

01084  
2g.2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DISTRIBUCION DE NIVELES DE MAREA, SALINIDAD Y  
TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA DE MAR DE  
ACUERDO CON LAS ESTACIONES MAREOGRAFICAS  
DE MEXICO

T E S I S

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE:

DOCTOR EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A :

MARIO GOMEZ RAMIREZ



MEXICO, D. F.

1999

27 3981

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**EL PRESENTE TRABAJO SE IMPRIMIÓ CON EL APOYO DE  
LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**

## **DEDICATORIAS**

A MI ESPOSA

KARINA EILEEN

E HIJOS

YAFTÉ YAKÍN, EILEEN FÁTIMA Y ATENAS

QUE EN TODO MOMENTO COMPARTIERON DIVERSAS SITUACIONES TANTO POSITIVAS COMO NO GRATAS, PERO QUE A TRAVÉS DE SU HUMILDAD, GENTILEZA, SAPIENCIA Y APOYO, FUE POSIBLE SORTEAR Y CONCLUIR UN ESFUERZO MÁS DEL PROCESO DE FORMACIÓN CULTURAL.

A MIS PROGENITORES

JUAN Y JULIA

POR SUS ENSEÑANZAS QUE SE FUSIONARON Y FUERON LAS QUE LOGRARON FORJAR MI  
EMPEÑO EN EL TRABAJO PARA ALCANZAR A TRAVÉS DE LA VIDA CADA UNA DE MIS METAS

HERMANOS

VERÓNICA, VICTORIA, ALEJANDRA, AVELINA Y JOSÉ JULIO

POR EL PERMANENTE RESPALDO PARA ALCANZAR LA SUPERACIÓN

## AGRADECIMIENTOS

Hago un distinguido reconocimiento y al mismo tiempo expreso un agradecimiento cordial al Dr. Genaro Correa Pérez, que a través de su vasto conocimiento geográfico llevó la dirección de la investigación durante todo el desarrollo, brindándome a cada momento con esmero sugerencias siempre oportunas y correctas para enriquecer el trabajo, así como su gentileza, amistad y honorabilidad que le caracterizan.

Manifiesto mi gratitud al Dr. Manuel Guerrero González que amablemente aceptó participar en el desenlace del trabajo, asimismo, en la colaboración y apoyo permanente de consultorías que contribuyeron al realce del contenido.

Un agradecimiento especial a cada uno de los doctores Ramón Sierra Morales, José Enrique Zapata Cepeda, Juan Carlos Gómez Rojas, David Velázquez Torres y Apolonio García Sánchez, por acceder cortésmente a formar parte del jurado, contribuir constantemente con sus valiosas asesorías, revisión del documento, señalamientos, comentarios y sugerencias que enriquecieron la investigación.

Agradezco a mi amigo Antonio Cardoso su valioso tiempo y experiencia que me brindó en la revisión del texto y corrección de estilo, así como a María Esther Quiroz por las consultas requeridas.

Externo mi gratitud muy especial a Iris Natalia Reséndiz por el apoyo sincero y su cooperación incondicional, la cual me brindó a cada momento hasta finalizar la investigación.

Al Dr. Jaime Urritia-Fucugauchi, Director del Instituto de Geofísica de la UNAM, por su atención y apoyo en la obtención de datos específicos.

Al equipo de trabajo, precursor del Departamento de Mareografía del Instituto de Geofísica de la UNAM, que durante mi estancia laboral, compartieron experiencias muy importantes sobre la temática de las mareas a nivel nacional.

A mis amigos observadores de las estaciones mareográficas, un reconocimiento por su trabajo, a través del cual me fue posible conocer y adentrarme en el fenómeno de las mareas que acontecen en distintos puntos de los litorales del país.

Un agradecimiento extensivo al personal y compañeros de trabajo de los Proyectos de Climatología y Meteorología del Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), por el apoyo con la información proporcionada de normales climatológicas y de ciclones tropicales.

## INTRODUCCIÓN

El océano a través del paso del tiempo geológico ha sido escenario de significativos procesos evolutivos, como es el hecho de haber constituido el recinto donde tuvo su origen la vida. Los científicos consideran que probablemente esta surgió en “una cuenca protegida de agua de marea en las costas del mar primigenio” (Aguilar, 1992, p. 27).

Las especies en un principio, poblaron las aguas cálidas tropicales que reunían las características más favorables, y conforme evolucionaron, se distribuyeron paulatinamente en ambientes con otros estadios de temperatura.

En las cuencas oceánicas se desarrollan diversos procesos y fenómenos, que desde el inicio de las primeras civilizaciones causaron expectación e interés.

Con el transcurso de la historia se retomaron y originaron una serie de mitos en relación con los océanos y en especial sobre las mareas.

En el año 600 a. de C. el filósofo griego Tales de Mileto, consideró que el agua de los *Oceanus* era el origen del mundo. En cambio para algunos otros, la génesis de las mareas, las atribuyeron a la acción de los vientos o al derrumbe de una gruta submarina.

Las mareas en especial, por mucho tiempo cautivaron a las poblaciones asentadas en las cercanías a la línea litoral, sin llegar a descubrir que forman parte del proceso de evolución que se origina en el universo.

Los avances de la ciencia precisan que en el océano tienen lugar, una serie de fenómenos como el de la renovación del piso marino, ciclones tropicales, las tsunamis, las corrientes, las mareas, entre otros, y que destacan por su comportamiento e impacto que causan.

Las aguas marinas que contienen las diversas cuencas oceánicas desde la superficie hasta lo más profundo de la región abisal, en buena parte desconocida para la ciencia, así como cada una de las gotas de H<sub>2</sub>O que forman el ambiente acuoso salino, no escapan, ni dejan de responder a la fuerza astronómica que generan el Sol y la Luna, a través del movimiento que ejercen las mareas. Este fenómeno adquiere mayor relevancia al apreciarse en los distintos litorales, ya que influye directamente en las diversas formas de vida de la conocida zona intermareal y en las de carácter abiótico.

Las mareas a través del estudio de la mareografía, tienen una gran importancia geográfica, que va más allá del desarrollo de las diversas actividades económicas marinas, ya que involucra los ambientes biológicos, engloba la dinámica de las interacciones oceánicas, atmosféricas y sus relaciones tanto espaciales como temporales vinculadas al desarrollo de la sociedad.

Las investigaciones de algunos matemáticos, con la aplicación de complejos procedimientos llegan a deducir, que en un futuro muy lejano, “el día será 50 veces más largo de lo que es hoy” (Carson, 1952, p. 187). La fricción de la marea, tiene la posibilidad de producir efectos como son el alejamiento

paulatino de la Tierra, asimismo, determinará con el tiempo, que las mareas oceánicas tengan menos intensidad en comparación con las que acontecen en la actualidad.

El fenómeno de las mareas es bastante complejo para el entendimiento del género humano y aún falta la búsqueda de una respuesta a un buen número de detalles.

Las características físicas y químicas en las aguas marinas resultan de igual importancia que las mareas, así como otros fenómenos que tienen su origen en el seno del océano. Para la vida de las especies del medio marino las variables como la temperatura, salinidad, oxígeno y profundidad, resultan imprescindibles sobre todo, porque se consideran las principales barreras que obstaculizan el libre desplazamiento de los organismos en los distintos ecosistemas del ambiente de las cuencas oceánicas.

La investigación se encausó a través del análisis de la distribución de siete niveles de marea, con base en los registros obtenidos de 28 estaciones mareográficas localizadas en la línea de costa de las aguas marinas de México, y corresponden a los promedios de pleamares superiores, pleamares, nivel medio del mar, media marea, bajamares, bajamares inferiores y amplitud media. En forma complementaria, las estaciones se agruparon de acuerdo con su localización y según el litoral, en cuatro regiones que corresponden al Océano Pacífico, Golfo de California, Golfo de México y mar de Las Antillas, con el fin de mostrar el comportamiento y la distribución brasmológica.

También se ofrece un análisis de la temperatura y salinidad superficial del agua de mar por estación, propiedades físico-químicas del líquido marino, al fin características que influyen en la dinámica general del océano y particularmente en las mareas, asunto que incrementa su importancia en el espacio continental y en suma de la porción de gran actividad y dinamismo, como lo es el entorno del litoral. Además, se abordan algunos fenómenos como los ciclones tropicales, *El Niño* y *La Niña*, entre otros, que se vinculan directamente con las variaciones anteriormente señaladas, así como con la variabilidad climática ya que tienen efectos sobre el territorio nacional.

Para poder entender y penetrar en las interrelaciones que se conjugan en la dinámica del océano y atmósfera, se integraron registros climatológicos de cada una de las estaciones.

Como se verá más adelante, el fenómeno de las mareas tiene una variedad de caracteres que influyen explícitamente en el planeta, así como ocurre con la temperatura y la salinidad, asuntos todos que conciernen a este trabajo.

El océano además de proporcionarnos alimentos, contiene una gran fuente de recursos, funge como estabilizador del clima, absorbe parte del calor que contienen los gases de invernadero, es el recinto de una serie de movimientos tanto en superficie como internos. Es un espacio vital para la sociedad, asimismo, lo es para las actividades que se desarrollan en el ámbito político, militar, económico, energético, del transporte, como fuente de



alimentos, en los ecosistemas y sirve de cadena clave en los vínculos que tienen lugar en el océano como en la atmósfera, entre otros.

A escasos meses de que inicie un nuevo siglo, tiempo en que se hace evidente una dinámica global mundial de las actividades, los avances transformadores de la tecnología, han trascendido en el conocimiento del espacio exterior y en general, sobre las distintas necesidades del género humano contemporáneo.

Las actitudes que se han tomado en relación con el océano, influyen en las diversas formas de vida terrestre y en las interconexiones de la dinámica del planeta. Las acciones positivas han dado lugar a nuevos conocimientos, sin embargo, otras le ocasionan daños irreversibles. Por destacar sólo algunos ejemplos, se encuentran las grandes construcciones portuarias, los polders, los túneles submarinos como el que se llevó a cabo en el Canal de la Mancha, la conexión artificial de dos océanos a través del Canal de Panamá y la posibilidad de construir el Canal Transístmico en Tehuantepec, los ensayos atómicos marinos en los atolones del Pacífico, portentosas plataformas marinas para la extracción de hidrocarburos, así como tomar al océano para *basurero* y receptáculo de desechos residuales nucleares, al igual que las diversas actividades que realiza la sociedad, tanto en la parte continental como en la marítima.

El eminente peligro y permanente deterioro del medio marino, encausó a declarar el año de 1998 como *Año Internacional del Océano*. Para conmemorar el hecho, se llevaron a cabo distintas actividades, y en particular, la exposición de Lisboa en Portugal, en la cual destacó la participación de México, al exhibir algunas de las riquezas localizadas en aguas marinas nacionales.

México es un país que cuenta con una extensa superficie de espacio marítimo superior a los 11 mil kilómetros de litoral, cerca de 200 islas y 1,500 has. de estuarios, pero en gran parte de los pobladores todavía no se considera relevante el conocimiento, integración e interacciones de la geografía del océano.

La geografía de los mares tiene un campo de acción amplio y de suma importancia, sin duda algunas investigaciones son plausibles sobre el ámbito marino, entre ellas, las relacionadas con la mareografía.

Se advierte la necesidad de impulsar acciones en dicho campo y sobre todo en el conocimiento espacial de los recursos del mar y de los procesos que se desarrollan en su seno. Estas investigaciones tendrían que llevarse a cabo, por el permanente riesgo que existe de presentarse un cambio climático global, que repercutiría directamente en todos los procesos marinos, sobre los continentales y en general del planeta.

Por lo relevante que resulta el océano, es necesaria la realización de una integración con la parte continental vinculada a la acelerada carrera espacial, como una actividad fundamental en la continuación del avance del género humano y de la preservación de las especies que habitan en la Tierra.



# PRESENTACIÓN

Los inicios sobre la temática de esta investigación se remontan a finales de la década correspondiente a 1980 y a la de principios de 1990, la entonces encargada de coordinar la hoja de energía del *Atlas Nacional de la República Mexicana* mediante invitación expresa, me propuso realizar un trabajo previo que consistió en elaborar un mapa de mareas de México. El trabajo inició *de facto*, y posteriormente alcanzó la dimensión que corresponde a una tesis.

La elaboración preliminar de un mapa de mareas a nivel nacional, contribuyó para dimensionar lo complejo de la investigación e identificar los diversos retos que implicaba llevar a cabo una tarea de tal envergadura. La labor realizada hasta ese momento, sirvió para tomar la decisión de continuar en la línea de investigación y llevarla a nivel de doctorado, puesto que se contaba con una plena visión del objetivo, y de la meta a lograr en el conocimiento, conciencia e importancia que debe tener la mareografía en un país como México, así como la dimensión de las dificultades a superar para culminar el trabajo.

Fue determinante la experiencia adquirida en trabajos relacionados con el mar, al laborar en el Departamento del Servicio Mareográfico Nacional, del Instituto de Geofísica, UNAM, así como los llevados a cabo en meteorología y climatología en el Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua, institución en la que hasta la fecha desempeño labores, la participación en reuniones de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) y en distintos foros que fueron los que contribuyeron para priorizar los requerimientos, estudios y situación real que prevalece en este ámbito.

La carencia de información y trabajos de esta índole para efectuar la investigación influyó en la necesidad de planear, organizar, establecer e implementar una metodología de trabajo propia y apegada a los lineamientos geográficos, a fin de conjuntar los hechos y fenómenos que han tenido lugar en las aguas marinas de los litorales nacionales, y a través del tiempo, en que ha trabajado cada estación mareográfica considerada en la investigación indicada, con el interés de que la población pueda hacer uso en beneficio de sus diversas actividades.

– El objetivo general consistió en conocer la distribución de siete niveles de marea en función de los registros mareográficos, así como la salinidad y temperatura superficial del agua de mar en los litorales de México. Para alcanzar el objetivo se trabajó en los siguientes puntos:

– Integrar la información mareográfica disponible hasta 1990, desde un contexto geográfico a nivel nacional para conocer las características brasmológicas, así como las de la salinidad y temperatura superficial del agua de mar, que reúnen las costas nacionales.

– Representar la distribución de los niveles de marea, salinidad y temperatura superficial marina de la línea costera de México.

- Relacionar las características geográficas e influencia en el comportamiento de los niveles de marea, salinidad y temperatura de las aguas marinas de México.
- Analizar la dinámica de las mareas, salinidad y temperatura, a partir de las observaciones realizadas en las estaciones mareográficas.

El desarrollo de la investigación se encausó a través de los lineamientos del método indicado, y corresponde a un avance en el conocimiento del comportamiento de la distribución de los niveles de marea, con base en los registros de 28 estaciones mareográficas distribuidas en los litorales del país. En este caso, es preciso señalar que se decidió trabajar con el número señalado de estaciones, porque sólo de ellas estuvieron disponibles los archivos con la información básica, en la mayoría de los casos completa, y no en otras, donde también se realizaron observaciones, pero de las cuales no fue posible obtener los registros.

Algunas de las estaciones mareográficas consideradas por su ubicación no representan el comportamiento de la marea en la línea de costa, ya que se establecieron sobre cauces de ríos, lagunas, etcétera. Sin embargo, fueron de gran valía para el entendimiento espacial de los movimientos mareológicos del entorno costero.

La base de datos fue el soporte para trabajar con el promedio de siete niveles de marea que cubrieron lo referente a las pleamares superiores, pleamares propiamente dicho, nivel medio del mar, media marea, bajamares, bajamares inferiores y amplitud media.

En primera instancia, la información se concentró y archivó en forma horaria-diaria. Posteriormente se efectuaron los promedios mensuales, anuales y estacionales respectivamente, éstos finalmente fueron los que se utilizaron en la investigación. También fue necesario trabajar la información sin reducir, y referida al nivel medio del mar, entendiéndose éste, como punto de partida, el nivel cero.

Al tener la información organizada, se optó trabajar en la conversión de los datos cambiándolos de pies a metros.

En el análisis de la salinidad y temperatura superficial del agua de mar (TSM), el proceso de preparación de la información consistió en utilizar los registros diarios y calcular los promedios mensuales, anuales y estacionales. Es importante puntualizar que la representación de las siglas, es en partes por mil para la salinidad, y en grados Celsius para el caso de la temperatura.

Los periodos de las variables físico-químicas no son comparativos con respecto a los niveles de la marea, esto se debe a faltantes en los registros y al tiempo de operación de cada estación mareográfica, ya que en algunos casos la información es anterior al año de 1990.

En el aspecto de la temperatura superficial del mar para entender más a fondo el comportamiento, contar con detalles actuales y aplicarlos a las costas nacionales, se desarrollaron mapas mensuales a partir de abril de 1997 hasta agosto de 1999. En la elaboración de los mapas se utilizaron cartas diarias de la TSM obtenidas vía internet del Institute of Global Environment and

Society, así como del Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA-IGES). A través del trazo de una retícula de 5 x 5° entre los 15 a 30° de latitud norte y 85 a 120° de longitud oeste, se calcularon los promedios semanales, así como mensuales. Finalmente, con la media de cada mes se trazó un mapa de isotermas.

En los asuntos de las mareas y de otros aspectos conexos que se tratan, no dejó de expresarse la causalidad inherente.

Para complementar las interrelaciones que existen entre el océano y la atmósfera, se incorporó información de normales de estaciones climatológicas correspondientes a los mismos sitios de localización de la red mareográfica.

Las variables tratadas fueron la temperatura ambiente, precipitación y nubosidad del periodo de 1951 a 1980.

También se utilizó información del Centro de Predicción del Clima, de los Centros Nacionales de Predicción del Medio Ambiente, NOAA y Servicio Meteorológico Nacional, para abordar los asuntos de la temperatura superficial del mar, ciclones tropicales, *El Niño* y *La Niña*, entre otros.

La representación de la información se llevó a cabo con la elaboración de mapas, gráficas y cuadros.

Para resolver algunos faltantes de información y solamente para realizar la representación, se empleó el proceso de interpolación a través de la utilización de la paquetería del Surfer.

Durante todo el desarrollo del trabajo para el procesamiento y manejo de la información, fue necesario el apoyo y aplicación de técnicas como la estadística básica, de muestreo en el ambiente marino, bases climatológicas, cartográficas, análisis de imágenes de satélite y diversas herramientas de computación.

Las actividades que se efectuaron durante el desarrollo de la investigación consistieron en lo siguiente:

- Planeación, organización y programación del trabajo.
- Consulta de fuentes bibliográficas, hemerográficas, de videoteca e internet, sobre el tema.
- Revisión cartográfica.
- Selección y ordenación de la información.
- Integración de la información correspondiente a registros de mareas, salinidad y temperatura superficial del mar en el Servicio Mareográfico Nacional.
- Recopilación de la información en el Servicio Meteorológico Nacional de normales climatológicas y ciclones tropicales.
- Diseño de formatos para la concentración de la información.
- Organización de los registros del archivo.
- Captura en forma digital de los registros promedios mensuales de cada uno de los niveles de pleamares superiores, pleamares, nivel medio del

- mar, bajamares y bajamares inferiores, así como de salinidad y temperatura por estación mareográfica.
- Interpolación de los registros faltantes.
  - Lectura e interpretación de mareogramas.
  - Elaboración y cálculo de los niveles correspondientes de media marea y de amplitud media.
  - Elaboración de la estadística básica y las respectivas particularidades, según el caso.
  - Validación de la información.
  - Conversión de los datos de los niveles de mareas, de unidades inglesas (pies) a metros.
  - Interpretación de mapas y obtención de datos de TSM.
  - Selección e interpretación de imágenes de satélite.
  - Elaboración del diagnóstico geográfico del entorno marino nacional.
  - Planeación, diseño y preparación de la representación de la información.
  - Manejo de la cartografía temática.
  - Elaboración y representación de la información obtenida y procesada en mapas, gráficas y cuadros de concentración.
  - El trabajo de campo fue realizado en cada una de las estaciones mareográficas del país, en distintos periodos, desde 1987 a 1999.
  - Realización de entrevistas informales.
  - Consultorías.
  - Análisis y sinopsis de la información.
  - Interpretación de resultados.
  - Preparación y redacción de capítulos.
  - Revisión del contenido.
  - Conclusiones.

El trabajo trata de nueve capítulos, en el primero se abordan los aspectos históricos, definición, origen, comportamiento y teorías correspondientes al fenómeno de las mareas.

El apartado dos versa sobre la importancia que tienen las mareas desde un punto de vista geográfico en distintos ámbitos, como son el físico, económico, biológico, entre otros.

El capítulo tres se enfoca a la estaciones mareográficas, la importancia de su establecimiento, caracterización y distribución a lo largo de los litorales nacionales.

En el cuarto apartado se describe la clasificación de las mareas, los factores que inciden sobre su comportamiento, la dinámica, así como la representación gráfica de los tipos de curva de la marea real y pronóstico de buena parte de las estaciones mareográficas que tienen lugar en las aguas marinas de los litorales nacionales.

En el quinto tema se analizan cada uno de los siete niveles de marea considerados en la investigación, además se incluye el comportamiento y

distribución para cada estación mareográfica considerada y en conjunto, organizada en forma mensual y anual, a través de la representación de mapas, cuadros y gráficas espaciales-temporales de acuerdo con la localización por regiones.

En el rubro del capítulo seis, se incursiona al tema de las corrientes marinas por existir relación con el fenómeno de las mareas.

Al llegar al tema siete se abordan las tsunamis, debido a que es un fenómeno que ocurre en las cuencas oceánicas y que en ciertas ocasiones se confunden o se da el mismo tratamiento que a las mareas.

En el capítulo ocho se cubre la característica química del líquido de las cuencas marinas como es la salinidad y las interrelaciones que tienen lugar con otros aspectos físicos, como es la temperatura y las mismas mareas. Se representó la concentración de la salinidad en las aguas costeras mediante la elaboración de mapas mensuales, anuales y estacionales, así como con gráficas espaciales-temporales, por estación y en conjunto agrupadas por regiones, a fin de analizar la concentración salina en cada uno de los espacios marinos conforme a su localización. Como complemento se integraron las variables de temperatura ambiente, precipitación y nubosidad para cada estación mareográfica, que contribuyen al entendimiento de la integración y relaciones que se vinculan con el océano y la atmósfera.

El último tema que cubre la investigación se refiere a la temperatura superficial del mar, que es un aspecto muy relevante en el proceso dinámico de los océanos, así como en los atmosféricos, que sin duda influye entre las mareas y la salinidad. Por esta razón, se tratan fenómenos que dependen o tienen influencia de la temperatura superficial del mar, como *El Niño*, los ciclones tropicales, y en los organismos. Los datos registrados en las estaciones mareográficas se trabajaron en la misma forma que en el capítulo anterior, para conocer la distribución de la temperatura a lo largo de los litorales nacionales.

Finalmente, se incluyen dos anexos que contienen una comparación gráfica de las variables de salinidad y temperatura promedio mensual por cada estación mareográfica, y que permite observar la estrecha relación que existe entre ambos parámetros. Asimismo, se incluyen mapas de TSM mensuales elaborados desde abril de 1997 hasta agosto de 1999, a fin de contar con un seguimiento más reciente y gráficas que relacionan la temperatura ambiente y precipitación.

