dentro de los registros de los rasgos costeros se encuentran los trabajos de Lankford (1977) que define 32 lagunas para la costa occidental del Pacífico Tropical Mexicano. Aproximadamente las 32 lagunas costeras ocupan una superficie de 12,545 km², así como manglares y pantanos de agua dulce que comprenden importantes ecosistemas en esta región (Flores- Verdugo *et al.*, 2001). En 1985 Contreras-Espinosa registró un total de 36 lagunas costeras; el INEGI (1988) define a un total de 7 bahías.

Costas del Atlántico

En las costas del Atlántico se encuentra: en un mar marginal o Golfo de México y el Mar Caribe, que comprende los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, cubriendo una extensión de 3,593.09 km (INEGI, 1989).

Golfo de México

Aproximadamente la mitad del territorio que ocupa el Golfo de México pertenece a la zona económica exclusiva mexicana, con su límite septentrional hacia el paralelo 26°. Es una cuenca aislada del Atlántico por El Estrecho de Yucatán que tiene una profundidad de aproximadamente 2,500 m. Se extiende en un área total de 1'768,000 km (De la Lanza- Espino, 1991).

La plataforma continental frente a las costas de los Estados Unidos tiene un amplio desarrollo, sin embargo hacia el sur en el territorio mexicano después de la desembocadura del Río Bravo (26°) se estrecha. Precisamente la amplitud de la plataforma continental es de 72 a 80 km, estrechándose gradualmente hacia el sur hasta alcanzar una amplitud mínima de 6 a 16 km, en la zona volcánica de San Andrés Tuxtla. A partir de este punto la plataforma continental se va nuevamente ensanchándose en dirección a la Península de Yucatán, hasta alcanzar unos 160 a 170 km frente a Campeche, con su máxima amplitud hacia el norte de la Península de Yucatán con 230 a 260 km (Lugo, 1986).

Las unidades costeras del Golfo de México según Carranza-Edwards, *et al.* (1975) pertenecen a la I, II, III y parte de la unidad IV. Tectónicamente se trata de costas que bordean a los mares marginales, protegidas del Océano Atlántico por el Arco del Caribe. Geológicamente la unidad I esta constituida por rocas clásticas terciarias características de ambientes litorales y abundan los sedimentos de lodos terrigenos; la unidad II se caracteriza por contener sedimentos piroclásticos, con una franja de limos arenosos terrigenos cerca de la costa; en la unidad III se encuentran principalmente sedimentos clásticos de grano fino en los complejos deltaicos de los ríos Tonalá, Grijalva, y San Pedro-San Pablo. En la plataforma continental del estado de Tabasco hay una zona formada por arenas gruesas terrigenas; en la mitad sur de la unidad IV, abundan los depósitos de aluvión y salitrales, con un alto contenido de carbonatos (De la Lanza Espino, 1991).

Geomorfológicamente las costas según la clasificación de Ortiz Pérez Y Espinosa Rodríguez (1991) a partir del Río Bravo hacia el sur, en casi dos tercios de las costas del Estado de Tamaulipas se encuentran costas potamogénicas y marismas de tipo acumulativas, asociadas a un retroceso de la línea de costa por sumersión y/o inactividad deltáica. Al sur y hasta la desembocadura del Río Pánuco se encuentran playas bajas arenosas con costas de tipo acumulativas y una línea de costa en equilibrio.

En el Estado de Veracruz, de la desembocadura del Río Pánuco hasta la desembocadura del Río Tuxpan; se presentan playas bajas arenosas que se vuelven potamogénicas y zonas de marismas, las costas son de tipo acumulativo, con el avance de la línea de costa hacia el mar por sedimentación del acarreo costero. Del Río Tuxpan hasta la desembocadura del Río Coatzacoalcos se continua con playas bajas arenosas y con costas de tipo acumulativo, pero entremezclándose con playas mixtas de tipo abrasivo-acumulativas; en las zonas de la desembocaduras de los ríos se encuentran playas potamogénicas y zonas

de marismas. Particularmente en la línea de costa frente al eje Neo-Volcánico se encuentran playas rocosas y costas de tipo erosivas (Ortiz Pérez Y Espinosa Rodríguez, 1991).

Desde el punto de vista de su geodinámica, estos autores señalan que de la desembocadura del Río Tuxpan hasta la Barra Palma Sola (al norte del Puerto de Veracruz), la línea de costa esta en equilibrio. Hasta el puerto de Veracruz se observa que hay un avance de la línea de costa por emersión y/o sedimentación deltáica; continuando hacia la desembocadura del Río Papaloapan nuevamente la línea de costa está en equilibrio. Frente al Río Coatzacoalcos se observa un avance de la línea de costa por emersión y/o sedimentación deltáica.

Las costas del Estado de Tabasco son predominantemente acumulativas con playas bajas arenosas, zonas potamogénicas y zonas de marismas, desarrolladas; estas últimas ampliamente en la zona deltáica del río Usumascinta. Por su geodinámica la línea de costa presenta un retroceso, debido a alguno de los siguientes fenómenos: emersión y/o inactividad deltáica y/o elevación del nivel del mar (Ortiz Pérez Y Espinosa Rodríguez, 1991).

En Campeche desde la Laguna de Términos hasta el Río Champotón se encuentran playas bajas arenosas con marismas y zonas potamogénicas. El tipo de costa es acumulativa, continuándose con una línea en retroceso. Del Río Champotón a la ciudad de Campeche, la primera mitad de esta zona presenta playas mixtas (arenoso-rocoso) y el tipo de costa es abrasivo-acumulativo. La segunda mitad presenta costas del tipo erosivo-rocoso, con un avance de la línea por emersión y/o sedimentación deltáica y/o elevación del nivel del mar. A partir de Campeche hasta Punta Baez en Yucatán, la línea está formada por marismas de tipo acumulativo, con un avance de línea de costa hacia el mar por sedimentación del acarreo costero, que se extiende de este punto hasta Cancún en Quintana Roo, pero con playas bajas arenosas de tipo acumulativo, entre Ría Lagartos y la Laguna de Yalahán, en Quintana Roo se presenta una zona de marismas (Ortiz Pérez Y Espinosa Rodríguez, 1991).

De acuerdo a Tamayo (1962) y Álvarez Arellano y Gaitán Morán (1994), el Golfo de México es la llanura costera más amplia y con mayor superficie, suavemente tendida desde el Río Bravo hasta Tuxpan, cuya costa altimétrica no alcanza los 200 m. La llanura se caracteriza por una extensa planicie fluvio-deltáica que se interrumpe en el Estado de Veracruz por el sistema volcánico transversal (Cofre de Perote) estrechándose de Veracruz al sur de la llanura, para abrirse suavemente desde Los Tuxtlas y llegar a su máximo en la amplia planicie aluvial de Tabasco, continuándose hasta el límite sureste del Estado de Campeche. Esta planicie fluvio-deltáica se caracteriza por la presencia de grandes ríos como el Bravo, San Fernando, Soto La Marina, Tamesí, Pánuco, Tuxpan, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva, Usumacinta y Candelaria.

La mayoría de los ríos que se vierten en el Golfo de México descienden de la Sierra Madre Oriental y de Oaxaca a excepción del Río Bravo que se origina en

las Montañas Rocallosas, y de los ríos del sureste, que proceden de los Altos Guatemaltecos. Los ríos del istmo se desarrollan entre el extremo este de la Sierra Madre del Sur y entre las sierras y las mesetas de Chiapas, para terminar su curso en la llanura Tabasco-Campechana (Cordero-Melo *et al.*, 1977).

Los ríos en la región del sureste que es excesivamente húmeda, ya que las lluvias son copiosas y constantes, son caudalosos y de régimen regular. Las comarcas del norte son secas, los ríos son pobres y de régimen irregular; presentan torrenciales avenidas cuando ocurren fuertes lluvias en las montañas o al paso de un ciclón. El caudal del Río Bravo es de alimentación mixta: lluvia y deshielos, así como los ríos que descienden de las porciones más elevadas de la Sierra de Chihuahua, cuyos caudales aumentan en primavera, al fundirse las nieves en las montañas (Cordero-Melo *et al.*, 1977).

En el clima del Golfo de México predomina el templado cálido subhúmedo hacia el noreste del Golfo y en las regiones del sureste el clima cálido húmedo. La mayor precipitación pluvial de la zona costera de la república se registra en el Golfo de México, dentro de la porción comprendida entre el puerto de Tampico y la Cd. de Campeche, desde la orilla del mar hasta alcanzar las altas cimas de la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre de Oaxaca, Sierra Atravesada, Meseta Central de Chiapas y las serranías de la República de Guatemala, con niveles medios de 1,600 mm, que llegan a alcanzar máximos de 5,000 mm. En el resto de la costa del Golfo de México, la precipitación es sensiblemente menor, con una oscilación entre los 600 a 800 mm anuales en la planicie costera, alcanzando en sus altas cimas niveles de hasta 1,000 mm (Tamayo, 1962).

Las mareas en la mayor parte del Golfo de México son de tipo diurno con excepción de algunas mareas al noreste y noroeste en las costas de los Estados Unidos que son de tipo mixto, con un componente semidiurno que se presenta en la Sonda de Campeche (Secretaría de Marina, 1974; Grijalva, 1975). De acuerdo al régimen de mareas Álvarez Arellano y Gaitán Morán (1994) las mareas en el Golfo de México son de tipo micromareal (0 – 2 m).

Según Lankford (1977) hay 32 lagunas costeras en el Golfo de México, dividiendo en dos; la región que comprende las costas desde el límite con los Estados Unidos hasta el límite con la Plataforma de Yucatán, en donde registró 23; la región que comprende de los límites de Campeche (en la Plataforma Yucateca) hasta Cabo Catoche, con nueve lagunas. Contreras-Espinosa en 1985 registró 39 ambientes costeros, entre esteros y lagunas costeras. El INEGI (1988) no se reporta ninguna bahía para el Golfo de México.

Mar Caribe

En la Cuenca del Mar Caribe, sólo una pequeña porción pertenece a la zona económica exclusiva de México. Es una de las más complejas de la Tierra,

por su arquitectura y dinámica (Lugo, 1986). Se extiende en un área total de 2'640,000 km y una profundidad media de 4,000 m (De la Lanza- Espino, 1991).

La plataforma continental es estrecha, con sólo 20 km de amplitud frente a Cancún disminuyendo gradualmente hacia el sur, de tal manera que frente a Puerto Morelos, prácticamente desaparece, confundándose con la ladera del talud continental, mayor de 4°, y alcanza rápidamente los 400 m de profundidad (Lugo, 1986). Al sur de Puerto Morelos la plataforma continental continúa atenuada hasta Belice en donde llega ampliarse hasta 25 km (De la Lanza- Espino, 1991).

De acuerdo a la clasificación de costas propuesta por Carranza *et al.* (1975), el Mar Caribe se encuentra en la unidad IV que comprende el borde de la Península de Yucatán. Esta se encuentra en emergencia desde el Paleoceno. Está constituida principalmente por sedimentos carbonatados de tipo biogénico y zonas arrecifales limitadas. Cerca de la costa este de la Península de Yucatán, dominan las arenas carbonatadas biogénicas con hasta el 70 % de carbonato de calcio por la presencia de sistemas arrecifales al oriente de la península y en el litoral de la Isla Cozumel (Rezak y Edwards, 1972).

De acuerdo con la geodinámica de las costas propuesta por Ortiz Pérez Y Espinosa Rodríguez (1991), el Mar Caribe, a partir de Cabo Catoche a Cancún presenta un avance de la línea de costa hacia el mar por sedimentación del acarreo costero y se encuentran playas bajas arenosas de tipo acumulativas. Hacia el sur hasta Punta Allen, la línea de costa está en equilibrio y se encuentran playas bajas arenosas con playas rocosas y las costas son de tipo abrasivo-acumulativas y más al sur hasta Chetumal, se observa un retroceso hacia el continente de la línea de costa probablemente por sumersión y/o elevación del mar; las costas son de tipo acumulativo con marismas, así como costas de tipo biogénicas.

La llanura costera de la Península de Yucatán es una plataforma calcárea con drenaje cárstico que impide el escurrimiento superficial (Alvarez-Arellano y Gaitán-Morán, 1994). Es una losa caliza que posee un suelo escaso, y la precipitación pluvial tiene una importante aportación, la que se pierde rápidamente por su superficie o se pierde en las cavernas propias de la zona caliza. En sentido estricto no existen corrientes fluviales desde Champotón hasta el Cabo Catoche. En el litoral oriente de la península, casi no existen corrientes importantes, pero debido a que se encuentran bosques en la región es posible encontrar algunos arroyos superficiales de corto caudal y reducida longitud, en donde no es posible distinguir las tres porciones típicas de una corriente (Tamayo, 1962).

En las costas del Caribe Mexicano las mareas son mixtas (Secretaría de Marina, 1974), con un régimen de mareas de tipo micromareal (0-2 m) (Álvarez-Arellano y Gaitán-Morán, 1974).

El clima predominante de la zona es cálido subhúmedo. En la Península de Yucatán, la precipitación, en general muestra niveles mayores a los 1,000 mm de

lluvia media anual y en áreas amplias hay una precipitación superior a los 1,400 mm al año (Tamayo, 1962).

El Mar Caribe al igual que el Golfo de México presenta una circulación de vientos formados por masas de aire polar que se desplazan hacia el sur a través de Estados Unidos, con vientos en dirección boreal, cuya intensidad alcanza frecuentemente fuertes rachas, violentas o huracanadas. Los nortes soplan por lo general de noviembre a marzo, afectando únicamente la región noreste del Caribe, variando de noroeste a noreste con velocidades de hasta 100 km/hr, pudiendo alcanzar rachas aún mayores (De la Lanza- Espino, 1991).

En el Caribe Mexicano Lankford ha determinado la existencia de ocho lagunas costeras, mientras Contreras-Espinosa (1985) contempló la existencia de seis. El INEGI (1988) registra un total de tres bahías en las costas de Quintana Roo.

Material y Método

Para la delimitación y cuantificación de la superficie de las geoformas de la zona costera se emplearon las cartas digitalizadas con programas ArcView 3.2 y Arc/Info de la CNA-IBUNAM (1999) del periodo 1996-97, con una escala de 1:250,000 y en las zonas altamente saturadas con cuerpos de agua costeros, se emplearon cartas de escala 1:50,000 de INEGI (1999), utilizando la cuadrícula universal transversal Mercator.

Se emplearon 55 cartas geográficas- hidrológicas del INEGI y su relación se muestra en la tabla 1, con el nombre de cada una, aunque posteriormente se refirieron por estado de la República.

Tabla 1. Cartas geográficas hidrológicas 1:250,000 costeras de México, empleadas en la clasificación de las geoformas costeras.

N°	Clave INEGI	Nombre de la carta	N°	Clave INEGI	Nombre de la carta	N°	Clave INEGI	Nombre de la carta
1	I-11-1	Tijuana	20	G-12-2	Guaymas	39	D-15-5	Tapachula
2	H-11-2	Ensenada	21	G-12-6	Huatabampo	40	G-14-9	Matamoros
3	H-11-5-6	Lázaro Cárdenas	22	G-12-9	Los Mochis	41	G-14-12	Bahía Algodones
4	H-11-9	Punta San Antonio	23	G-12-12	Isla Cerralvo	42	F-14-3-6	Tampico
5	H-11-12	Isla Cedros	24	G-13-10	Culiacán	43	F-14-9	Tamiahua
6	G-11-3	Guerrero Negro	25	F-13-1	Mazatlán	44	F-14-12	Poza Rica
7	G-12-4	San Isidro	26	F-13-4-7	Islas Marias	45	E-14-3	Veracruz
8	G-12-7-8	Villa Constitución	27	F-13-5	Escuinapa	46	E-15-14	Coatzacoalcos
9	G-12-10	San Carlos	28	F-13-8	Tepic	47	E-15-5	Frontera
10	G-12-11	La Paz	29	F-13-11	Puerto Vallarta	48	E-15-6	Ciudad del Carmen
11	F-12-2-3	San José del Cabo	30	E-13-2-5	Manzanillo	49	E-15-3	Campeche
12	G-12-5	Loreto	31	E-13-6-9	Lázaro Cárdenas	50	F15-9-12	Calkini
13	G-12-1	Santa Resalía	32	E-14-7	Zihuatanejo	51	F-16-7	Tizimin
14	H-12-10	Isla San Esteban	33	E-14-11	Acapulco	52	F-16-8	Cancún
15	H-12-7	I. Angel de la Guarda	34	E-14-12	Zaachila	53	F-16-11	Cozumel
16	H-11-3	San Felipe	35	D-14-3	Puerto Escondido	54	E-16-2-5	Bahía Ascensión
17	H-12-1	Puerto Peñasco	36	E-15-10	Salina Cruz	55	E-16-47	Chetumal
18	H-12-4	Heroica Caborca	37	E-15-11	Tuxtla Gutiérrez			
19	H-12-11	Sierra Libre	38	D-15-2	Huixtla			

Tanto en los cuerpos de agua, como las marismas y la vegetación se digitalizaron en Autocad 13 (CNA-IBUNAM,1999), calculando el área correspondiente a través del programa ArcView 3.2.

Cada tipo de cuerpo de agua se clasificó por su inicial D (delta), B (bahía), E (estuario), L (laguna costera), A (albufera), Es (estero), y M (marisma). La vegetación se identificó con las letras Ha (halófito) y Ma para el manglar. La nomenclatura para identificar a cada una de las geoformas fue tomada del Atlas Nacional del Medio Físico (INEGI, 1988)

Para la clasificación por tamaño se tomó la de Bercnasek (1989) adaptada a la zona costera (Tabla 2).



Tabla 2 Clasificación de geformas costeras por área inundada

Categoría	Intervalo en superficie (km²)
Micro	< 0.05 – 0.5
Menores	0.6 - -1.0
Pequeños	1.01 – 10.0
Medianos	11 – 100.0
Grandes	101 – 1,000
Mayores	>1,001

Modificado de Bercnasek, 1989

Para la clasificación de los diferentes rasgos costeros en las cinco vertientes de México y el cálculo de su superficie se consideraron los siguientes criterios.

Para los deltas se emplearon además de las imágenes digitalizadas de la CNA-IBUNAM (1999), las imágenes de satélite LANDSAT-Thematic Mapper para llevar a cabo un reconocimiento del conjunto de la formación deltáica, formado por la distribución de los de los sedimentos que se ramifican y superponen a medida que el río y sus interdigitaciones cambian de cauce (Petzall, 1967). Además a través de estas imágenes se distinguieron los brazos o canales fluviales anexos por los que el río desemboca al mar (Shepard, 1973; Cordero-Melo *et al.*, 1977). Otro de los rasgos característico que se distinguió, fue la formación del cono submarino, que por la depositación del material sedimentario (conjunto de sedimentos aluviales) se forma en la zona de los ríos más caudalosos del país que desembocan al mar (Petzall, 1967; Shepars, 1973).

Para calcular el área de los deltas, se consideró la superficie ocupada en la planicie que se extiende desde la línea de costa hasta la tierra cercana más elevada, en la que subyacen los sedimentos aluviales (Petzall, 1967). Dada las características de los deltas, la superficie calculada involucra a cada uno de los brazos que conforman al delta y a partir de la(s) bifurcación(es) (o ramificaciones o ramales), hasta el límite de la planicie costera con el mar.

Los criterios empleados para las bahías se basaron en geformas que se reconocen por las indentaciones de la línea de costa, que es una formación cóncava hacia el interior del continente (De la Lanza-Espino, *et al.*, 1999). Para delimitar el área de las bahías se tomaron como los límites del semicírculo, a los extremos de cada bahía conocidos como "puntas o cabos" (Emery y Stevenson, 1957). El área de una bahía debe ser igual o mayor al semicírculo que la conforma (Shepard, 1973; De la Lanza-Espino, *et al.*, 1999).

De acuerdo a este criterio las bahías se dividieron en; abiertas, cuando el semicírculo que la conforma está abierto en más del 50 %. Semicerradas, si el semicírculo que conforma está cerrado en un 60% o más. Y protegidas cuando se encuentran delimitadas por algún tipo de barrera.

En el procedimiento para los estuarios se considero a todos aquellos cuerpos de agua que se encuentran en el curso final de un río y que se forman en las partes bajas de los valles de una planicie costera que es inundada por los ríos (Barnes, 1980) y en el que hay característicamente un enfrentamiento con el agua marina y el agua dulce (Pritchard, 1955). Otro aspecto importante es que estos cuerpos de agua estuvieran semicerrados (Pritchard, 1955 y 1967; Ringuélet, 1962; De la Lanza-Espino *et al.*, 1999; EPA, 2001), esto es que estuvieran protegidos por algún tipo de barrera (arrecifes de coral, islas o franjas de terreno de lodo o arena), pero con un intercambio libre entre el curso fluvial y el mar (Pritchard, 1967; Ringuélet, 1962; De la Lanza-Espino *et al.*, 1999; EPA, 2001), y además que los cuerpos de agua hayan sido perpendiculares a la línea de costa (Pritchard, 1967).

El área calculada para los estuarios fue con base en los límites de la zona de marismas, que marcan la influencia de las mareas hacia el interior del continente.

Los criterios empleados para definir a las lagunas costeras fueron; cuerpos de agua semicerrados (embahíamientos o depresiones), separados del mar por barreras arenosas o islas y que su línea de costa es recta (Emery y Stevenson, 1957; Ringuélet, 1962; Margalef, 1967; Lankford, 1977; Barnes, 1980; Nichols y Allen, 1981). Se consideraron a las geoformas que presentaron una o varias bocas en las barras de la laguna, lo que permite el paso del agua de un río o una corriente marina (Bruun, 1966; Hoyt, 1967), y también aquellas geoformas que carecer eventualmente de ella (Zenkovitch, 1969; Lankford, 1977), pero en las que existe una influencia marina actual y que están resguardadas de la acción directa del oleaje oceánico (Ringuélet, 1962; Ortiz-Pérez, 1975). Otra característica que se tomo en cuenta, que son cuerpos de agua someros, alargados y relativamente estrechos, con el eje paralelo a la costa (Phleger, 1969; Zenkovitch, 1969; Barnes, 1980), así como a las geoformas costeras que presentaron características topográficas y de superficies irregulares (Yáñez-Arancibia, 1982).

Para calcular la superficie de las lagunas se consideró a cada una formada por un cuerpo de agua, así como al conjunto de cuerpos que se mantienen interconectados, agrupandolos en un solo sistema. De aquellas que conforman un sistema costero se cuantificó por separado la superficie, es decir el número de cuerpos de agua que lo conforman y cada una de las superficies que lo conforman.

Se decidió cuantificar además a las lagunas en las que desemboca directamente algún río, como las más representativas a lo que se pudiera llamar apropiadamente "sistemas estuarino-lagunar", como lo han propuesto algunos autores (Day, Jr. y Yáñez-Arancibia, 1982; Yáñez-Arancibia, 1987) para definir cual es su proporción en relación con el resto de las lagunas costeras en México.

Los rasgos considerados para definir a los esteros fueron; aquellos cuerpos de agua que estuvieran formados por un canal natural o los antiguos brazos

deltaicos cegados (Ortíz-Pérez, 1975; De la Lanza-Espino *et al.*, 1999). Pero que estuvieran afectadas directamente por las mareas de pleamar y que junto con la bajamar definen sus límites, por lo que se alternan periodos de estancamiento y de circulación y por lo tanto presentarán una dinámica baja (Ringalet, 1962; Ortíz-Pérez, 1975; De la Lanza-Espino *et al.*, 1999). También se incluyeron a aquellas vías de comunicación entre los depósitos de un sistema fluvio-marino, o los canales de comunicación que se encontraron entre los diferentes cuerpos lagunares ((Ortíz-Pérez, 1975; Edwards, 1978).

En las albuferas se tomaron en cuenta a los cuerpos de agua limítrofes que se encuentran entre el dominio epicontinental y el marino, aislados de la acción directa del mar, pero con influencia actual del agua marina que ingresa a través de las mareas vivas y/o por percolación de la barrera que los separa del mar (modificado de Ringalet, 1962; Hoyt, 1967). También a las lagunas que se han azolvado y se han separado del mar llamadas por Hoyt (1967) "estructuras ciegas", pero que se conectan al mar únicamente cuando hay un fuerte oleaje o por fenómenos atmosféricos. El límite superior que se empleo para considerar a un cuerpo de agua como albufera fue definida por el límite máximo de penetración de la zona de marisma en el continente.

Para las marismas y la vegetación se empleo la información generada por la CNA-IBUNAM (1999) a través de las imágenes LANDSAT-TM, elaborando un compuesto de color TM4 (infrarrojo cercano), TM3 (rojo), TM2 (verde), con cada una de las fracciones que abarca el área de la costa.

Las marismas fueron consideradas como los terrenos bajos (o depresiones) de la planicie costera que no son lo suficientemente profundos como para formar una laguna, pero que son anegados por las mareas o por las aguas sobrantes en el encuentro de las mareas con las aguas dulces (Lasserre, 1979; De la Lanza-Espino *et al.*, 1999). Estas geoformas se caracterizaron por la presencia de vegetación como pastos, bosques de manglar y vegetación similar, que se ha desarrollado bajo condiciones de gran humedad y amplios intervalos de salinidad, y forma densas comunidades (Ortíz-Pérez, 1975; Lasserre, 1979; De la Lanza-Espino *et al.*, 1999). También se tomaron en cuenta las zonas que se encuentran en las llanuras intermareales, al borde de las lagunas, barras y deltas, que están constituidos por sedimentos de partículas de grano fino como; arena, limo-arcilla o arcilla exclusivamente (Ortíz-Pérez, 1975; Lasserre, 1979).

La vegetación costera se consideró a las comunidades emergentes que están asociadas a las zonas de inundación intermareales, se presentan en aguas someras con alto contenido de sedimentos y que se desarrollan en un medio salino, se distribuyen ampliamente en las llanuras costeras, marismas, lagunas, bahías, deltas, esteros y estuarios (Lot-Helgueras, 1971; Yáñez-Arancibia, 1986).

Para su delimitación y cuantificación se analizaron por separado cada uno de las geoformas (deltas, bahías, estuarios, lagunas, albuferas, esteros y marismas), así como la vegetación costera. Los resultados se presentaron en

tablas y figuras, definiendo el número y superficie que ocupa cada uno por estado, así como la superficie total por estado y por vertiente.

Con la finalidad de contar con un marco ambiental holístico y enriquecer los aspectos geológico - hidrológicos se contó con el apoyo de una amplia información bibliográfica.

Resultados y Discusión

A continuación se describirán y discutirán los resultados del censo efectuado para cada uno de las geoformas costeras.

Deltas

Con base en los criterios geomorfológicos se registraron únicamente cuatro deltas en el país, que se ajustan a los conceptos descritos en párrafos anteriores. Cordero-Melo *et al.* (1977), mencionan que hay tres tipos de desembocaduras en nuestro país; barrera, delta y estuario y la más común en casi todos los ríos es la de barrera.

Es importante destacar el hecho de que tres de las cuatro se encuentran en regiones con clima cálido sub-húmedo; el delta del Río Colorado, es el único que se encuentra en un clima árido, pero es alimentado por las lluvias y el deshielo lo que incrementa el caudal del río (Cordero-Melo *et al.*, 1977).

En el Golfo de California hay dos deltas; el del Río Colorado con 1,500 km² y el del Río Grande de Santiago que cuenta con una superficie de aproximadamente 601.12 km², en el Pacífico Tropical Mexicano, hay un delta el del Río Balsas que es el de menor superficie 70.59 km² (Tabla 5).

En la vertiente del Golfo de México hay una planicie deltaica, que es la más extensa de la República Mexicana y la más compleja, con una superficie aproximada de 7,500 km², es la llanura deltaica del Grijalva-Usumacinta (Tabla 3). En conjunto los cuatro deltas representan una superficie de 9, 671.71 km².

Tabla 3. Relación y superficie de los deltas por vertiente.

Delta	Superficie km ²	Vertiente
Río Colorado	1,500	Golfo de California
Río Grande de Santiago	601.12	Golfo de California
Río Balsas	70.59	Pacífico Tropical
Grijalva-Usumacinta	7,500	Golfo de México

Al norte del Golfo de California se encuentra el delta del Río Colorado, con una superficie de 1,500 km². Este delta a diferencia de los demás se caracteriza por presentar fuertes corrientes de marea, esta hidrodinámica esta gobernada por el amplio intervalo de mareas, con amplitudes que sobrepasan los seis metros, generando corrientes unidireccionales de hasta 6 ms⁻¹ y los volúmenes transportados en los flujos de marea son de alrededor de 4 km³, con relación al nivel medio del mar, lo que propicia una alta energía física (Flores, *et al.*, 1990; Galindo, *et al.*, 1990; Navarro, *et al.*, 1993). En algunas zonas como en el área de la Isla Montague se ha encontrado que hay mayor tiempo de residencia del agua en comparación con áreas más al sur (Farfan y Alvarez, 1992).

La escasa representación de estas geoformas en las costas Mexicana, se explica si se considera lo expuesto por Petzall (1967) en cuanto a que el desarrollo de los deltas está relacionado directamente con el aporte del caudal del río, así como con la fuerza del oleaje, las corrientes de deriva, las mareas, el clima y por el desarrollo de las actividades antropogénicas. En México la mayoría de los ríos apenas logran abrirse paso por el centro de la desembocadura, como resultado de la disminución de la velocidad de la corriente fluvial, propiciando la acumulación de aluvión en la desembocadura (Cordero-Melo *et al.*, 1977; CNA-IBUNAM, 1999). Casi todos los ríos en el país están alimentados por las lluvias, por lo que existen condiciones diversas de acuerdo a la cantidad y al régimen de las lluvias. Otro factor importante que ha influido determinadamente durante los últimos años son las diversas actividades antropogénicas, que en México en particular se han incrementado indiscriminadamente, afectando el desarrollo de estas geoformas (Ortiz-Pérez y Méndez Linares, 1999).

En cada vertiente del país se presentan condiciones hidrológicas particulares; en la vertiente occidental de la Península de Baja California, Tamayo (1962) señala que el curso bajo de los ríos es extenso y desproporcionado con relación a la cuenca, por lo que la mayoría de las corrientes no llegan al mar. En la costa occidental del Golfo de California la vertiente es sumamente angosta, motivo por el cual no hay ríos, sino torrentes que descargan directamente al mar sin formar redes hidrológicas importantes.

En el margen continental del Golfo de California, los ríos en esta zona a excepción del Río Colorado, presentan un curso bajo típico y son amplios, pero algunos ríos presentan corrientes criptorreicas (corrientes que no llegan a desaguar al mar); como Concepción, Sonora, Yaqui, Guaymas, y el Cocoraqui, ya que su intensa evaporación y la absorción del agua por la arena reseca por el calor, empobrece el caudal y no llegan a descargar al Mar de Cortés, sólo ocasionalmente en avenidas extraordinarias. A partir del Río Mayo en Sonora hacia el sur, en el Estado de Sinaloa y Nayarit, el curso bajo de los ríos es largo, y descargan volúmenes importantes al océano, pero sin llegar a formar desembocaduras de tipo deltáica, a excepción del Río Grande de Santiago (Tamayo, 1970; Cordero-Melo, *et al.*, 1977).

En el Pacífico Tropical los ríos no son extensos, Tamayo (1962) indica que debido a la proximidad de las sierras (Madre Occidental, del Sur y de Chiapas) al mar, su caudal es vertiendo directamente de las sierras hacia el Pacífico, sin dar oportunidad de que las corrientes construyan un curso bajo, pasando directamente del curso medio al mar a través de una reducida planicie costera, impidiendo el desarrollo de un delta característico, pero además la falta de escurrimientos perennes importantes, por lo que no existe un suministro de sedimentos que permita el desarrollo de una planicie deltáica.

En esa vertiente únicamente el Río Balsas presenta un importante escurrimiento permanente, a pesar de no tener un curso bajo clásico, ya que al descargarse al mar cruzan planicies costeras estrechas, el gran aporte de aluvión

proporcionado por este río (al igual que en el Río Grande de Santiago) favorece el desarrollo de la desembocadura en una planicie en forma de delta (Ortiz Pérez, 1978; Ortiz Pérez, 1979; Ortiz Pérez y Romo Aguilar, 1994; Cordero-Melo *et al.*, 1977).

En el caso del Golfo de México, la acumulación de aluvión tiene un gran desarrollo en la desembocadura de los ríos, Cordero-Melo *et al.* (1977) señalan que este desarrollo de barreras en esta vertiente se debe a la poca profundidad de las aguas marinas, así como al oleaje y las mareas que tienen poco alcance para remover y transportar el aluvión, facilitando de esta manera el desarrollo de las desembocaduras de tipo barrera; otro de los factores importantes es la presencia de una planicie costera relativamente amplia.

En la Península de Yucatán y en el oriente de la misma (en el Caribe), no existen corrientes fluviales, estrictamente hablando, a pesar de haber una importante precipitación pluvial, pero debido a que la península esta formada por una amplia losa caliza, con suelo escaso, el agua de lluvia escurre rápidamente por su superficie o se pierde en las cavernas propias de la zona caliza (Tamayo, 1962).

Bahías

Se dividieron en tres grupos, considerando como uno de los rasgos distintivos la amplitud de la boca en relación con el semicírculo que las conforman, señalado en párrafos anteriores.

Existen 62 bahías, ocupando una superficie total de 14,043.36 km². Es importante destacar que estas formaciones costeras, la mayoría de ellas están entre la costa occidental de Baja California, el Golfo de California y la costa del Pacífico Tropical Mexicano, registrándose 58 de las 62 bahías en todo el litoral del Pacífico. De la superficie total de bahías en el país, en esta región se concentra el 82.8 %, de los cuales aproximadamente el 50 % pertenecen al Golfo de California. Las restantes se encuentran, de la siguiente manera; las tres bahías del Mar Caribe representan el 16 % de la superficie de todas las bahías y el Golfo de México, el 1.2 % con un "embahiamiento" en la zona de Veracruz de Boca del Río a Punta Antón Lizardo (Fig. 5).

De las 58 bahías de la vertiente del Pacífico; 17 están en la costa occidental de Baja California, que en conjunto ocupan una superficie de 3,196.5 km², representan el 22.7 % de la superficie total de las bahías en el país (Fig. 5); de estas 16 son del tipo abierto y sólo una bahías es semicerrada (Bahía Tortugas) (Tabla 4).

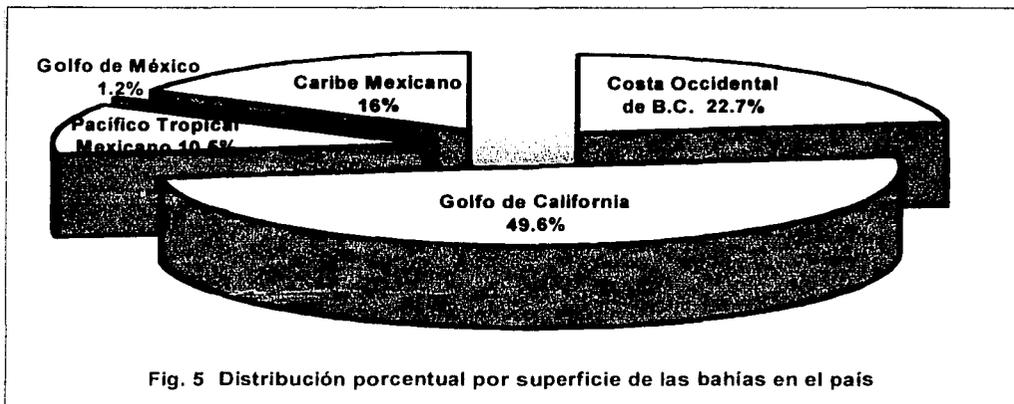


Fig. 5. Distribución porcentual por superficie de las bahías en el país

Tabla 4. Bahías de la costa occidental de Baja California superficie y clasificación

Nombre de la Bahía	Sup. km ²	Tipo	Nombre de la Bahía	Sup. km ²	Tipo	Nombre de la Bahía	Sup. km ²	Tipo
H-11-2 s/n 1	21.81	A	H11-12 s/n 1	6.97	A	Asunción	126.69	A
Todos los Santos	188.34	A	Santa Rosalia	45.24	A	San Hipólito	175.38	A
La Soledad	75.37	A	Sebastián Viscaíno	1367.5	A	De Ballenas	498.99	A
Santa María	253.28	A	Tortugas	24.17	S	San Juanico	123.73	A
El Rosario	111.76	A	Almejas	26.09	A	Santa María	97.22	A
Blanco	44.57	A	G11-3 s/n 1	9.39	A	TOTAL	3196.50	

Nota: Las bahías sin nombre están señaladas con la clave de la carta de INEGI.
A = Abiertas; S = Semicerradas.

El Golfo de California se extiende por 1,300 km, y comprende dos márgenes costeros, cuenta con 25 bahías que representan el 49.6 % de la superficie de las bahías en el país (Fig. 5). Distribuyéndose de la siguiente manera; para el margen occidental del Golfo existen 14 bahías, con una superficie total de 3,131.92 km², lo que representa el 22.3 % de la superficie que ocupan estas bahías: de estas 12 son abiertas y dos son semicerradas (Bahía de los Angeles y Bahía de las Animas). En la margen oriental del Golfo de California hay 11 bahías, con una superficie de 3,877.67 km², que representan el 27.3 % de la superficie total de las bahías; nueve son abiertas, una semicerrada (B. San Carlos) y una bahía definida como protegida (B. San Esteban). Esta última bahía es probablemente la única que de acuerdo a sus características fisiográficas sea de tipo "Limnam" que hay en el país.

La Bahía de Santa Barbara es una bahía de tipo abierta, es la más grande de esta región con una superficie de 1,897.8 km²; ocupa el 48.9 % del total de la superficie de las bahías de la costa occidental del Golfo de California (Tabla 5).

Tabla 5. Relación de las bahías del Golfo de California

Costa Occidental del Golfo de California						Costa Oriental del Golfo de California					
Nombre de la Bahía	Sup. km ²	Tipo	Nombre de la Bahía	Sup. km ²	Tipo	Nombre de la Bahía	Sup. km ²	Tipo	Nombre de la Bahía	Sup. km ²	Tipo
San Luis Gonzaga	52.34	A	Santa Inés	87.31	A	Adair	494.01	A	San Carlos o Francisco	56.03	S
Las Palomas	177.07	A	Santa Rosalía	463.89	A	San Jorge	482.36	A	Santa Barbara	1897.8	A
Los Muertos	65.33	A	San Juan Bautista	12.95	A	Tepoca	95.21	A	San Esteban	119.9	P
La Paz	1635.3	A	San Rafael	187.75	A	Pto. Libertad	27.42	A	Mazatlán	6.53	A
La Ventana	104.7	A	Las Animas	68.90	S	Sargento	115.90	A			
G12-5 s/n 1	61.0	A	Los Angeles	77.06	S	Kino	49.52	A			
San Nicolás	94.14	A	San Felipe	44.18	A	Guaymas	532.99	A	SUBTOTAL	3877.7	
SUTOTAL				3131.9		TOTAL				7009.6	

A = Abiertas; S = Semicerradas y P = Protegidas

A lo largo de la costa del Pacífico Tropical Mexicano, se encuentran 16 bahías, de las cuales; 11 son abiertas y 5 semicerradas (B. de Banderas, B. de Tenacatitla, B. de Manzanillo, B. de Acapulco y Pto. Marqués). Ocupan una superficie de 1,478.56 km², lo que representa el 10.5 % del área total de las bahías en el país (Fig. 5 y Tabla 6).

Tabla 6. Bahías de la costa del Pacífico Tropical Mexicano.

Bahías	Sup. km ²	Tipo	Bahías	Sup. km ²	Tipo	Bahías	Sup. km ²	Tipo
Matanchén	81.95	A	Manzanillo	77.45	S	Pto. Escondido	5.90	A
Ensenada del Toro	45.37	A	Potosí	46.61	A	B. s/n (E15-10) 1	29.65	A
De Banderas	979.56	S	Zihuatanejo	3.05	A	B. s/n (E15-10) 2	3.34	A
Chamela	33.86	A	Acapulco	19.33	S	B. s/n (E15-10) 3	6.34	A
Tenacatitla	35.76	S	Pto. Marqués	3.56	S			
De Navidad	35.14	A	Teconapan o Dulce	71.69	A	TOTAL	1478.56	

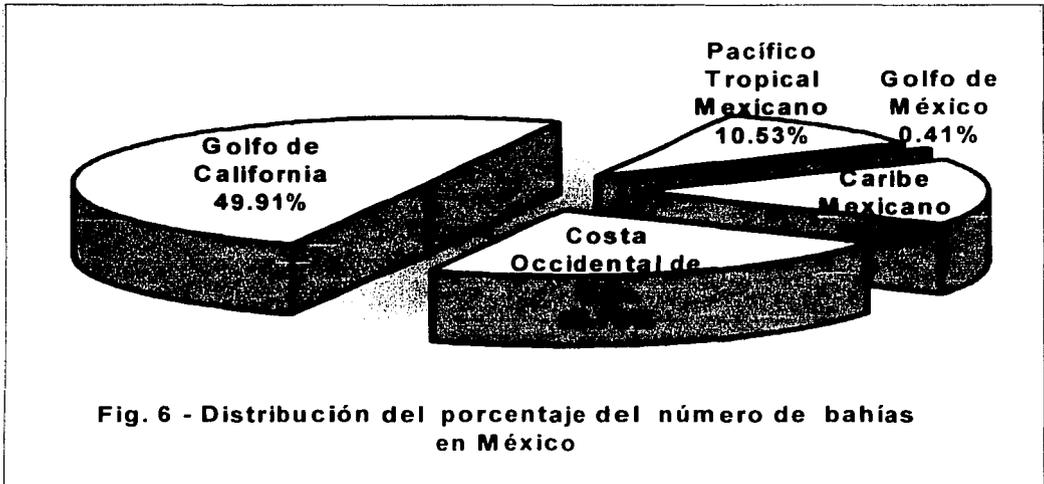
A = Abiertas; S = Semicerradas

En el Golfo de México existe únicamente un embahiamiento sin nombre, que es una geoforma abierta, con una superficie de 57.72 km², esta bahía se localiza al sur del Puerto de Veracruz, delimitada por Boca del Río al norte y hacia el sur por la Punta Antón Lizardo. Sé cuantificó dentro de las bahías por que presenta una forma dentada y ocupa una superficie mayor a la del semicírculo que la conforma.

En el Caribe Mexicano hay 3 bahías: Ascensión (464.52 km²) que es de tipo semicerrada. Las bahías Espíritu Santo (363.94 km²) y San José- Chetumal (1,472.37 km²), que son del tipo protegidas, la superficie total que ocupan es de 2,300.83 km², representando el 16 % del total de la superficie de las bahías en el país (Fig. 5).

De las 62 bahías registradas para el litoral Mexicano, el mayor porcentaje se encuentra en las costas del Pacífico. Particularmente el Golfo de California es en donde se concentra el mayor número de bahías de todo el país, registrando el

49.91 %; de las 31 bahías que hay en la Península de California en ambos márgenes costeros es el 87 % (Fig. 6).



En forma decreciente, le corresponde a la Costa Occidental de B. C. el 22.76 %; a la Costa del Pacífico Tropical Mexicano el 10.53 %. El Golfo de México escasamente esta representado por el 0.41 %, mientras que en el Mar Caribe alcanza un porcentaje del 16.38 % (Fig. 6).