Se presentaron inconvenientes para la culminación de la presente investigación, los principales consistieron en la falta de información bibliográfica, investigaciones relacionadas con la temática, metodologías específicas de trabajo, acceso a las bases de datos, apoyo económico, interrupciones, desorganización y faltantes en los registros de las estaciones mareográficas, así como profesionales en la materia, que fueron escasos y se advirtió desinterés por la mareografía entre otros aspectos.

# CAPÍTULO I

## LAS MAREAS

### 1. ASPECTOS GENERALES

El planeta Tierra se encuentra interconectado en cuatro grandes capas: la litosfera que está compuesta por una estructura rígida de rocas; la esfera gaseosa, la cual contiene una mezcla de gases, es decir, la atmósfera; la cubierta acuosa que engloba la hidrosfera, y la biosfera que es la que reúne las formas de vida.

A la Geografía de la hidrosfera le compete el estudio de la dinámica de las aguas oceánicas y continentales.

El espacio oceánico está compuesto por un enorme volumen de agua salada que circunda alrededor de los continentes. El 71% del globo terráqueo lo cubren las aguas que contienen las cuencas marinas y únicamente el 29% corresponde a la tierra firme.

Los mares y océanos salados contienen el 97% del agua del planeta.

El agua marina se reparte en cuatro océanos, el Ártico cubre el 4%, el Atlántico un 26%, el Pacífico 49% y el Índico 21%.

Es importante destacar que las aguas oceánicas y las tierras emergidas tienen una distribución no equitativa. En el hemisferio norte (hemisferio terrestre), el 40% del espacio es continental, y el 60% lo ocupan los mares. En el hemisferio sur (hemisferio oceánico), es todavía mayor esta diferencia porcentual ya que el 20% son tierras y el 80% está cubierto por las aguas marítimas.

Esta enorme cubierta líquida localizada en las distintas geoformas oceánicas, ha determinado que varios estudiosos denominen *planeta azul* a la Tierra. “¡Qué espléndido y hermoso es nuestro planeta azul! Con cuánta razón se le ha llamado así, pues en verdad brilla con un color azul intenso, escarchado por cientos de pequeños puntos blancos que forman las nubes, y que se asemeja a sembradíos de algodón” (Neri, 1987, p. 81).

#### 1.1 Históricos

En las aguas oceánicas se suscitan diversos fenómenos, y entre ellos destacan las corrientes marinas, ciclones tropicales, erupciones submarinas, mareas, olas, maremotos, entre otros de origen natural, cada uno con un comportamiento específico.

Uno de los fenómenos más visibles y sorprendentes que ocurren en los océanos, es el avance alterno y retroceso del mar sobre la costa. Para las personas que han estado alguna vez en la planicie costera o en lo que en forma



común el turista reconoce como playa,<sup>1</sup> no es ajena la vivencia del movimiento vertical de ascenso y descenso del agua del mar durante el transcurso del día. A este comportamiento periódico que en forma permanente presentan las aguas marinas, se le conoce como marea.

Las mareas a lo largo de la historia han llamado la atención al género humano, y en la antigüedad lo maravillaron mucho antes de tener la idea de las causas que originan las mismas. Este fenómeno de la naturaleza, por siglos asombroso para la gente, condujo a los interesados a mantener una constante observación y a contemplar su rítmico vaivén; particularmente los filósofos, matemáticos y físicos, trabajaban en la búsqueda de las causas y a entender la ocurrencia cíclica del mismo en el tiempo y espacio.

Algunos pueblos antiguos concebían a las mareas como producto de la acción de seres míticos.

La civilización China las atribuía al pulso y a la respiración de la Tierra; la población de los países escandinavos, en los legendarios relatos que contienen las sagas (escritos tradicionales que comprenden la historia, la religión y las costumbres) las asociaba con *Thor*, el dios de las fuerzas del aire, y a él achacaban la producción de las mareas, por lo que se decían que al soplar sobre las aguas del mar las elevaba y dejaba descender, de manera alterna.

Los pasajes bíblicos hacen referencia a la marea que permitió a Moisés y a su pueblo el éxodo de tierras egipcias, *al abrirse las aguas* del mar Rojo. Este espacio marino, es conocido porque “posee mareas muy especiales, las cuales se manifiestan con aspectos semejantes a las de las olas estacionarias en un mar cerrado” (Bertino, 1977, p. 6). Hay investigadores que consideran que los efectos de la marea alta en el mar Rojo “se dejaban sentir de un modo realmente notable en toda la zona norte de Suez, inundando una región arenosa que separaba las lagunas de los lagos amargos del Golfo de Suez” (Bertino, 1977, p. 6). En este sitio, la marea fue importante para el pueblo israelita y “Moisés la conocía muy bien, pues había vivido allí mucho tiempo como nómada” (Bertino, 1977, p. 6).

Sin embargo, lo que pudo presentarse fue un fenómeno de origen tectónico en el rift del mar Rojo. De esta manera fue que en la zona de los Juncos, Moisés aprovechó la bajamar para que los guerreros egipcios con sus armamentos y carros bélicos más pesados no pudieran movilizarse ágilmente durante el avance de la pleamar que los sorprendió, y el ejército del faraón sucumbió en el mar abierto más salado de la Tierra.

En momentos históricos y circunstancias diversas, famosos navegantes y conquistadores vivieron experiencias en las cuales, las mareas fueron las protagonistas de diversos sucesos, como el que aconteció a Alejandro Magno en el año 325 a. de C., quien al regresar del campo de batalla en las costas que baña el Océano Índico, sorpresivamente encontró que las embarcaciones ancladas en la salida del río Indo fueron *varadas*. Más grande resultó su

---

<sup>1</sup> La playa se considera a la “zona resultante de la abrasión marina sobre el litoral, comprendida entre la línea más alta de la pleamar y la más baja de la bajamar” (Sagredo, 1974, p. 143).

asombro, al observar que después de un determinado tiempo las aguas se retiraban, y posteriormente, volvían a repetir el ciclo en forma continua, al parecer mágica, con intervalos de seis horas aproximadamente.

Las tropas de Julio César después de doscientos setenta años, vivieron un acontecimiento semejante a las de Alejandro Magno cuando se “lanzaron a la conquista de Bretaña. Una marea reforzada por los vientos, elevó los buques siete metros y los varó en una playa en la costa del canal de la Mancha. Los romanos, al igual que los griegos, estaban desconcertados y atemorizados” (Gerwin, 1971, p. 46). El desembarco lo realizaron en el estuario del Támesis durante la bajamar, y las tropas se hundieron entre el fango.

El desconcierto originado por la dinámica de la marea fue normal entre estas civilizaciones, que observaron diferencias de nivel por varios metros en otras cuencas marinas. Acostumbrados a navegar en un mar hasta cierto punto tranquilo como es el Mediterráneo o también designado como *Mare Nostrum* (mar nuestro), con mareas de escasos centímetros entre pleamares y bajamares, fenómenos como los señalados anteriormente resultaban mágicos y fuera de toda explicación lógica.

Himilco, almirante cartaginés que cerca del año 500 a. de C. visitó Bretaña y al navegar por las costas de las islas Británicas observó el marcado flujo y reflujo de las aguas marinas. El comportamiento de la marea por la marcada magnitud en la creciente y en la bajante no lo dejó de asombrar.

Heródoto en el año 450 a. de C., registró el fenómeno de las mareas en el mar Rojo. Trató de hacer algunas mediciones y de detectar caracteres.

Piteas, geógrafo, navegante, y astrónomo contemporáneo de Alejandro el Grande, en el siglo IV a. de C., viajó en barco de Marsella a las Islas Británicas para determinar su latitud y longitud; asimismo, es el primer autor que relacionó la fase desigual de alteración en el rango de las mareas vivas y muertas. También realizó, la medición exacta de la altura de la marea.

Estrabón, en el año 54 a. de C., describe el movimiento de las mareas en torno a las costas de España, Portugal, Italia, el Golfo Pérsico, Bretaña y Dinamarca, en las cuales encontró ciertas diferencias.

Posteriormente Plinio, romano, en el año 23 d. de C., expresó que el flujo y reflujo alterno de las mareas, es la circunstancia más extraordinaria que se origina por el Sol y la Luna en las aguas del mar. Consideraba que el comportamiento de las mareas consistía en ascender y retroceder dos veces entre dos salidas de la Luna, continuamente, y en un lapso de 24 horas. En primer instancia, la Luna permitía crecer la marea, y cuando llegaba al cenit, declinaba hasta ponerse, por lo tanto, la marea desciende, y con el Sol, nuevamente la marea asciende, posteriormente decrece y vuelve a subir al aparecer la Luna.

En cambio, marinos y grandes navegantes como los fenicios, griegos y romanos no percibían ni constataron cambios bruscos de la marea en el mar Mediterráneo.

En el Japón, desde la época de Mannyō (por el año 750 d. de C.), se conserva una tradición de recoger conchas durante la marea baja.

Regularmente este suceso ocurre el 3 de marzo del calendario lunar. El conocimiento de la dinámica de las mareas les permite coleccionar una concha de rara belleza denominada *concha hamaguri*.

Durante la época en la cual se suscitaron los grandes descubrimientos geográficos, la meteorología en ese entonces conocida como Astrología, ya "incluía el pronóstico de las mareas mediante las fases de la luna" (Mosiño, 1993, p. 5). Los ibéricos influenciados por los acervos árabes pudieron desarrollar tales conocimientos.

En el México antiguo el grupo de los

...purhépechas en la bahía de Zihuatanejo y concretamente en escotadura de Las Gatas, apreciaron el fenómeno de las mareas y resolvieron realizar una barda de rocas para establecer un balneario para el Calzonci,<sup>2</sup> que impidiera, pese al evento señalado, el paso de los tiburones,<sup>3</sup> esto ocurrió entre el año 1456 y 1480 (Correa, 1974, pp. 74-75).

Seguramente los habitantes de los distintos continentes con acceso al mar como hoy en día los conocemos, así como los de las islas del Pacífico, y en general, aprovecharon el comportamiento de las mareas de acuerdo con las características propias de cada lugar.

Las migraciones llevadas a cabo por otras civilizaciones a través del mar, tuvieron implícitas a las mareas en las aguas de los litorales a donde arribaron. Lo mismo aconteció con los conquistadores ingleses, portugueses, españoles, franceses, entre otros que desembarcaron en la línea de costa de los continentes aún desconocidos para su época.

En los inicios del siglo XV, los navegantes de Europa del norte manejaban por escrito instrucciones de navegación denominados itinerarios o *rutters* y que entre cosas señalaban de manera precisa el comportamiento de las mareas en aguas del Océano Atlántico. Los marinos de los mares septentrionales

...iban a la zaga de sus coetáneos del Mediterráneo en lo que se refiere a los métodos de navegación; pero en algunos aspectos de pilotaje eran -por necesidad- más expertos, a la vez que los *rutters* más explícitos que los portulanos, sobre todo en lo relativo a las mareas, las corrientes de marea y la configuración del fondo (Parry, 1989, p. 60).

Navegar por las costas del Atlántico o de cualquier mar desconocido para esas fechas, requería de marinos conocedores del comportamiento de las mareas. La forma que utilizaban para calcular las horas de la pleamar diariamente y en cada sitio, consistía en tomar en cuenta "el retraso diario de las horas de pleamar, la asociación entre esas horas, la posición de la Luna, y el periodo de treinta días que transcurría entre una Luna llena y la siguiente" (Parry, 1989, p. 61). En el mar, la hora solamente podía calcularse

---

<sup>2</sup> En náhuatl, la palabra Calzonzin hace referencia al señor de innumerables casas y pueblos.

<sup>3</sup> Tiburón Gata, pertenece a la especie conocida como gatas. Existen "treinta familias de tiburones que reúnen un total de 350 especies" (Wu, 1994, p. 10).

aproximadamente, lo cual no ayudaba a gran parte de los marineros que eran analfabetos, por lo tanto, recurrían a la edad de la Luna<sup>4</sup> y consideraban

...la marcación magnética de la Luna en la pleamar. El reflejo de la Luna en la superficie del mar era una pista manifiesta y obvia, cuya marcación podía observarse con facilidad, como las pleamares superiores o mareas vivas, se observaban en los días de Luna llena y nueva (sicigias), la marcación de la Luna a esas horas se convirtió en el establecimiento de las mareas de puerto,<sup>5</sup> por lo cual se anotaba debidamente en los *rutters* (Parry, 1989, p. 61).

El navegante con este conocimiento podía saber cuándo ocurría la pleamar en determinado día y lo realizaba a través de la experiencia al conocer la edad de la Luna y sumarle el retraso en tiempo que cada día tiene el satélite. Este rezágo

...se catalogaba en cuarenta y cinco minutos, que es una aproximación, pero resultaba conveniente desde el punto de vista aritmético por la ventaja de equivaler a una cuarta de su compás magnético. El navegante marcaba la rosa náutica de su compás en horas, además de cuartos. Al establecimiento de puerto expresado como rumbo magnético, añadía una cuarta por cada día de la Luna (Parry, 1989, p. 61).

Algunos otros precursores como Kepler, pensaba que las aguas marinas eran atraídas por el Sol y la Luna.

Galileo fue el primero en realizar un planteamiento con bases científicas sobre el origen de las mareas. Expuso que los movimientos periódicos y con regularidad de las aguas marinas tenían relación con la rotación del planeta Tierra.

El científico inglés Isaac Newton explicó el comportamiento de las mareas, entre los años de 1686-1687. Newton basó su explicación del fenómeno de las mareas, en la ley de la gravitación universal, y científicamente sentó las bases del problema mediante el siguiente razonamiento: dos cuerpos se atraen en razón directa del producto de sus masas y en razón inversa del cuadrado de la distancia que los separa. Lo que establece esta ley es que si un cuerpo posee una masa al doble que otro, el de mayor masa ejercerá una atracción doble sobre el de menor masa; y concluye si la distancia que existe entre los dos cuerpos se multiplica por dos, la fuerza gravitacional entre ambos queda dividida por cuatro.

#### La Tierra

...atrae hacia sí a todos los cuerpos y, en consecuencia, también a las masas de agua de los océanos. Más aún, precisamente por ello las masas líquidas permanecen adheridas al globo. También la Luna, por su parte, ejerce una fuerza de atracción que, aunque débil, llega hasta la Tierra. Las mareas constituyen el fenómeno más visible de la atracción lunar (Fesquet, 1976, p. 40).

<sup>4</sup> La edad de la Luna, es el "tiempo transcurrido desde la Luna nueva precedente" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 36).

<sup>5</sup> Se denomina establecimiento de puerto al "intervalo medio de las pleamares en los días de sicigias o en los días de Luna nueva y Luna llena" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 41).

Newton, calculó la altura de las mareas marinas solares y lunares según el día, el mes, la época del año y la latitud.

Con el transcurso del tiempo (1799-1825), Simón Laplace en su obra titulada *La mecánica celeste*, abordó el aspecto dinámico de las mareas, a través de procedimientos matemáticos.

En un principio, los marinos grababan en los malecones las referencias de los niveles de las mareas más altas. El incremento del comercio así como de la industria, exigían saber más sobre las variaciones diarias de los niveles y del comportamiento del fenómeno.

Esta situación contribuyó para que la ciencia aportará trabajos respecto al conocimiento de la mareografía.

En 1831, Henry Palmer construyó el primer mareógrafo y lo instaló en el puerto de Londres. A través de un canal condujo el agua de la ola de marea a un pozo, donde previamente había instalado un aparato con un flotador, el que movía una plumilla y a su vez trazaba sobre un rollo de papel todas las variaciones de la altura del agua.

William Whewell en 1833 publicó la primera carta de mareas.

En 1837, T. G. Bunt experimentó con un aparato similar al de Palmer, que instaló sobre el estuario del río Avon, al cual le incorporó un mecanismo para indicar las señales sobre papel milimétrico en forma sincronizada por espacio de cada veinte minutos. Además, encontró que para obtener un movimiento regular de flotador y por consiguiente, un buen trazo de la curva en el aparato de registro, era necesario que el pozo de agua contara con un conducto de alimentación más estrecho.

Debido a la dificultad de medir la marea en mar abierto, a diferencia de medir la amplitud del flujo y reflujo en la costa, fue necesario construir manómetros. En 1887, Favé construyó el primero de estos aparatos.

Rémi Chazallon, en 1839 publicó el primer anuario de mareas de las costas de Francia, y para el objeto empleó los registros de los mareógrafos instalados en los litorales.

Hacia el año de 1850, los mareógrafos ya operaban en la mayoría de los grandes puertos del mundo.

El físico británico lord Kelvin dedicó un tiempo considerable a los aspectos mareográficos, en 1867 adaptó los principios del análisis armónico para reducir las mareas. En 1872 construyó la primera máquina capaz de prever la amplitud de las mareas en un punto dado a través de la utilización de las observaciones y de las leyes de la gravedad, que resultó el más avanzado de la época.

En 1895, Horacio Lamb prominente matemático inglés, publicó el texto denominado *Las hidrodinámicas* que contienen una exposición magistral de la teoría de las mareas.

Los registros de los primeros precursores en mareas, permitieron más tarde, proseguir con otros estudios y también continuar con las mediciones de las mareas.

Los individuos que surcan los mares o que desarrollan actividades marítimas en los litorales, no dejan de tener un contacto continuo y un mejor conocimiento de los movimientos de las aguas del océano, y en forma específica de las mareas. Geógrafos como Strahler, conocedor del fenómeno, señala "aunque la marea no significa nada para los habitantes del interior de los continentes, su influencia es continua y fundamental para las comunidades de las costas" (Strahler, 1974, p. 105).

En la actualidad no deja de interesarles a los científicos las mareas, por ello continúan con los registros mareográficos, los estudios del comportamiento y la búsqueda de alternativas para aprovechar el recurso como una forma de beneficiar a la sociedad.

El avance tecnológico, en la construcción de instrumentos para realizar los registros del nivel de las mareas, actualmente es más versátil y hasta sofisticado. Con tales mareógrafos se obtiene información diaria, en fracciones de tiempo, del comportamiento de las mareas en cualquier sitio del océano.

También existen modelos numéricos conocidos como análisis armónico, con los cuales es posible calcular el tipo de marea de cualquier lugar mediante series cortas de observación, lo que permite la separación de las componentes armónicas elementales de la marea y es viable realizar pronósticos.

## **1.2 Definición**

La marea, en forma sencilla, es definida como la oscilación periódica de ascenso y descenso en forma vertical del nivel del mar que resulta de la atracción gravitacional de la Luna y el Sol que actúa sobre la Tierra en rotación (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962).

## **1.3 Origen**

Las aguas oceánicas tienen un movimiento rítmico vertical de ascenso y descenso, el cual se conoce como marea.

Las mareas tienen una influencia en todo el océano, que abarca desde las aguas superficiales hasta las que se encuentran en los abismos submarinos. Es decir, "no existe en el océano una gota de agua, ni siquiera en lo más profundo del abismo, que no conozca las misteriosas fuerzas que ha creado la marea ni responda a ellas" (Carson, 1952, p. 186).

La marea se mide por la altura que alcanza el agua marina en un lugar específico o prelago acuoso, lo que permite conocer su comportamiento.

Es conveniente precisar que al fenómeno de la marea debe considerarse como un movimiento periódico vertical, ascendente y descendente del agua marina, que tienen su origen en la unión de fuerzas de atracción gravitacional del Sol y la Luna.

La fuerza productora principal de las mareas, es la lunar. Sorprende el hecho de que un pequeño cuerpo celeste como la Luna sea capaz de elevar por varios metros, millones de toneladas de agua marina.

El Sol es una estrella con una fuerza de atracción muy poderosa, sin embargo, a pesar de su gran volumen, la acción que tiene es más débil en relación con la que ejerce la Luna, que aproximadamente es dos veces mayor. La causa de ello es, que el Sol se localiza con respecto a la Tierra a una distancia de 400,000 veces mayor que la del satélite lunar. La proximidad de la Luna a la Tierra, permite que controle los periodos de avance y retroceso del agua oceánica.

El efecto de esta fuerza gravitacional, se manifiesta en el cambio del nivel de las aguas de los océanos, y en general, de todo lo que se encuentra sobre la superficie de la Tierra, esta última se nombra marea de corteza. “La amplitud de las llamadas *mareas de corteza terrestre* es, por lo general, de medio metro, y lo que medimos como marea oceánica es en realidad marea oceánica menos marea terrestre” (Vetter (comp.), 1978, p. 139).

En el caso de que la Tierra fuera completamente rígida, las mareas que se registran en el océano serían aún más altas en general.

Los cálculos científicos llevados a cabo indican que

...las fuerzas productoras de mareas que provienen de la Luna y el Sol son similares en acción, y las expresiones matemáticas obtenidas para una de ellas se pueden adoptar para las otras por substituciones apropiadas. Aunque la atracción del Sol es casi 200 veces más grande que la de la Luna, su fuerza productora de marea en la Tierra es menor que la mitad de la originada por la Luna (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 67).

Cada dos semanas, cuando la Luna, el Sol y la Tierra se encuentran alineados en la misma dirección en oposición o conjunción, es decir, en Luna llena (plenilunio) y Luna nueva (novilunio) aumenta la fuerza de atracción, por lo tanto, la amplitud mareal se incrementa, entonces ocurren las mareas mayores denominadas mareas de sicigias o *vivas*. En cambio, a mediados de los periodos quincenales, cuando los astros toman una posición en ángulo recto conocida como cuadratura, esto sucede en la fase de la Luna en cuarto creciente y cuarto menguante, la atracción se contrarresta dando lugar a una variación muy pequeña entre las mareas altas y bajas, así ocurren las mareas más bajas del mes, nombradas como marea *muerta* o de cuadratura. La Luna emplea un periodo de 29 días y medio, en el cual realiza el movimiento de revolución alrededor de la Tierra.

La Luna cuando se encuentra en su posición más próxima a la Tierra, es decir, en el perigeo o más lejana en el apogeo, también influye en la amplitud de las mareas.

#### **1.4 Algunas teorías**

Entre las teorías que enuncian el sitio de origen de las mareas, se encuentra la llamada de la *onda progresiva*. Esta teoría establece que el sitio de origen de las mareas se localizaba en

...el Océano Antártico, donde las ondas de la marea causadas (por la Luna y el Sol) pueden propagarse libremente alrededor del mundo. Se producen, en tiempos separados, dos ondas principales, cada una de las cuales da la vuelta al Globo en 24 horas y 50 minutos. En el curso de su respectivo avance, y cada una a su vez, las dos ondas principales transmiten su efecto a los océanos, por los cuales, la onda inducida se propaga hacia el Norte (Colman, 1953, p. 79).

Asimismo, las ondas de carácter progresivo llevaban a cabo un desplazamiento hacia los sitios más septentrionales a lo largo de los litorales en instantes sucesivos, en un recorrido de tránsito por los Océanos Pacífico, Atlántico e Índico que tenía relación con la batimetría del océano más que por el periodo del satélite terrestre. La argumentación también planteaba con relación al hemisferio austral, entre las latitudes de 40° y 65° de latitud sur, una “amplia franja oceánica envuelve el globo, sin verse interrumpida casi por masas de tierra. Estableciendo una analogía con los vientos del Oeste que predominan en esta zona y que no encuentran obstáculo para soplar sobre el mar en forma de fuertes vendavales” (Strahler, 1974, p. 115).