Estuarios

De acuerdo a las características antes señaladas, hay 19 estuarios para el país, los cuales ocupan una superficie de 293.42 km². En el Golfo de California y el Pacífico Mexicano se encontraron 11, distribuidos de la siguiente manera; el delta del Río Colorado al norte del Golfo de California; cinco en Sinaloa; uno en Nayarit; entre Michoacán y Guerrero hay dos; en Oaxaca y Chiapas hay uno en cada estado. La superficie total que ocupan los estuarios en el Pacífico es el 86 % (252.49 km²) (Fig. 7).

Cabe destacar que el estuario más grande de la República Mexicana es el del Río Colorado, con una superficie de 220.3 km², que representa el 75 % de la superficie total de los estuarios en el país; en el resto de los estuarios, la superficie no supera las decenas, quedando como reminiscencias de la dinámica costera, entre el enfrentamiento del mar con algún río. El estuario del Río Colorado cuenta con dos grandes islas (barreras) frente a la boca; se caracteriza por poseer fuertes corrientes de marea (variaciones verticales de marea con máximos de 8 a 9 metros), las cuales son una fuente importante de energía física, flujo de nutrientes

disueltos y materia orgánica particulada hacia el Alto Golfo de California (Flores, et al., 1990).

En la costa del Golfo de California se encuentra el 79 % de la superficie estuarina del país y en el Golfo de México con el 14 %. Debido a las características fluviales, hidrográficas y fisiográficas de la Península de Yucatán el Caribe Mexicano no cuenta con ambientes estuarios al igual que en la costa Occidental de Baja California (Fig. 7).

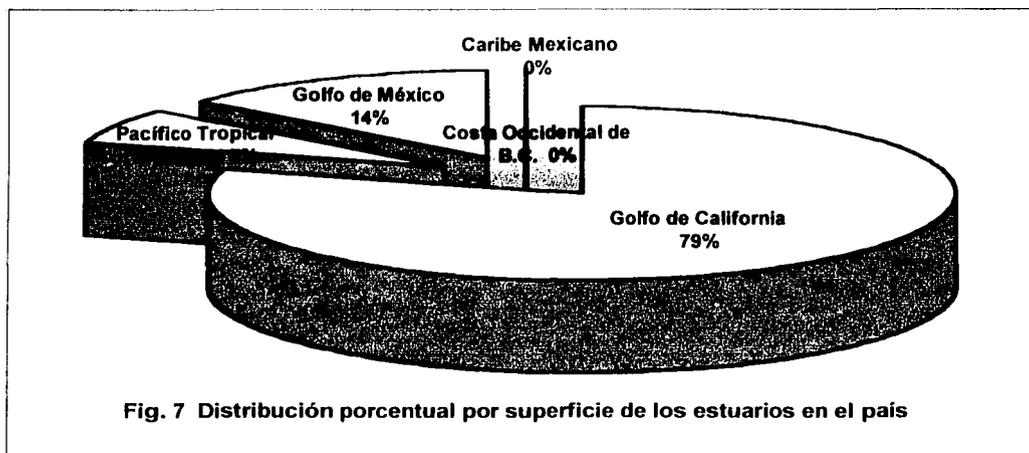


Fig. 7 Distribución porcentual por superficie de los estuarios en el país

De los 11 estuarios, ocho son los que cuentan con una barra, comprenden una superficie de 243.14 km² y el resto carecen de la barra y presentan un enfrentamiento directo con el mar, estos estuarios ocupan una superficie de 9.35 km² (Tabla 7).

Tabla 7. Estuarios de la República Mexicana por vertiente.

Nombre del Estuario	Sup. km ²	Nombre del Estuarios	Sup. km ²	Nombre del Estuarios	Sup. km ²
Golfo de California		Pacífico Tropical Mexicano		R. Pánuco	3.98
R. Colorado	220.3	San Francisco	5.78	R. Coatzacoalcos	6.63
Las Animas	1.99	Melchor Ocampo	4.13	R. Tonalá	7.57
R. San Lorenzo	4.07	La Ventosa	8.56	R. Grijalva	5.97
R. Elota	0.44	R. Suchiate	0.64	R. González	2.73
R. Presidio	1.73	Subtotal	19.11	San Pedro y San Pablo	1.69
R. Baluarte	1.84	Golfo de México		Subtotal	40.93
R. Asadero	3.01	R. Soto La Marina	9.11		
Subtotal	233.38	R. Barberena	3.25	TOTAL	293.42

En el litoral del Golfo de México hay ocho estuarios; dos en Tamaulipas; uno entre Tamaulipas y Veracruz; dos más en Veracruz; y tres en Tabasco. Con una superficie total de 40.93 km² (Tabla 7). De los ocho estuarios cinco no

presentan una barrera, cubren una superficie de 13.28 km² y tres, que presentan una barrera con una superficie de 22.65 km² (Tabla 7).

Debido a las características fluviales, hidrodinámicas y geológicas de la Península de Yucatán, el Caribe Mexicano no hay ambientes estuarios al igual que en la costa Occidental de Baja California.

Dada las características de los sistemas fluviales en México y de acuerdo a lo señalado por Cordero-Melo *et al.* (1977) son pocos los ríos que llegan a formar estuarios debido a que la gran mayoría de ellos forma barreras de playa, sin llegar a constituir sistemas estuarinos característicos.

Lagunas Costeras

En México son más representativas las lagunas costeras que los estuarios, como queda de manifiesto por los resultados del actual censo, en el que se encontró que poco más del 21 % de las geformas son lagunas costeras y que escasamente menos del 1 % son estuarios de escasa dimensión.

Indudablemente en los trabajos más sobresalientes sobre las lagunas costeras de México se encuentra el de Lankford (1977) quien las clasifica en cinco grandes tipos y subtipos, proponiendo una definición para las lagunas costeras que hasta el momento sigue siendo la más empleada. En este trabajo se registraron 163 lagunas costeras, sin mencionar que existan estuarios en México, y que de acuerdo con Yáñez-Arancibia (1987), la principal ventaja de esa definición (estuarino-lagunar) es que se pueden incluir diversas depresiones costeras como bahías semicerradas, lagunas, esteros, estuarios, sondas y caletas.

Existen 164 lagunas costeras, con una superficie de 13,109.83 km², dentro de las cuales hay 20 sistemas, quienes en conjunto comprenden 77 cuerpos lagunares; con una superficie de 8,570.46 km² (Tabla 8).

Dentro de los sistemas lagunares más grandes están; El sistema lagunar Santo Domingo – Magdalena – Almejas – Santa María que se encuentra en Baja California Sur, sobre la costa occidental de la península, con una superficie de 1,228.18 km². En el Golfo de México en el litoral del Estado de Tamaulipas se encuentra el sistema lagunar Madre – El Catan –El Bayuco de Oro –Jasso, que se extienden en la planicie costera con una superficie de 1,861.11 km², y por último en Tabasco el sistema lagunar de Términos- Colorada- Pom- Atasta - Las Palomas- Carlos –Palancares- Santa Gertrudis- Las Cruces- El Sitio Viejo- Panalona- Los Loros, con una superficie de 1,932.51 km² entre los tres sistemas ocupan poco más del 38 % de la superficie total de las lagunas costeras del país (Tabla 8).



En el Golfo de California sobre la costa oriental se encuentra el mayor número de sistemas lagunares, siete en total en una superficie en conjunto de 1,916.67 km², en el Golfo de México también cuenta con siete sistemas lagunares pero con una superficie de 4,178.46 km², casi tres veces más que en el Golfo de California, ya que se presentan dos sistemas lagunares de grandes dimensiones en el Golfo de México como son el sistema Laguna Madre – El Catan –El Bayuco de Oro –Jasso y el sistema Lagunar Términos- Colorada- Pom- Atasta - Las Palomas- Carlos –Palancares- Santa Gertrudis- Las Cruces- El Sitio Viejo- Panalona- Los Loros, que en conjunto presentan una superficie de 3, 793.62 km² (Tabla 8).

Tabla 8.- Sistemas Lagunares de la República Mexicana por vertiente.

Sistema Lagunar	Nº Cuerpos Lagunares	Superficie (km ²)
Costa Occidental de Baja California		
Santo Domingo – Magdalena – Almejas – Santa María	4	1,228.18
Golfo de California		
Topolobampo – Lechuguilla – Ohuira	3	225.00
Navachiste – San Ignacio Macapule	3	304.50
La Playa – Colorada – Santa María – Calceñín	4	626.78
Altata – Ensenada del Pabellón	2	338.5
La Guadalupana – Tepehuana – La Concepción	3	76.34
Huizache – Caimanero	2	224.52
Agua Grande - Agua Brava	2	121.03
Pacífico Tropical Mexicano		
Superior – Inferior – Mar Tileme – Oriental	4	772.82
Chantuto.- El Campón- Cerritos –Teculapa y Panzcola	5	12.68
La Joya – Cabeza de Toro, San Andrés – Buena Vista	4	49.86
Golfo de México		
Madre – El Catan –El Bayuco de Oro –Jasso	4	1,861.11
Almagre – La Sal	2	22.22
Camaronera- Alvarado- Tlalizcoya- Buen País -La Flota- Tacosta	6	98.10
Carmen – Pajonal – Machona – La Redonda	4	183.27
Cocal – Puente de Ostión – Tres Palomas – Encerrada – Grande de las Flores	5	22.52
Mecoacan - Lagartero – Tlalapa	3	58.73
Términos- Colorada- Pom- Atasta - Las Palomas- Carlos –Palancares- Santa Gertrudis- Las Cruces- El Sitio Viejo- Panalona- Los Loros	12	1932.51
Mar Caribe		
Yalahau o Comil – L. s/n 1 (F16-8)– L.s/n 2 (F16-8)	3	366.23
Nichupte-Bojórquez-Somosoya	2	45.56
Total General	79	8570.46

En general se presenta casi el 50 % de los sistemas lagunares concentrados en el Golfo de México, así como en la Costa Occidental de Baja California y el Golfo de California se concentra el 36 % de la superficie de estos sistemas, el Mar Caribe esta representado con la menor superficie de sistemas lagunares (5 %) de todo el país (Fig. 8).

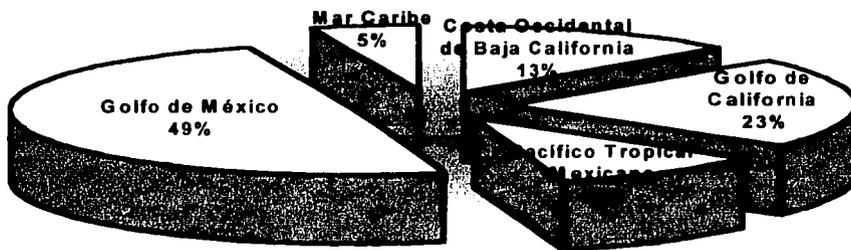


Fig. 8 Distribución porcentual de la superficie de los sistemas lagunares por vertiente de la República Mexicana

Tomando en cuenta lo propuesto por Day y Yáñez-Arancibia (1982), sobre los ambientes estuarino-lagunar; de las 164 lagunas y sistemas lagunares, se podrían considerar como tales únicamente 12 de ellas, las que están asociadas directamente con algún río intermitente y que además presentan en la actualidad alguna boca o bocas perennes que las comunica directamente con el mar adyacente, ya que en la mayoría de ellas no hay un aporte fluvial directo ni de volumen considerable (Tabla 9). Como en el caso de las lagunas costeras del noroeste del país en donde las condiciones climáticas son extremas y escasa precipitación, manteniendo a estas lagunas en condiciones de hipersalinidad sin ningún aporte fluvial constante y cuando se presentan son escurrimientos de poca importancia, que distan mucho de presentar similitudes ambientales entre estos sistemas.

Diversas lagunas en México no tienen una aportación directa de los ríos, y debido a la creciente pérdida o disminución del aporte fluvial por las diferentes actividades antropogénicas, ha disminuido el volumen y el área, propiciando que existan condiciones dinámicas de mezcla y difusión bajas.

Diversas lagunas están asociadas a numerosos arroyos, o alteraciones antrópicas que han disminuido los aportes fluviales o son nulos en temporada de secas, por lo que en el presente trabajo no están considerados como sistemas estuarino-lagunares.

Según Phleger (1969), todas las lagunas en México están o estuvieron asociadas con un río, que fluye dentro de ellas o dentro del océano directamente, pero en una zona cercana a la laguna. En los casos en donde actualmente no están asociadas a los ríos, se puede demostrar que existió un río en el área en algún momento anterior. Pero en donde el aporte de un río ya no se manifiesta, se carece de corrientes contrapuestas, y se pierde otro rasgo distintivo de los sistemas estuarinos que es la mezcla del agua de mar y el agua dulce, así como

sus implicaciones por ese hecho, este tipo de sistemas costeros presenta un patrón de circulación que depende fundamentalmente del ciclo de mareas y del viento, aunque hayan sido llamados antiestuarios, no responden ni a la hidrología y ni a la hidrodinámica estuarina, ya que fue designado como un carácter físico contrario a lo establecido para un estuario.

Los sistemas estuarino-lagunares, se encuentran distribuidos de la siguiente manera; cuatro en la vertiente del Pacífico y ocho en el Golfo de México. Ocupan una superficie litoral de 3,721.18 km², lo que representa el 28.36 % del total, en cuanto al número de cuerpos de agua sólo representan escasamente el 6.4 % de todas las lagunas, lo cual es indicativo de la escasa representación de los sistemas estuarino-lagunares en el país (Tabla 9).

Tabla 9.- Sistemas Estuarino-Lagunar

Sistema Estuarino-Lagunar	Superficie (km²)	Río que descarga a la laguna
Pacífico Mexicano		
L. Tobarí	15.3	Río Cocopaque
L. Ensenada del Pabellón	338.5	Río Culiacán
L. Teacapán - Agua Brava	135.62	Río Acaponeta
L. Superior- Inferior	351.93	Río Los Perros y Chilapa
Golfo de México		
L. Madre	995.81	Río Conchos
L. Brasil	2.78	Río Carrizal
L. San Andrés	82.66	Río Tigre
L. s/n	3.54	Río Barberena
L. Morales	38.39	Río Soto La Marina
L. de Alvarado	94.38	Río Blanco y R. Papaloápan
L. de Términos	1645.0	Río Palizada
L. Chiltepec y L. Santa Anita	17.27	Río González

La distribución de las 164 lagunas que se encuentran en el país a lo largo de la zona costera, tanto en las diferentes vertientes como para cada estado de la República es la siguiente:

La costa occidental de Baja California, cuenta con ocho lagunas costeras, que abarcan una superficie de 2,255.46 km². De éstas, cuatro pertenecen al estado de Baja California y cuatro al de Baja California Sur, dentro de estas últimas lagunas se encuentra el sistema lagunar de Bahía Magdalena- Almejas-Santa María, que es uno de los más grandes del país, con una superficie de 1,228.18 km², y representa el 63.45 % de la superficie de las lagunas en esta costa (Tabla 10).

En el Golfo de California en la margen de la península se encuentran tres lagunas, con una superficie de 335.29 km²; la Laguna Percebú en Baja California y las dos restantes en Baja California Sur. Esta última es importante mencionarla ya que es una laguna que tiende a transformarse en una zona de marismas rápidamente; tiene una superficie de 8.21 km² y una longitud de aproximadamente 5 km. por 100 a 200 m de ancho, con una barra de arena que la separa del mar y un sistema de marismas de gran amplitud en el extremo sur que tiende a

incrementarse, es una laguna influenciada por las mareas, quedando casi vacía durante la marea baja (Ibarra-Obando, 1990).

En general de las 11 lagunas costeras de la Península de Baja California cinco se encuentran en Baja California y seis (cinco lagunas y un sistema lagunar) en Baja California Sur, con la mayor superficie lagunar 2,439.43 km² en toda la península (Tabla 10). La Bahía la Concepción, se caracteriza por que presenta aportes de agua dulce de los mantos freáticos en el fondo de la laguna, a pesar de carece de aportes fluviales de importancia (Magallanes *et al.*, 1993) (Tabla 10).

Tabla 10. Lagunas costeras de la Península de Baja California

BAJA CALIFORNIA		BAJA CALIFORNIA SUR	
Costa Occidental de B.C.		Costa Occidental Península B.C.	
Laguna Costera	km ²	Laguna Costera	km ²
San Quintín	42.11	San Ignacio	489.79
L s/n 1 (H11-12)	0.43	Magdalena-Almejas-Santa María	1228.18
Manuela	19.36	La Escondida	12.94
Guerrero Negro	81.21	Ojo de Liebre	381.44
Golfo de California		Golfo de California	
Percebú	8.21	B. de la Concepción	275.0
		Laguna de La Paz	52.08
Total	151.32	Total	2,439.43
TOTAL (en la Península de B.C.)		2,590.75	

En la costa oriental del Golfo de California hay 40 geofomas costeras entre lagunas y sistemas lagunares. Sonora cuenta con el mayor número (17) y un sistema lagunar, con una superficie de 495.81 km². En Sinaloa hay ocho lagunas costeras y seis sistemas lagunares, con una superficie total de 1,850.24 km², es el estado con la mayor superficie de lagunas y con el mayor número de sistemas lagunares. En Nayarit hay siete lagunas y un sistema lagunar, cubriendo una superficie de 152.13 km² (Tabla 11).

En la vertiente del Pacífico Tropical Mexicano; el Estado de Jalisco cuenta con cinco lagunas costeras en 10.86 km², superficie más baja de la vertiente, debido probablemente a que la mayor parte de la costa es de tipo erosiva rocosa, con algunas zonas al sur del estado con playas bajas arenosas, y además, por que en esta zona la plataforma continental es angosta (Carranza-Edwards *et al.*, 1975; Ortiz-Pérez y Espinosa-Rodríguez, 1991).

En Colima se registran tres lagunas costeras con una superficie de 51.05 km², destaca la Laguna de Cuyutlán, ya que hace menos de 20 años esta laguna contaba con una superficie de 72 km² y con una longitud de 35 km y 6 km en su parte más ancha de la laguna, de las cuales 2.2 km² era una zona salinera (Luna, 1987; López, 1987). Actualmente se ha dividido en dos cuerpos principales Laguna de Cuyutlán; norte y sur, separándose de su región media a la altura de la Salinas de Colima.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Michoacán no cuenta con lagunas. En las costas de Guerrero hay 13 y es el estado con el mayor número de cuerpos lagunares, con una superficie de 167.46 km² (Tabla 11), y de acuerdo a Ortiz-Pérez y Espinosa-Rodríguez (1991) son costas acumulativas con playas bajas arenosas, registrándose un avance de la línea de costa hacia el mar por emersión deltaica.

Tabal 11. Lagunas costeras de Sonora a Chiapas en las costas del Pacífico.

Golfo de California		Sinaloa (cont.)		Guerrero (cont.)	
Sonora		Laguna Costera	km ²	Laguna Costera	km ²
Laguna Costera	km²	Guadalupe-		El Potosí	4.45
L. Sargento	4.5	Tepehuaya-		Mitla	26.18
E. de María	10.50	Concepción	76.34	Coyuca de Benitez	30.45
E. Santa Cruz	26.00	L. s/n 1 (F 13-1)	0.26	Tecomate o San Marcos	30.58
El Cardonal	2.60	L. s/n 2 (F 13-1)	0.28	Chautengo	33.13
E. Tastiota	4.30	L. s/n 3 (F 13-1)	0.15	Apozahualco Salina	3.12
Empalme	25.76	E. Urias	12.94	El Valentín	10.30
Guásimas	32.27	Huizache -El		El Tular (1)	2.53
Tortugas	4.51	Caimanero	224.52	L. Colorada	10.30
Boca las Cruces	5.80	TOTAL	1850.24	El Tular (2)	2.89
Camapochi	1.10	Nayarit		Nuxco	5.37
Siuti	4.00	Los Cerritos	14.59	El Plan	11.01
La Luna	2.60	Agua Grande -		TOTAL	167.46
E. Lobos	103.00	Agua Brava	121.03	Oaxaca	
Tobari	27.83	G. de Mexcatitlán	14.64	Corralero o Alotengo	17.58
L. s/n 1 (G 12-6)	1.60	Albufera Los		Miniyua	7.45
		Corchos	0.73	Chacahua	11.06
Algodones	9.06	L. s/n 1 (F 13-8)	0.48	Pastoria	22.08
Yávaros	64.00	L. s/n 2 (F 13-8)	0.24	Tangule	1.88
Agiabampo y		L. Del Rey	0.27	Lagartero	1.28
Bacorehuis	166.38	L. s/n 3 (F 13-8)	0.15	L. s/n 1 (D 14-3)	0.11
TOTAL	495.81	TOTAL	152.13	L. s/n 2 (D 14-3)	0.11
Sinaloa		Pacífico Tropical		Superior - Inferior -	
Las Borregas	7.04	Jalisco		Oriental-Mar Tileme	772.82
El Colorado	8.03	Agua Dulce	0.91	Quirio	4.19
L. s/n 1 (G12-9)	0.41	El Ermitaño	3.57	Mar Muerto	559.61
Topolobampo-		Chalacatepec	2.30	TOTAL	1398.7
Lechuguilla-		L. s/n 1 (E 13-2-5)	0.60	Chiapas	
Ohuira	250.00	Barra de Navidad	3.48	L. Grande	3.51
Navachiste- San		TOTAL	10.86	La Colorada	1.37
Ignació -		Colima		El Campon- Cerritos -	
Macapule	304.50	Jululapan o Miramar	1.21	Teculapa	12.68
Perihuate	0.49	Cuyutlán Norte	39.31	La Joya - Cabeza de	
Playa Colorada-		Cuyutlán Sur	10.53	Toro, San Andrés -	
Santa María-		TOTAL	51.05	Buena Vista.	49.86
Calcetín	626.78	Guerrero		L. s/n 1 (D 15-5)	0.75
Altata- Ensenada		TOTAL		TOTAL	68.17
del Pabellón	338.5	L. s/n 1 (E 14-7)	0.08	GRAN TOTAL	4193.9

Oaxaca cuenta con 10 y un sistema lagunar; cuya superficie ocupa 1,398.7 km², es el estado con la mayor cobertura de la superficie litoral de esta vertiente, de los cuales el 95 % están representados por el sistema lagunar Superior-Inferior-Oriente-Mar Tileme con 772.82 km² y la Laguna Del Mar Muerto con una superficie de 559.61 km².

En Chiapas hay tres lagunas y dos sistemas lagunares con una superficie de 68.17 km² (Tabla 11), destacándose el sistema lagunar La Joya-Cabeza de Toro-San Andrés-Buena Vista, con una superficie de 49,86 km².

Entre Sinaloa y Oaxaca, en conjunto representan el 77.5 % de la superficie total de las lagunas del Golfo de California y el Pacífico Tropical. Sonora a pesar de contar con la mayor concentración de lagunas costeras, la superficie que ocupan sólo representa el 11.73 % del total en esta vertiente, ya que la mayoría son cuerpos entre pequeños y medianos de acuerdo a la clasificación de los sistemas costeros definida por su superficie (58.8 % de las lagunas son entre 1 a 10 km² y el 29.6 % son cuerpos medianos de entre 11 a 100 km²) (Tablas 11 y 15).

La superficie total de las lagunas costeras en la vertiente del Pacífico Tropical Mexicano es de 1,696.24 km², superficie que representa el 12.9 % a escala nacional. En general se determinaron 34 lagunas y tres sistemas lagunares en toda la vertiente. Uno de los sistemas lagunares más grandes de esta vertiente es el de la Laguna Superior-Inferior-Oriente-Mar Tileme, con una superficie de 772.82 km², que además es uno de los sistemas considerados como estuarino-lagunares.

Dentro del Golfo de México y por estado, se distribuyen de la siguiente manera; en Tamaulipas hay nueve lagunas y dos sistemas lagunares, con una superficie de 2,035.38 km²; en Veracruz 18 lagunas y un sistema lagunar, con una superficie de 1,048.89 km²; en Tabasco cinco lagunas y tres sistemas lagunares, en una superficie de 289.79 km²; en Campeche hay dos lagunas, y un sistema lagunar con una superficie de 1,933.59 km²; en Yucatán nueve lagunas en 188.66 km². En la vertiente del Caribe Mexicano, en Quintana Roo hay 24 lagunas, con dos sistemas lagunares en una superficie de 828.46 km². En total hay 76 lagunas costeras entre el Golfo de México y el Caribe y nueve sistemas lagunares, en una superficie de 6,324.8 km² (Tabla 12).

En general en el litoral Tamaulipeco se encuentra, la mayor superficie para el Golfo de México, con 2,035.38 km². En Quintana Roo se encuentra el mayor número de lagunas costeras por estado (26) en el país, pero con una superficie de 828.46 km², lo que corresponde al 6.32 % de la superficie total de las lagunas.

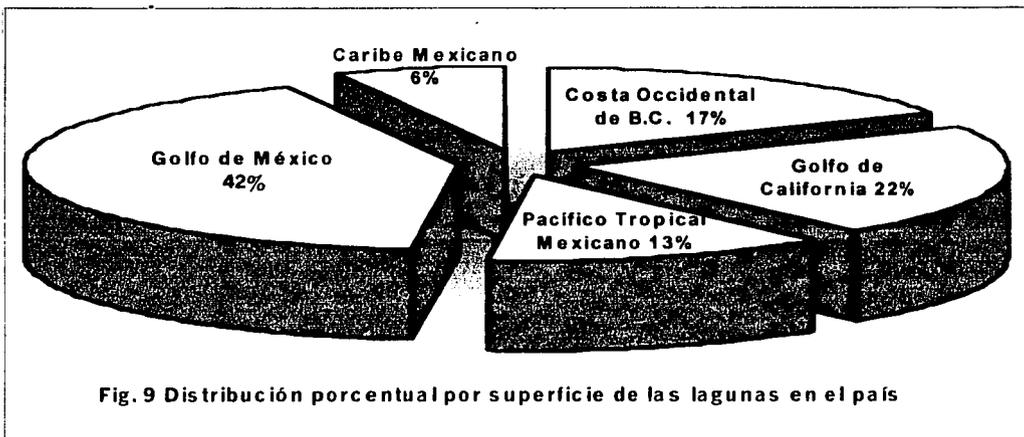
El Golfo de México destaca por su gran desarrollo de lagunas costeras, esto se debe probablemente a su amplia plataforma continental y su ambiente relativamente protegido de la influencia directa del océano Atlántico. Dentro de él se encuentran las lagunas más grandes de México, como la Laguna Madre y junto con ella constituyendo a un sistema lagunar las lagunas de El Catan, El Bayuco de

Oro, y Jasso, las cuales cubren una superficie de 1,861.11 km². Este complejo lagunar se encuentra intercomunicado a través de una serie de esteros; la superficie de la laguna por si sola representa más del 90 % de la superficie total de las lagunas en el estado (Tabla 12).

Tabal 12. Lagunas costeras del Golfo de México y el Mar Caribe.

Golfo de México		Veracruz (cont.)		Yucatán (cont.)		
Tamaulipas		Laguna Costera	km ²	Laguna Costera	km ²	
Laguna Costera	km ²	El Tepache	4.62	Yucaltepen	19.30	
Madre – El Catan –El Bayuco de Oro -Jasso	1861.11	Pajaritos	2.16	Ria Lagartos	72.08	
		TOTAL	1048.89	Flamingos	19.50	
		Tabasco		TOTAL		188.66
L. s/n 1 (G 14-9)	0.44	Carmen- Pajonal – Machona -Redonda	183.30	Mar Caribe		
Almagre –La Sal	22.22			Qintana Roo		
Morales	38.39	Cocal– Puente de Ostión-Tres Paloma	22.52	Yalahau o Comil – L. s/n 1 (F16-8)	366.23	
L. s/n 1 (F 14-3-6)	3.54	Encerrada–Grande de las Flores		Chacmochuk	125.9	
Las Jarcias	1.34	Mecoacan - Lagartero - Tilapa		58.73	Nichupte,Bojórquez-Somosoya	45.56
La Coma	0.74	Bayasu		1.91	Cala Chac-Jal	0.06
Brasil	2.78	El Provecho	2.39	Ciega (I. Cozumel)	4.10	
El Chilillo	1.09	Santa Anita	15.60	Xel-Ha	0.10	
San Andrés	82.66	Chifladora	0.92	Colombia (I. Cozu.)	2.53	
Las Marisma	21.07	Julivá	4.42	Campeche -Boca Paila	42.88	
TOTAL	2035.38	TOTAL	289.79	Catoche	35.99	
Veracruz		Campeche		L. s/n 1 (E 16-2-5)	1.87	
De Pueblo Viejo	90.70			L. s/n 2 (E 16-2-5)	0.48	
El Mango	0.68			Sian Ka'an	95.89	
Tamiahua	785.70	Términos- Colorada-Pom- Atasta - Las Palomas- Carlos - Palancares- Santa Gertrudis- Las Cruces- El Sitio Viejo- Panalona- Los Loros	1932.51	Tres Marias	30.51	
Tampamachoco	22.77			L. s/n 3 (E 16-2-5)	7.35	
Tecolutla o Lagarteros	10.10			L. s/n 4 (E 16-2-5)	4.96	
L. s/n 1 (E 14-3)	0.23			L. s/n 5 (E 16-2-5)	0.07	
L. Verde	0.31			Canchebalam	10.78	
L. s/n 2 (E 14-3)	0.18			Catil	2.06	
El Llano	2.33			L. s/n 6 (E 16-2-5)	25.73	
El Farallón	1.46	Chiltepec	0.67	Mosquitero	12.70	
La Mancha	1.53	Madre	0.41	L. s/n 7 (E 16-2-5)	1.44	
Camaronera- Alvarado- Tlalizcoya-Buen País-La Flota-Tacosta	98.10	TOTAL	1933.59	L. s/n 8 (E 16-2-5)	0.63	
		Yucatán		Cazona	0.51	
L. s/n 1 (E 15-14)	1.00	Celestum	13.98	L. s/n 9 (E 16-2-5)	1.05	
Sontecomapan	11.70	Yaltín	13.83	Cach	4.31	
L. s/n 2 (E 15-14)	2.00	La Soledad o Yaltón	1.98	L. s/n 1 (E 16-4-7)	12.26	
El Ostión	11.89	El islote	10.38			
El Yucateco	1.43	L. Rosada	15.38	TOTAL	828.46	
		Dzilam de Bravo	22.23	GRAN TOTAL	6324.8	

En el Golfo de México se encuentra la mayor superficie lagunar, con el 42 % a escala nacional, seguido por el Golfo de California con el 22 %. El Caribe Mexicano es la vertiente con el menor porcentaje de la superficie lagunar (Fig. 9).



La línea de costa del país presenta una dinámica de cambio rápida, que de acuerdo con Santoyo (1991) es el resultado de una extensión local de la línea de costa, y como característica sobresaliente de este dominio es la inestabilidad. Si se considera la escala temporal, y una de ellas la geológica, las lagunas costeras son rasgos fugaces; en escala de tiempo más estrecha las fluctuaciones de las condiciones ambientales de estas áreas litorales llegan a ser extremas tomando como referencia el ciclo de vida de los organismos que pueblan sus aguas. Por lo que son sistemas que tienden a envejecer rápidamente, con la consecuente pérdida de la superficie lagunar, aunque no en su número.

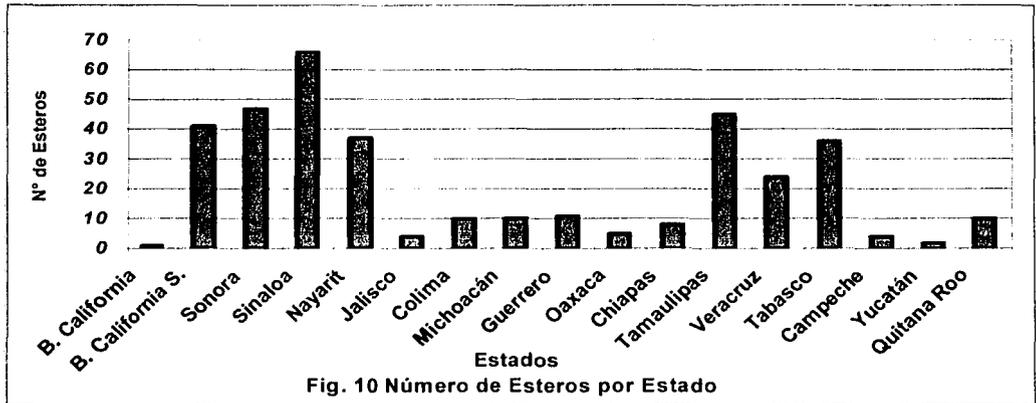
Esteros

Existe un total de 361 esteros con una superficie de 1,111.99 km². En el Estado de Sinaloa se cuenta con el mayor número de esteros (66), en una superficie de 108.26 km². En Baja California Sur se cuenta con la mayor superficie (293.07 km²), distribuidos principalmente en la costa occidental de Baja California. El Estado de Tamaulipas destaca por el número y superficie que ocupan los esteros, cuenta con 45 los cuales ocupan una superficie de 147.49 km² (Tabla 13).

Tabla 13. Número de esteros por estado y superficie.

Estado	Nº de Esteros	Sup. en km ²	Estado	Nº de Esteros	Sup. en km ²
B. California	1	7.07	Oaxaca	5	3.75
B. California S.	41	293.07	Chiapas	8	31.10
Sonora	47	114.35	Tamaulipas	45	147.49
Sinaloa	66	108.26	Veracruz	24	51.44
Nayarit	37	142.33	Tabasco	36	120.77
Jalisco	4	0.93	Campeche	4	15.61
Colima	10	12.38	Yucatán	2	19.67
Michoacán	10	4.50	Quintana Roo	10	25.56
Guerrero	11	13.71	TOTAL	361	1111.99

En la vertiente del Pacífico se encuentra el mayor número de esteros, distribuidos en los estados de: Baja California Sur, Sinaloa, Sonora y Nayarit. Mientras que para la vertiente del Golfo de México los estados con el mayor número de esteros se encuentran entre Veracruz, Campeche y Tabasco, en ese orden de magnitud (Fig. 10).



Baja California Sur con sus 293.07 km² de superficie, es la región del país con la mayor cobertura de esteros, básicamente se encuentran en la costa occidental de la península entre las lagunas de Guerrero Negro y San Ignacio hasta el complejo lagunar de Santa María-Magdalena-Almejas, y casi en la misma latitud pero en la costa de Sinaloa se encuentra el grupo más numeroso de esteros (66), distribuidos entre Guaymas y la Laguna de Huizache y Caimanero.

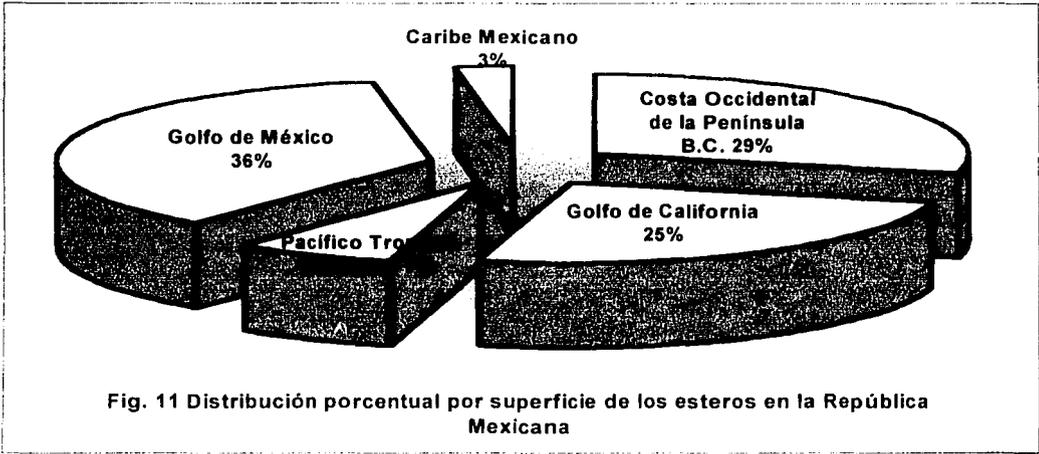
En el Golfo de México los estados con el mayor número y superficie de esteros son Tamaulipas y Tabasco respectivamente (Fig. 10), con una distribución similar a la señalada para las albuferas en ambos estados, y que probablemente se deba a la pérdida de superficie, en las áreas más someras del cuerpo de agua, pero manteniendo hasta el final los canales que se formaron en la laguna, constituyendo de esta manera los esteros de intercomunicación.

En general el estado con la mayor superficie cubierta por los esteros es Baja California Sur con 293.07 km², mientras que en las costas de Oaxaca es el de menor superficie, con 3.75 km² (Tabla 13).

Es importante señalar que en Baja California se encuentra el Estero de Punta Banda, que tiene una forma de "L" y se ha ido rodeado de una zona de marismas principalmente sobre el brazo más lago de la "L" que lo está estrangulando y que es un ejemplo claro de la transformación de una laguna costera a un estero y que debido al azolvamiento en poco tiempo podría formar una marisma, ya que hace unos años era una laguna costera que ha reducido en los últimos 10 años su extensión de 21 km² que contaba en 1990 (Ibarra-Obando,

1990), a 7.07 km² con los que cuenta actualmente, reduciéndose casi 34 % ganando terreno la zona de marismas. Este fenómeno lo describe Ibarra-Obando (1990) de la siguiente manera; se ha provocado la estrangulación de lo que fue la laguna en su brazo más largo (7 km), dejando un canal en el que la profundidad ha disminuido en forma drástica y que se estrecha gradualmente. Propiciando que haya periodos de estancamiento y de circulación, de acuerdo con el ciclo diario o estacional de las mareas y en relación con la magnitud y penetración de las corrientes de marea sobre el canal. En el extremo interno en la cabeza del estero es en donde se han ido desarrollando mejor las marismas, así como en el extremo continental y en menor grado en la barra que la separa del mar. Aunado a las presiones antrópicas (turística y actividades petroleras), han propiciado que se modifique con mayor rapidez la reducción de las zonas someras y se modifique el patrón de circulación del agua, afectando a grandes zonas de inundación.

En cuanto a la distribución por vertiente; Golfo de México presenta el mayor porcentaje de la superficie de esteros con el 36 %, seguida de la costa Occidental de la Península de Baja California con el 29 %, el Pacífico Tropical Mexicano junto con el Caribe Mexicano, son las dos vertientes con la menor superficie de esteros en el país con el 7 % y el 3 % respectivamente (Fig. 11).



Albuferas

Se subdividen en dos grupos; albuferas hipersalinas, que se encuentran en zonas áridas y carecen de un aporte de agua dulce; y albuferas con tendencias dulceacuícolas (que tienden a ser de oligohalinas a mesohalinas), en donde se mantienen condiciones dulceacuícolas durante todo el año.

Son los cuerpos costeros más numerosos de la zona costera, comprenden un total de 1,441 albuferas, pero ocupan únicamente 2,150.7 km²; de la superficie total del litoral de la República Mexicana. La gran cantidad de estas geoformas costeras cubren un área reducida (la gran mayoría se encuentra en el intervalo de micro), que es indicativa de la pérdida de tamaño de otros cuerpos costeros.

Los estados con menor número de albuferas son; Baja California con ocho, que abarcan una superficie de 19.28 km², y la costa de Michoacán con cuatro con una superficie de 14.11 km² (Tabla 14).

Tabla 14. Relación del número albuferas por estado y su superficie

Estado	Nº de Albufera	Sup. en km ²	Estado	Nº de Albufera	Sup. en km ²
B. California	8	19.28	Oaxaca	23	36.51
B. California S.	16	34.09	Chiapas	32	38.81
Sonora	46	68.25	Tamaulipas	387	621.30
Sinaloa	173	265.09	Veracruz	107	50.99
Nayarit	319	295.10	Tabasco	144	158.92
Jalisco	11	8.43	Campeche	12	25.47
Colima	37	8.62	Yucatán	0	0
Michoacán	4	14.11	Quintana Roo	101	216.88
Guerrero	21	85.54	TOTAL	1441	1947.39

Dentro de la Costa Occidental de Baja California el grupo de albuferas que sobresalen por sus características ambientales son las de la Baja California como; la Laguna La Salina que es una albufera típica de agua hipersalina, está aislada del mar por una barrera de arena de 485 m de largo, su área es de 0.33 km², tiene depresiones secas y pozas de salmuera interconectadas por canales; el principal flujo de agua de mar a la albufera es por infiltración de la barrera, recibe agua de mar directamente sólo cuando hay tormentas de invierno lo suficientemente fuertes como para pasar la barrera arenosa y se estima que eso sucede cada cinco años (Ibarra-Obando, 1990). Es un cuerpo estacionalmente efímero, con una etapa del año seca, y además por la escasa aportación marina, tiende a comportarse más como una marisma hipersalina.

En el Golfo de California se encuentra el mayor número de albuferas, específicamente en el Estado de Nayarit con 319, con una superficie de 295.10 km² (que es el 15 % de la superficie total de las albuferas); se encuentran distribuidas, principalmente en la zona de las Marismas Nacionales. La planicie de Sinaloa está en segundo lugar, registrándose 173, las cuales cubren una superficie de 265.10 km² (Fig. 12).

En la vertiente del Golfo de México el mayor número de este tipo de cuerpos costeros está en la planicie costera de Tamaulipas, con 387 albuferas con una superficie de 621.30 km², representa el 32 % de la superficie total de las albuferas. Se encuentran principalmente en la planicie costera entre la desembocadura del Río Bravo y la Laguna Madre. El litoral en esta zona está constituido por una costa acumulativa de playas bajas arenosas, con una extensión de la zona de intermareas superior a los 2,800 km². Gran parte de esta

superficie (60 %) está ocupada por la Laguna Madre (Ortiz-Pérez y Espinosa-Rodríguez, 1991), pero entre el Río Bravo y la laguna se encuentran una amplia llanura cubierta de numerosas albuferas, con una activa acreción de sedimentos a lo largo del litoral contrarrestando los efectos del fenómeno de la subsidencia que se presenta en esa zona, dando como resultado una amplia área de marismas y albuferas (Ortiz-Pérez y Méndez-Linares, 1999).

Dentro de la misma vertiente se encuentra, en segundo lugar, el Estado de Tabasco con 144 albuferas y con una superficie de 158.92 km² (Fig. 12). La línea de costa es baja de tipo arenoso, sitio en donde se encuentra uno de los principales sistemas deltaicos del país el Grijalva-Usumacinta, influyendo considerablemente con su aportación de sedimentos continentales, y de acuerdo con Ortiz-Pérez y Méndez-Linares (1999) al existir una fuente constante de sedimentos retrabajados por la acción de las corrientes de deriva de la costa, se disponen flanqueando el frente de la planicie deltáica, tal arreglo facilita la presencia de amplios ambientes lacustres formados por las marismas (aquí llamadas albuferas), así como los ambientes palustres y de llanuras de inundación ante la deficiencia del drenaje superficial.