Los constantes avances científicos y tecnológicos actuales, contribuyeron a tener acceso a un número mayor de observaciones, y orilló a que la teoría decayera por inexacta. Esta situación dio paso a nuevos cuestionamientos y razonamientos entre los estudiosos, así llegaron a plantear la teoría de la *onda estacionaria u oscilatoria*.

La explicación en la cual se sustenta la nueva teoría, versa en que una masa de agua puede “adquirir un movimiento armónico, u oscilación debido a las fuerzas productoras de marea, pero que experimentará ascensos y descensos periódicos de nivel determinados por su masa y forma” (Strahler, 1974, p. 116). Una explicación sencilla para el entendimiento del planteamiento consistiría en partir del supuesto del como se comportaría un líquido encerrado en un recipiente al ponerlo a oscilar, es decir, al levantar y bajar desde un extremo una vasija, entonces con el movimiento el agua viaja de un extremo al otro.

Otros de los elementos que aporta la teoría se basan en que el

...movimiento de marea básico en pleno océano consiste en un sistema de oscilaciones de ola estacionaria, siendo de importancia secundaria cualquier movimiento de ola progresiva a excepción de cuando la marea avanza dentro de aguas tributarias. Las masas continentales dividen el mar en hondonadas irregulares, las cuales, aunque no están completamente encerradas, pueden sostener oscilaciones más o menos independientes. La fuerza productora de esta marea consta principalmente de dos partes, una fuerza semidiurna con un periodo que se aproxima a medio día y una fuerza diurna con un periodo de un día entero. Cuando el periodo libre de oscilación de cualquier parte del océano, según se determine por sus dimensiones y profundidad, esté de acuerdo con la fuerza productora de marea semidiurna o diurna, se formarán oscilaciones correspondientes de considerable amplitud, que se manifestarán en la subida y bajada de la marea. Las oscilaciones diurnas, superpuestas sobre las oscilaciones semidiurnas causan las desigualdades en las alturas de las dos pleamares y de las dos bajamares de cada día. Aunque el movimiento total de la marea se



complica, debido al recubrimiento de áreas oscilantes, la teoría está en armonía con los datos de observación (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 96).

Hoy en día, estos postulados son los más aceptados para explicar el origen de la marea.

## 1.5 Comportamiento

El tiempo en que acontece la marea, es en forma periódica. En el transcurso de un día de marea durante el proceso de ocurrencia entre dos pleamares (mareas altas) y dos bajamares (mareas bajas) sucesivas, el fenómeno emplea en forma sincronizada 12 horas, 25 minutos, es decir, en el desarrollo entre una marea de flujo y la próxima bajamar, se requiere de 6 horas, 12 minutos y 30 segundos, este tipo de comportamiento corresponde a las mareas semidiarias.

Las mareas diurnas tienen lugar cada 12 horas, 25 minutos con la generación únicamente de una creciente y una bajante en el periodo respectivamente.

El fenómeno de la marea se observa al medir la posición del nivel del agua marina en el proceso de ascenso y descenso, que transcurre en un espacio de tiempo.

El desarrollo típico de la curva de marea común o normal tiene las siguientes fases, si partimos desde el nivel medio del mar en que empieza a ascender el agua paulatinamente durante un determinado periodo, a la fase se le denomina marea creciente y también marea de flujo; la altura del nivel del agua continúa su escalada, hasta arribar a su nivel máximo, entonces recibe los nombres tanto de pleamar como de marea alta, la cual es representada por las letras (HW). La pleamar constituye el "nivel máximo alcanzado por una marea creciente. Este nivel puede ser efecto exclusivo de mareas periódicas o, pueden sumarse a éstas, los efectos de las condiciones meteorológicas prevaletientes" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 82).

El agua marina al alcanzar la altura máxima como producto de la marea, en ocasiones en un corto periodo puede mantenerse estática y se nombra como marea parada,<sup>6</sup> posteriormente el comportamiento que sigue el agua es de regresión. El líquido marino desciende poco a poco, es decir, desarrolla el proceso de reflujó, que indistintamente recibe entre otros nombres el de marea vaciante así como de bajante. Durante esta etapa transcurre un tiempo equivalente al flujo, hasta la culminación regresiva del evento, que corresponde al nivel mínimo del agua, a dicho proceso se le llama bajamar y es sinónimo de marea baja.

---

<sup>6</sup> La denominación de marea parada se entiende como el lapso durante la pleamar o bajamar en el cual, no se percibe un cambio de altura en las aguas del nivel medio del mar, es decir, corresponde al momento en el cual, el nivel del mar deja de ascender para comenzar a bajar y viceversa. El tiempo que emplea este proceso de cambio está en "razón inversa con el tipo de amplitud de la marea, es decir, en mareas de tipo semidiurno y de gran amplitud este periodo es más pequeño, y viceversa en mareas de tipo semidiurno pero de poca amplitud. En las mareas de tipo diurno y mixto, este periodo es muy variable, y la pleamar en donde la amplitud es menos de 60 centímetros, el periodo, puede ser de varias horas de duración, como ocurre en varios lugares del mar de Las Antillas y del Golfo de México" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 68).

La bajamar (LW) es el "nivel mínimo alcanzado por una marea bajante. La altura puede obedecer solamente a las fuerzas de la marea periódica, y también a que tengan influencia sobre las mismas los efectos de condiciones meteorológicas" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 7). La secuencia alterna de ascenso y descenso, se repite consecutivamente.

El fenómeno presenta un retraso de 50 minutos por día, es decir, la Luna vuelve a tener la misma posición al día siguiente, cincuenta minutos más tarde, también se le conoce como paso por el meridiano. Cualquier persona puede calcular con exactitud la marea, cuando conoce la hora de paso de la Luna por el meridiano de interés.

Esto ocurre por la diferencia que existe en la declinación de los astros (la Luna y el Sol). La del satélite de la Tierra

...varía desde los 28° N. a los 28° S. en un mes lunar, mientras que la declinación del Sol oscila entre los 23.5° N. y 23.5° S. en un año solar. Las direcciones en que la Luna y el Sol ejercen sus respectivas atracciones forman ángulos constantemente distintos, y su efecto resultante sobre el mar difiere también de un día a otro durante el mes, de un mes a otro durante el año, y hasta (aunque sólo ligeramente) de un año a otro. Además, la Luna y el Sol no giran en concordancia al efectuar sus respectivos movimientos aparentes alrededor de la Tierra; antes bien lo hacen con distinta velocidad, ya que el día lunar es de unas 24 horas 50 minutos, y el día solar es de 24 horas. Este retraso aparente de la Luna con respecto al Sol es la causa de que, por regla general, las mareas se retarden 50 minutos aproximadamente cada día (Colman, 1953, pp. 77-78).

El efecto de la marea es perceptible en casi todos los litorales del mundo. En algunos lugares trasciende a lagunas, esteros, ríos, estuarios, etcétera.

Muchos de los grandes ríos del mundo poseen mareas en su curso inferior y se conocen con el nombre de ríos de marea. Este fenómeno tiene lugar a menudo cuando el hundimiento de la franja costera es todavía reciente o bien, cuando el nivel oceánico ha ascendido, dando lugar en ambos casos, a que el curso inferior del río quede cubierto por las aguas del océano (Strahler, 1974, pp. 113-114).

En el caso de México, algunas de las estaciones mareográficas se localizan en las márgenes de los ríos y bahías, sobre todo las ubicadas en la vertiente del Golfo de México. El emplazamiento de estaciones en sitios con características de geformas propiamente continentales, inclusive las establecidas distantes de la línea de costa y las de ultramar, resultan sumamente útiles y benéficas para el desarrollo de las diversas actividades, así como para el conocimiento de estos entornos en los litorales del país.

Se debe esperar que los registros del nivel de la marea de las estaciones mareográficas que se establecieron en la línea litoral, presentan variantes con respecto a las localizadas en la ribera de los ríos. Una de las características que distinguen a las mareas fluviales de las que tienen lugar en mar abierto, es una desigualdad entre el intervalo de la marea baja y alta siguiente, el cual resulta más corto al que le precede (Strahler, 1974). Entre otras peculiaridades generales que pueden presentarse en el comportamiento de la marea en los

cursos de los ríos es que la “magnitud de las mareas fluviales disminuye río arriba, como consecuencia de la pérdida de energía debida al rozamiento con el fondo y los bordes del cauce y a que la corriente del río se mueve en sentido contrario a la marea procedente del mar” (Strahler, 1974, pp. 114-115).

La marea se estima que durante un día recorre “la longitud total del Atlántico a una velocidad media de 300 millas marinas por hora. Cuando la onda de la marea llega a las aguas poco profundas de la plataforma continental se retrasa considerablemente por efecto de la fricción” (Colman, 1953, p. 81). También se conoce que la fuerza de las mareas rodean al Ecuador a 1,700 km/h, inclusive la profundidad de los océanos contribuyen a que las fuerzas mareales no produzcan olas gigantes devastadoras como sucede con las tsunamis. (Meadows *et al.*, 1978).

En el fenómeno de las mareas intervienen otros factores que deben considerarse además de los anteriormente señalados, como son: la inercia, fuerza centrífuga que se genera con la rotación de la Tierra, la posición de la Luna, condiciones locales, accidentes de las costas, la batimetría y otros.

# CAPÍTULO II

## IMPORTANCIA DE LAS MAREAS

### 2. ASPECTOS GENERALES

Los fenómenos de los océanos, son diversos y complejos, ya sea que constituyan ambientes biológicos, físicos y químicos, los cuales resultan de una estrecha interrelación espacial y temporal, como ocurre con las olas, mareas, corrientes, arrecifes, troneras, salinidad, temperatura, presión e intensidades de la luz, entre otros. Los recursos bióticos, así como los abióticos, renovables y no recuperables que concentran los océanos, representan un incalculable potencial para las naciones con acceso al mar, y aún para aquellas que no poseen, y que llegan a tener necesidad de los bienes de él. Ya no son pocos los países que se preocupan por cuidarlo por la importancia que tiene en la vida del planeta.

La gama de interacciones entre el océano y la atmósfera, es de suma importancia en la dinámica de la biodiversidad marina y terrestre, así como en el desarrollo de cualquier actividad que el género humano realiza.

Las cuencas oceánicas suministran agua necesaria para los procesos de la vida; acumulan y posteriormente liberan, gran parte de la energía recibida por el Sol, la cual se conserva como calor latente. La energía que desprende el agua marina, permite la circulación atmosférica terrestre en la que tienen origen los diversos fenómenos meteorológicos, a través de una combinación del proceso del ciclo hidrológico.

“El movimiento del agua sobre la Tierra es uno de los ciclos más importantes de la naturaleza. Si el agua no se evaporara del océano, cayera en forma de lluvia sobre la superficie, y volviera de nuevo al océano, no habría vida tal y como la conocemos” (Erickson, 1992, p. 43).

El océano a diario y estacionalmente contribuye a atenuar oscilaciones fuertes de temperatura y tiene una función de regulador térmico climático. Al mismo tiempo, que contribuye en la absorción de las mayores cantidades de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sirve de fuente de alimentos e inclusive es una reserva de recursos bióticos y abióticos, entre otros.

Los océanos juegan un importante papel en la distribución de la energía solar. Calentada por la fuerte radiación solar, el agua de mar se convierte en vapor de agua formando las nubes. Cuando las nubes se mueven a otras partes del globo irradian energía hacia la superficie mediante las precipitaciones que distribuyen eficazmente el calor del océano por el planeta (Erickson, 1992, p. 47).

El espacio oceánico, es amplio y complejo, para comprender mejor cada una de las partes en que se compone e interconecta es necesario reducir la escala espacial.

El ambiente costero es la parte situada entre el océano y el continente. Las aguas costeras son consideradas como las que están directamente afectadas por la influencia de las mareas, contenidas en las geoformas de las sondas, bahías, lagunas, pantanos, marismas salobres y los estuarios. También abarcan las líneas litorales, tierras costeras, áreas transicionales e intermareales y playas, asimismo, la extensión de la zona oceánica de jurisdicción nacional, de los propios estados litorales en la cual ejercen su soberanía, así como la propia plataforma continental. Ecológicamente se extienden hacia el océano desde los límites de las tierras continentales, donde las diversas actividades tienen un efecto directo sobre las aguas costeras (Yáñez-Arancibia, 1988).

En la zona costera<sup>1</sup>

...se incluye tanto el área de tierra sometida a la influencia marina como el área de mar sujeta a influencia terrestre. Las economías costeras comprenden zonas pesqueras comerciales, de recreo y de subsistencia; puertos e instalaciones industriales basados en la navegación, así como turismo, agricultura y silvicultura dependientes del clima costero (Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1992, p. 140).

Las aguas costeras abarcan la plataforma continental que cubre de 0 a 200 m de profundidad, pero es propiamente en el litoral donde se desarrollan una diversidad de actividades económicas y biológicas altamente productivas, las cuales se encuentran cada vez más amenazadas ante la falta de una evaluación seria de la dinámica, y una planeación para la utilización de la diversidad de recursos que tienen su origen en este ecosistema.

Las aguas marinas con su fuerza continua, desgastan y construyen el borde continental. La acción abrasiva de las corrientes marinas, las mareas, oleaje, y las fluctuaciones del nivel del mar, modelan la topografía de la zona costera. También, el viento, la humedad, la temperatura, son otros agentes de degradación que se suman al modelado de la erosión marina.

Las geoformas que adquiere el terreno del litoral tienen un importante significado, tanto para los ecosistemas como para las diversas actividades humanas. Aunque algunos sitios en el litoral no presentan mareas importantes o reúnen condiciones físicas favorables para el establecimiento de asentamientos humanos, pueden enfocarse a otro tipo de actividades en relación con el mar.

## **2.1 Importancia**

El fenómeno periódico apreciable en la línea de costa o litoral, y principalmente en la playa son las mareas que constituyen parte de la física y dinámica del océano.

---

<sup>1</sup> La zona costera se considera al "territorio donde hay una interacción entre el mar y la Tierra firme. Consiste en una franja de Tierra firme con rasgos de origen marino, una línea de costa y una plataforma de abrasión. En amplitud varía de unos cuantos metros hasta varios kilómetros" (Lugo, 1989, p. 224).

## El litoral es una

...zona transicional entre el mar y la Tierra firme, cuyos límites son los niveles máximo y mínimo de las mareas, aunque en ocasiones se considera de mayor anchura. El mínimo se produce en forma periódica cada 12 h 26.4 min. La anchura del litoral es, en general, menor de 1 km, pero llega a ser de 10-15 km; las diferencias verticales conocidas son del orden de 18-20 m. Son características comunes del litoral: una combinación de rasgos de ambientes terrestre y marino, desecación periódica del fondo, iluminación, alta movilidad del agua, cambios bruscos de la temperatura y salinidad en el agua, variedad en el tamaño de los sedimentos, fauna heterogénea (Lugo, 1989, pp. 126-127).

Para hacer referencia a estos sitios es sinónimo emplear los términos de zona de mareas o zona litoral. Este espacio, se localiza desde la línea que cubre el agua marina en las pleamares y en el descenso hasta la marca de las bajamares.

La planicie costera, en la actualidad funge como el vertedero inmediato de los productos de desecho transformados por las diversas actividades de la sociedad contemporánea, los cuales degradan a través de las diversas formas de contaminación, el ambiente marino. Las mareas y corrientes los dispersan por todo el océano. "Los derrames de petróleo en el mar son probablemente la forma más dañina y terrible de contaminación litoral" (Erickson, 1992, p. 88). Estas actitudes antrópicas, se revierten en poco tiempo contra al género humano ya que afectan a todo tipo de vida acuática y terrestre. "Las áreas costeras depuran y procesan los desechos agrícolas e industriales y protegen a las áreas situadas tierra adentro frente al peligro de los temporales y del oleaje" (Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1992, p. 140).

Algunos países en desarrollo que tienen litoral, no cuentan con una economía sólida para impulsar las investigaciones relacionadas con el mar, e inclusive llegan a desconocer el potencial de recursos que albergan en sus aguas territoriales.

Debido a la complicada red de interrelaciones que se generan en los océanos, algunas naciones tratan hoy en día, de contar con una adecuada planeación que dé atención a todos los aspectos conectados y complejos del ámbito marino. Los espacios costaneros constituyen una "parte crítica de las economías de prácticamente todas las naciones que poseen litoral, en particular en lo que a las economías de subsistencia se refiere" (Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1992, p. 140).

El mar introduce el avance y retroceso de las mareas, que es primordial para la vida marina, así como en todas las actividades de la zona litoral.

"El ritmo generalmente semidiurno o diurno puede verse perturbado por resonancias particulares de la onda oceánica en función de las características propias de la cubeta y de la disposición del litoral" (Doumenge, 1982, p. 16).

La energía que concentran las mareas se impone y resulta imprescindible en la dinámica del planeta Tierra. La acción de su fuerza permite poner en

movimiento "masas de agua considerables y de ella resulta, en numerosas costas, corrientes de deriva" (Doumenge, 1982, p. 16). La energía producto de las corrientes marinas, mareas y olas que actúa sobre las costas, es importante para la cantidad de especies que pueden habitar en estos sitios. Desde luego que una zona litoral con baja energía y flujos de agua tranquila tienen la característica en general de reunir un mayor número de especies marinas con una heterogeneidad alta.

Los distintos niveles que alcanza el agua marina por el movimiento continuo de las pleamares y bajamares, contribuyen en primer instancia a entender el comportamiento de la marea, y por consiguiente, poder aprovechar las condiciones que caracterizan a cada lugar, como ocurre en

...las extensiones que la bajamar deja al descubierto ofrecen... y facilitan la explotación para la iniciativa humana.

Las instalaciones portuarias utilizan la periódica crecida de la pleamar para hacer llegar hasta el fondo de los estuarios las embarcaciones de gran calado y albergarlas en dársenas protegidas por esclusas" (Doumenge, 1982, p. 16).

Las mareas son importantes para los aspectos sociales, económicos, biológicos, políticos y ambientales. La utilidad y relevancia de las mareas en la vida cotidiana pueden señalarse en los ejemplos siguientes: cambios en el nivel del mar por un posible desajuste climático, procesos bióticos costeros y de la zona intermareal, cuestiones de límites en zona federal, construcción de infraestructura portuaria, generación de energía mareomotriz, actividad comercial de los puertos, tráfico marítimo, navegación, levantamientos hidrográficos y topográficos, formas de modelado costero, dispersión de contaminantes, detección de cambios en nivel de la corteza, medición de olas destructivas, captura de especies, explotación de recursos del mar, reorganización de las pesquerías, desarrollo de actividades recreativas y deportivas marítimas, establecimiento de zonas turísticas, diagnósticos costeros, delimitación de reservas de la biosfera, reproducción y migración de especies marinas, producción acuícola en esteros, lagunas, etcétera.

Los alcances que se pretenden con la medición de las mareas, se contempla en un plan mareográfico internacional, que establece:

"Todo estudio científico o práctico del mar es de suma importancia para la sociedad porque sirve para ampliar sus conocimientos en varios sentidos que son de vital importancia para su progreso" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 68).

En la estación de verano, los ciclones tropicales causan daños considerables a las actividades económicas y en algunos casos hasta la pérdida de vidas humanas, en países como México. En el invierno, los *nortes* afectan los Golfos de México y Tehuantepec, así como al mar de Las Antillas con oleaje fuerte. Al presentarse este tipo de meteoros, los vientos intensos producen un incremento en el nivel medio del mar y por consiguiente, en el resto de los diferentes niveles de marea, y que representan un riesgo para la zona litoral.

Algo similar ocurre con la presencia de las tsunamis, maremotos, erupciones submarinas, dislocamiento de las placas, entre otros.

En no pocas ocasiones las ballenas, los mamíferos más grandes del mundo, se han visto perjudicados por la acción de las mareas. Al arribar estos gigantes del océano, cada invierno desde los mares septentrionales, hasta alcanzar las lagunas de los santuarios de Baja California Sur en México y efectuar la reproducción, en ocasiones resulta riesgoso para los cetáceos puesto que pueden llegar a quedar atrapados y perecer al ser sorprendidos por la marea baja. "El mayor número de muertes de ballenas ocurrió en la temporada 1991-1992, cuando empezó también el registro de estos incidentes, al vararse un total de 89 animales, principalmente sorprendidos por la baja de las mareas" (Villanueva, 1994, Secc. Estados).

En otros casos, animales como el macaco de Java o cangrejero en el sureste asiático, utiliza una táctica para poder pescar al esperar pacientemente entre las ramas de los árboles a que descienda la marea para completar su dieta alimenticia principalmente compuesta de peces, moluscos y crustáceos. Este primate "de la familia de los cercopitécidos, resulta el único... que se dedica a la pesca y se las arregla para recoger peces, moluscos y crustáceos, normalmente cuando el agua baja de nivel con las mareas" (Martín, 1995, p. 34).

Las plantas y animales que viven en la franja de mareas permanecen en ella, a excepción del plancton y del necton. Los organismos de este hábitat, tienen una adaptación al ritmo del avance y regresión de la marea, con perfecta sincronización, que funciona como *reloj biológico*. Las mareas en las zonas de transición marina como son los estuarios, deltas, marismas, pantanos, lagunas, esteros, entre otros, realizan un intercambio de elementos del mar y del agua dulce que descargan los ríos en el litoral, y las condiciones que se originan son propicias para la concentración de una abundante vida marina y ecosistemas costaneros.

"Las aguas marinas de los estuarios<sup>2</sup> y las cercanas a la orilla, están entre las más naturalmente fértiles del mundo. La acción de las mareas provoca una rápida circulación de los nutrimentos y alimentos, y ayuda a la rápida eliminación de los productos de desecho" (Odum, 1970, p. 160). Los efectos de las mareas son significativos en los organismos de la zona infra y supralitoral. "El efecto principal de los ritmos de las mareas se deja sentir en los organismos que habitan las aguas superficiales próximas al litoral; de hecho, los ritmos de estos ambientes están más relacionados con las mareas que con los ciclos diurnos de luz solar y de temperatura, causados por la rotación y la inclinación de la Tierra" (Farb, 1977, p. 80). Especies como el gusano palolo (anélido poliqueto) de la especie *Palolo viridis* "habita la costa atlántica de Norteamérica, desova dos veces en verano, durante la Luna llena y la media Luna. Los grandes palolos del Pacífico Sur, gusanos que viven en agujeros de los arrecifes de coral, bullen y crían en definidas fases lunares y de las mareas" (Farb, 1977, p. 80).

---

<sup>2</sup> Estuario (del latín *aestus*, marea), es el "ensanchamiento de la desembocadura de un río en forma de embudo, originado por la acción de las mareas" (Sagredo, 1979, p. 67).