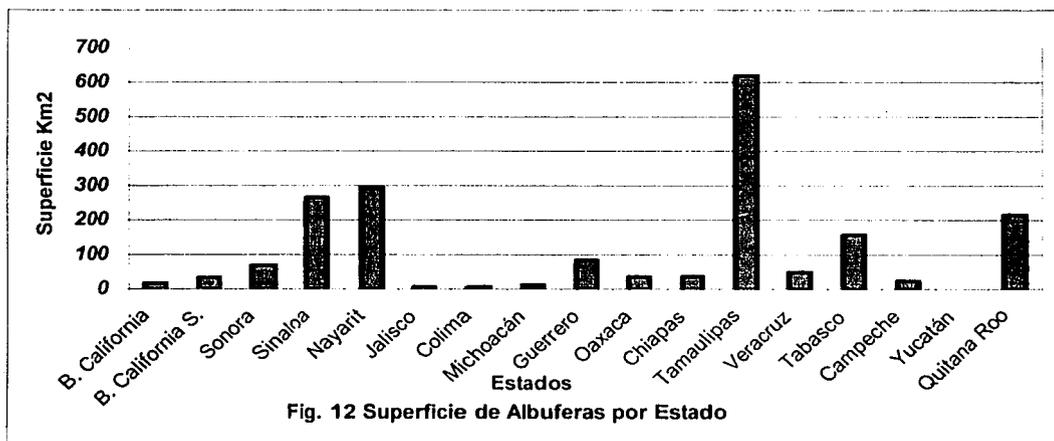


Fig. 12 Superficie de Albuferas por Estado

El menor número de albuferas se registra en Campeche con 12 y una superficie de 25.47 km². En Yucatán no existen estos sistemas, y en Quintana Roo hay 101 albuferas con una de las mayores áreas abarcadas por estos ambientes costeros, la segunda después de Tamaulipas, con 216.88 km² (Fig. 12).

En la distribución de las albuferas por vertiente, el Golfo de México presenta la mayor superficie cubierta por estas geofomas con el 49 %, seguida del Golfo de California con el 30 % y la vertiente con la menor cobertura es la costa Occidental de la Península de Baja California con el 2 % (Fig. 13).

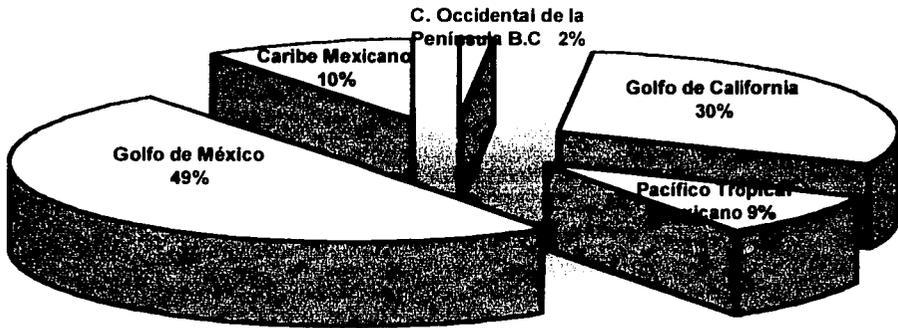


Fig. 13 Distribución porcentual por superficie de las albuferas en la República Mexicana

Marismas

Las marismas son el rasgo morfológico más sobresaliente de las costas del país, representan más del 35 % de la superficie del litoral (21,927.91 km²).

En particular el Estado de Quintana Roo presenta la mayor superficie por estado con 4,774.44 km². La zona que conforman los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit ocupan una superficie de 6,737.79 km². En el Golfo de México la zona comprendida entre los estados de Tabasco y Campeche ocupan una superficie de 4,735.49 km², en el Pacífico Mexicano a partir del Estado de Jalisco hasta Chiapas las zonas de marismas están escasamente representadas (Fig. 14).

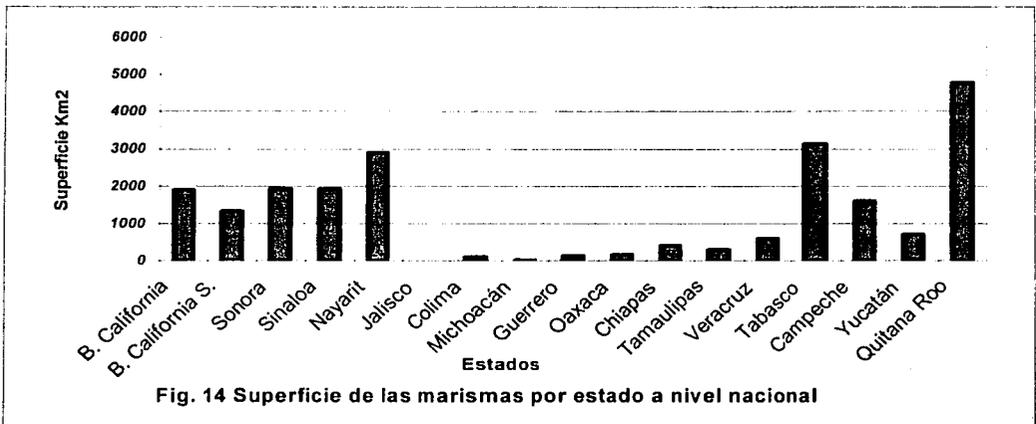


Fig. 14 Superficie de las marismas por estado a nivel nacional

Datos tomados de CNA-IBUNAM (1999)

La forma y dimensión de las marismas es irregular tanto espacial como temporalmente por lo que su cuantificación es un tanto relativa, ya que dependen de los movimientos mareales y clima es decir de la red mareográfica, el viento, las tormentas, y la intensidad de esos fenómenos meteorológicos (Lasserre, 1979), pero además de la pendiente de la planicie costera, ya que una pendiente escasa, con una pequeña variación del nivel del mar conduce inundaciones extensas (Ortiz-Pérez y Méndez-Linares, 2000).

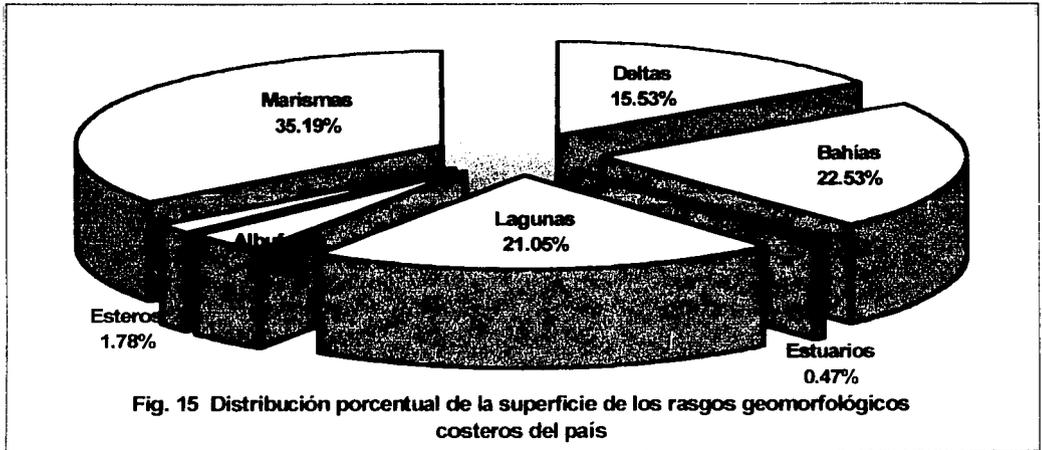
En el Pacífico Tropical la zona con el mayor desarrollo de marismas es la Planicie Costera Nayarita, que cuenta con una superficie de 1,400 km², zona formada por amplias llanuras aluviales de los ríos Acaponeta, San Pedro y Santiago, Baluarte, Cañas, Rosa Morada y Bejuco; es una de las zonas con la mayor concentración de biomasa (principalmente manglar) (De la Lanza Espino *et al.*, 1996).

En el Golfo de México y el Caribe la zona de marismas se extiende, de acuerdo a los resultados, desde el Estado de Tabasco hasta Quintana Roo, ocupando gran parte del litoral de estos estados, alcanzando su máxima extensión en la línea de costa de Quintana Roo. Ortiz-Pérez y Méndez-Linares (2000) describen estas costas como planicies de playas bajas que se encuentran resguardadas por el emplazamiento de barrera arrecifal coralina, dándole al conjunto litoral una estructura única de los componentes naturales, esta barrera es estrecha de cerca de 1,000 km de longitud, es paralela a la línea de costa, resguarda a la costa del oleaje. Las mareas son de tipo mixto semidiurno con amplitudes de 0.14 a 0.19 m. Esta pequeña amplitud y el declive suave y tendido de las playas propicia que las aguas interiores tengan baja circulación por efecto de las corrientes de marea. Lo que permite el desarrollo de una amplia zona de marismas.

La zona de marismas en Tamaulipas probablemente este subestimada, ya que de acuerdo a Ortiz-Pérez y Méndez-Linares (2000) se presentan vastas extensiones de llanuras costeras, que son cubiertas de manera alternativa por la marea, que es de escasa amplitud entre 40 y 60 cm y la variación media diaria es de 45 cm, pero por su escasa pendiente, se puede provocar inundaciones extensas.

Integración de los resultados de las geoformas:

En términos generales la composición de rasgos morfológicos en la zona costera y de acuerdo a su superficie, las marismas ocupan más del 35 % de la zona costera, mientras que las bahías y las lagunas costeras ocupan en conjunto más del 43 % (22.53 y 21.05 % respectivamente), los deltas ocupan casi el 16 % de la superficie de la zona costera, las albuferas representan menos del 4%, mientras que esteros y estuarios, son los menos representados con menos del 3% (1.78 y 0.47 % respectivamente) (Fig. 15).



Es importante hacer notar que dentro de las geformas costeras del país, los deltas se encuentran en el tercer lugar en cuanto a su superficie ocupada (15.53 % del total) (Fig.15), no obstante son los menos representados en cuanto a la cantidad de geformas encontradas, ya que cuenta únicamente con cuatro de ellas en todo el país, pero sus geformas se encuentran entre medianas y mayores (Tabla 15).

Dentro de las geformas costeras del país destacan las bahías, (independientemente de las marismas), ya que son los cuerpos de agua costeros con la mayor cobertura del litoral en todo el país; con una superficie de 14,043.36 km²; además dentro de las bahías se encuentra el mayor número de sistemas costeros clasificados como cuerpos de agua mayores por su área inundada, cuatro de las bahías se encuentran en el intervalo de 1,001 y 10,000 km², (Tabla 15).

Los esteros son la segunda geforma después de las albuferas con el mayor número de cuerpos de agua, pero la mayoría de los esteros se encuentra entre los cuerpos de agua de pequeños a micro, lo que representa el 1.78 % del total de la superficie ocupada por las geformas costeras consideradas en este trabajo (Fig. 15) (Tabla 15). El único estero dentro de la categoría grande es el Estero Bramonas en B. C. S. ubicado dentro del sistema lagunar Magdalena-Santo Domingo-Almejas, cuenta con una superficie de 147.43 km².

En relación con el número de cuerpos de agua, en general las albuferas son las más abundantes con 1,445 albuferas, pero la mayoría (casi el 68 %) se encuentra dentro de la categoría considerada como microambientes (aquellos con una superficie menor a 0.5 km²). Los ambientes deltáicos son los menos

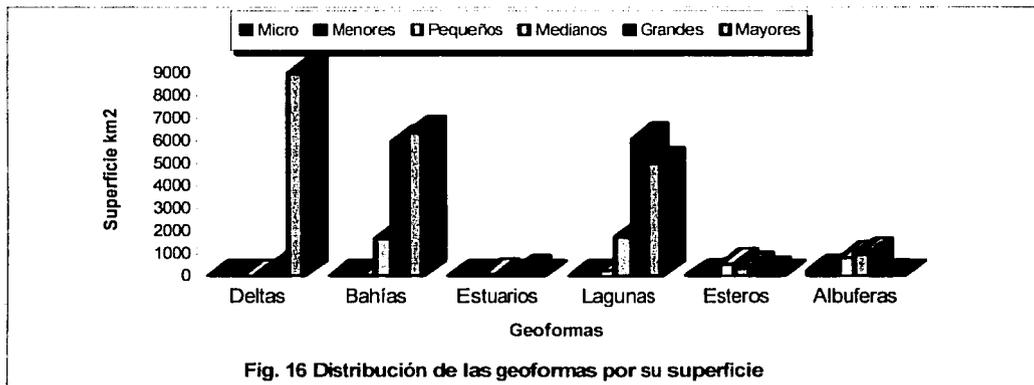
representados en el país (cuatro únicamente), pero cuentan con una superficie que representa el 15.5 % del total de las geoformas costeras (Tabla 15 y Fig. 15).

Tabla 15 Distribución por tamaño y superficie de los cuerpos de agua costeros

Categoría	Intervalos (km ²)	N° de Cuerpos de Agua Costeros						Superficie (km ²)					
		D	B	E	L. C.	Es.	A	D	B	E	L. C.	Es.	A
Micro	< 0.05 – 0.5	0	0	1	23	115	980	0	0	0.44	6.25	37.07	232.31
Menores	0.6 – 1.0	0	0	1	10	67	164	0	0	0.64	7.63	52.43	125.14
Pequeños	1.01 – 10.0	0	8	16	59	158	269	0	45.08	72.04	259.49	515.46	813.01
Medianos	11 – 100.0	1	31	0	52	16	33	70.59	1660.39	0	1744.10	359.6	980.44
Grandes	101 – 1,000	1	19	1	17	1	0	601.10	5964.64	220.3	6080.56	147.43	0
Mayores	1,001-10,000	2	4	0	3	0	0	9000.0	6373.25	0	5021.8	0	0
Total		4	62	19	164	357	1446	9,671.7	14,043.4	293.4	13,119.8	1,112.0	2,150.7

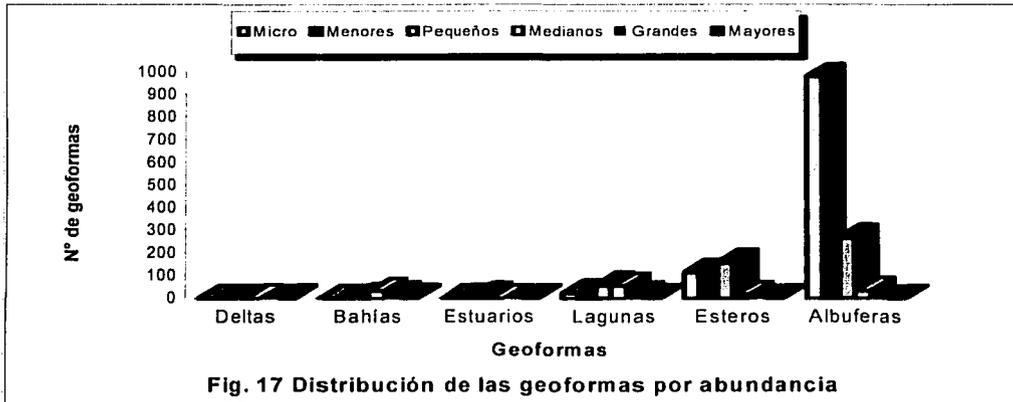
D= Deltas; B= Bahías; E= Estuarios; L. C.= Lagunas Costeras; Es = Esteros; A= Albuferas

En la figura 16 se puede apreciar que las geoformas costeras, de acuerdo a su superficie, consideradas como mayores y grandes, dentro de las categorías presentadas en la tabla 15, se encuentran entre los deltas, las bahías y las lagunas principalmente, geoformas que en conjunto ocupan la mayor superficie de la zona costera del país (casi el 83 %, sin considerar a las marismas). Las geoformas catalogadas como medianas (entre 11 y 100 km²) que ocupan la mayor superficie son las bahías y lagunas respectivamente.



Se puede observar que las geoformas más numerosas son las albuferas (1,445), pero la mayoría de ellas se encuentra catalogada dentro de las geoformas micro (con intervalo de <0.05 a 0.5 km²) y por el contrario los deltas son las geoformas menos numerosas (4), pero cuenta con dos de ellas dentro de la categoría de mayores (1,001 a 10,000). En general dentro de la categoría de las geoformas catalogadas como mayores, además de las bahías, las lagunas costeras también cuentan con cuatro y tres geoformas de este tipo respectivamente (Tabla 15 y Fig. 17).

Los ésteros son las segundas geofomas más numerosas (357), se encuentran distribuidas principalmente entre las categorías de pequeños y micro. Las lagunas ocupan el tercer lugar en cuanto a su número (164), distribuidas principalmente entre las categorías de mediano y pequeño. En general los cuerpos de agua catalogados como micro cuentan con el 54.5 % del total de las geofomas costeras (1,119), pero cubren apenas el 0.68 % de la superficie (Fig. 17).



Autores como Álvarez Arellano y Gaitán Morán (1994), señalan que existen ocho deltas (cinco en el Pacífico y tres en el Golfo de México), mientras que Cordero-Melo *et al.* (1977) mencionan que se presenta en la vertiente del Pacífico tres ríos con desembocadura en forma de delta y dentro del Golfo de México una zona deltaica muy amplia en la llanura Tabasqueña. En este trabajo se corroboró esta misma distribución y el mismo número de deltas y calculando una superficie de 9,671.7 km².

Con relación al número y superficie de las bahías; en el Atlas Nacional del Medio Físico (INEGI, 1988), sin que lleguen a presentar un censo formal de estas geofomas y sin contar con la superficie de cada una de ellas, indican que para el Pacífico hay un total de 50 bahías, mientras que en este estudio se encontró un total de 58 bahías, cubriendo una superficie de 11,684.7 km². Para el INEGI (1988), en el Golfo de México no hay bahías, pero en el presente trabajo se registra una, en una superficie de 57.7 km². En el Caribe Mexicano en ambos trabajos se registran tres bahías, calculando una superficie de 2,300.8 km².

Diferentes autores han señalado que hay 16,000 km² de superficie estuarica (Phleger, 1969; Cárdenas, 1969; Yáñez- Arancibia, 1986; Contreras-Espinosa, 2001), pero ninguno señala una cantidad definida de estuarios. Se calculan 19 en todo el país, los cuales escasamente cubren una superficie de 293.4 km², por lo que están muy lejos de ser un rasgo sobresaliente en la costa, ya que sólo representa menos del 1 % de las geofomas costeras (Fig. 15).

Las lagunas costeras junto con las bahías son las geoformas (sin considerar a las marismas) más sobresalientes de la zona costera, con una superficie de 13,119.8 km², cifra ligeramente superior a la señalada por Cardenas (1969); Lankford (1977); Yañez-Árancibia (1986); Contreras-Espinosa (1985 y 2001); y Castañeda y Contreras (1995) de 12,500 km². La CNA-IBUNAM, llevaron a cabo dos inventarios de cuerpos de agua continentales y costeros en 1998 y 1999; y definen algunos tipos de geoformas, dentro de los que clasifica a las lagunas costeras como perennes y temporales, apreciándose una diferencia notable entre los dos en cuanto a superficie y número, para el primer inventario (1998) se informó una superficie total de 10,089.46 km² (sumando ambos tipos de lagunas), y para el segundo (1999) una superficie lagunar (tanto perennes como temporales) de 9,361.92 km². Señalan que la marcada variación interanual se debe a la diferencia en el material cartográfico y a la influencia de los eventos climáticos y meteorológicos, así como a la evolución hidrológica natural y al manejo del recurso hídrico. En las figuras 18, 19, 20 y 21 se presentan algunas de las zonas costeras, en donde se puede apreciar las principales geoformas estudiadas de las diferentes vertientes del país.

Existe una gran diferencia con relación al número de cuerpos lagunares reportados por la CNA-IBUNAM (con 1,929 para el primer inventario y 1,591 para el segundo) y el reportado en este trabajo, con un total de 164 lagunas, esta cantidad está más relacionada con lo señalado por Lankford (1977) con 125 lagunas y el de Contreras-Espinosa (1985) de 145, tomando en cuenta que estos autores registran como lagunas algunas que aquí se definieron como bahías o esteros. Por lo que se considera que estas discrepancias se deben más a los diferentes criterios y puntos de vista en la delimitación de las diferentes geoformas en esta zona de transición, además de la geodinámica propia de la zona costera, o por las posibles alteraciones antrópicas, que producen cambios fisiográficos en el litoral.

La CNA-IBUNAM reportan que existen 155 (año 1989) y 160 (año 1999) esteros respectivamente. Comparado con los 357 esteros registrados en este trabajo se encuentra una diferencia poco mayor al 50 %, pero no así con la superficie; la CNA-IBUNAM determinaron que los esteros ocupan 1,525.8 km² y 1,226.75 km² cifra mucho más parecida a la registrada aquí, de 1,112.0 km², y las diferencias se deben fundamentalmente a los criterios para delimitar las diferentes geoformas.

No existen registros sobre el número y superficie que ocupan las albuferas en México, cuantificándose en el presente trabajo 1,445. Cantidad semejante a lo reportado por la CNA-IBUNAM (1989 y 1999) para las geoformas que ellos consideran como lagunas perennes 1,530 para el primer año y 1,256 para el segundo respectivamente, por lo que es probable que la mayoría de estas geoformas estarían consideradas como albuferas en este trabajo.

79-A

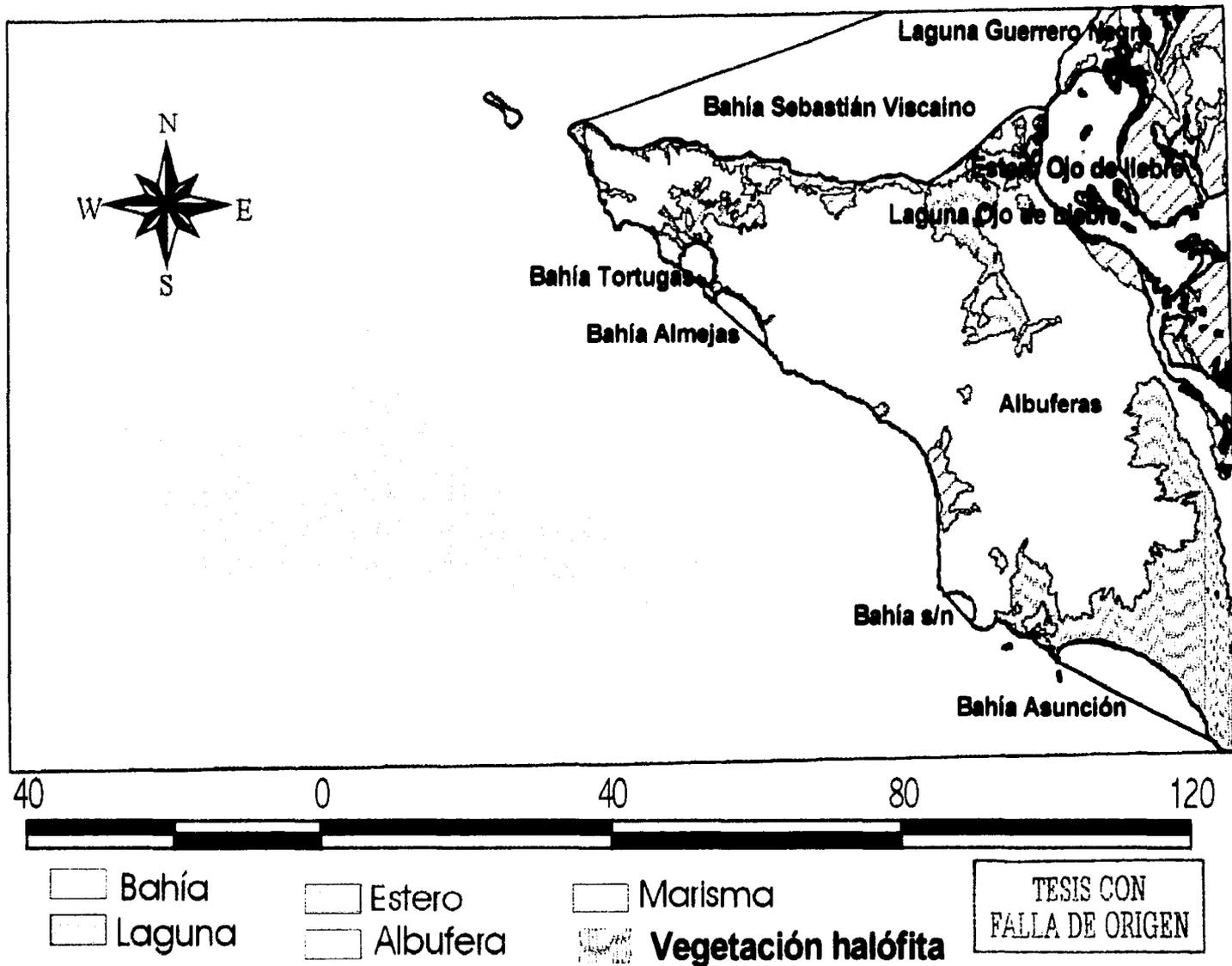
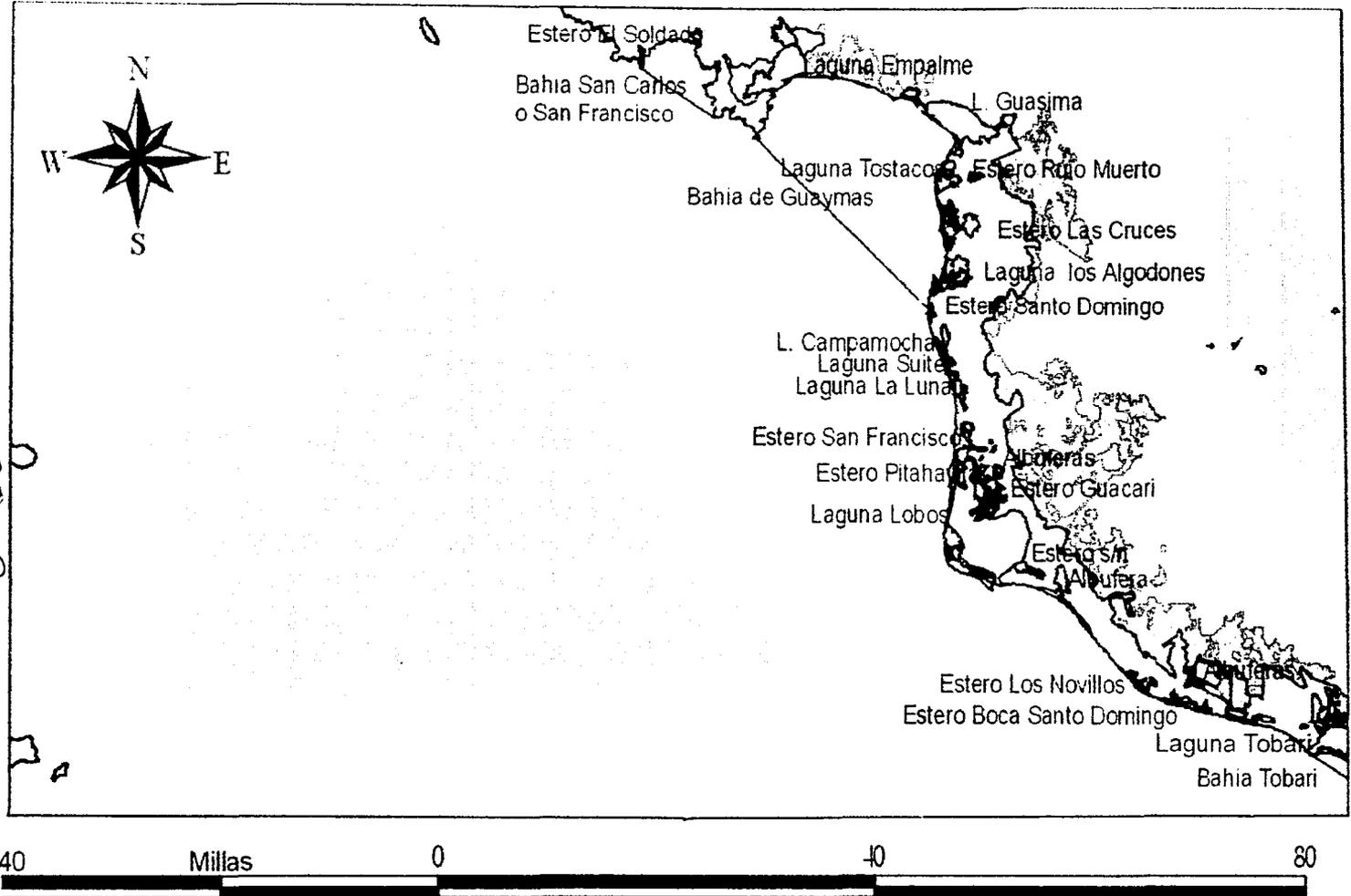


Fig. 17 Principales geoformas de la Costa Occidental de B.C.
(Guerrero Negro)

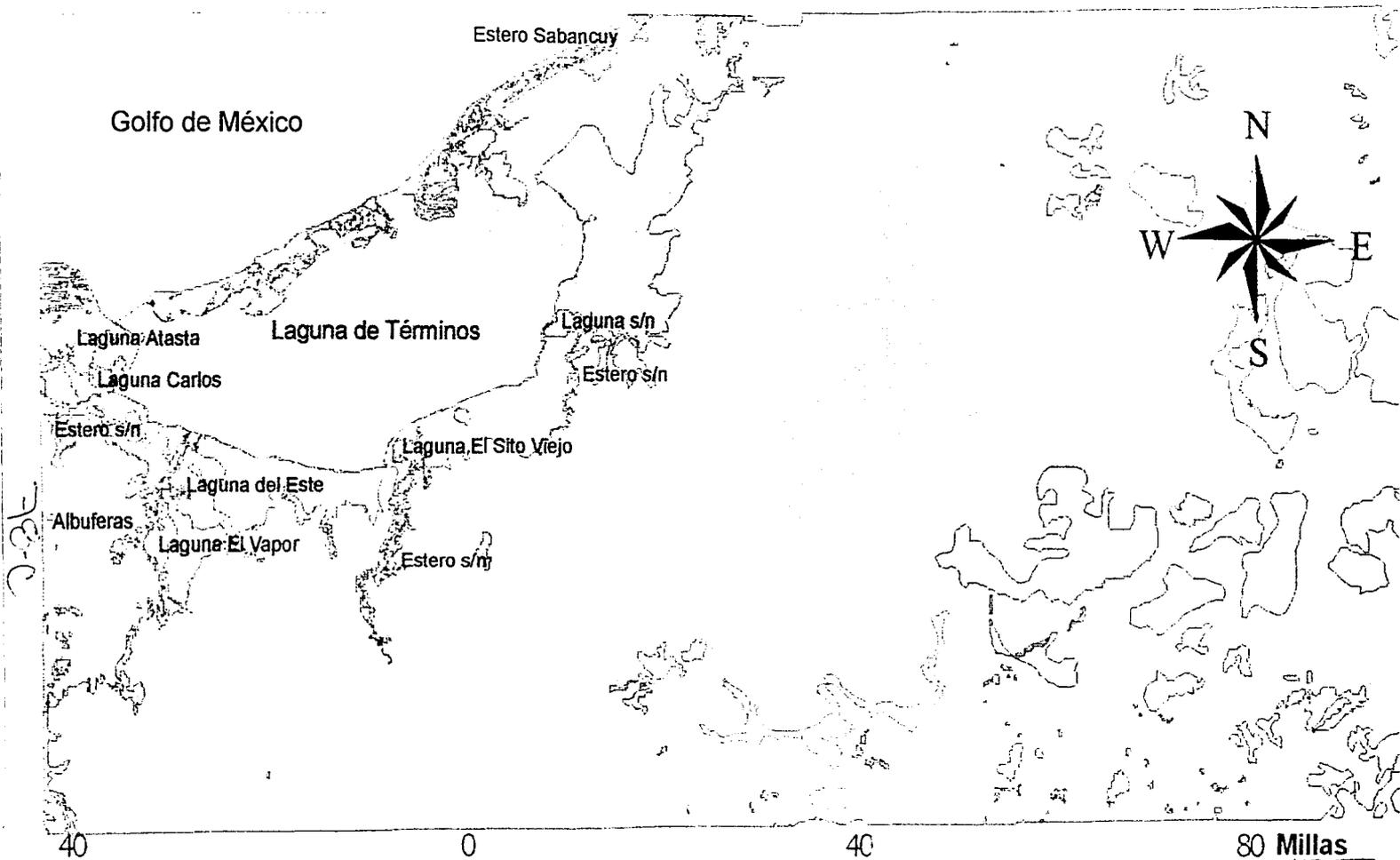
78-B



- | | | | | | |
|---|--------|---|----------|---|----------------------|
|  | Bahia |  | Albufera |  | Vegetación halófitas |
|  | Laguna |  | Marisma |  | Manglar |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 18 Principales geformas del Pacífico Tropical (Guavmas)



Laguna, estero
 Marisma

Manglar
 Vegetación halófito

Zona terrestre

TESIS CON
 TALLA DE ORIGEN

Fig. 19 Principales geoformas del Golfo de México (Cd. del Carmen)

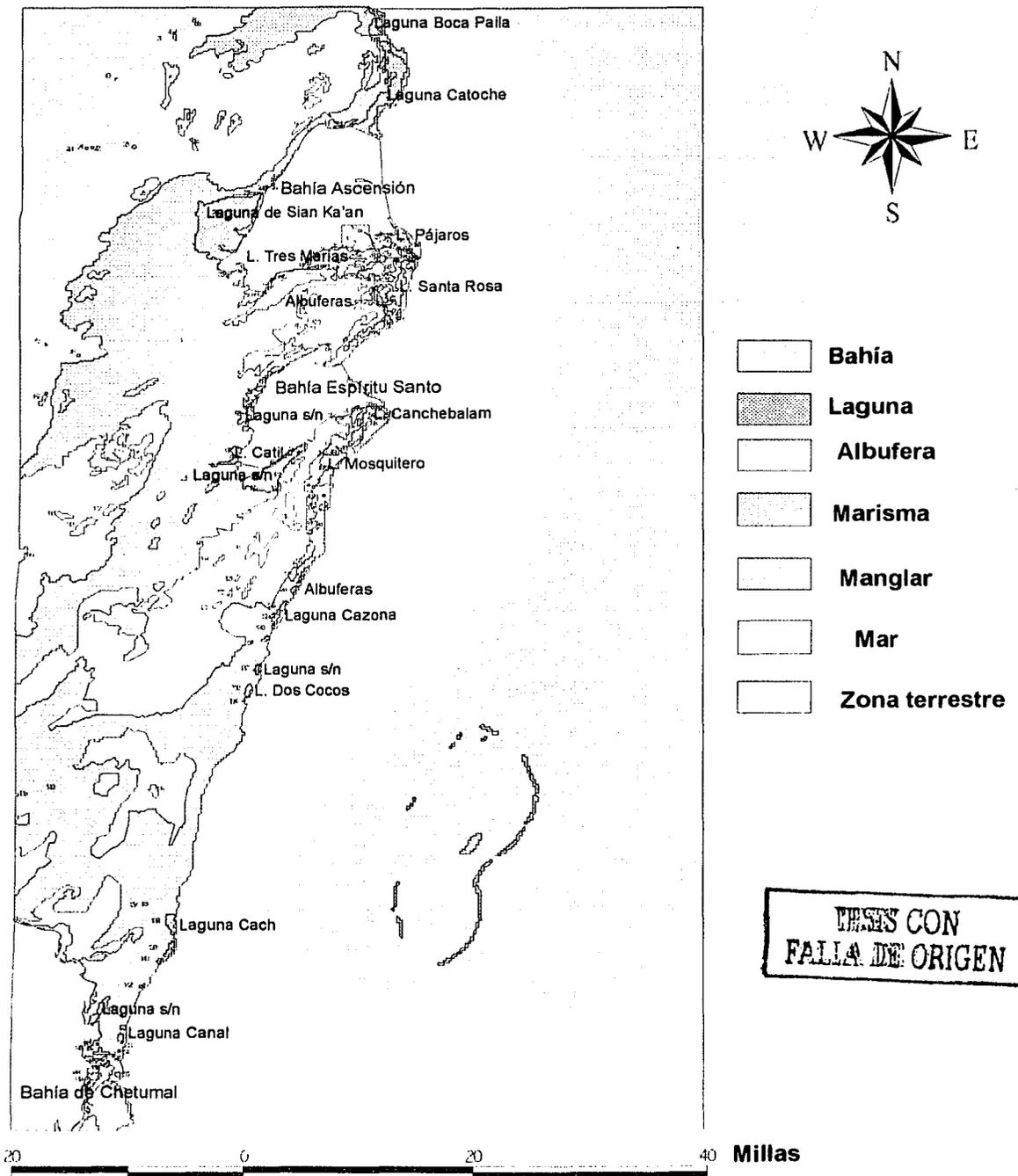


Fig. 20 Principales geoformas del Caribe (Bahía de Ascención)

78-D

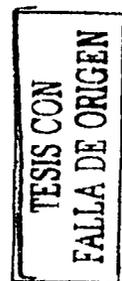
Inventario de la vegetación costera

Dentro del inventario de la vegetación se considera únicamente al manglar, y el resto de la vegetación como halófito. En general la vegetación costera ocupa una superficie de 22,874.40 km²; de la cual la que la vegetación halófito es la más abundante con el 68 %, con una cobertura de 15,536.21 km² y el manglar representa el 32 % de la cobertura total de la vegetación costera (Tabla 16).

Tabla 16 Cobertura nacional de la vegetación costera.

Estados	Manglar km ²	Halófito km ²
B. California	0	4685.30
B. California S.	173.35	3672.74
Sonora	61.74	2762.86
Sinaloa	751.45	1240.86
Nayarit	1065.35	587.73
Jalisco	24.88	5.72
Colima	32.16	57.78
Michoacán	14.06	2.18
Guerrero	127.98	40.16
Oaxaca	335.29	21.88
Chiapas	410.11	0
Tamaulipas	42.61	481.00*
Veracruz	632.86	207.00*
Tabasco	472.77	1168.00*
Campeche	1834.22	531.00*
Yucatán	945.93	
Quintana Roo	413.43	72.00*
Total Km²	7338.19	15536.21

Datos tomados de CNA-IBUNAM (1999) y *Ortiz-Pérez y Méndez-Linares (2000)



La distribución de la vegetación halófito en las vertientes tanto del Pacífico (incluidas las costas; Occidental de la Península de Baja California, el Golfo de California y el Pacífico Tropical) como del Golfo de México y el Caribe, se encuentra la mayor densidad en la vertiente del Pacífico con el 84.2 %. La vegetación de manglar se encuentra distribuida en general en forma más homogénea tanto en la vertiente del Golfo de México con el 59 % y en la vertiente del Pacífico, con poco más del 40 % (Tabla 17).

Tabla 17. Distribución porcentual de la vegetación costera.

Vegetación	Superficie km ²	%	Vertiente	Superficie km ²	%
V. halófito	15,536.21	67.92	Pacífico	13,077.21	84.2
			G. de México	2,459.0	15.8
Manglar	7,338.19	32.08	Pacífico	2,996.37	40.8
			G. de México	4,341.82	59.2
TOTAL	22,874.40	100	.	22,874.40	

Vegetación halófito

En los estados del norte del país se encuentra la mayor cobertura de la vegetación halófito, que ocupa de Baja California a Nayarit una superficie de 11,708.63 km², lo que representa poco más del 75 % en todo el país (Fig. 22).

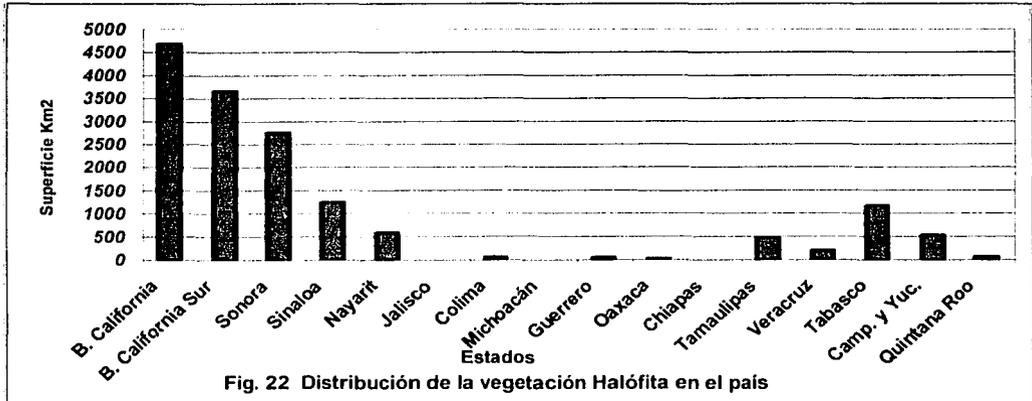


Fig. 22 Distribución de la vegetación Halófitas en el país

Datos tomados de CNA-IBUNAM (1999) y de Ortiz-Pérez y Méndez-Linares (2000)

En la vertiente del Pacífico Tropical únicamente en el estado de Chiapas no se encontró registros de este tipo de vegetación.

En la vertiente del Golfo de México la presencia de la vegetación halófitas se encuentra desde Tamaulipas hasta Quintana Roo, con la mayor concentración en el litoral de Tabasco, con una superficie de 1,168 km². En donde se alcanzan superficies más altas seguidas de Tamaulipas y Campeche-Yucatán (Fig. 22).

Tabla 18. Comparación de la cobertura de las halófitas entre SRH (1971) y SARH (1980) y la CNA-IBUNAM (1999).

Estados	SRH (1971) y SARH	CNA-IBUNAM
	(1980)	(1999)
Halófitas km ²		
B. California	1016.23	4685.30
B. California S.	2710.84	3672.74
Sonora	1585.23	2762.86
Sinaloa	1307.77	1240.86
Nayarit	233.96	587.73
Jalisco	0	5.72
Colima	9.23	57.78
Michoacán	16.20	2.18
Guerrero	11.50	40.16
Oaxaca	11.41	21.88
Chiapas	0	0
Tamaulipas	0	481.00*
Veracruz	3.13	207.00*
Tabasco	0	1168.00*
Campeche	0	531.00*
Yucatán	0	72.00*
Quintana Roo	0	72.00*
Total Km²	6905.55	15536.21

En la tabla 18 se puede observar que la vegetación halófila representa casi el 70 % en el país; en la zona costera del Pacífico Tropical se registro el 84.2 % con respecto al Golfo de México y el Caribe que es de tan sólo 15.8 %. En la CNA-IBUNAM (1999) señalan que la vegetación halófila es escasa en el Pacífico en comparación con el Golfo de México (del orden del 90 %). Lo cual probablemente se debe a que hubo una sobre estimación de la vegetación halófila para el Pacífico y que esta imprecisión se deba, como ellos lo reconocen, a que la cuantificación se realizo a través de la cartografía, perdiendo sensibilidad por el tamaño del grano en la impresión, así como por la proyección.

Manglar

Los estados con la mayor cobertura de manglar son; Nayarit en la vertiente del Golfo de California con 1,065.35 km², Campeche en la vertiente del Golfo de México con 1,834.22 km² y Yucatán en la vertiente del Caribe con 945.93 km² lo que en conjunto representa el 52.4 % de toda la vegetación de manglar en el país (Fig. 23).