El pez gruñón (*Leuresthes tenuis*), tiene un comportamiento muy conocido en la costa meridional de California, ya que lleva a cabo sus desoves, en forma precisa cuando ocurren las *mareas vivas*. El cangrejo barrilete cambia de color con la marea baja, de amarillo blancuzco a oscuro. El cambio máximo de coloración lo experimenta en un lapso de "50 minutos más tarde de cada día, de acuerdo con el mismo lapso que se retrasa diariamente la marea" (Farb, 1977, p. 88). El erizo rojo (*Strongyocentrotus franciscanus*) y el morado (*Strongyocentrotus purpuratus*), es una especie que habita desde la zona intermareal hasta algunos metros de profundidad, en el cual, la marea influye para su captura de la pesquería comercial y su propio desarrollo de vida.

En el avance y retroceso de las mareas "la zona costera infralitoral siempre sumergida. El litoral con intervalos de inmersión y desecación a consecuencia de las mareas supralitoral: sólo de vez en cuando llega el agua en forma de salpicaduras u olas grandes durante el temporal" (Tola, 1990, p. 24). En esta zona "muchas algas pardas como las del género *Himanthalia*, crecen en la zona de mareas y en las charcas que el mar deja al retirarse. Se fijan al sustrato con un pedículo de forma irregular" (Tola, 1990, p. 25).

En la dispersión de contaminantes, las mareas también intervienen como ocurrió en "una playa cerca de La Haya, Francia, se registraron mareas bajas y se encontró radioactividad 3,000 veces superior a lo común. Un tramo de tubería encargado de transportar desechos de una planta nuclear contaminó la zona costera" (IOCARIBE, 1997, p. 13).

Las mareas en combinación con la salinidad y la temperatura son condiciones muy representativas en la dinámica de los océanos, así como en los sistemas complejos y niveles tróficos que se desarrollan en este ambiente acuoso.

Los manglares *Rizophora mangle* pueden ejemplificar estas combinaciones, tanto de concentración salina como de temperatura del agua marina puesto que "su vigor y crecimiento se encuentran relacionados en cierta medida con la salinidad y con variaciones fuertes de mareas en playas sin oleaje. La temperatura es un factor limitante, ya que no toleran temperaturas mínimas inferiores a 20°C" (Leff (coord.), 1990, p. 435). Entre otros fenómenos que tienen relación con la temperatura superficial del mar está *El Niño*, la *Oscilación del Sur*, *La Niña*, las *mareas rojas*, la dispersión del cólera *Vibrio sp.*, el desarrollo de especies como el camarón, entre otras. En cuanto a la salinidad los organismos muestran tolerancias a la concentración de sal, otros no resisten las variaciones. Algunos mamíferos como los manatíes habitan en bahías de aguas salobres al igual que los langostinos o camarones de río del género *Macrobrachium*. En cambio, otros animales soportan mayores concentraciones y migran hacia aguas salinas.

A pesar de los avances mareográficos del siglo XX, se tiene conocimiento que durante el desenlace de la Segunda Guerra Mundial algunos ataques de los norteamericanos fracasaron en el Pacífico porque a pesar de haber previsto todo, no advirtieron que durante la bajante quedaban al descubierto las zonas de arrecifes.

El conocimiento y comportamiento de los fenómenos del medio marino, son significativos para un país como México, que cuenta con una posición geográfica privilegiada y estratégica geopolíticamente desde el punto de vista del mar, al interactuar con dos importantes océanos como son el Pacífico al oeste y el Atlántico al este. Asimismo, contribuye a localización de dos provincias biogeográficas muy importantes como son la neártica y neotropical que influyen y originan una variedad en vegetación y fauna marinas.

La influencia de estas dos masas de agua, permiten la configuración de la geografía de las costas mexicanas, al contar con el Golfo de California o mar de Cortés y el Golfo de Tehuantepec en el Pacífico, el Golfo de México y mar de Las Antillas en el Atlántico. La distribución del relieve, forma las grandes sierras orientadas paralelas a la costa, desde la península de Baja California, las Sierras Madres Occidental, del Sur, de Chiapas, Oriental y la parte del Sistema Volcánico Transversal que ingresa al oeste y este de las costas nacionales, con excepción de la península de Yucatán que no presenta barreras topográficas prominentes como el resto del país.

La disposición de los sistemas montañosos, influyen en la diversidad de geoformas costaneras que caracterizan el paisaje del litoral mexicano, tales como lagunas, esteros, ensenadas, bahías, penínsulas, puntas, formas de desembocadura en deltas y estuarios vinculados a la acción erosiva de los ríos, entre otros.

El espacio marítimo mexicano, es importante porque está compuesto con una gran longitud de accidentes y hechos físicos aún no explotados a su capacidad, y constituyen una riqueza en potencia para todas las entidades con afluencia al mar e inclusive también lo son, para generar el impulso de las que se encuentran en el interior del país (Gómez, 1988, p. 8).

La Geografía marítima de México, se encuentra compartida entre 17 entidades con injerencia directa a la línea costera, que a la vez influyen en la dinámica de los estados interiores y en los procesos del contexto nacional.

En el Océano Pacífico, se localizan once entidades. La península de Baja California, es rodeada por el Pacífico norte en la parte occidental y en el oriente la recorre el Golfo de California. Sonora y Sinaloa son bordeadas por las aguas del Golfo de Cortés. El Pacífico central y sur cubren la costa de los siete estados restantes.

En la cuenca marítima oriental del territorio nacional, se localizan seis jurisdicciones. Cinco entidades rodean el Golfo de México y una pequeña porción del norte de Quintana Roo, ya que es la única entidad comunicada con el mar de Las Antillas. En este grupo de entidades, viven 37,331,979 habitantes (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1990, pp. 2-24), es decir, el 45.95% del total de la población nacional.

La extensión de los litorales mexicanos, es un recurso importante y estratégico con que cuenta el país. Abarca "11,592,77 km de litoral, una superficie de 357,795 km<sup>2</sup> de plataforma continental, y una zona económica

exclusiva total de 2,946,825 km<sup>2</sup>, así como aproximadamente 1,500,000 ha de lagunas costeras, esteros y bahías litorales” (Secretaría de Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, 1994, p. 6). La superficie insular corresponde a una extensión de 6,006 km<sup>2</sup> (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1998; Véanse Cuadro 2.1 y Mapa 2.1).

### Cuadro 2.1

#### DISTRIBUCIÓN DEL MAR TERRITORIAL Y ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA DE LA REPÚBLICA MEXICANA

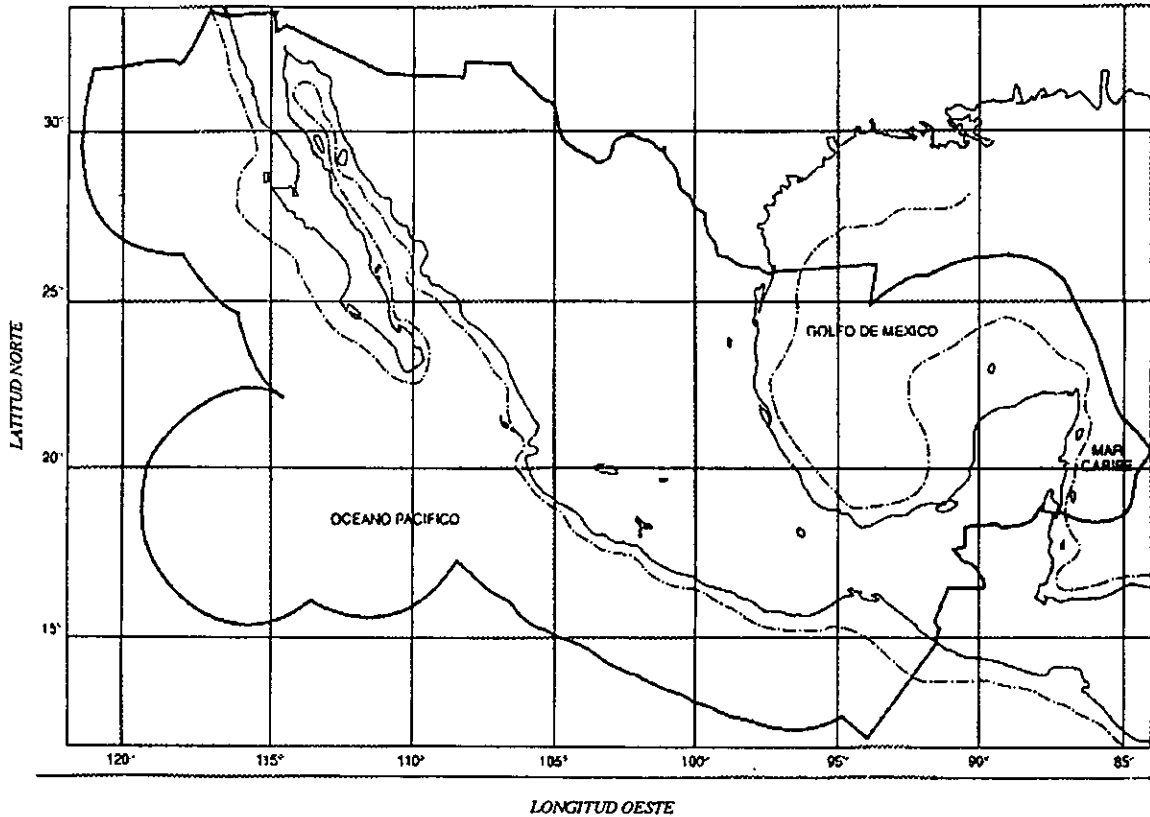
---

Área dentro del límite de 200 millas	
Océano Pacífico	2,175,325 km <sup>2</sup>
Golfo de México	771,500 km <sup>2</sup>
	-----
Total	2,946,825 km <sup>2</sup>
Área dentro del límite de 12 millas (mar Territorial)	
Océano Pacífico	163,940 km <sup>2</sup>
Golfo de México	53,373 km <sup>2</sup>
Islas	14,500 km <sup>2</sup>
	-----
Total	231,813 km <sup>2</sup>
Hasta 200 millas	2,946,825 km <sup>2</sup>
Hasta 12 millas	- 231,813 km <sup>2</sup>
	-----
Superficie de la Zona Económica Exclusiva (ZEE)	2,715,012 km <sup>2</sup>

---

**Fuente:** Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981, p. 9.

# DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA Y PLATAFORMA CONTINENTAL DE MÉXICO



LONGITUD OESTE

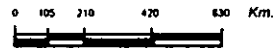
### SIMBOLOGÍA


**LÍMITE DE LA ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA.**


**PLATAFORMA CONTINENTAL.**

Escala

1:23 000 000



FUENTE: SECRETARÍA DE PESCA E INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA. 1994. P. 7.

**Mapa 2.1**

Esta diversidad permite una gama en la variedad, distribución de especies y ambientes; así como a la vinculación que existe entre 11 regiones climáticas en el territorio, de las cuales 8 abarcan la zona litoral (García, 1991).

La longitud del litoral en México según la Secretaría de Programación y Presupuesto, en 1981, se distribuye de la siguiente forma:

En el Golfo de México	2,070 km
En el mar del Caribe	735 km
En Baja California Oriental	1,472 km
En Baja California Occidental	1,892 km
En el Océano Pacífico	3,974 km

La vertiente del Océano Pacífico (aproximadamente el 42%) cubre la región del Pacífico tropical mexicano, que limita al norte a partir de Cabo Corrientes, Jalisco y se extiende hasta la frontera con el territorio guatemalteco en la parte sur ( De la Lanza (comp.), 1991).

La diversidad de los ambientes marinos es un potencial invaluable en lo físico, biológico y económico para el país. Sin embargo, está expuesto cotidianamente a los riesgos del deterioro, por la desvalorización que realiza la sociedad vinculada a la esencia natural del planeta, como si deseará acometer hasta exterminarla a través de sus conductas egocentristas.

El océano, al igual que cualquier otra forma natural, no se rigen por límites de índole político, y debe considerarse ante todo que las relaciones de la naturaleza son ecuménicas. Está fuera de duda que los estudios de mareas resultan muy significativos, preferentemente al realizarse de manera más puntual, para obtener el conocimiento cabal del comportamiento del fenómeno, y poder considerarlo en la planeación de cualquier actividad, en aquellas entidades que poseen litoral.

Es importante tomar en cuenta las mediciones, cuantificación, análisis, etc., del fenómeno de las mareas, como un elemento complementario en la dinámica e interacción del medio acuoso y terrestre en las diversas actividades de la población, porque influyen en el desarrollo de todas las actividades que se generan en la zona costera. Contar con registros en los distintos espacios geográficos del país, permite adquirir un mayor conocimiento de la dinámica y comportamiento de las mareas, al igual que es una necesidad para la Nación... al contar con un territorio que se encuentra en contacto con el océano y una superficie de litoral (Gómez, 1988, pp. 12-13).

También es importante considerar el crecimiento poblacional, la demanda de recursos, y adelantarse a las exigencias del futuro, prever la posible relocalización de los grupos humanos hacia la planicie costera, que habrán de tener que cubrir parte de sus necesidades a través de las fuentes marinas.

Algunos estudiosos consideran que a nivel mundial

...probablemente, la proporción de gente que vive en *la costa* es mayor en muchos países tropicales en desarrollo, y además la mayor parte de la tierra agricolamente productiva y que se está cultivando en la actualidad, está situada en zonas costeras y de bajo nivel.

Por tanto, se puede esperar que en el futuro inmediato aumenten dramáticamente las presiones conflictivas resultantes de las diferentes necesidades en el uso del suelo (Pernetta, 1991, p. 138).

También se plantea que el

...75% de las ciudades con poblaciones de más de 2.5 millones están situadas en las zonas costeras, a menudo en zonas de estuarios o deltas, y varios de estos centros de población están ya al nivel actual del mar o por debajo de él. Para el año 2000, los habitantes del mundo superarán los seis mil millones y el 70 por ciento de ella vivirá a menos de 60 kilómetros de la costa (Pernetta, 1991, pp. 137-138).

México tendría diversas modificaciones en su territorio costero en el caso de alcanzar las transformaciones del cambio climático global, por la alta vulnerabilidad a que están expuestos los diversos escenarios geográficos, ecosistemas biológicos y ambientales del territorio nacional. Estos cambios requerirían forzosamente ajustarse a los nuevos niveles de las mareas como puntos de apoyo en las nivelaciones geodésicas, la cartografía del espacio litoral también se modificaría, entre otros.

Los cambios por efectos del calentamiento global actualmente tienen un ritmo ascendente, lo cual puede ocasionar consecuencias irreversibles en el planeta. Estas posibles variaciones en los distintos escenarios del globo terráqueo son motivo de preocupación en las esferas gubernamentales de la mayor parte de las naciones por las posibles repercusiones

...predecibles del calentamiento mundial y el ascenso del nivel del mar intensifican la preocupación por los países cuyos ciudadanos ocupan estas áreas vulnerables. Otros aspectos del bienestar económico y social de un país pueden verse afectados de forma negativa, mediante cambios fundamentales en su pesca y agricultura o en la base económica constituida por el turismo. Asimismo, en algunos países las playas y otros accidentes costeros proporcionan importantes valores culturales, que pueden resultar amenazados por la elevación del nivel del mar. Además, pueden producirse impactos en la diversidad biológica, al perderse pequeños hábitats localizados o moverse más deprisa que las plantas y animales que dependen de ellos (Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1992, p. 237).

Es un hecho que los cambios están presentes, pero los antropogénicos resultan más visibles y de rápida transformación en comparación con los de origen natural. "La velocidad actual del ascenso del mar es 10 veces superior al de hace 50 años. En la mayoría de las zonas templadas y tropicales, el nivel del mar está subiendo a una velocidad de unos seis milímetros al año, la mayor parte de los cuales puede deberse deshielo de los casquetes polares" (Erickson, 1993, p. 140).

Los resultados de las mediciones marinas revelan que "durante este siglo la explosión térmica ha elevado el nivel del mar hasta medio centímetro. Una elevación superior de los niveles globales del mar alteraría la forma de los

continentes, pudiendo incrementar también el riesgo de inundaciones litorales por mareas altas y tormentas” (Erickson, 1993, p. 140).

Las estimaciones recientes prevén que “el nivel del mar ascenderá entre 30 y 50 cm hacia el año 2050 y posiblemente hasta 1 m hacia el año 2100” (Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1992, p. 237).

Los científicos concluyen que de presentarse el cambio global, ocasionaría distintos impactos en la zona litoral, entre éstos se encuentran modificaciones en los niveles de mareas, relocalización de poblaciones, asimismo, podría tener lugar un incremento en la

...erosión de la línea de costa, intensificarse la inundación de las costas, inundar zonas húmedas costeras y otras tierras bajas, incrementar la salinidad de los estuarios y acuíferos, alterar los niveles de las mareas en ríos y bahías, cambiar las localizaciones de los depósitos de sedimentos en los ríos y cubrir las barreras coralinas (Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1992, pp. 141-142).

A pesar de que en la 49a. Sesión de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), proclamó 1998 el *Año Internacional del Océano*, es obvio que las naciones en vísperas al año 2000 tendrán una mayor atención, entre ellas México, sin duda, será la relación con el espacio geográfico más impresionante y complejo del planeta Tierra, el océano.

## CAPÍTULO III

### ESTACIONES MAREOGRÁFICAS

#### 3. ASPECTOS GENERALES

México se localiza entre los dos más grandes océanos: el Pacífico y el Atlántico, los cuales permiten ocupar un lugar estratégico y geopolítico, tanto en el ámbito continental como de ultramar. Ambas vertientes continentales albergan litorales con características físicas heterogéneas, que se combinan con los diversos procesos físicos. Las formas del relieve y del modelado, en general reúnen rasgos peculiares que varían a lo largo de los litorales.

El espacio marino y en particular el litoral, constituyen un recurso de incalculables ventajas para las naciones que lo poseen, aunque los estados interiores buscan la manera de obtener una salida al mar, como en el caso de Bolivia. Es un hecho que "las cuestiones oceánicas han adquirido en la actualidad tal trascendencia que cualquier país, aun careciendo de acceso al mar, se ve gravemente afectado por ellos" (Suárez; Bahrenberg, 1979, p. 5). Asimismo, el límite de acción de un país costero no termina en el litoral, sino que se extiende hasta el mar patrimonial, y en la medida que se conozcan sus distintos aspectos, podrá ser objeto de una planificación para su aprovechamiento, que impida llegar a un desequilibrio nefasto y de alcances negativos, los cuales pueden ser irreversibles. Como en los casos de contaminación en las aguas marinas, en que los distintos movimientos oceánicos contribuyen a extender los efectos hacia otros sitios, como ocurre con las *mareas negras*.

Entre las acciones esenciales en relación con el conocimiento del agua del mar se encuentran sus movimientos, tanto los de origen interno como externo.

Para conocer el comportamiento y dinámica que se presentan en las aguas marinas, en particular los que tienen relación con el estudio del fenómeno de las mareas, es necesario llevar a cabo mediciones de la altura en las distintas fases del movimiento vertical, ya sea en creciente como en bajante. Estas observaciones se realizan en cualquier sitio del litoral a través de las estaciones mareográficas. Algunas de estas mediciones pueden simularse en el laboratorio para entender el proceso, e inclusive llegar a establecer pronósticos de la posible tendencia del fenómeno. Sin embargo, aunque las mareas son un hecho natural que puede conocerse anticipadamente, no deja de ser imprescindible un seguimiento permanente por un largo tiempo, y sobre todo efectuarlo en el sitio de su acontecimiento. Esta situación permite a través de los registros, conocer los hechos y sucesos que tienen lugar en las aguas marinas de las costas de México. Las observaciones *in situ* de las mareas, son completamente distintas a lo que se obtiene de los pronósticos, éstos



constituyen una ayuda para realizar consultas respecto a la hora de ocurrencia de la fase de la marea en pleamar y bajamar, así como su altura probable, sin tomar en consideración las variaciones por efectos en el tiempo y espacio de otros fenómenos que pueden presentarse como los ciclones tropicales, erupciones volcánicas, avenidas de ríos, tsunamis, maremotos, entre otros.

Las líneas anteriores tratan de ejemplificar la importancia y necesidad de llevar a cabo un seguimiento permanente del fenómeno mareológico.

A pesar de que en la actualidad se cuenta con pronósticos previos de la marea, no dejan de ser una herramienta indispensable sobre todo para las actividades de la navegación, sin embargo, no cubren las expectativas y necesidades de otras actividades. Asimismo, debe tenerse presente que en la naturaleza, existe una estrecha interrelación entre los fenómenos.

Esta acción de llevar a cabo mediciones en el mar no representa una tarea fácil de encauzar, debido a que se requiere contar con el establecimiento de estaciones y una distribución planificada de las mismas, que permita avanzar en el conocimiento de manera paulatina y a una menor escala para cubrir las necesidades en todos los ámbitos de las actividades marinas requeribles. Una red de estaciones necesita de un fuerte apoyo económico para su mantenimiento, y operación, asimismo, avanzar a la par del desarrollo tecnológico en cuanto a personal y equipo.

### **3.1 Estaciones mareográficas**

#### *3.1.1 Definición*

Las mareas, se miden por la altura que alcanza el agua marina en el proceso cíclico de ascenso y descenso.

La medición y obtención de los registros mareográficos, se realiza a través del establecimiento de estaciones mareográficas en sitios estratégicos del litoral.

La estación mareográfica es un lugar específico con ciertas particularidades, seleccionadas previamente, y donde "se observa la marea por un largo periodo y determinan las constantes de mareas" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 42).

#### *3.1.2 Propósito de la medición de las mareas*

El objeto de medir las mareas y de todo el ambiente que engloba el océano, tiene un importante significado para la vida de la sociedad. Desde cualquier punto que se visualice contribuirá a profundizar en el conocimiento científico hasta el progreso integral de cualquier grupo del género humano.

Uno de los propósitos fundamentales de las observaciones de mareas que en un principio llevó a cabo la *Coast and Geodetic Survey*, se basó en la necesidad de reducir a un nivel común o plano de referencia los sondeos hechos de las distintas fases de las mareas. Sin embargo, este principio continúa vigente.

Cousteau incansable precursor de las cuestiones marinas, señaló que los datos relativos a las mareas son muy importantes porque “sus síntesis presentan además un interés geográfico. Son tantas las necesidades de la cartografía moderna, que es necesario determinar con gran precisión el *nivel del mar*, es decir, el punto de referencia *cero* de todas las elevaciones” (Cousteau, 1993, p. 99).

Los trabajos mareográficos tienen como objetivo contribuir al conocimiento de:

1. La observación y determinación del nivel medio del mar como superficie fundamental del país.
2. La observación y predicción de las mareas con la mayor precisión.
3. La determinación del plano de reducción de sondajes<sup>1</sup> a lo largo del litoral.
4. La determinación de la línea de ribera en el litoral marítimo.
5. La determinación de los regímenes de mareas y corrientes.
6. La determinación de las acciones meteorológicas sobre la superficie de mar, mareas y corrientes de todas clases, depuración de la curva mareográfica, y estudios dinámicos sobre la superficie del mar y partes afectadas por la marea.
7. La observación de *Seiches*,<sup>2</sup> *Tsunamis*, *Storm Surges*, y otras anomalías.
8. La observación de olas y rompientes.
9. Los estudios para complementar la información especial acerca de mareas y corrientes en cartas, mapas topohidrográficos, derroteros de las costas, avisos a navegantes, etc.
10. Los estudios sobre: cartas cotidales,<sup>3</sup> cartas o mapas de la superficie instantánea del mar; puntos anfidrómicos;<sup>4</sup> zonas oscilantes de marea; propagación de la marea; ciclo de saros de marea; ciclo metónico de marea;<sup>5</sup> estabilidad de la costa; variación del fondo submarino; y azolvamiento de puertos y canales de navegación, etcétera.
11. Los estudios mareológicos o mareográficos en zonas marítimas para la determinación y delimitación de las mismas (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, pp. 68-69).