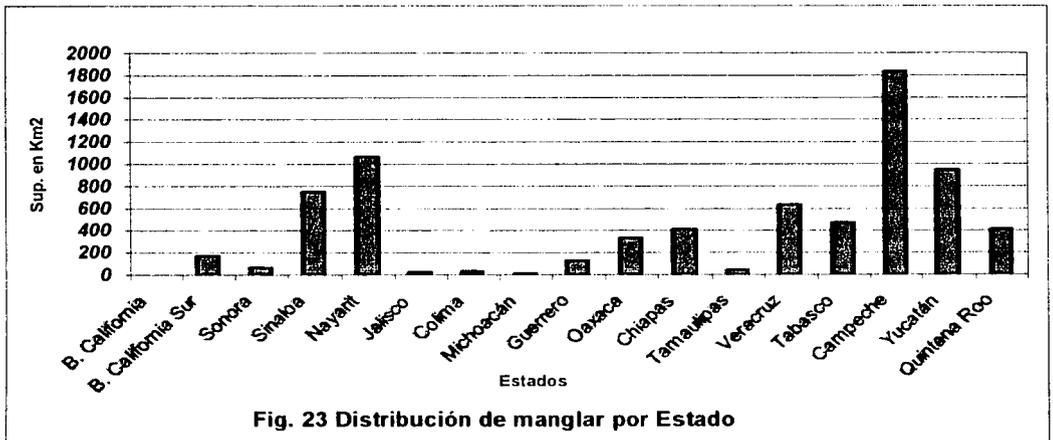


Fig. 23 Distribución de manglar por Estado

Datos tomados de CNA-IBUNAM (1999)

En Baja California tanto en la costa occidental como en el Golfo de California, no se encontraron bosques de manglar, y en Jalisco, Colima y Michoacán la superficie que ocupan es mínima, escasamente llega a representar el 0.04 %, 0.33 % y 0.23 % respectivamente.

En el sur de Sinaloa y Nayarit se encuentran la más extensa zona de manglar del Pacífico, con una extensión de 1,782.04 km², Flores-Verdugo *et al.* (2001) señala que en esta zona la densidad del bosque de manglar suelen ser altas como de 3,203 árboles por hectárea y su área basal en el intervalo de 14 a 29.6 m²/ha. El manglar en esta zona ocupa el 70 % del área total estuarina (Flores

et al., 1992). Según Blasco (1988, citado en De la Lanza Espino *et al.*, 1996) de las 660,000 ha de manglar que hay en México, el 17 % se encuentra entre Teacapan y San Blas en Nayarit.

La escasa representación del manglar en Tamaulipas (50 km²) se debe según Ortiz-Pérez y Méndez-Linares (2000) a que se presentan extensas llanuras y a la falta de barreras topográficas, que contribuyen al desarrollo del fenómeno de marea de viento, que desarrolla un ambiente de alta energía física, fenómeno que es factor limitante para el desarrollo del manglar. Otro factor importante es la alta evaporación por el efecto del viento, incrementando la salinidad hasta 48 ups, favoreciendo el desarrollo de las plantas halófitas, porque el crecimiento óptimo del manglar se lleva a cabo en aguas salobres entre 15 y 30 ups (De la Lanza-Espino y Flores-Verdugo, 1998).

El ritmo de la destrucción a la que está sometida la vegetación costera en el país hace poco confiable la determinación de su distribución, por lo que son estimaciones aproximadas, ya que por ejemplo tan sólo en las últimas décadas la distribución del manglar se a visto reducida en más del 60 % de su densidad (Suman, 1994; De la Lanza-Espino y Flores-Verdugo, 1998), aunque Flores Verdugo (1992) señala que no se cuenta con una cifra precisa, con relación a esto Ramírez-García y Solís-Weiss (en prensa) concluyen que existen muchos datos pero no se tiene una metodología estandarizada y óptima para su comprobación.

Sin embargo existen referencias en relación con la pérdida de la vegetación de manglar en varios puntos de la zona costera del país, que da una idea del grado en que desaparece este ambiente, que se deben básicamente al manejo inadecuado de la zona costera (Tabla 19).

Tabla 19 Pérdida de la vegetación del manglar en la República Mexicana.

Estado	Ambiente afectado	Perdida manglar km ²	Referencia
Sinaloa	Laguna Mármol	2	De la Lanza-Espino y Flores-Verdugo 1998
Nayarit	Agua Brava	70	De la Lanza-Espino y Flores-Verdugo 1998
Oaxaca	L. Superior-Mar Muerto	4.5	Escalona, 1996
Oaxaca	L. de Chacahua-Pastoria	3.85	Tovilla y Orihuela, 1996
Oaxaca	Puerto Escondido	2.57	Albrecht, <i>et al.</i> , 1996
Chiapas	Buenavista-La Joya, Mar Muerto	22.3	Rendón von Osten, 1996
Chiapas	L. Carretas-Pereira y Buenavista La Joya	38	Reyes, 1996
Yucatán	Zona costera	Decenas de ha.	De la Lanza-Espino y Flores-Verdugo 1998

Se ha reportado por algunos autores como Tovilla y Loa (1991) y Loa-Loza (1994) cifras de la superficie de los bosques de manglar en México, y tomándolos como referencia se puede observar que son pocos los estados en los que se presenta una tendencia definida en la pérdida de la superficie del manglar, y no como sería lo esperado, que en la mayoría de los estados se reporta un alto grado de deforestación, tal es el caso de los estados de; Sonora, Nayarit, Michoacán, Chiapas y Tamaulipas en donde claramente se puede observar una disminución de la cobertura de la superficie a través del tiempo (Tabla 20).

En la tabla 20 se puede observar además que hay estados en los que hay un incremento de la superficie del bosque de manglar como en los casos de; Baja California Sur, Colima, Oaxaca, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, y Quintana Roo, además es posible observar como en Sinaloa y Jalisco que los valores de la cobertura del manglar reportados son muy similares durante este período (de 1991 a 1999). Lo anterior confirma lo aseverado por Flores Verdugo (1992) y Ramírez-García y Solís-Weiss (en prensa), en el sentido de que no se cuenta con una cifra precisa por que no hay una metodología estandarizada y óptima para su comprobación.

Otro punto sobresaliente es la inconsistencia en los valores reportados para la cobertura total de la superficie del manglar en la República Mexicana, por diferentes autores como Loa-Loza (1994) que calculo una superficie total de 4,883.67 km², y que difiere de los 7,338.19 km², encontrados por la CNA-IBUNAM (1999), pero que es muy similar a lo estimado en el Inventario Nacional Forestal de 1994 en donde se reportan 7,215.54 km² (SARH-UNAM, 1994). Flores-Verdugo (1992) señala que no se tiene la cifra precisa de la distribución del manglar en México; antes de la década de los setenta se había calculado entre 10,000 a 15,000 km² de manglar, pero a finales de los ochenta se reportó una distribución de poco más de 6,000 km² (De la Lanza-Espino y Flores-Verdugo, 1998). Ramírez-García y Solís-Weiss (en prensa) afirman que esta inconsistencia se debe, entre otras cosas, a la falta de una metodología en el proceso de evaluación espacial de la cobertura forestal.

Tabla 20. Comparación de la cobertura del bosque de manglar entre Tovilla y Loa (1991), Loa Loza (1994) y CNA-IBUNAM (1999).

Estados	Tovilla y Loa (1991)	Loa Loza (1994)	CNA-IBUNAM (1999)
	Manglar km ²		
B. California	0	2.14	0
B. California S.	150.34	119.06	173.35
Sonora	134.31	111.00	61.74
Sinaloa	745.39	705.34	751.45
Nayarit	1534.09	1343.24	1065.35
Jalisco	24.71	12.93	24.88
Colima	17.31	1.74	32.16
Michoacán	38.16	23.26	14.06
Guerrero	160.15	40.02	127.98
Oaxaca	139.03	35.91	335.29
Chiapas	698.81	520.76	410.11
Tamaulipas	157.22	54.73	42.61
Veracruz	400.32	181.62	632.86
Tabasco	392.07	272.07	472.77
Campeche	1173.14	803.69	1834.22
Yucatán	670.09	628.32	945.93
Quintana Roo	169.71	27.85	413.43
Total Km²	6604.45	4883.67	7338.19

En el Golfo de México y el Caribe se concentra la mayor población de manglar entre los estados comprendidos de Veracruz a Quintana Roo (Fig. 23), con una superficie de 4,299.21 km² (el 99% de esta vertiente), debido a que las características climáticas son las óptimas para el desarrollo de estos ecosistemas, así como el aporte de escurrimientos importantes como es el sistema deltáico Grijalva –Usumacinta, que contribuyen a la aportación de agua dulce para mantener los niveles de salinidad adecuados (entre 15 y 30 ups) (De la Lanza-Espino y Flores-Verdugo, 1998), así como nutrimentos para su buen desarrollo. Para las costas del Pacífico entre Sinaloa y Nayarit se encuentra la mayor concentración de manglar (Fig. 23), zona que se encuentra enclavada en la planicie deltáica del Río Santiago-San Pedro, lo que permite, como en el caso del Golfo de México, que le lleguen los elementos necesarios para el desarrollo adecuado del bosque de manglar.

Conclusiones

En términos generales la zona costera del país esta constituida por, diferentes geoformas (deltas, bahías, estuarios, lagunas, esteros, albuferas y marismas) que en conjunto presentan una superficie de 62,318.81 km². Dentro de las que sobresalen por su número son las albuferas con 1,446 cuerpos de agua, pero las geoformas con la mayor superficie ocupada son las marismas con una superficie de 21,927.91 km², las bahías con 14,043.36 km² y las lagunas con 13,119.83 km², entre las tres geoformas ocupan poco más del 78 % de la superficie costera del país.

Los deltas representan el 15.5 % de la superficie total de los diferentes rasgos costeros, con tan sólo cuatro sistemas deltaicos en el país, tres de los cuales se encuentran en un clima cálido sub-húmedo; sobresale por su amplio desarrollo de la planicie deltáica (7,500 km²) el Grijalva-Usumacinta en el Golfo de México.

Las bahías son los rasgos costeros más sobresalientes en la costa occidental de la Península de Baja California, el Golfo de California, la costa del Pacífico Mexicano y en el Caribe Mexicano en ese orden prioritario. Las lagunas presentan una amplia distribución y variedad en ambientes a través de todo el litoral Mexicano. Con una representación comparativamente menor, se encuentran los deltas, albuferas, esteros y estuarios, en ese orden de importancia.

Las bahías en México están mejor representadas en las costas de la Península de Baja California y el Golfo de California, por que en conjunto representan casi el 73 % de las bahías en el país. En general la mayoría de las bahías de las costas del Pacífico son de tipo abierto (31) y las del Caribe son dos de ellas semicerradas y una es de tipo protegida.

La Bahía San Esteban al sur del litoral de Sonora; es una bahía de tipo "Limnám" con tendencia a formar una laguna costera, de acuerdo a sus rasgos fisiográficos y a lo descrito por Emery y Stevenson (1957), se puede concluir que se encuentra en una etapa evolutiva avanzada.

La Bahía Santa María se encuentra en la costa occidental de Baja California sur, ya que es la única bahía en México que está dentro de una barrera arenosa (Isla de Santa María), sus costas están formadas por la depositación marina y subaérea debida a los vientos. Este tipo de ambientes es llamado por Shepard (1973) como bahías de barrera.

En el Golfo de México hay una bahía al sur del Puerto de Veracruz, con una forma dentada característica, delimitada por dos puntas (Boca del Río y Punta Antón Lizardo).

Los estuarios, son geoformas poco representativas en el país tanto por su número como por la superficie ocupada, ya que representa menos del 1 % en el país. Destaca por su tamaño el estuario del Río Colorado (220.3 km²), que por sí sólo representa el 75 % de la superficie de estas geoforma. Existen 19 estuarios, distribuidos principalmente en el Pacífico Mexicano (con 11 estuarios).

Las lagunas costeras, son una de las geoformas más representativas del litoral Mexicano, cuenta con 164 de ellas, cubriendo una superficie de 13,119.83 km²; de las cuales 18 son sistemas lagunares, conformados por un total de 79 cuerpos lagunares, por lo que se podría incrementar potencialmente el número de estas geoformas a 243.

Los sistemas estuarino-lagunares representan el 28.36 % de la superficie total correspondiente a las lagunas, en cuanto al número de cuerpos de agua sólo representan escasamente el 6.4 %. Por lo que se concluye que estos ambientes tienen una escasa representación en el país.

Actualmente los ríos asociados a las lagunas costeras presentan una serie de esteros intrincados, con un caudal cada vez menor, por el aprovechamiento río arriba en las diferentes actividades antropogénicas y en muchos casos el caudal principal del río pasa a un costado de la laguna, por lo que el desagüe se lleva directamente al mar, limitando el aporte de agua dulce y su carga de sedimentos a las lagunas costeras. Fenómeno que provoca un envejecimiento prematuro, como en el caso de la laguna de Cuyutlán en Colima que al cabo de un lapso de 10 años se a perdido un gran porcentaje de su superficie original, provocando la división de la laguna en dos sistemas principales e independientes, incrementando de esta manera el número de albuferas. Algo similar sucede en la laguna de Huizache y Caimanero, que cada vez es más amplia la superficie de las marismas y son más amplias las zonas que se desecan.

A escala nacional en el Golfo de México se encuentra la mayor concentración lagunar (30 %), seguido por el Golfo de California con el 26 %, y la costa occidental de la Península de Baja California es la que menos cuenta con las lagunas costeras.

Los esteros junto con los estuarios son las geoformas menos representadas en el litoral mexicano, ya que únicamente ocupan el 3 % del total de la superficie. En el Estado de Sinaloa hay el mayor número de esteros con 66, pero el estado que cuenta con la mayor superficie es Baja California Sur con 293.07 km², se localizan principalmente hacia el lado de la costa Occidental de la Península de Baja California alrededor del complejo lagunar de Bahía Magdalena-Almejas.

El Golfo de México destaca por el número y superficie que ocupan los esteros, el Estado de Tamaulipas donde se encuentran 45 de ellos, distribuidos en una superficie de 147.49 km², localizados principalmente en las margenes de la Laguna Madre, por lo que probablemente se deba al retraimiento de la laguna.

Pero en general estos esteros forman vías de comunicación entre los depósitos de los sistemas fluvio-marinos.

Las albuferas son ambientes, que por su condición como cuerpo de agua transitorio dentro del proceso de envejecimiento y desecación de las lagunas costeras, tienden a ser numerosos. De hecho las albuferas son los cuerpos costeros más numerosos, pero se caracterizan por encontrarse la mayoría entre las geoformas costeras del tipo microambientes y menores (de 1.0 a $< 0.05 \text{ km}^2$). En Tamaulipas se encuentra la mayor concentración de estas geoformas, debido al retraimiento de la cuenca que ocupó en algún momento La Laguna Madre, principalmente en la zona hacia el norte del estado a partir del Río Bravo, entremezclados con amplias zonas de marisma y numerosos esteros.

Entre el sur de Sinaloa y el norte de Nayarit se encuentra otra de las zonas de mayor concentración de albuferas, desarrollada por la amplia zona potamogénica y de marismas, influenciadas principalmente por el sistema deltáico del Río Grande de Santiago.

Hay una relación que de acuerdo a la CNA-IBUNAM (1999) se da una disminución de la superficie lagunar con el incremento en el número de cuerpos de agua pequeños, como es el caso de las albuferas.

Se encontraron diferencias significativas entre el número y superficie de las geoformas costeras; para el caso de las bahías el número fue superior en más del 14 % a lo reportado en el INEGI (1988), no se puede hacer ninguna comparación con los resultados de la superficie, ya que los autores consultados no refieren alguna magnitud.

En relación con los estuarios, existen datos en la literatura sobre la superficie que ocupan pero no hay ninguna relación del número y ubicación de estas geoformas, en general se establece que hay $16,000 \text{ km}^2$ de superficie estuarica (Phleger, 1969; Cárdenas, 1969; Yáñez- Arancibia, 1986; Contreras-Espinosa, 2001), cantidad que difiere sustancialmente en más del 98 % a lo encontrado en este trabajo (293.4 km^2).

En cuanto a las lagunas costeras se ha señalado que hay una superficie de $12,500 \text{ km}^2$, encontrándose en este trabajo una cantidad ligeramente superior, que es de 619.8 km^2 , superficie que representa el 5 % del total reportada ($3,119.8 \text{ km}^2$). El número de lagunas encontradas en este trabajo es superior a las reportadas por otros autores entre el 23 % y el 11 %. La CNA-IBUNAM (1998 y 1999), reportan una superficie lagunar inferior en casi el 24 %, pero con una gran diferencia en cuanto al número de cuerpos lagunares, mientras que ellos contabilizaron entre 1,929 y 1,591 cuerpos lagunares, en este trabajo se cuantificaron únicamente 164, lo que hace pensar en que muchas de ellos aquí se cuantificaron como albuferas.

En relación con los esteros la CNA-IBUNAM (1998 y 1999) reporta cantidades inferiores a las encontradas en el presente trabajo, que son superiores en al 55 %. En cuanto a la superficie registrada en ambos trabajos son ligeramente superiores en un 20 %.

Dentro las diferentes geoformas analizadas en este trabajo la zona de marismas es la más extensa de todas ellas, ocupa el 35.19 % de la superficie comprendida por todas las geoformas estudiadas, superior a las tres geoformas más representativas de la zona costera del país como son; los deltas (15.53 %), las bahías (22.53 %) y las lagunas (21.05 %). La superficie ocupada por las marismas en todo el país es de 21,927.91 km², siendo el rasgo distintivo de una marisma la vegetación que se caracteriza por formar continuamente densas comunidades tanto de manglar como a de otro tipo de vegetación halófitas.

En la vertiente del Pacífico la zona que conforman los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit ocupan una superficie de 8,577.96 km², en conjunto forma la mayor superficie de marismas en el país. En el Golfo de México la zona comprendida entre los estados de Tabasco y Campeche ocupan una superficie de 4,735.49 km². El litoral de Quintana Roo es el estado con la mayor superficie de marismas en la república puesto que cuenta con una superficie de 4,774.44 km². El Pacífico Tropical Mexicano, a partir de Jalisco hasta Chiapas las zonas de marismas están escasamente representadas.

Dentro de la vegetación de la zona costera, el manglar, se encuentra distribuido en todo el Golfo de México, destacándose el litoral del Estado de Tabasco, ya que cuenta con la mayor cobertura de manglar en el país (1,509.93 km²), la cual representa el 25.2 % de la superficie total. El Caribe cuenta con una cobertura de 1,050 km²; en conjunto con el Estado de Tabasco representan el 54.9 % de la superficie total. En la vertiente del Pacífico el Estado de Nayarit se destaca por presentar una de las mayores coberturas con 1,065 km² del país.

La vegetación halófitas es la de mayor cobertura de la zona costera del país con más de 15,500 km². En la vertiente del Pacífico Tropical, los estados del norte son los que cuentan con la mayor cobertura de la vegetación halófitas de Baja California a Nayarit con 71.85 % del total.

La vegetación halófitas en el Golfo de México se extiende en un área de 2,459 km², entre Tabasco, Campeche y Yucatán con el 69 % del Golfo de México. La mayor densidad de la vegetación está asociada a dos de los sistemas deltáicos del país; para el Golfo de México el Grijalba-Usumacinta en Tabasco y para el Pacífico el Santiago-San Pedro, en Nayarit.

Cabe aclarar que la cuantificación de la vegetación probablemente este subevaluada, ya que se realizó directamente de la cartografía, perdiendo sensibilidad, así como por su tasa de renovación.

La inestabilidad de la zona costera debida a la geodinámica propia de la zona, así como a los cambios climáticos, y/o al incremento en las actividades antrópicas, producen cambios fisiográficos en el litoral, dicha inestabilidad es considerada como uno de los factores determinantes en las discrepancias de los diferentes censos discutidos aquí, ya que la hacen susceptible a cambios en periodos relativamente cortos.

Referencias

- Albrecht, P., L. Rodríguez A, A. Ramírez y B. Jiménez, 1996.** Proyecto de Ordenamiento Ecológico de la Costa de Oaxaca. En Memorias del 1er Encuentro Regional sobre Investigación y Desarrollo Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas, Universidad del Mar. POECO, CONACyT, SEMARNAP, CODE, México, noviembre de 1996.
- Alcocer J. y E. Escobar, 1996.** Limnological Regionalization of Mexico. Lakes & Reservoirs: Research and Management. 2: 55-69.
- Álvarez Arellano A. y J. Gaitán Morán (1994).** Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano: Geología. En: De la Lanza-Espino y Cáceres-Martínez (Eds.). Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur: p. 13-74.
- Allen, G. P., 1971.** Relationships Between Grain Size Parameter Distribution and Current Patterns in the Gironde Estuary, France. Jour. Sed. Petrol., Vol. 41; p. 74-88.
- Arriaga-Cabrera L, Vazquez-Dominguez E., González-Cano J., Hernández S. Jiménez-Rosemberg R., Muñoz-López E. y Aguilar-Sierra V., 1998.** Regiones Hidrológicas Prioritarias; Fichas Técnicas y Mapa (1:4,000,000). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO/USAID/FMCN/WWF), México, D.F.
- Aston, S. R. y R. Chester, 1976.** Estuarine Sedimentary Processes. En Burton, J. D. y P. S. Liss (Eds) Estuarine Chemistry, Academic Press, Londres. pp. 37-52.
- Barnes, R. S. K., 1980.** Coastal Lagoons. The Natural History of a Neglected Habitat. Cambridge University Press. Cambridge, London. p. 105.
- Bercnasek, G. M., 1989.** Guidelines for Dam Design and Operation in Impounded River Basin, CIFA, Technical Paper II. Rosse Italy.
- Boyton, W. R., W. H. Kemp y C. W. Keefe, 1982.** A Comparative Analysis of Nutrient an Other Factors Influencing Estuarine Phytoplankton Production. In: Kennedy, V. (Ed.). Estuarine Comparison. Academic Press. Inc., Nueva York. 709 p.
- Bruun, T., (1966).** Model Geology : Prototype and Laboratory Streams. Bull. Geol. Soc. America, 77: 959-974.
- Burton, J. D., 1976.** Basic Properties and Processes In Estuarine Chemistry. En Burton, J. D. y P. S. Liss (Eds) Estuarine Chemistry, Academic Press, Londres. pp. 1-31
- Cárdenas, F. M., 1969.** Pesquerías de las Lagunas Litorales de México. En Ayala C., A. y F. B. Phleger (Eds.) Lagunas Costeras, un Simposio. Memorias Simposio Internacional Sobre Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, Nov. 28-30, 1967. México. 545-652.
- Carranza- Edwards, A., M. Gutiérrez Estrada y R. Rodríguez Torres, 1975.** Unidades Morfo-Tectónicas Continentales de las Costas Mexicanas. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 2 (1): 81-88,
- Castañeda L. O. y F. Contreras E., 1995.** Ecosistemas Costeros Mexicanos. CD ROM. UAMI-CONABIO.