Los objetivos a lograrse con las mediciones de mareas pueden ser mayores cada vez más en función del enfoque, de las necesidades y del tiempo.

---

<sup>1</sup> El sondaje es la actividad que se realiza para obtener la conformación del relieve submarino mediante la aplicación de métodos mecánicos o acústicos.

<sup>2</sup> El seiche es definido como la “oscilación pequeña dentro de una onda normal de mareas con un periodo variable de unos cuantos minutos hasta una hora o poco más, pero algo menor que los tiempos de la marea. Se atribuye generalmente a fuertes vientos o cambios en la presión barométrica y se encuentra en extensiones de aguas restringidas o superpuestas en las olas de marea en pleno océano” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, pp. 91-92).

<sup>3</sup> Los mapas cotidales, corresponden a la construcción de las cartas que a través del trazo de líneas, unen puntos con la misma hora de ocurrencia de la marea.

<sup>4</sup> Los puntos anfidrómicos corresponden a los sitios específicos de “intersección de las líneas cotidales” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 84).

<sup>5</sup> El ciclo metónico se refiere a la repetición de las fases lunares que consta de un “periodo de 19 años julianos que equivalen a casi 235 lunaciones... Tomándose el año juliano de 365,25 días solares medios, y el mes sinódico de 29,530.588 días solares medios tenemos 19 años con 6,939.75 días, que comparado con las 235 lunaciones de 6,939.69 días, arroja una diferencia de sólo 0.06 de día solar medio” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 15).

## 3.2 Tipos de estaciones

Las estaciones mareográficas se pueden dividir en dos tipos, que son las primarias y secundarias.

### 3.2.1 Primarias

Las estaciones primarias, también nombradas como de referencia o de norma, operan

...por un periodo de varios años para obtener un registro continuo de la marea en la localidad deseada. Por cuanto al registro o récord de una estación tal constituye información básica sobre las mareas tanto para el presente como para el futuro, es muy importante que la instalación y el mantenimiento de la estación se hagan con el fin de obtener el más alto grado posible de seguridad y precisión (Coast and Geodetic Survey de la Secretaría de Comercio de los Estados Unidos de América, 1944, p. 25).

También a este tipo de estación se le compara con un Puerto patrón de mareas, donde se establecen las constantes de las mismas, y además sirve como un punto de comparación de observaciones simultáneas con aquellos sitios circundantes.

Cuando se decide establecer este tipo de estaciones mareográficas, es necesario llevar a cabo la elección de un lugar fijo con protección denominado caseta, además debe de realizarse una nivelación y colocar bancos de nivel que sirvan como puntos de referencia de la estación.

Para que una estación primaria tenga confiabilidad requiere funcionar como tiempo mínimo 19 años, porque en este tiempo la Luna cubre todo un ciclo.

Las estaciones mareográficas hasta ahora establecidas en la mayoría de los casos en su periodo de operación no llegan a cubrir los años necesarios para considerarse como estaciones primarias, así como en algunas no existe continuidad en las operaciones. A este respecto ya se señaló que aunque en los

...últimos 10 años se ha incrementado la red de estaciones mareográficas en las costas del Pacífico y del Golfo de México, aún son pocas las que tienen un periodo de más de 19 años de observaciones continuas, por lo que las determinaciones secundarias son, sin lugar a dudas, las más comunes (Santos, 1985, p. 31).

### 3.2.2 Secundarias

En las estaciones secundarias las observaciones que se realizan son limitadas sobre todo en tiempo, por lo general, abarcan periodos de un año, y en algunas ocasiones pueden prolongarse.

El establecimiento de estaciones de este tipo, tienen el objetivo de obtener información brasmológica de tiempo relativamente corto y de carácter general, con fines específicos, como en el caso de estudios hidrográficos, reducción de

sondeos, entre otros. "Las observaciones de una estación secundaria no son por lo general suficientes para la determinación precisa e independiente de los niveles de las mareas" (Coast and Geodetic Survey de la Secretaría de Comercio de los Estados Unidos de América, 1944, p. 51).

Es recomendable que al instalar una estación secundaria exista una estación principal para tomarla de referencia, y de esta manera poder establecer comparaciones simultáneas representativas que permitan obtener resultados satisfactorios.

Es pertinente señalar que todos los registros mareológicos que se lleven a cabo son importantes, sin embargo, las mediciones sobre cursos de ríos, en bahías estrechas, esteros, lagunas, golfos entre otros, no tienen el mismo comportamiento de la marea que se registra en el litoral.

Cuando la determinación de la altura del nivel del mar es propósito importante, la estación debe situarse en costa abierta o en una bahía que tenga libre acceso al agua del mar. No son convenientes los ríos, ni las bahías unidas al mar por una entrada relativamente estrecha, pues es probable que haya diferencia entre el nivel medio del agua dentro de la bahía y la costa exterior. Tampoco conviene en un sitio separado de la extensión principal del agua por una barra, pues las gráficas que se obtengan no serán típicas de las condiciones de la marea en el área en general (Coast and Geodetic Survey de la Secretaría de Comercio de los Estados Unidos de América, 1944, p. 25).

### 3.3 Tipos de mareógrafos

En las estaciones mareográficas para medir y registrar las oscilaciones del fenómeno de las mareas, se emplea un instrumento nombrado mareógrafo.

Los mareógrafos pueden ser de varios tipos, pero los principales que el Servicio Mareográfico Nacional opera son el tipo *automático standard* y *automático portátil*. El primero se diseñó con el propósito de operar en estaciones primarias y con la visión de continuar las observaciones de largo periodo. Su funcionamiento consiste en la reproducción a una escala reducida de modo conveniente para conocer el movimiento vertical que describe el agua marina producto de las mareas, también conocida como curva de la marea.<sup>6</sup> Se compone principalmente por un flotador que oscila en ascenso y descenso dentro de un tubo con perforaciones pequeñas, las cuales sirven para amortiguar los efectos como el oleaje. El flotador está ligado mediante un cable a un tambor en el cual se enrolla dicho cable. Los movimientos del tambor se transmiten a un lápiz que registra las alturas horarias de la marea,<sup>7</sup> y traza la curva de la marea en forma continua sobre una tira de papel nombrado

---

<sup>6</sup> La curva de la marea es "la representación gráfica de las oscilaciones del nivel del mar, debidas a las acciones luni-solares y que además incluye todos los agentes perturbadores ajenos a la marea misma, y principalmente la acción de la atmósfera que lo envuelve. En esta curva se representa el tiempo por las abscisas, y la altura de la marea por ordenadas de la curva. Para una marea normal la representación gráfica se aproxima a la curva del coseno" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 25).

<sup>7</sup> Se denominan alturas horarias a las lecturas del nivel de agua marina con referencia a la escala de mareas que se realizan en intervalos periódicos equivalentes a una hora, este seguimiento muestra el cambio del nivel del mar durante el ascenso o descenso que tiene la marea, en forma directa o en los mareogramas. Por lo general, se expresan en centímetros o pies y décimos de pie.

mareograma,<sup>8</sup> que se desplaza a una velocidad constante con base en un sistema de relojería. En cambio, el segundo se emplea por la facilidad de instalación y escasos requerimientos, además tiene la característica de su funcionalidad para observaciones de tiempo cortos. Algunos mareógrafos de este tipo son digitales y tienen la opción de regular el tiempo de medición. Perforan automáticamente una gráfica que cuenta con una escala numérica que representa las alturas de las mareas. Los aparatos más modernos trabajan con un sistema de relojería adaptado a una fuente de baterías y en ocasiones con enlace a computadoras.

En caso de no contar con instrumentos sofisticados la forma más común para realizar la medición mareológica, es emplear una regla graduada conocida como mareómetro de vara o escala de mareas. Entre otros mareómetros se cuenta con los de cinta, tubo y presión. En todos los casos, de llegarse a utilizar estos instrumentos, se requiere de un observador para obtener las mediciones de la marea.

### **3.4 Distribución de las estaciones mareográficas**

En la década de los años cincuenta los Estados Unidos de América a través de la Oficina de Estudios de Costas y Geodesia (*Coast and Geodetic Survey*), instalaron en los litorales de México una red de estaciones mareográficas. A partir de 1952, se instauró el Departamento de Oceanografía con la tarea de ampliar la instalación de la red, brindar el mantenimiento, operación, y procesamiento de la información, el cual quedó a cargo del Instituto de Geofísica de la UNAM. A partir del establecimiento de las estaciones mareográficas, algunas operaron por un tiempo y otras hasta la fecha continúan con la obtención de registros. Actualmente se conoce como Servicio Mareográfico Nacional. En la Geografía General de México de Jorge Tamayo describe de la siguiente manera la situación de las observaciones mareográficas y brinda un panorama en general de las necesidades marinas.

Afortunadamente, a raíz de que la Universidad Nacional Autónoma de México, creó el Instituto de Geofísica, este nuevo centro de investigación se preocupó de tomar a su cargo las pocas estaciones mareográficas existentes en el país, atendidas directa o indirectamente por organismos extranjeros.

En el curso del año de 1952, organizó el Departamento de Oceanografía, encargándose de operar las siguientes estaciones en el Océano Pacífico: Ensenada, B.C., Guaymas, Son., Topolobampo, Sin., La Paz, T. B.C., Mazatlán, Sin., Manzanillo, Col., Acapulco, Gro. y Salina Cruz, Oax. En el Golfo de México: Tampico, Tamps., Tuxpan, Ver., Alvarado, Ver., Coatzacoalcos, Ver., Cd. del Carmen, Camp. y Progreso, Yuc.

Además instaló en 1956 una estación en la isla de Socorro, que fue destruida por el ciclón que la asoló en 1958.

---

<sup>8</sup> El mareograma es la "expresión gráfica de la curva de la marea. Es el rollo de papel de un mareógrafo automático standard que ya contiene la curva mareográfica. Es también la papeleta de un mareógrafo portátil con la inscripción de la curva generada por el mismo aparato" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 71).

En estas estaciones se observa el nivel de la superficie del mar, con mareógrafos de registros automáticos, se determina la temperatura cada 24 horas, así como la densidad y salinidad en una muestra que se toma diariamente.

Por falta de recursos económicos, en lo común no están instaladas las estaciones en sitios adecuados. Generalmente en muelles o sitios en que la marea está afectada y el agua también en su temperatura y salinidad por corrientes o estancamiento, descargas, etcétera.

Tampoco se publican las observaciones con regularidad y profusión... Hace falta aumentar el número de estaciones de observación marina, instalándolas en sitios adecuados; asomarse al estudio de corrientes y hacer periódicamente cruceros para estudiar los diversos fenómenos que afectan nuestras aguas litorales. Además, combinar estos estudios físicos, con los biogeográficos (Tamayo, 1962, pp. 580-581).

Tamayo fue uno de los primeros investigadores en utilizar y presentar la información mareográfica en forma resumida, de las observaciones del año 1960, de las estaciones que operaban, con excepción de la de Manzanillo, que a causa de un ciclón de fines de 1959, quedó fuera de servicio y la de Coatzacoalcos inutilizada a principios de 1960 (Tamayo, 1962).

En la actualidad, el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) cuenta con una red de estaciones mareográficas que opera en la península de Baja California.

Las red de estaciones mareográficas que maneja el Servicio Mareográfico consta de 38 (Instituto de Geofísica, 1992; Véase Mapa 3.1).

En el año de 1988, el Servicio Mareográfico Nacional tenía en operación 22 estaciones mareográficas (Gómez, 1988).

En el año de 1998, el número de estaciones que se encontraban en funcionamiento fueron 12 (Comentarios verbales del jefe del Servicio Mareográfico Nacional, 1998).

En el ambiente oceanográfico en general, existe la carencia de un banco de datos de los mares mexicanos y esto no es exclusivo para el caso de la información mareográfica, lo cual puede corroborarse con los siguientes señalamientos

...se hace indispensable conocer, organizar, sistematizar y compartir los datos que en forma aislada se recopilan a través de múltiples investigaciones en los océanos, ya que ahora sabemos que lo que sucede en un punto del mundo afecta aun a la población más recóndita de éste. En las últimas décadas, se ha venido experimentado un desarrollo considerable en el campo de las ciencias y tecnologías del mar, generando grandes volúmenes de información científica marina, la mayoría en forma dispersa y sin un mecanismo que asegure su calidad, suficiencia, confiabilidad y oportunidad (Subcomité para la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, 1998, p. 1).

A pesar de contar con registros de mareas, a través del funcionamiento de las estaciones mareográficas en sitios distintos y con variantes en cuanto al tiempo de observación sobre el espacio marino de los litorales del país, no existen investigaciones que integren el comportamiento real de las fases de la marea que tienen lugar en los mares mexicanos.

No existe una planeación, organización, interés, apoyo, personal y sistematización de los datos producto de las observaciones llevadas a cabo, que puedan estar disponibles a toda persona que los solicite.

Al analizar la distribución de la red mareográfica, se observa que en todos los Estados con acceso al litoral han llegado a contar con el establecimiento de una estación. Las entidades que en su territorio marítimo se han localizado un mayor número de estaciones son: Baja California, Baja California Sur con 6 cada una, Veracruz 4 y Sonora 3 (Véanse Mapa 3.1 y Gráfica 3.1).

En las bahías del Pacífico, se localizan 12 estaciones mareográficas, 11 en el litoral, y 1 en la zona de ultramar (Véanse Mapa 3.1 y Gráfica 3.2).

Para el propósito de esta investigación se consideraron solamente 28 estaciones (Véase Mapa 3.2).

### **3.5 Regiones mareográficas**

Para realizar la distribución de las estaciones mareográficas, se agruparon en cuatro regiones en relación con cada vertiente que circunda al país.

#### *3.5.1 Región del Océano Pacífico*

En la región del Océano Pacífico se localizan las siguientes estaciones mareográficas.

##### **3.5.1.1 Estación mareográfica de Ensenada, B.C.**

La estación de Ensenada, Baja California, se localiza en el muelle del puerto de Ensenada, en la bahía de Todos los Santos, correspondiente al litoral poniente del estado de Baja California, en el Océano Pacífico.

Las coordenadas son: 31° 51' 00" de latitud norte y 116° 38' 00" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

##### **3.5.1.2 Estación mareográfica de San Quintín, B.C.**

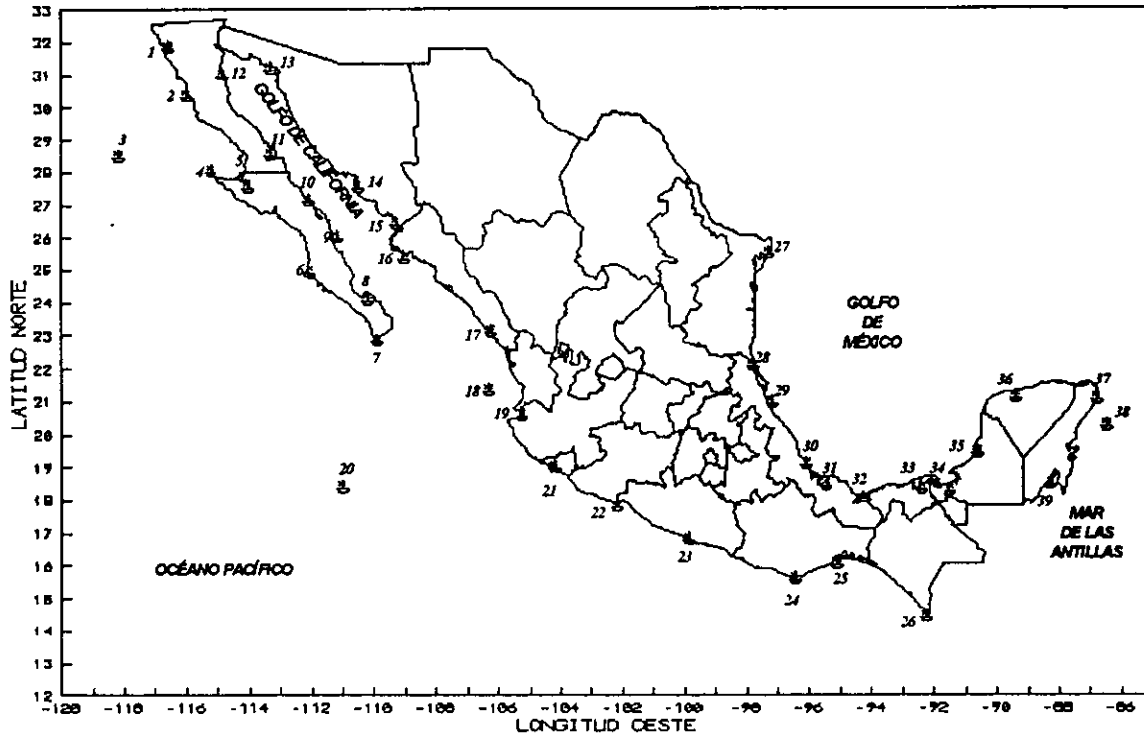
En el muelle de la bahía San Quintín se estableció la estación mareográfica del mismo nombre, en la parte central del litoral occidental del estado de Baja California, en el Océano Pacífico.

Las coordenadas son: 30° 29' 00" de latitud norte y 115° 59' 00" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

##### **3.5.1.3 Estación mareográfica de la isla Guadalupe, B.C.**

En la isla de Guadalupe, en aguas del Océano Pacífico, frente al litoral oeste del estado de Baja California, se localiza la estación mareográfica.

# DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE ESTACIONES MAREOGRÁFICAS QUE HAN OPERADO EN LOS LITORALES DE MÉXICO

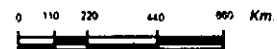


### SIMBOLOGÍA

 ESTACIÓN MAREOGRÁFICA <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">1</div> ENSENADA <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">2</div> SAN QUINTÍN <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">3</div> ISLA GUADALUPE <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">4</div> ISLA CEDROS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">5</div> GUERRERO NEGRO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">6</div> SAN CARLOS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">7</div> CABO SAN LUCAS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">8</div> LA PAZ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">9</div> LORETO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">10</div> SANTA ROSALÍA	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">11</div> BAHÍA DE LOS ÁNGELES <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">12</div> SAN FELIPE <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">13</div> PUERTO PEÑASCO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">14</div> GUAYMAS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">15</div> YAVAROS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">16</div> TOPOLOBAMPO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">17</div> MAZATLÁN <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">18</div> ISLAS MARÍAS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">19</div> PUERTO VALLARTA <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">20</div> ISLA SOCORRO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">21</div> MANZANILLO	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">22</div> LÁZARO CÁRDENAS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">23</div> ACAPULCO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">24</div> PUERTO ÁNGEL <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">25</div> SALINA CRUZ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">26</div> PUERTO MADERO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">27</div> MATAMOROS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">28</div> CIUDAD MADERO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">29</div> TLDPAN <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">30</div> VERACRUZ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">31</div> ALVARADO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">32</div> COATZACOALCOS	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">33</div> FRONTERA <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">34</div> CIUDAD DEL CARMEN <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">35</div> LERMA <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">36</div> PROGRESO <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">37</div> PUERTO JUÁREZ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">38</div> ISLA COZUMEL <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; width: 20px; height: 20px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">39</div> CHETUMAL
---	---	---	--

### Escala

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

INSTITUTO DE GEOSICA UNAM

**Mapa 3.1**



Las coordenadas son: 28° 53' 00" de latitud norte y 118° 18' 00" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

#### 3.5.1.4 Estación mareográfica de la isla Cedros, B.C.

La estación de mareas de la isla Cedros, se localiza sobre el muelle donde atracan las embarcaciones en la isla, en la parte más austral de la línea de costa occidental del estado de Baja California, frente a la bahía de Sebastián Vizcaíno en el Océano Pacífico.

Las coordenadas son: 28° 06' 00" de latitud norte y 115° 11' 00" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

#### 3.5.1.5 Estación mareográfica de San Carlos, B.C.S.

Se sitúa sobre el muelle del puerto de San Carlos, en el litoral occidental de la península de Baja California y al este de la Isla Magdalena, en aguas del Océano Pacífico en el estado de Baja California Sur.

Las coordenadas son: 24° 47' 24" de latitud norte y 112° 07' 10" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

#### 3.5.1.6 Estación mareográfica de Mazatlán, Sin.

Se localiza en el muelle del puerto de la bahía de Mazatlán, al sureste del litoral del estado de Sinaloa, en la vertiente del Océano Pacífico.

Las coordenadas son: 23° 11' 55" de latitud norte y 106° 25' 20" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

#### 3.5.1.7 Estación mareográfica de Puerto Vallarta, Jal.

Se localiza en la bahía de Banderas, sobre el muelle del puerto correspondiente al litoral del estado de Jalisco, en aguas del Océano Pacífico.

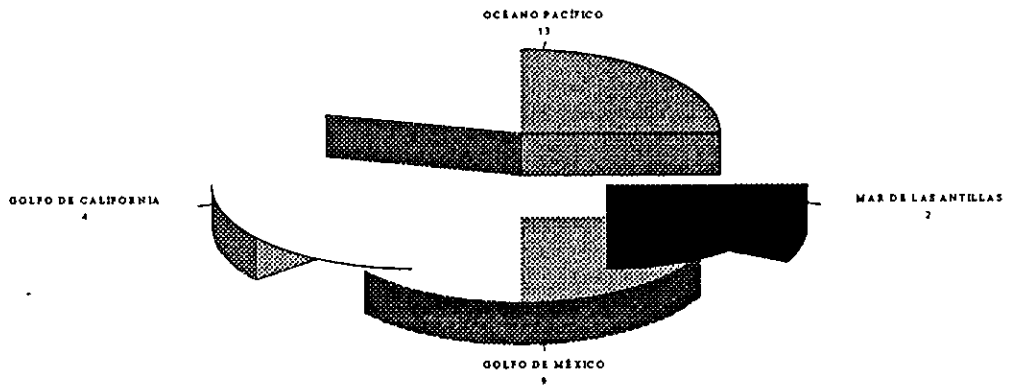
Las coordenadas son: 20° 36' 54" de latitud norte y 105° 14' 54" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

#### 3.5.1.8 Estación mareográfica de la isla Socorro, Col.

Esta estación de ultramar se localiza en el sur de la bahía de Castelan Orta, en el archipiélago de las Revillagigedo, rodeada por las aguas del Océano Pacífico, del estado de Colima.

Las coordenadas son: 18° 43' 09" de latitud norte y 111° 01' 02" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

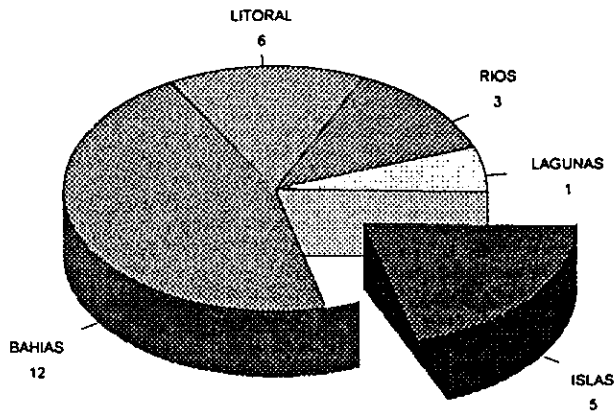
**DISTRIBUCIÓN DE LAS ESTACIONES MAREOGRÁFICAS EN LOS LITORALES DE MÉXICO**



FUENTE: BASE DATOS DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL, INSTITUTO DE GEOFÍSICA UNAM  
 ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Gráfica 3.1**

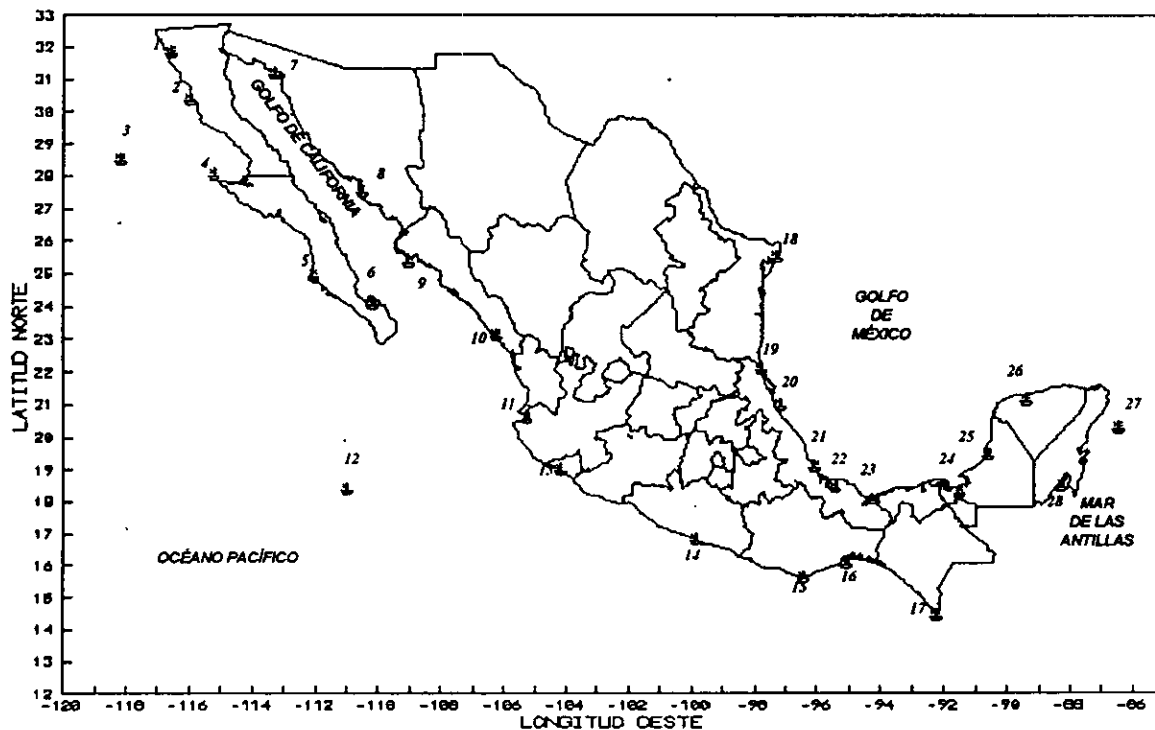
**EMPLAZAMIENTO DE LAS ESTACIONES MAREOGRÁFICAS EN EL ESPACIO HIDROGRÁFICO DE LOS LITORALES DE MÉXICO**



FUENTE: BASE DATOS DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL, INSTITUTO DE GEOFÍSICA UNAM  
 ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Gráfica 3.2**

# DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE ESTACIONES MAREOGRÁFICAS DE ESTUDIO EN LOS LITORALES DE MÉXICO

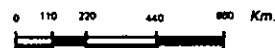


### SIMBOLOGÍA

	ESTACIÓN MAREOGRÁFICA		PUERTO VALLARTA		ALVARADO
	ENSENADA		ISLA SOCORRO		COATZACOALCOS
	SAN QUINTÍN		MANZANILLO		CIUDAD DEL CARMEN
	ISLA GUADALUPE		ACAPULCO		LERMA
	ISLA CEDROS		PUERTO ÁNGEL		PROGRESO
	SAN CARLOS		SALINA CRUZ		ISLA COZUMEL
	LA PAZ		PUERTO MADERO		CHETUMAL
	PUERTO PEÑASCO		MATAMOROS		
	GUAYMAS		CIUDAD MADERO		
	TOPOLOBAMPO		TLOAPAN		
	MAZATLÁN		VERACRUZ		

### Escala

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 3.2**

### 3.5.1.9 Estación mareográfica de Manzanillo, Col.

La estación se localiza en el muelle del puerto, en la bahía de Manzanillo en el litoral del estado de Colima, en el Océano Pacífico.

Las coordenadas son: 19° 03' 15" de latitud norte y 114° 19' 46" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.1.10 Estación mareográfica de Acapulco, Gro.

Se localiza en el puerto de la bahía de Acapulco, en el lugar denominado club de yates en el estado de Guerrero, en el Océano Pacífico.

Las coordenadas son: 16° 50' 26" de latitud norte y 99° 54' 44" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.1.11 Estación mareográfica de Puerto Ángel, Oax.

En la bahía de Puerto Ángel, sobre el muelle en la línea litoral del estado de Oaxaca, en el Océano Pacífico se ubica la estación.

Las coordenadas son: 15° 39' 06" de latitud norte y 96° 29' 06" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.1.12 Estación mareográfica de Salina Cruz, Oax.

Se localiza en el muelle del Puerto de Salina Cruz, en la bahía del mismo nombre, en el litoral del estado de Oaxaca, correspondiente al Golfo de Tehuantepec.

Las coordenadas son: 16° 09' 17" de latitud norte y 95° 12' 11" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.1.13 Estación mareográfica de Puerto Madero, Chis.

Se localiza en el muelle de Puerto Madero, al sureste de la línea costera del estado de Chiapas, en aguas del Océano Pacífico.

Las coordenadas son: 14° 42' 00" de latitud norte y 92° 25' 00" de longitud oeste (Instituto de Geofísica, 1992; Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

## 3.5.2 *Región del Golfo de California*

En la región del Golfo de California las estaciones mareográficas que se consideraron fueron las siguientes:

### 3.5.2.1 Estación mareográfica de La Paz, B.C.S.

Ubicada en la parte sursureste del litoral de la península de Baja California, al oeste de la entrada del antiguo mar Bermejo, en las aguas que alberga la bahía de La Paz y emplazada sobre el muelle del puerto en el estado de Baja California Sur.

Las coordenadas son: 24° 09' 07" de latitud norte y 110° 20' 07" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.2.2 Estación mareográfica de Puerto Peñasco, Son.

La estación de Puerto Peñasco, se localiza sobre el muelle del puerto, en el extremo noreste del litoral del Golfo de California, al norte de la latitud de 31°, en la franja de los grandes desiertos, en el estado de Sonora.

Las coordenadas son: 31° 18' 01" de latitud norte y 113° 32' 09" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.2.3 Estación mareográfica de Guaymas, Son.

En el muelle de la zona portuaria de la bahía de Guaymas, al este del litoral del Golfo de California, estado de Sonora, se estableció la estación mareográfica de Guaymas.

Las coordenadas son: 27° 55' 05" de latitud norte y 110° 53' 05" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.2.4 Estación mareográfica de Topolobampo, Sin.

En el litoral oriental de la planicie costera del Golfo de California, sobre el muelle del puerto en la bahía de Topolobampo, estado de Sinaloa, se localiza la estación.

Las coordenadas son: 25° 36' 00" de latitud norte y 109° 02' 09" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

## 3.5.3 *Región del Golfo de México*

En la región que corresponde a la vertiente del Golfo de México, se localizan las siguientes estaciones mareográficas:

### 3.5.3.1 Estación mareográfica de Matamoros, Tamps.

Esta estación no existe físicamente, sus niveles se obtuvieron mediante la correlación de datos de Santa Anita, Estados Unidos.

Las coordenadas son: 25° 52' 08" de latitud norte y 97° 31' 02" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2 y Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.3.2 Estación mareográfica de Ciudad Madero, Tamps.

Se localiza en el muelle del puerto de Tampico, en la margen izquierda de las aguas del río Pánuco en la vertiente septentrional del Golfo de México, estado de Tamaulipas.

Las coordenadas son: 22° 13' 00" de latitud norte y 97° 51' 18" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2 y Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.3.3 Estación mareográfica de Tuxpan, Ver.

Se localiza en el muelle del puerto de Tuxpan, en la margen derecha del río del mismo nombre, a escasos metros de su desembocadura en la cuenca del Golfo de México, estado de Veracruz.

Las coordenadas son: 21° 00' 00" de latitud norte y 97° 20' 00" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2 y Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.3.4 Estación mareográfica de Veracruz, Ver.

Se localiza sobre el muelle de la Escuela Náutica de la ciudad del estado de Veracruz, en la parte media del Golfo de México.

Las coordenadas son: 19° 12' 06" de latitud norte y 96° 08' 13" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2 y Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.3.5 Estación mareográfica de Alvarado, Ver.

Se localiza en la margen izquierda de la laguna de Alvarado, aguas arriba de la desembocadura del río Papaloapan al Golfo de México, en el estado de Veracruz.

Las coordenadas son: 18° 46' 44" de latitud norte y 95° 45' 56" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2 y Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.3.6 Estación mareográfica de Coatzacoalcos, Ver.

Se localiza junto al muelle del puerto de Coatzacoalcos, en la margen derecha del río, próximo al Golfo de México, en el estado de Veracruz.

Las coordenadas son: 18° 08' 50" de latitud norte y 94° 24' 40" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2 y Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.3.7 Estación mareográfica de Ciudad del Carmen, Camp.

Se localiza en la isla del Carmen, en las cercanías de la entrada sur de la Laguna de Términos, en el Golfo de México, estado de Campeche.

Las coordenadas son: 18° 32' 22" de latitud norte y 91° 50' 16" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2 y Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.3.8 Estación mareográfica de Lerma, Camp.

Se localiza en el muelle del puerto de Lerma, en el litoral del estado de Campeche, a escasos 20 km al sursuroeste de la capital, en aguas de la cuenca del Golfo de México.

Las coordenadas son: 19° 48' 03" de latitud norte y 90° 36' 03" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2 y Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.3.9 Estación mareográfica de Progreso, Yuc.

Se localiza en el muelle de puerto Progreso, en la zona costera del estado de Yucatán, en aguas del Golfo de México. Es la estación más alejada de la zona litoral, con exclusión de las islas.

Las coordenadas son: 21° 18' 00" de latitud norte y 89° 39' 30" de longitud oeste (Instituto de Geofísica, 1992; Véanse Mapa 3.2 y Gráficas 3.1 y 3.2).

## 3.5.4 *Región del mar de Las Antillas*

La región del litoral del mar de Las Antillas se compone de las siguientes estaciones mareográficas.

### 3.5.4.1 Estación mareográfica de la isla Cozumel, Q. Roo

Se sitúa en el muelle de la isla Cozumel, en aguas del mar de Las Antillas, y en el espacio de ultramar del estado de Quintana Roo.

Las coordenadas son: 20° 30' 05" de latitud norte y 86° 48' 04" de longitud oeste (Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

### 3.5.4.2 Estación mareográfica de Chetumal, Q. Roo

Se encontraba en el muelle de la bahía de Chetumal, en el estado de Quintana Roo.

Las coordenadas son: 18° 50' 00" de latitud norte y 88° 28' 00" de longitud oeste. Durante un recorrido de campo durante noviembre de 1996, la estación ya no se encontró, debido a que el muelle tuvo reparaciones (Instituto de Geofísica, 1992; Véanse Mapa 3.2, Gráficas 3.1 y 3.2).

En relación con las estaciones en estudio, se tiene que el litoral que cuenta con un mayor número de estaciones es el Pacífico con 13, el Golfo de California 4, el Golfo de México 9 y en el Mar de Las Antillas únicamente con 2 (Véase Gráfica 3.1).

En el litoral del mar de Las Antillas, para fines de estudios de turismo con el Fondo Nacional para Apoyo al Turismo (FONATUR), el Servicio Mareográfico

llevó a cabo mediciones de corto periodo en Cancún y Puerto Morelos, Quintana Roo. En el Pacífico como caso semejante, se realizó en Huatulco, Oaxaca.

En el caso de la estación de Matamoros ubicada en el Golfo de México que se considera como de investigación, tiene la peculiaridad de que nunca se estableció; por consiguiente, no se han realizado mediciones de la marea en el lugar. Sin embargo, todas sus componentes aparecen en tablas de pronóstico de mareas. Para este caso, las componentes se calcularon al tomar como referencia una estación cercana a Matamoros, localizada en Estados Unidos de América denominada Santa Anita (Comentarios verbales del personal del Servicio Mareográfico Nacional, 1990).

La distribución que tienen las estaciones de acuerdo con los aspectos físicos donde se localizan comprenden: 6 en el litoral, 3 en ríos, 13 en bahías, 5 en las islas y 1 en el espacio lagunar (Véase Gráfica 3.2).





## CAPÍTULO IV

### CLASIFICACIÓN DE LAS MAREAS

#### 4. ASPECTOS GENERALES

Las aguas marítimas tienen un desplazamiento permanente, a manera de vaivén, y de un lado a otro del océano. La fuerza de las mareas, aunque lenta, es de una magnitud prodigiosa. La marea en el inmenso seno del océano se percibe muy poco. Sin embargo, este fenómeno en algunas líneas de costa, alcanza una amplitud sorprendente.

La influencia que tienen las geofformas, su disposición, la batimetría, la posición de los astros (Luna, Tierra y Sol), entre otras, constituyen factores importantes en el comportamiento de la marea. En los litorales y particularmente en los diversos tipos de accidentes marginales se manifiesta el fenómeno. Así lo vemos que ocurre en una ensenada, bahía, caleta, estero, laguna, marisma, en la desembocadura de ríos, en la playa, entre otras, donde la energía mareomotriz resulta de sorprendentes efectos. Observar el fenómeno, es un verdadero espectáculo, sobre todo en lugares como Puerto Peñasco en el mar de Cortés, en Chazailón Francia, en la bahía de Fundy en Nueva Escocia. En esta última, la marea alcanza en la fase de la pleamar ordinaria una altura de 19.5 metros; en sitios de las costas del Mediterráneo, en la bahía de Chetumal en el mar de Las Antillas y en algunas islas del Pacífico, es pequeña.

La marea en algunos ríos penetra aguas arriba a distancias considerables de la desembocadura, como sucede en el río Amazonas, donde se perciben los efectos hasta antes de llegar sus aguas al océano a 2,500 km de su desembocadura (SOLIDASARH, 1993). La ría<sup>1</sup> que se forma en estos lugares puede alcanzar algunos metros de altura, mientras en otros es mínima.

#### 4.1 Régimen de mareas

En el fenómeno de las mareas, existen variaciones que permiten distinguirlas, como lo es en la altura que alcanzan, el periodo de ocurrencia de la onda<sup>2</sup> productora, y el régimen, entre otras.

---

<sup>1</sup> Se conoce como ría a la parte frontal donde se mezclan las aguas dulces y saladas hasta donde llega el avance de las mareas sobre el curso de un río, generalmente se presenta en su desembocadura.

<sup>2</sup> La onda productora corresponde al "movimiento oscilatorio en una extensión de agua que resulta de una subida y bajada alterna de la superficie" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 75).

Los estudiosos en la materia, diferencian las mareas de acuerdo con la relación que existe entre la manifestación que prevalece ya sea entre la onda diurna<sup>3</sup> y semidiurna,<sup>4</sup> es decir, a partir del régimen que tienen.

En la fuerza de las mareas existen diversas componentes que sirven para identificarlas.

Una componente se define como

...la parte de una fuerza de marea o velocidad de corriente que actúa en determinada dirección. También se llama componente a uno de los elementos armónicos en una expresión matemática de la fuerza productora de la marea. Cada componente representa un cambio periódico o variación en las posiciones relativas de la Tierra, la Luna y el Sol (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 17).

La expresión matemática de una componente tiene la siguiente fórmula

... $y = A \cos (at + \alpha)$  donde:  $y$  es una función del tiempo según se expresa con el símbolo  $t$ , que se calcula desde un origen específico.

El coeficiente  $A$  se llama amplitud de la componente y representa la medida de su importancia relativa. El ángulo  $(at + \alpha)$  varía uniformemente, y su valor en cualquier momento se llama fase de la componente.

La velocidad de la componente es el régimen de cambio en su fase y se representa por el símbolo  $a$  en la fórmula. La cantidad  $\alpha$  es la fase de la componente en el instante inicial desde el cual se calcula el tiempo.

El periodo de la componente es el tiempo requerido por la fase para variar a través de  $360^\circ$  y en el ciclo de la condición astronómica representado por la componente (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 17).

La componente armónica de la marea de cualquier sitio corresponde a "las alturas ( $H$ ) y las épocas ( $g$ ) de las componentes armónicas de la marea... de un lugar. El valor ( $H$ ) se expresa en pies, décimos y centésimos o en sistema métrico decimal, y el valor ( $g$ ) se expresa en grados" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 18).

Existe una diferencia entre componente y lo que es una constante armónica de marea, ya que esta última se refiere a las "relaciones de marea que permanecen prácticamente constantes para cualquier localidad determinada" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 19). Sin embargo, pueden tenerse constantes no armónicas de marea y éstas se consideran como "aquéllas, tales como el intervalo Luna-marea, las amplitudes y desigualdades, etc., que pueden obtenerse directamente de las observaciones de plea y bajamar, sin tener en cuenta las componentes armónicas de la marea" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 19).

Las mareas constituyen uno de los fenómenos naturales que pueden calcularse y predecir con mayor precisión e inclusive con suficiente anticipación.

---

<sup>3</sup> Una componente diurna es aquella que tiene durante el día un solo periodo o ciclo de marea. Esta componente se distingue por el subíndice 1.

<sup>4</sup> En la componente semidiurna ocurren cada día dos máximos y dos mínimos. Se caracteriza por el subíndice 2.

Las componentes de las mareas internacionalmente están establecidas y cada una se identifica con una letra y un número subíndice.

Entre las componentes principales de la marea semidiurnas pueden destacarse la  $M_2$  que corresponde a la lunar principal,  $S_2$  es la solar principal,  $K_2$  lunisolar principal,  $L_2$  lunar elíptica menor,  $N_2$  lunar elíptica mayor y entre las diurnas  $K_1$  lunisolar de declinación,  $O_1$  lunar de declinación,  $P_1$  solar principal,  $Q_1$  lunar elíptica mayor,  $M_1$  lunar elíptica menor, así como la  $S_a$  solar anual y  $S_{sa}$  solar semianual, entre otras (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962).

Actualmente, se emplean programas computacionales que tienen relación con los métodos numéricos para obtener los pronósticos de mareas de cualquier lugar aunque el periodo de observaciones sea corto, ya sea con la información de unos cuantos meses. También es posible por correlación efectuar pronósticos tomando estaciones cercanas de referencia, pero deben de analizarse las condiciones geográficas de cada sitio para no tener variaciones significativas.

## 4.2 Clasificación de las mareas

En los litorales que bañan las aguas del océano las mareas que se presentan son distintas. Para diferenciar los tipos de marea se han propuesto diversas clasificaciones como la soviética, sin embargo, en la mayor parte de los países del mundo se emplea el coeficiente determinante del régimen de marea que estableció el francés Courtier, estudioso de las mareas en 1938. Éste se basa en la relación que existe entre la suma de cuatro componentes principales de la marea diurna  $K_1 + O_1$  y semidiurna  $M_2 + S_2$ .

De esta manera formuló la siguiente ecuación  $F = K_1 + O_1 / M_2 + S_2$

La relación que Courtier estableció permite una condición de igualdad, así como acercarse a la forma de la curva de la marea, y al comportamiento que ocurre durante un día. Sin embargo, es difícil que las mareas tengan límites bien marcados de igualdad, ya que ésta solamente puede originarse en un periodo corto cuando tienen lugar las mareas diurnas y semidiurnas de sicigias, y posterior al paso del satélite por su mayor declinación.

Al llevar a cabo la operación del cociente, se obtienen los rangos para diferenciar los tipos de marea siguientes:

### 4.2.1 Marea semidiurna

Se considera marea semidiurna porque en el comportamiento de ascenso y descenso la onda predominante es la semidiurna. En este tipo de marea, se presentan dos pleamares y dos bajamares cada día, con una diferencia relativamente pequeña entre las alturas de las mareas matutinas y vespertinas. La pleamar se presenta después del paso de la Luna por el meridiano, el cual siempre es el mismo.

El rango medio de la marea de sicigia es igual a  $2 (M_2 + S_2)$ .

Se afirma que este tipo de marea es la predominante en todo el globo (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962).

Cuando el rango de una marea tiene un valor de 0 m de altura a 0.25 m predomina el comportamiento semidiurno.

$$F = K_1 + O_1/M_2 + S_2 = 0.0 \text{ m} < a \text{ 0.25 m}$$

Ejemplo: estación mareográfica Puerto Madero, Chiapas.

Valor de la componente:  $K_1$ , 0.115 m     $O_1$ , 0.069 m  
 $M_2$ , 0.607 m     $S_2$ , 0.106 m

Sustitución:  $0.115 \text{ m} + 0.069 \text{ m} / 0.607 \text{ m} + 0.106 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$

#### 4.2.2 Marea mixta

La marea mixta, es un tipo intermedio entre la diurna y semidiurna. En el régimen de esta marea, se presenta una mezcla en la ocurrencia de la onda diurna como semidiurna, ya que tienen una importante relevancia. La diferencia estriba en la desigualdad<sup>5</sup> acentuada de alturas entre las pleamares y bajamares que ocurren diariamente. Por lo general, se producen dos pleamares y dos bajamares cada día. En ocasiones resulta diurna.

En términos generales, se considera que todas las mareas son mixtas (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962).

En función al predominio de las ondas diurna o semidiurna, es posible tener las siguientes subdivisiones:

##### 4.2.2.1 Marea mixta predominantemente semidiurna

Las características que diferencian a esta marea son que las aguas marinas ascienden y descienden dos veces al día, pero con una diferencia pequeña en la fase de las alturas y en tiempo; las rachas máximas se dan con la declinación de la Luna.

El rango medio de la marea de sicigia es igual a  $2 (M_2 + S_2)$ .

Las mareas se consideran mixta semidiurna cuando tienen un rango entre los 0.25 m y 1.50 m de altura.

$$F = K_1 + O_1/M_2 + S_2 = 0.25 \text{ m} < a \text{ 1.5 m}$$

Ejemplo: estación mareográfica La Paz, Baja California Sur.