- Cervantes, A. M., 1994.** Guía para el Manejo de los Humedales Costeros en el Noroeste de México. ITESM-Guaymas. Cervantes A. (editor y compilador), Sonora, México; pp. 154.
- CNA-IBUNAM** (Comisión Nacional del Agua) e IBUNAM (Instituto de Biología de la UNAM), 1998. Inventario de Cuerpos de Agua Epicontinentales Superficiales, Costeros y Humedales de la República Mexicana. México D. F. pp. 16.
- CNA-IBUNAM** (Comisión Nacional del Agua) e IBUNAM (Instituto de Biología de la UNAM), 1999. Inventario de Cuerpos de Agua Continentales y Costeros. México D. F. pp. 20.
- Contreras-Espinosa F., 1985.** Las Lagunas Costeras Mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México D. F., p. 263.
- Contreras-Espinosa F., 1991.** Clasificación trófica de Lagunas Costeras. Rev. Ciencia, México D. F., N° 42: p. 227-231.
- Contreras-Espinosa F., 2001.** Caracterización de Lagunas Costeras Mexicanas a través de Variables Ecológicas Seleccionadas. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. México D. F. pp. 425.
- Cordero-Melo Y., H. I. García y C. Santín-García, 1977.** Geografía de la República Mexicana. Ed. Herrero, S. A., México. P. 109-142.
- Curry E., J. Emmel and P.J.S. Cramton, 1969.** Holocene History of a Strand Plain Lagoonal Coast, Nayarit, México. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, Nov. 28-30, 1967, México D.F.: 63-100.
- Day, Jr., J. W. y A. Yáñez-Arancibia, 1982.** Coastal Lagoons and Estuaries and: Ecosystem Approach. Ciencia Interamericana. OEA Washington, Vol. Esp. Ciencias del Mar, 22 (1, 2): 11-26.
- De la Lanza-Espino, G. (compiladora), 1991.** Oceanografía de Mares Mexicanos. A. G. T. Editor, S. A., México, D. F., p. 569.
- De la Lanza-Espino G. y M. Rodríguez-Medina, 1993.** Nutrient Exchange Between Subtropical Lagoons and the Marine Environment. Estuarine Research Federation. Estuaries Vol. 15, N° 2: p. 273-279.
- De la Lanza-Espino, G., N. Sanchez-Santillán, V. Sorani y J. L. Bojórquez Tapia, 1996.** Características Geológicas, Hidrológicas y del Manglar en la Planicie Costera de Nayarit, México. Investigaciones Geográficas Boletín, núm. 32, Instituto de Geografía UNAM. México, pp. 33-54.
- De la Lanza-Espino, G. y F. Flores Verdugo, 1998.** Alteraciones del Manglar. En: Destrucción del Hábitat. UNAM. 231-243.
- De la Lanza-Espino, G., C. Cáceres-Martínez, S. Adame-Martínez y S. Hernández-Pulido, 1999.** Diccionario de Hidrología y Ciencias Afines. Ed. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. México, D.F. p 286.
- De la Lanza-Espino, G., 2002.** Características Físico-Químicas de los Mares de México. Temas Selectos de Geografía de México. I. Textos Monográficos: 9. Las Costas y los Mares de México. Eds. Instituto de Geografía UNAM y Plaza y Valdés. 107-122 p.
- Diario Oficial de la Federación (D.O.F.), 2,000**
- Edwards, R. R. C., 1978.** Ecology of a Coastal Lagoon Complex in Mexico. Est. Coast. Mar. Sci 6: 75-92.

- Emery, K. O., R. E. Stevenson, 1957.** Estuaries and Lagoons. I. Physical and Chemical Characteristics. In Hedgpeth, J. W. (Ed.). Treatise on Marine Ecology and Paleocology. Geol. Soc. America, Mem. 67, 1. p. 673-693.
- Emery, K. O., 1967.** Estuaries and Lagoons in Relation to Continental Shelves. In G. H. Lauff Estuaries, vol. 83: p. 9-11.
- EPA, 2001.** Los Estuarios:<http://www.epa.gov/owow/estuaries>. Programa Nacional de Estuarios (NEP).
- Escalona, L.I., 1996.** Importancia y Aprovechamiento de los Manglares en la Costa del Estado de Oaxaca, México. En Memorias del Ier Encuentro Regional sobre Investigación y Desarrollo Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas, Univesidad del Mar. POECO, CONACyT, SEMARNAP, CODE, México, noviembre de 1996.
- Farfán, C. y S. Alvarez B., 1992.** Biomasa del Zooplancton del Alto Golfo de California. Cienc. Mar. Vol. 18 (3): 17-36.
- Ferrusquía-Villafranca I., 1993.** Geology of Mexico: A Sinopsis. Historical Background. In Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution (eds. T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot and J. Fa). Oxford Univrsity Press, New York. pp. 3-107.
- Flores, B. B. P., M. S. Galindo B. y M. Hernández A., 1990.** Registros Semicontinuos de Nutrientes en el Delta del Río Colorado durante verano y otoño. Res. VIII Simp. Intern. Biol. Mar. 37.
- Flores Verdugo, F. J., 1992.** Mangrove Ecosystems of the Pacific Coast of Mexico: Distribution, Structure, Litterfall, and Detritus Dynamics, In: Seeliger, U. (Ed.) Coastal Plant Communities of Latin America. Academic Press Inc. N.Y., pp. 269-288.
- Flores Verdugo, F. J., G. De la Lanza-Espino, F. Contreras Espinosa y C. M. Agraz-Hernández, 2001.** The Tropical Pacific Coast of Mexico. En U. Seeliger y B. Kjerfve (Eds.), Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Ecological Studies, Vol. 144. p. 307-314.
- Galindo, B. M. S., B. P. Flores B. y M. K. Martínez R., 1990.** Registros Semicontinuos de Parámetros Hidrológicos en el Delta del Río Colorado durante verano y otoño. Res. VIII Simp. Intern. Biol. Mar. 37.
- García, E., 1983.** Apuntes de Climatología. Offset Larios. México, D. F. UNAM. 153 p.
- Gómez-Aguirre S. y V. Arenas-Fuentes, 1980.** Impactos en la Naturaleza Hidrobiológica de las Lagunas Costeras. Mem. Congreso Sobre Problemas Ambientales de México. 8-12 de diciembre de 1980. IPN-COPEA-ENCB. México D.F. p. 12.
- Gómez-Agurre S. y S. Contreras B., 1987.** Ictiofauna de la Laguna Madre, Tamaulipas, México. Mem. del IX Congr. Nal. de Zoología. 8-17.
- Grijalva, C. J., L. Reina Castro y M. Gregory Hamman, 1985.** Temperature and visibility in Todos Santos Bay, B. C. México, October 1982 to September 1983. Ciencias Marinas. 11(1): 39-48.
- Grijalva, N., 1975.** The Tide in the Gula of Mexico. Gefísica Internacional. 2: 103-125.
- Horn, M. H. y L. C. Allen, 1976.** Number of Species and Faunal Resemblance of Marine Fishes in Caifornia Bays and Estuaries. Bull. South. Cal. Acad. Sci., 75 (2): 159-170.

- Hoyt, J. H.**, 1967. Barrier Island Formation. Bull. Geol. Soc. America, 78: 1125-1135.
- Ibarra Obando, S. E.**, 1990. Lagunas Costeras de Baja California. Ciencia y Desarrollo. Vol. 16 (92) mayo-junio: 39-49.
- INEGI** (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 1988. Atlas Nacional del Medio Físico. Dirección General de Geografía. México. pp. 224.
- INEGI** (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 1989. Datos Básicos de Geografía de México. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- INEGI** (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), 1999. Cartas Hidrológicas 1:50,000.
- Inman, D. L. y C. E. Nordstrom**, 1971. On the Tectonic and Morphologic Classification of Coasts. J. Geol., 79 (1): 1-21.
- Kjerfve, B.**, 1986. Comparative Oceanography of Coastal Lagoons. In: Wolfe, D. (Ed). Estuarine Variability. Academic Press Inc., Nueva York, 510 p.
- Klein, G. de V.**, 1985 Sandstone Depositional Models for Exploration for Fossil Fuels. International Human Resources Development Corporation. Boston.
- Knoppers B. y Kjerfve B.**, 1999. Coastal Lagoons of Southeastern Brazil: Physical and Biogeochemical Characteristics. In: Estuaries South America: Their Geomorphology and Dynamics. Spriger (Ed), p. 35-66.
- Lankford, R. R.**, 1977. Coastal Lagoons of Mexico. Their Origin and Classification. En: Wiley, M. (Eds.), Estuarine Processes. Academic Press Incorporation, Nueva York. p. 182-215.
- Lassere P.**, 1979. Coastal Lagoons. Sanctuary Ecosystems, Cradles of Culture, Targets for Economic Growth. UNESCO: Nature and Resources, Vol. XV, N° 4, october-december: p. 2-20.
- Loa-Loza, E.**, 1994. Los Manglares de México: Sinopsis General para su Manejo. En El Ecosistema de Manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe. Ed. Suman D., Univ. de Miami, Miami Florida. 144-151 pp
- López S. F.**, 1987. Estudios Físicos y Proyecto de Comunicación de la Laguna Cuyutlán con el Mar. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ingeniería. UNAM.
- Lot-Helgueras**, 1971. Los Pastos Marinos de los Arrecifes de Veracruz. An. Inst. Biol. UNAM, 42, Ser. Botánica (1): 1-44.
- Lugo, J. H.**, 1986. Morfoestructuras del Fondo Oceánico Mexicano. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, México D. F. 15: 9-40.
- Luna H., J. R.**, 1987. Rehabilitación de la Laguna de Cuyutlán, Colima. Res. VII Cong. Nal. Oceanog. 265 p.
- Magallanes, O. V. R., M. M. Grajeda M. y H. Arce O.**, 1993. Variabilidad de Parámetros Físicoquímicos en la Zona costera de Bahía Concepción, B. C. S. México. Res. V Congr. Latinoamer. de Cienc. del Mar. 245.
- Mañón O. S.**, 1985. Caracterización Limnológica del Sistema Lagunar Costero del Estado de Guerrero, México. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. UNAM. 151 p.
- Margalef, R.**, 1967. Ecología Marina. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Monogr. 14. Caracas Venezuela. p. 711.
- Margalef, R.** Comunidades Planctónicas en Lagunas Litorales. 1969; En Ayala-Castañares y F, B, Phleger (Eds.), Lagunas Costeras, un Simposio, Mem. Simp.

Intern. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO. Noviembre 28-30. México, D. F.; p.545-561.

Mc Intire, W. G. y C. Ho, 1969. Development of Barrier Island Lagoons: Western Gulf of Mexico. En: Ayala C. A. y F. B. Phleger (Eds.). Lagunas Costeras, un Simposio, Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO. Noviembre 28-30. México, D. F.; p. 49-61.

Navarro, O. L. F., J. R. Blanco B. y J. Heredia, 1993. Descripción de Algunas Características Hidrodinámicas de la Desembocadura del Río Colorado. Res. V Congr. Latinoamer. de Ciencias del Mar. 284 pp.

Nichols M. and G. Allen, 1981. Sedimentary Processes in Coastal Lagoons. In Coastal Lagoon Research, Present and future. Proceedings of an UNESCO/ IABO, Paris, 33; p. 27-80.

Odum, H. T. y B. J. Copeland, 1974. A Functional Classification of the Coastal Ecological System. In: Odum, H. T., B. J. Copeland y E. A. McMahan (Eds.). Coastal Ecological System of the United States. The Conservation Foundation Washington, D. C. y NOAA, 1: 5-84.

Odum, W. E., J. S. Fisher y J. C. Pickral, 1979. Factors Controlling the Flux of Particulate Organic Carbon from Estuarine Wetlands. In: R. J. Livingston (Ed.). Ecological Processes in Coastal and Marine Systems. Plenum Press Publ. Co. New York: 69-80.

Ortiz Pérez. M. A., 1975. Algunos Conceptos y Criterios de Clasificación de los Medios Lacustres. Anuario de Geografía. UNAM. pp. 129- 138.

Ortiz Pérez M. A., 1978. Geomorfología Fluvial del Curso Bajo del Río Grande de Santiago, Nayarit, Tesis de Maestría, Colegio de Geografía, UNAM, México, 92 pp.

Ortiz Pérez M. A., 1979. "Fotointerpretación geomorfológica del Curso Bajo del Río Grande de Santiago, Nayarit, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, México, núm. 9, pp.65-92 pp.

Ortiz Pérez M. A. y Espinosa Rodríguez, L. M., 1991. Clasificación Geomorfológica de las Costas de México. Geografía y Desarrollo. Rev. Del Coleg. Mexicano de Geogr. Posgr. A. C., vol. 2(6). p. 2-9.

Ortiz Pérez M. A. y L. Romo Aguilar, 1994. "Modificación de la Trayectoria Meándrica en el Curso Bajo del Río Grande de Santiago, Nayarit, México", Investigaciones Geográficas Boletín núm. 29, Instituto de Geografía, UNAM, México, , pp.9-23.

Ortiz Pérez M. A. y A. P. Méndez Linares, 1999. Escenarios de Vulnerabilidad por Ascenso del Nivel del Mar en la Costa Mexicana del Golfo de México y el Mar Caribe. Investigaciones Geográficas, Boletín 39, UNAM. México, D.F.; p. 68-81.

Ortiz-Pérez M. A. y A. P. Méndez-Linares, 2000. Componentes Naturales y de Uso del Suelo Vulnerables a las Variaciones del Nivel del Mar en la Costa Atlántica de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. México, Núm. 41; p. 46-61.

Ortiz-Rendón, G., 2001. Administración del Agua. Aplicación de Instrumentos de Política Hidráulica en Escenarios Alternativos. IMTA, México. Pp. 17-18.

Perkins, E. J.,1974. The Biology of Estuaries and Coastal Waters. Academic Pres. Nueva York. 678 p.

- Petzall**, 1967. Sedimentación Marina. En Margalef, R. (compilador). Ecología Marina. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Monogr. 14. Caracas Venezuela. pp.35-66.
- Phleger**, F. B., 1969. Some General Features of Coastal Lagoons. En Ayala-Castañares y F, B, Phleger (Eds.), Lagunas Costeras, un Simposio, Mem. Simp. Inter., Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO. Noviembre 28-30. México D. F.; p. 5-26.
- Phleger** F. B. y R. R. Lankford, 1974. Sedimentos y Foraminíferos de la Laguna de Alvarado, Ver., México. Res. V Congr. Nal. Oceanogr.
- Pritchard**, D. W., 1952. Estuarine Hydrography. Advances in Geophysics. 1: 143-280.
- Pritchard**, D. W., 1955. Estuarine Circulation Pattern. Proceeding of the American Society of Civil Engineers, 81 (717): 1-11.
- Pritchard**, D. W., 1967. What is an Estuary; Physical Viewpoint. In: Lauff, G. H. (Ed). Estuaries. Am. Ass. Sci. Spec. Publ., 83: 3-5.
- Pritchard** D. W. And H. H. Carter, 1971. Classification of Estuaries: Classification According to Physical Processes; p. 9-11. In J. R. Shubel (ed.), The Estuarine Environment. Estuaries and Estuaries Sedimentation. Short Cours Lecture Notes. American Geological Institute, Washington, D. C.
- Ramírez-García** P. y Solís-Weiss V., (en prensa). Problemática y Estado de los Manglares en México.
- Rendón, von Osten**, J., 1996. Deformaciones del Manglar en el Sistema Lagunar Buenaviasta-La Joya-Mar Muerto, estado de Chiapas. En Memorias del 1er Encuentro Regional sobre Investigación y Desarrollo Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas, Univesidad del Mar. POECO, CONACyT, SEMARNAP, CODE, México, noviembre de 1996
- Reyes**, C.M., M.M.A., Velasco y M.R., Gómez, 1996. Ordenamiento de las Pesquerías en los sistemas Lagunares de Chiapas. En Memorias del 1er Encuentro Regional sobre Investigación y Desarrollo Costero: Guerrero, Oaxaca y Chiapas, Univesidad del Mar. POECO, CONACyT, SEMARNAP, CODE, México, noviembre de 1996
- Rezak**, R y G. Edwards, 1972. Carbonate Sediments of the Gulf of Mexico. In: Contribution on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico. Rezak & Henry (Eds). Houston, Texas. Bol. 3: 263-280.
- Rico Garay** V., 1981. *Rhizophora harrissonii* (Rhizoporaceae), un nuevo registro de las costas de México. Biol. Soc. Bot. México, 41: 163-165.
- Ringuelet**, R. A., 1962. Ecología Acuática Continental. EUDEBA, Editorial Universitaria de Buenos Aires. Argentina: p. 135.
- Rzedowski**, J., 1978. Vegetación de México. Limusa, México.
- Sánchez-Santillan** y De la Lanza-Espino, 1994. Aspectos Climáticos en una Laguna Costera (Ejemplo de Caso: Laguna de Huizache y Caimanero).Clima. En: De la Lanza-Espino y Cáceres-Martínez (Eds.). Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur: p. 199-220.
- Santamaría**, del A. E. y E. Orellana, 1992. Tintinidos de la Bahía de Todos Santos, B. C., México (1980-1985). I. Taxonomía. Cienc. Mar. 18(2): 171-197.

- Santoyo, R. H.**, 1991. Fitoplancton y Productividad de Lagunas Costeras. En: Figueroa, T. M. G., C. Álvarez, S., A. Esquivel H. y M. E. Ponce M. (Eds.). Fisicoquímica y Biología de las Lagunas Costeras Mexicanas. UAM-I. 31-45.
- Schelske, C. L.** y E. P. Odum, 1962. Mechanisms Maintaining High Productivity in Georgia Estuaries. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst., 14; 75-80.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG)**, 1960. Yáñez-Arancibia, A., 1982. Usos, Recursos y Ecología de la Zona Costera. Ciencia y Desarrollo CONACYT, 43 (VIII): 58-63.
- SARH-UNAM**, 1994. Inventario Nacional Forestal Período 1992-1994. Subsecretaría Forestal y de la Fauna Silvestre.
- Secretaría de Marina**, 1974. Estudio Geográfico de la Región de Ensenada, B. C., México. 465 pp.
- Shepard, P. F.**, 1973. Submarine Geology. Harper & Row, Publishers. New York. 517 pp.
- Sorensen, J.C.** y S. T. McCreary, 1990. Institutional Arrangement for Managing Coastal Resources and Environment. En: Renew. Resources Information Ser. Coastal Management. Publ. 1: 194 pp.
- Suman, D.**, 1994. Situación de los Manglares en América Latina y la Cuenca del Caribe. En El Ecosistema De Manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe. Ed. Suman D., Univ. de Miami, Miami Florida. 1-10 pp.
- Sverdrup, H. U.**, M. W. Johnson y R. H. Fleming, 1942. The Oceans: Their Physics Chemistry and General Biology. (Eds.) Prentice-Hall, Inc. New York. 1087 pp.
- Tamayo J. L.**, 1962. Geografía General de México. Inst. Mex. Invest. Econ., 2nd Ed., México, D. F., 562 p.
- Tamayo J. L.**, 1970. Geografía Moderna de México. Ed. Trillas, México, 390 p.
- Tovilla, H. C.**, y E. Loa, 1991. Manglares y Marismas, Modificaciones Debidas a los Cambios en el Uso del Suelo, en la Costa del Estado de Chiapas, Durante 40 Años. Memorias I Congreso Latinoamericano de Administración de la Zona Costera, 13-15 Marzo, Ensenada, Baja California Norte, México.
- Tovilla, H. C.**, y D.E.B., Orihuela, 1996. Proyecto Reforestación de una Zona de Manglar en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua-La Pastoría, Municipio de Tultepec, Oaxaca, Fondo Mexicano de Protección a la Naturaleza-CONACYT, Delegación Estatal de SEMARNAP, Oaxaca.
- Vázquez-Botello, A.**, O. Toledo, G. de la Lanza-Espino y S. V. Fragoso, 2000. The Pacific Coast of Mexico. In: Seas at the Millenium. An Environmental Evaluation, Vol. 1, Regional Chapters; Europe, The Americas and West Africa. Sheppard (Ed) Cap. 30: p. 483-499.
- Velázquez L.** y Ordaz A., 1992. Provincias Hidrogeológicas de México. Ingeniería Hidráulica en México, 7 (11). pp. 36-55.
- Yáñez-Arancibia, A.**, 1986. Ecología de la Zona Costera; Análisis de Siete Tópicos. AGT Editor, México D.F. pp. 175.
- Yáñez-Arancibia, A.**, 1987. Lagunas Costeras y Estuarios: Cronología, Criterios y Conceptos para una Clasificación de Sistemas Costeros. Rev. Soc. Mexicana de Historia Natural, Vol. XXXIX. p. 35-54.
- Yáñez-Arancibia, A.** y R. Nugent, 1976. Some Ecological Relationships of Nektonic Communities in Nine Coastal Lagoons on the Pacific Coastal of Mexico.

39th Annual Meeting American Society of Limnology and Oceanography. Georgia, 21-24 junio.

Zenkovitch, V. P., 1969. Origen of Barrier Beaches and Lagoon Coast. En Ayala-Castañares y F, B, Phleger (Eds.), Lagunas Costeras, un Simposio, Mem, Simp, Inter., Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO. Noviembre 28-30. México D. F.; p. 27-3