Valor de la componente:  $K_1$ , 0.250 m     $O_1$ , 0.171 m  
 $M_2$ , 0.239 m     $S_2$ , 0.179 m

Sustitución:  $0.250 \text{ m} + 0.171 \text{ m} / 0.239 \text{ m} + 0.179 \text{ m} = 1.00 \text{ m}$

---

<sup>5</sup> La desigualdad se entiende como la "desviación sistemática del valor medio de una cantidad de marea con respecto al valor medio de la misma" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 29).

#### 4.2.2.2 Marea mixta predominantemente diurna

Esta marea tiene lugar cuando la Luna se encuentra en su máxima declinación y únicamente ocurre una alta por día; otras veces dos con desigualdad de fase<sup>6</sup> en la pleamar. Al presentarse este tipo de marea, se registran grandes desigualdades en la altura y en el tiempo, esto acontece cuando la Luna pasa por el Ecuador.

El rango medio de la marea de sicigia es igual a  $2 (K_1 + O_1)$ .

$$F = K_1 + O_1/M_2 + S_2 = 1.50 \text{ m} < \text{a } 3.00 \text{ m}$$

Ejemplo: estación mareográfica Veracruz, Veracruz.

Valor de la componente:	$K_1$ , 0.154 m	$O_1$ , 0.151 m
	$M_2$ , 0.088 m	$S_2$ , 0.027 m

Sustitución:  $0.154 \text{ m} + 0.151 \text{ m}/0.088 \text{ m} + 0.027 \text{ m} = 2.65 \text{ m}$

#### 4.2.3 Marea diurna

Esta marea se presenta cuando predomina la onda diurna con la ocurrencia de una sola pleamar y una bajamar cada día, durante la mayor parte del mes. El periodo que tarda en efectuar el ascenso y descenso es de un poco más de 12 horas, respectivamente. En la fase de cuadratura de la Luna cuando pasa por el Ecuador, es viable la presencia de que se registren dos pleamares.

El valor medio de la marea de sicigia es igual a  $2 (K_1 + O_1)$ .

En este tipo de mareas, la onda diurna alcanza una altura superior a 3.00 m.

$$F = K_1 + O_1/M_2 + S_2 = > \text{a } 3.00 \text{ m}$$

Ejemplo: estación mareográfica Progreso, Yucatán.

Valor de la componente:	$K_1$ , 0.180 m	$O_1$ , 0.168 m
	$M_2$ , 0.058 m	$S_2$ , 0.017 m

Sustitución:  $0.180 \text{ m} + 0.168 \text{ m}/0.058 \text{ m} + 0.017 \text{ m} = 4.64 \text{ m}$

Los rangos del régimen semidiurno tienen el valor más bajo, mientras que el diurno es el de mayor altura, y el régimen mixto queda intermedio, con la condicionante en el orden, de semidiurno o diurno.

La medición de la marea en distintos sitios del litoral del país, ha permitido identificar las variaciones en el comportamiento a lo largo de las costas de México. Se presentan tres tipos de mareas en los litorales nacionales, que son las diurnas, semidiurnas y mixtas “esta última con tres variantes, una con desigualdad diurna sólo en bajamares, otra con desigualdad diurna sólo en

---

<sup>6</sup> La desigualdad de fase son las variaciones que presentan las mareas debido a los cambios de fase de la Luna. Cuando se encuentra en la fase de Luna nueva y llena, la acción de los astros es mayor al unirse sus fuerzas, que actúan sobre las mareas y aumenta la amplitud de éstas, así como sus valores son superiores a la media. Esto ocurre en las mareas de sicigias o vivas, lo inverso sucede en la fase de la cuadratura o de las mareas conocidas como *muertas*.

pleamares, y una más con desigualdad diurna en pleamares y bajamares” (Cepeda *et al.*, 1989, p. 2).

Para diferenciar la desigualdad diurna<sup>7</sup> al ocurrir dos mareas en un día, se da el nombre a cada una de las dos pleamares, y lo mismo se hace con las bajamares. La pleamar que registra una mayor altura, es conocida como pleamar superior, y la de menor rango es la pleamar inferior. De la misma forma sucede con las bajamares, la más baja que ocurre en un día se llama bajamar inferior, y la más alta entre las dos es la bajamar superior.

### **4.3 Tipos de marea en las estaciones mareográficas de los litorales de México**

Los registros de las mareas son de gran ayuda para conocer su altura, la amplitud, y las variaciones en diversos sitios de los litorales de la República Mexicana, entre otros.

Al analizar la distribución isobrásmica<sup>8</sup> en los litorales del país, se observa lo siguiente:

#### *4.3.1 En la región del Océano Pacífico*

El litoral más extenso de la vertiente occidental del territorio nacional lo cubre el Océano Pacífico. A mediados del presente siglo, Lanford señaló respecto a las mareas que caracterizaban al Pacífico como predominantemente semidiurnas, sin llegar a otros detalles.

En la parte norte del Pacífico Mexicano y en particular en la zona de la costa occidental de Baja California, el régimen de mareas es del tipo mixta semidiurna con una gran desigualdad diurna. En cuanto a las amplitudes se establece que “van aumentando desde Ensenada hasta alcanzar su valor máximo aproximadamente en Punta Abrejos, para disminuir hacia Cabo San Lucas...” (De la Lanza (comp.), 1991, p. 310).

Algunos investigadores que realizaron un análisis del comportamiento de la marea en el Pacífico Tropical Mexicano a través de los datos gráficos del calendario de pronóstico de mareas de 1986 concluyen que

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

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

---

<sup>7</sup> La desigualdad diurna se define como “la diferencia de altura de las dos pleamares o de las dos bajamares de cada día... la diferencia cambia con la declinación de la Luna y en un grado menor con la declinación del Sol. En general, la desigualdad tiende a aumentar con la declinación creciente, norte o sur, y a disminuir cuando la Luna se acerca al Ecuador” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 30).

<sup>8</sup> Las líneas que unen puntos de igual tipo de marea se conocen como isobrásmicas.

## En el puerto de Acapulco

...el régimen de marea también es mixto. Una peculiaridad especial de la marea en esta área es que las *vivas* o sicigias no son en Luna nueva o llena, sino que éstas suceden en los cuartos menguante y crecientes, debido a que las fases de los componentes de la marea  $M_2$  y  $S_2$  (componente lunar principal semidiurno y componente solar principal semidiurno) se encuentran en oposición en Luna nueva y Luna llena, por lo que sus amplitudes se compensan y favorecen a los efectos diurnos. Por este motivo, unos días antes y después de la oposición y conjunción de la Luna, la marea se convierte en diurna. Lo contrario sucede en los cuartos de Luna, en donde las fases de dichos componentes ( $M_2$  y  $S_2$ ) concuerdan y sus amplitudes se enciman, esto provoca las mareas máximas en esas fechas (De la Lanza (comp.), 1991, pp. 169 y 171).

También afirman que el movimiento total de la marea tiene una propagación desde “Cabo Corrientes hacia el sur. La amplitud de marea disminuye en Lázaro Cárdenas, Michoacán, lugar en el que se registran las amplitudes más pequeñas de las costas del Pacífico Tropical Mexicano, de aquí, vuelven a crecer hasta alcanzar su valor máximo en el Golfo de Panamá” (De la Lanza (comp.), 1991, p. 171).

En el Golfo de Tehuantepec el régimen de mareas, es mixto semidiurno, es decir, ocurren dos pleamares y dos bajamares en cada día de marea. Sin embargo, “la fase de marea varía muy lentamente, o sea, que las horas de las pleamares y bajamares en toda la zona casi ocurren simultáneamente” (De la Lanza (comp.), 1991, p. 171).

En el Pacífico, los sitios donde se encuentran emplazadas las estaciones mareográficas, desde el norte de la península de Baja California en la vertiente occidental y hasta el litoral del estado de Chiapas, la marea del tipo mixta semidiurna es la dominante (Véase Cuadro 4.1).

Entre la estación de Mazatlán, Sin., a Puerto Vallarta, Jal., el rango es casi semejante, en la primera es de 0.57 m, y en la segunda de 0.58 m.

La que tiene el mayor rango corresponde a Manzanillo con 0.90 m, y Ensenada es de 0.76 m.

La estación de Lázaro Cárdenas, Mich., tuvo el rango mayor con 1.26 m, en cambio en Puerto Madero, Chis., alcanzó el valor más bajo con 0.25 m. Cabe señalar que en esta última estación su rango se encuentra en el límite superior del tipo semidiurno, pero su comportamiento ordinario es típico de una mixta semidiurna, como fue clasificada.

Las estaciones localizadas en los estados de Oaxaca y Chiapas que comprenden a Puerto Ángel, Salina Cruz y Puerto Madero, son las que tienen el rango más bajo en la zona del Pacífico.

En el territorio insular del Pacífico Mexicano el rango más alto lo tiene isla Guadalupe con 0.73 m, seguida de las islas Marias que alcanza 0.72 m, Cedros tiene 0.64 m, y Socorro llega a 0.59 m (Véase Cuadro 4.1).



#### 4.3.2 *En la región del Golfo de California*

Las observaciones mareográficas en la parte del Golfo de Cortés, tienen ciertas deficiencias debido a la cobertura y distribución de la red. Así como una marea muy compleja con una variación espacial amplia. Al respecto se expresa que el “estudio de las mareas en el Golfo de California es poco conocido, puesto que sólo existen ciertos datos mareográficos con registro continuos en los puertos de Sonora y Sinaloa, y se carece de aquellos que cubran grandes áreas por el lado de la península” (De la Lanza (comp.), 1991, p. 495). Sin embargo, la zona es muy importante al igual que el resto de los litorales del país, sobre todo por las amplitudes extraordinarias que llegan a presentarse en algunos puntos del norte, así como otros fenómenos peculiares que tienen lugar en este espacio marino. La marea en el mar de Cortés, es relevante debido a las

...grandes amplitudes presentes en la porción norte, además de la generación de ondas internas y deflexión gravitacional que se halla en el fondo.

Durante la primavera, las amplitudes de marea en el río Colorado alcanzan hasta 10 m y se encuentran entre las más extraordinarias y peligrosas del continente americano (De la Lanza (comp.), 1991, p. 496).

La cuenca marina del Golfo de California, es considerada por algunos investigadores, como uno de los más importantes sumideros de energía<sup>9</sup> de marea correspondiente a la parte del Pacífico del noroeste, con cierta semejanza a los mundialmente conocidos como en el Golfo de Panamá, la Bahía de Fundy en Canadá o en la costa de Alaska (De la Lanza (comp.), 1991).

El tipo de mareas en esta cuenca marina corresponden a las mixtas

...dominadas principalmente, por las constituyentes semidiurnas  $M_2$  (constituyente lunar) y  $S_2$  (constituyente solar), así como las diurnas  $O_1$  y  $K_1$  (constituyente lunar y solilunar, respectivamente). La diferencia entre ambas es notable desde que se encuentra en la entrada del Golfo, hasta que la onda se disipa en el Golfo Superior. Al parecer existen fenómenos distintos de absorción de energía de marea por la línea de costa, mecanismos de disipación, además de la presencia de un punto anfídromico aparente (De la Lanza (comp.), 1991, pp. 496-497).

La dinámica mareal en el Golfo de California no se caracteriza por ser homogénea, a medida que se avanza hacia el norte adquiere mayor grado de complejidad, sobre todo cuando se llega a las islas de

Ángel de la Guarda y Tiburón, la progresión de las ondas tiende a acelerarse y aumentar su amplitud debido al efecto de encajonamiento provocado por las islas.

La disminución de la profundidad, los frecuentes bancos de arena y sedimentos, también juegan un papel importante en el trayecto de las ondas, puesto que constantemente se encuentran en contacto con éstas, en el momento que se ven impulsadas por los vientos locales... La circulación de la onda de marea penetra hacia el

---

<sup>9</sup> Los sumideros de energía son considerados por algunos investigadores como ventanas de equilibrio que tienen lugar entre la hidrosfera y la litosfera, sin embargo, los estudios son incipientes todavía (De la Lanza (comp.), 1991).

Golfo Inferior en forma uniforme a través de los canales existentes (De la Lanza (comp.), 1991, p. 497).

Inclusive las investigaciones llegan a puntualizar la existencia de un área anfidrómica que se localiza entre Santa Rosalía y Guaymas. En este espacio

...ocurre una aceleración e incremento en las amplitudes de mareas, hasta alcanzar en la desembocadura del río Colorado 1.65 m para  $M_2$  y 2.77 para  $M_2 + S_2$ , valores que constituyen 15 veces más que los registros en Guaymas. La marea diurna entonces, se halla en la fase a lo largo del Golfo con amplitudes de 0.45 m ( $K_1 + O_1$ ), con aumentos monotónicos hasta alcanzar 0.80 m en el Golfo Superior; sólo una vez al año durante la primavera, se llega a dar una sumatoria de todas las amplitudes semidiurnas y diurnas, lo que da como resultado hasta 10.7 m para las mareas *vivas* o de sicigias en la desembocadura del río Colorado, y aun algunos kilómetros dentro (De la Lanza (comp.), 1991, pp. 497-498).

La fuerza mayor de la marea que entra al espacio marino del Golfo de California, se localiza por el lado oriental y su retorno lo lleva a cabo principalmente por el oeste (De la Lanza (comp.), 1991).

El Golfo de California o mar de Cortés, presenta variantes importantes como ocurre en la vertiente oriental de la península de Baja California que tiene los rangos más altos en comparación con las estaciones ubicadas en el litoral de Sonora y la parte norte de Sinaloa.

Santa Rosalía es la única estación con tipo de marea diurna y su rango es de 4.14 m.

Loreto y Guaymas tienen marea mixta diurna con rango de 1.60 m la primera, y la segunda de 1.92 m.

Las estaciones de La Paz, Bahía de los Ángeles, San Felipe, Puerto Peñasco, Yavaros y Topolobampo, su marea es del tipo mixta semidiurna.

San Felipe y Puerto Peñasco presentan los rangos menores en el mar de Cortés con 0.26 y 0.28 m, respectivamente. En este espacio marino y en particular en el extremo noreste, Puerto Peñasco tiene la mayor amplitud de todo el litoral nacional y es reconocido mundialmente (Véase Cuadro 4.2).

#### 4.3.3 *En la región del Golfo de México*

Los estudios que se refieren a las mareas en el Golfo de México, indican que en buena parte de este espacio marino son del "tipo diurno con algunas regiones de mareas mixtas como las zonas noreste y noroeste del Golfo (Plataforma de Texas-Louisiana y Florida)... reportándose componentes semidiurnos para la Sonda de Campeche" (De la Lanza (comp.), 1991, p. 63).

Las hipótesis que tratan de explicar el origen de las mareas en la cuenca del Golfo de México son diversas. En 1932, en relación con la marea diurna en la región, Grace señaló que se debe primordialmente a que existe una "cooscilación con la marea del Océano Atlántico vecino, la cual penetra al Golfo a través del estrecho de la Florida y después de 5 ó 6 horas sale de la cuenca

por el Canal de Yucatán” (De la Lanza (comp.), 1991, p. 63). Inclusive en su carta de mareas establece la existencia de un punto anfídromico localizado al “sur del delta del río Mississippi, que determina cambios muy rápidos en la fase mareal a lo largo del delta, así como en el lado norte de la península de Yucatán, proponiendo un giro de las líneas cotidales en contra de las manecillas del reloj” (De La Lanza (comp.), 1991, p. 63).

En 1920, Sterneck discernió en forma opuesta a Grace y en su investigación encontró “un punto nodal cerca del centro del Golfo, pero estableciendo una rotación de la onda mareal en el sentido de las manecillas del reloj” (De la Lanza (comp.), 1991, p. 63).

A finales de la década de los años cincuenta, Lanhford consideró que las mareas en el Golfo de México correspondían a las diurnas, sin llegar a precisar las variantes.

En 1954, Marmer atribuye al respecto que, la marea de tipo diurna en el Golfo de México, se debe al “periodo de resonancia de la cuenca, mencionando que dicho tiempo tiene un valor cercano a 24 horas” (De la Lanza (comp.), 1991, p. 63). Este periodo es el necesario para que tenga efecto la ocurrencia de una marea diurna.

También se ha demostrado, que los valores de las constantes armónicas K, O, M y S de la marea diurna tienen concordancia en la fase de toda la cuenca del Golfo de México (De la Lanza (comp.), 1991).

Otra aportación señala la existencia de

...una onda estacionaria en la región de la Florida. La corriente de marea en esta zona, sobre todo en el estrecho, no es pequeña y sugiere la presencia de un nodo de onda estacionaria. Datos de amplitud y fase para las constantes K y O, confirman que hay una oscilación de una onda estacionaria en el Estrecho de la Florida con un punto nodal cercano a Miami. Además, estas constantes armónicas en la región oeste del Mar Caribe también exhiben amplitudes pequeñas (3-9 cm) y cambios de fase rápidos, por lo que se puede establecer una comparación entre las dos regiones (De la Lanza (comp.), 1991, p. 65).

Las investigaciones recientes han tratado de encontrar relaciones y características con el comportamiento de la marea y de la circulación particular del Golfo de México, y se señala que las “oscilaciones inerciales en el Golfo de México, tienen un periodo aproximado de 28 horas y presentan un giro anticiclónico” (De la Lanza (comp.), 1991, p. 65). Con respecto a la resonancia de la marea en la cuenca se estima en 30 horas (De la Lanza (comp.), 1991).

El hecho de contar con mareas mixtas y semidiurnas en algunos sitios del Golfo de México “podría deberse principalmente, a la interacción entre la onda mareal y la topografía dominante de cada lugar” (De la Lanza (comp.), 1991, p. 65).

El comportamiento del tipo de marea que tiene lugar en los espacios marinos, no resulta un problema sencillo de resolver, ya que los procesos no tienen una injerencia aislada, necesariamente interactúan en una relación heterogénea de factores a distintas escalas.

Cuadro 4.1

<b>TIPO DE MAREA EN LAS ESTACIONES MAREOGRÁFICAS DEL OCEANO PACÍFICO</b>				
<b>NÚMERO DE ESTACIÓN</b>	<b>ESTACIÓN MAREOGRÁFICA</b>	<b>ENTIDAD</b>	<b>RANGO EN m</b>	<b>TIPO DE MAREA</b>
1	ENSENADA	BAJA CALIFORNIA	0.76	MIXTA SEMIDIURNA
2	SAN QUINTÍN	BAJA CALIFORNIA	0.64	MIXTA SEMIDIURNA
3	ISLA GUADALUPE	BAJA CALIFORNIA	0.73	MIXTA SEMIDIURNA
4	ISLA CEDROS	BAJA CALIFORNIA	0.64	MIXTA SEMIDIURNA
5	GUERRERO NEGRO	BAJA CALIFORNIA SUR	0.61	MIXTA SEMIDIURNA
6	SAN CARLOS	BAJA CALIFORNIA SUR	0.49	MIXTA SEMIDIURNA
7	CABO SAN LUCAS	BAJA CALIFORNIA SUR	0.62	MIXTA SEMIDIURNA
8	MAZATLÁN	SINALOA	0.57	MIXTA SEMIDIURNA
9	ISLAS MARIÁS	NAYARIT	0.72	MIXTA SEMIDIURNA
10	PUERTO VALLARTA	JALISCO	0.58	MIXTA SEMIDIURNA
11	ISLA SOCORRO	COLIMA	0.59	MIXTA SEMIDIURNA
12	MANZANILLO	COLIMA	0.90	MIXTA SEMIDIURNA
13	LÁZARO CÁRDENAS	MICHOACÁN	1.26	MIXTA SEMIDIURNA
14	ACAPULCO	GUERRERO	0.77	MIXTA SEMIDIURNA
15	PUERTO ÁNGEL	OAXACA	0.35	MIXTA SEMIDIURNA
16	SALINA CRUZ	OAXACA	0.29	MIXTA SEMIDIURNA
17	PUERTO MADERO	CHIAPAS	0.25	MIXTA SEMIDIURNA

FUENTE: TABLAS DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO 1994. INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.  
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Cuadro 4.2

<b>TIPO DE MAREA EN LAS ESTACIONES MAREOGRÁFICAS DEL GOLFO DE CALIFORNIA</b>				
<b>NÚMERO DE ESTACIÓN</b>	<b>ESTACIÓN MAREOGRÁFICA</b>	<b>ENTIDAD</b>	<b>RANGO EN m</b>	<b>TIPO DE MAREA</b>
18	LA PAZ	BAJA CALIFORNIA SUR	1.00	MIXTA SEMIDIURNA
19	LORETO	BAJA CALIFORNIA SUR	1.60	MIXTA DIURNA
20	SANTA ROSALÍA	BAJA CALIFORNIA SUR	4.14	DIURNA
21	B. DE LOS ÁNGELES	BAJA CALIFORNIA SUR	0.69	MIXTA SEMIDIURNA
22	SAN FELIPE	BAJA CALIFORNIA	0.26	MIXTA SEMIDIURNA
23	PUERTO PEÑASCO	SONORA	0.28	MIXTA SEMIDIURNA
24	GUAYMAS	SONORA	1.92	MIXTA DIURNA
25	YAVAROS	SONORA	1.15	MIXTA SEMIDIURNA
26	TOPOLOBAMPO	SINALOA	0.83	MIXTA SEMIDIURNA

FUENTE: TABLAS DE MAREAS DEL OCEANO PACIFICO 1994. INSTITUTO DE GEOFISICA, UNAM.  
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

La dinámica que puedan presentarse en forma local, necesariamente producirá como respuesta, un efecto en otro lugar con características distintas.

A pesar de que existen registros del funcionamiento de estaciones mareográficas en sitios distintos y con variantes en el tiempo sobre el litoral del Golfo de México y en general del espacio marino del país, no se cuenta con investigaciones que integren el comportamiento real de las distintas fases de la marea en los litorales mexicanos, al no existir una planeación, organización, interés, apoyo y procesamiento de los datos producto de las observaciones llevadas a cabo que puedan estar disponibles a toda persona que los solicite. En todo caso, se han realizado análisis de la marea en forma puntual del comportamiento de un sitio y en periodos relativamente cortos, sin atender a todos los procesos y factores a fondo que intervienen en el estudio de este fenómeno. "En el Golfo de México se han hecho estimaciones directas de los

cambios que ocurren en el nivel del mar, utilizando una red de estaciones mareográficas costeras a cargo del Instituto de Geofísica de la UNAM. Existen registros desde 1950 hasta la fecha, en diferentes lugares de la cuenca con datos diarios, mensuales y anuales (valores promedio)" (De la Lanza (comp.), 1991, p. 65).

Las estaciones mareográficas localizadas en la zona del Golfo de México contribuyen a establecer que en el extremo norte del litoral en Matamoros el rango es de 3.10 m, en la laguna de Alvarado de 3.17 m, y en Puerto Progreso llega a los 4.64 m. Estos rangos corresponden a la marea de tipo diurno. También es importante destacar que Progreso posee el rango más alto de todas las estaciones de los litorales mexicanos (Véase Cuadro 4.3).

**Cuadro 4.3**

<b>TIPO DE MAREA EN LAS ESTACIONES MAREOGRÁFICAS DEL GOLFO DE MÉXICO</b>				
<b>NÚMERO DE ESTACIÓN</b>	<b>ESTACIÓN MAREOGRÁFICA</b>	<b>ENTIDAD</b>	<b>RANGO EN m</b>	<b>TIPO DE MAREA</b>
27	MATAMOROS	TAMAULIPAS	3.10	DIURNA
28	CIUDAD MADERO	TAMAULIPAS	2.71	MIXTA DIURNA
29	TUXPAN	VERACRUZ	2.76	MIXTA DIURNA
30	VERACRUZ	VERACRUZ	2.65	MIXTA DIURNA
31	ALVARADO	VERACRUZ	3.17	DIURNA
32	COATZACOALCOS	VERACRUZ	2.89	MIXTA DIURNA
33	FRONTERA	TABASCO	2.67	MIXTA DIURNA
34	CD. DEL CARMEN	CAMPECHE	2.43	MIXTA DIURNA
35	LERMA	CAMPECHE	1.10	MIXTA SEMIDIURNA
36	PROGRESO	YUCATÁN	4.64	DIURNA

FUENTE: TABLAS DE MAREAS DEL OCEANO PACIFICO 1994. INSTITUTO DE GEOPISICA. UNAM.  
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

En las estaciones de Cd. Madero, Tuxpan, Veracruz, Coatzacoalcos, Frontera, y en la laguna de Cd. del Carmen, las mareas son del tipo mixtas diurnas. Todas rebasan los 2 m, Coatzacoalcos es la de mayor rango con 2.89 m y Cd. del Carmen la de menor con 2.43 m.

La estación de Lerma, es la única que tiene marea mixta semidiurna con 1.10 m de rango (Véase Cuadro 4.3).

#### 4.3.4 En la región del mar de Las Antillas

El litoral quintanarroense tiene el acceso al Caribe Mexicano y las mareas que se registran corresponden al tipo mixtas.

Con respecto a la información mareográfica los investigadores señalan que del mar Caribe Mexicano “no existe información acerca de la altura del nivel del mar y sus cambios, o bien, no está disponible en la actualidad al igual que aquéllas sobre corrientes de mareas” (De la Lanza (comp.), 1991, p. 66).

En el mar de Las Antillas, las estaciones de Puerto Juárez y la isla Cozumel tienen una marea del tipo mixta semidiurna. El rango es de 0.42 y 0.45 m respectivamente.

La bahía de Chetumal no cuenta con los valores de las constantes armónicas (Véase Cuadro 4.4).

**Cuadro 4.4**

<b>TIPO DE MAREA EN LAS ESTACIONES MAREOGRÁFICAS DEL MAR DE LAS ANTILLAS</b>				
<b>NÚMERO DE ESTACIÓN</b>	<b>ESTACIÓN MAREOGRÁFICA</b>	<b>ENTIDAD</b>	<b>RANGO EN m</b>	<b>TIPO DE MAREA</b>
37	PUERTO JUÁREZ	QUINTANA ROO	0.42	MIXTA SEMIDIURNA
38	COZUMEL	QUINTANA ROO	0.45	MIXTA SEMIDIURNA
39	CHETUMAL	QUINTANA ROO		

FUENTE: TABLAS DE MAREAS DEL OCEANO PACIFICO 1994. INSTITUTO DE GEOFÍSICA. UNAM.  
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

#### 4.4 Tipos de curvas de la marea en las estaciones mareográficas de los litorales de México

Cada una de las estaciones mareográficas de los litorales de México, tienen un tipo de curva de la marea que caracteriza el comportamiento de cada sitio.

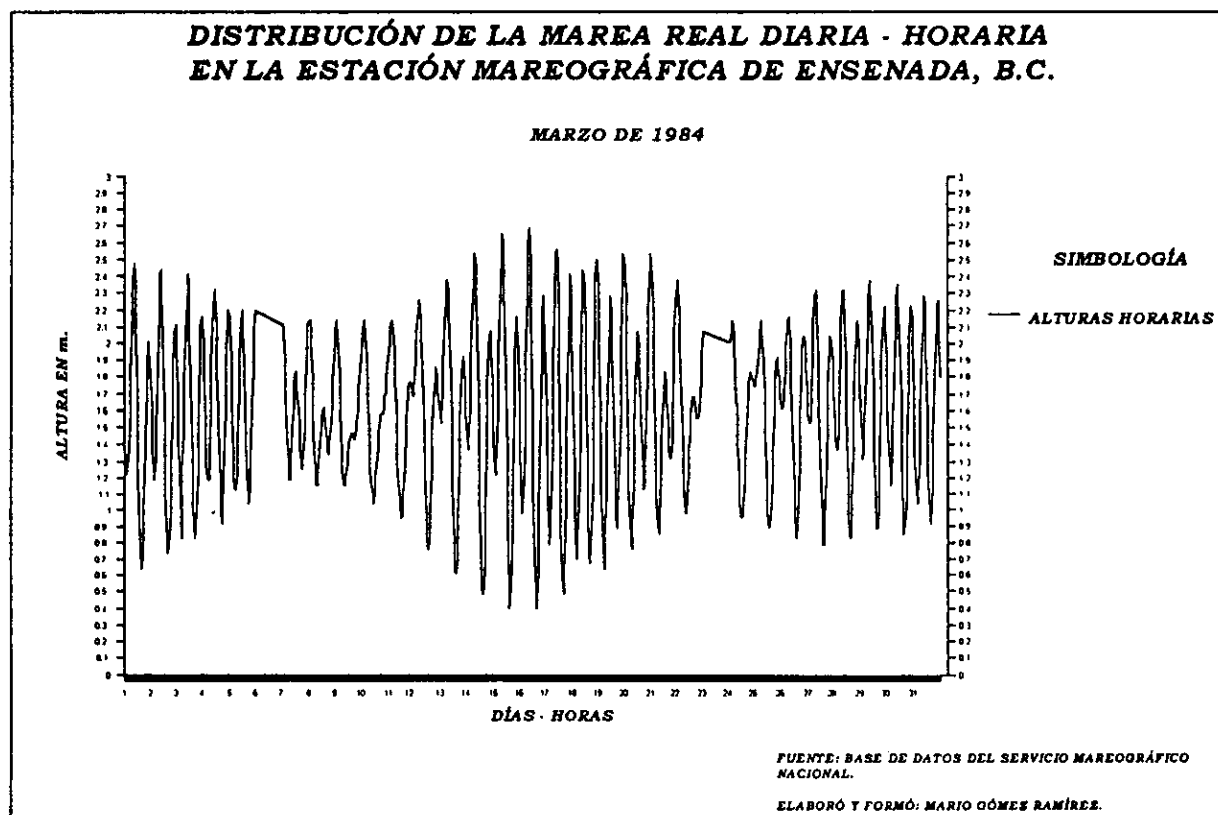
Las observaciones realizadas en cada estación contribuyen en el conocimiento de la dinámica de la marea de cada lugar. Sin embargo, la utilización de modelos numéricos de pronóstico, eliminan por completo los efectos naturales de que puede ser objeto el fenómeno mareológico.

##### 4.4.1 Curvas reales

En este apartado, se presentan las curvas del comportamiento real de la marea, con registros obtenidos durante un mes de algunas estaciones mareográficas consideradas en la investigación.

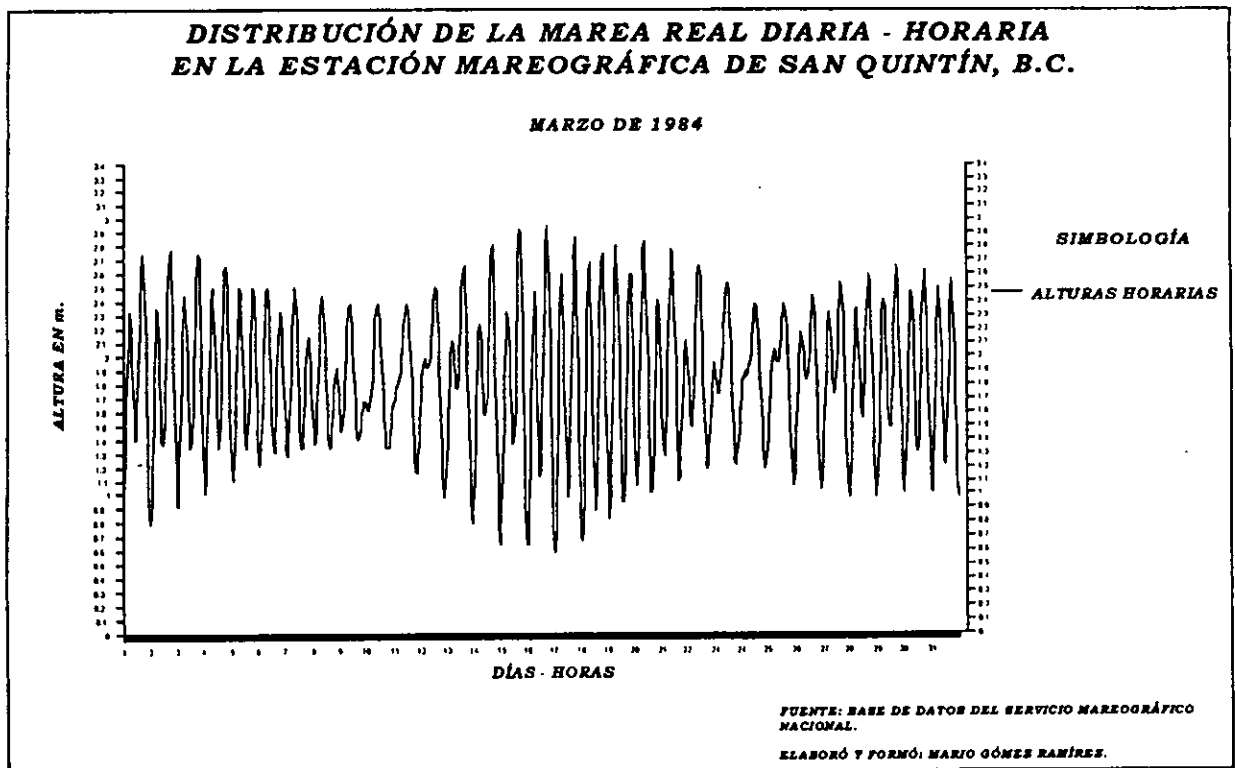
##### 4.4.1.1 En la región del Océano Pacífico

A continuación se muestran las curvas de marea real de algunas estaciones mareográficas del espacio marino del Océano Pacífico.

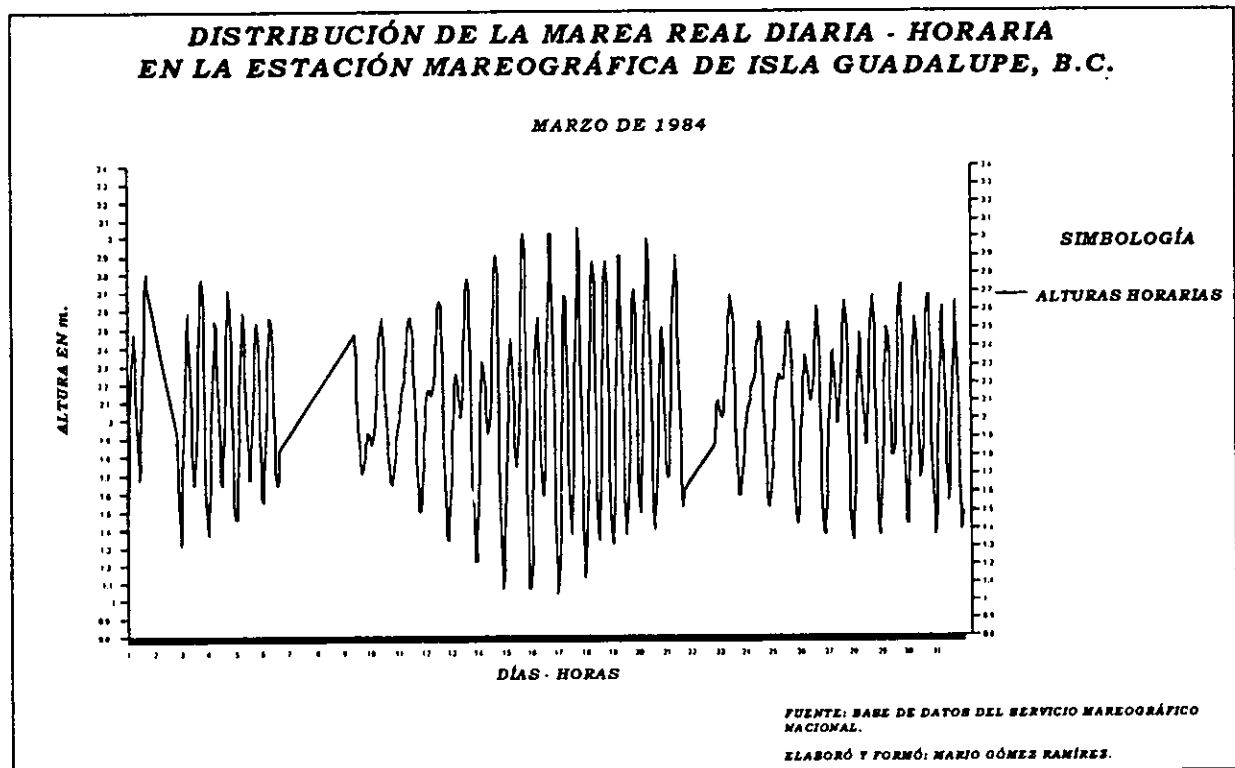


Gráfica 4.1





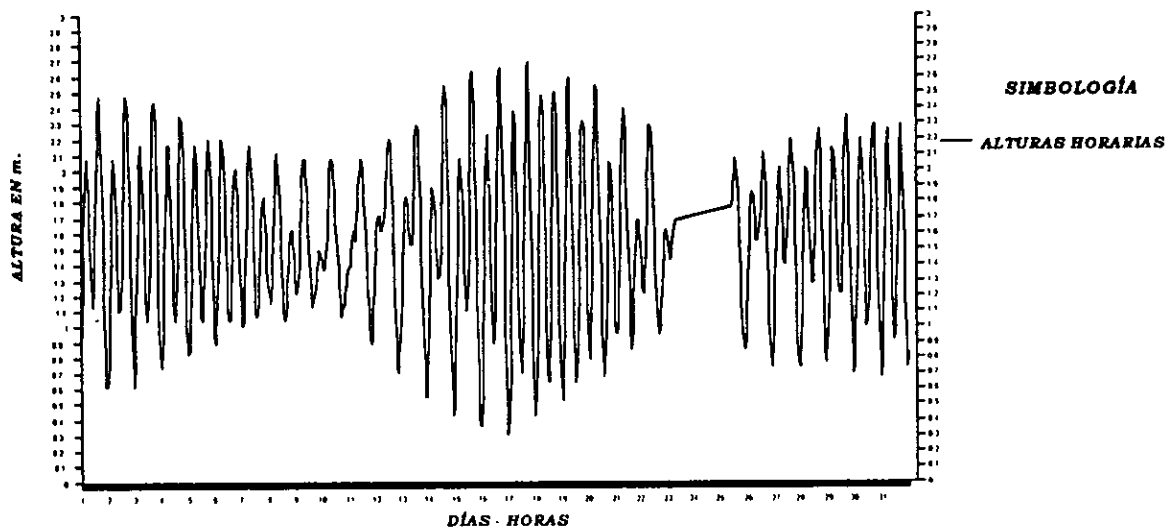
Gráfica 4.2



Gráfica 4.3

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA REAL DIARIA - HORARIA  
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA CEDROS, B.C.**

MARZO DE 1984



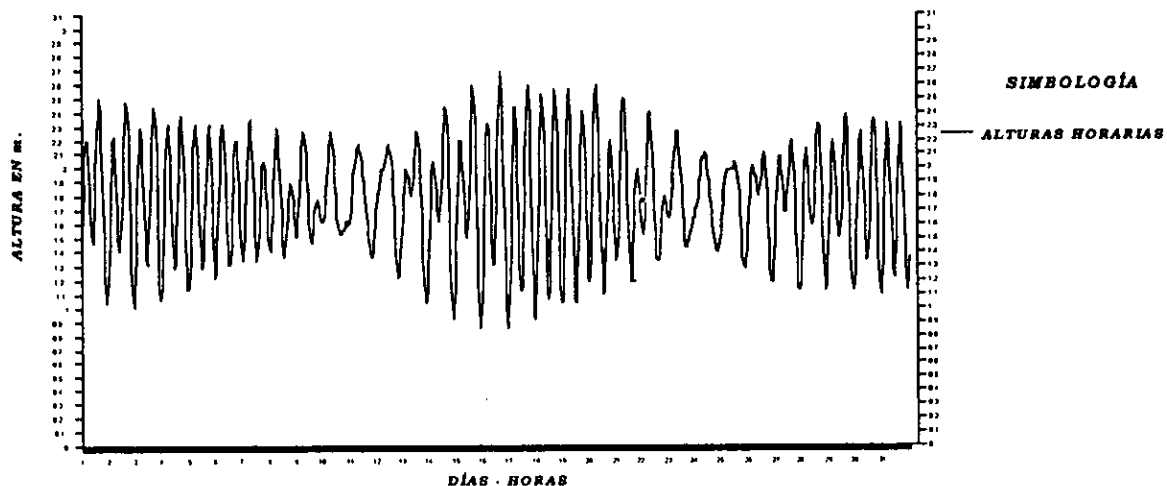
FUENTE: BASE DE DATOS DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.

ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.4

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA REAL DIARIA - HORARIA  
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE CABO SAN LUCAS, B.C.S.**

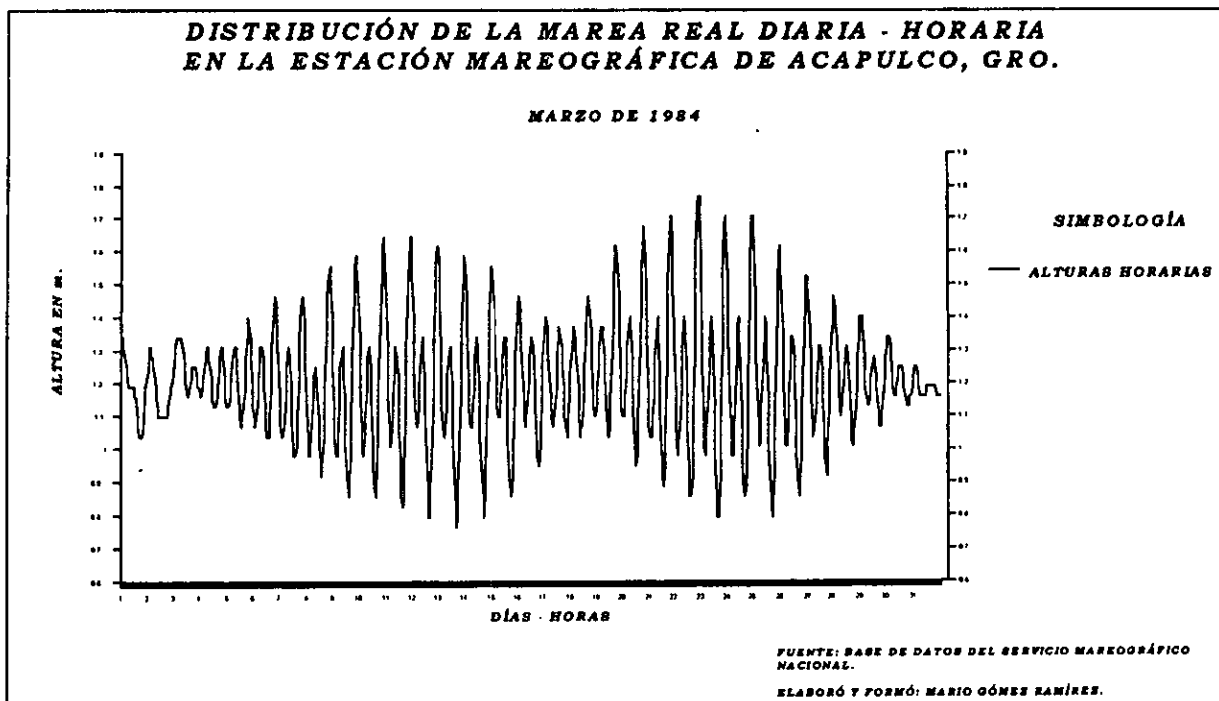
MARZO DE 1984



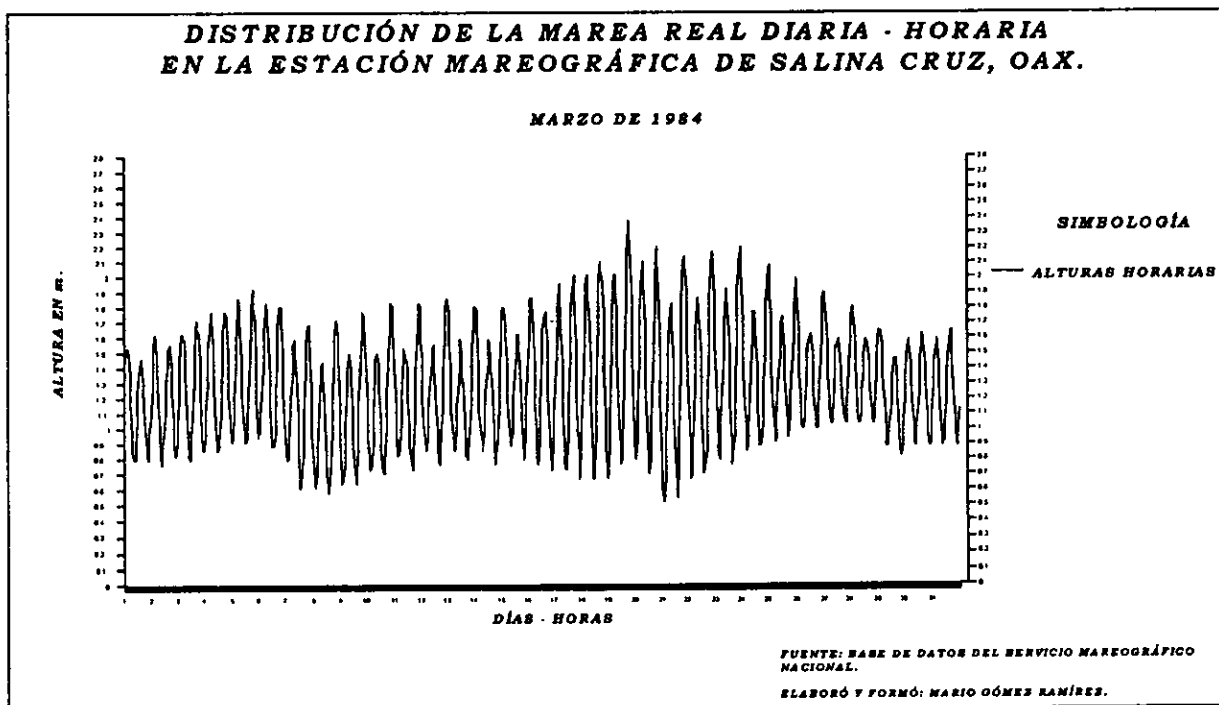
FUENTE: BASE DE DATOS DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.

ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

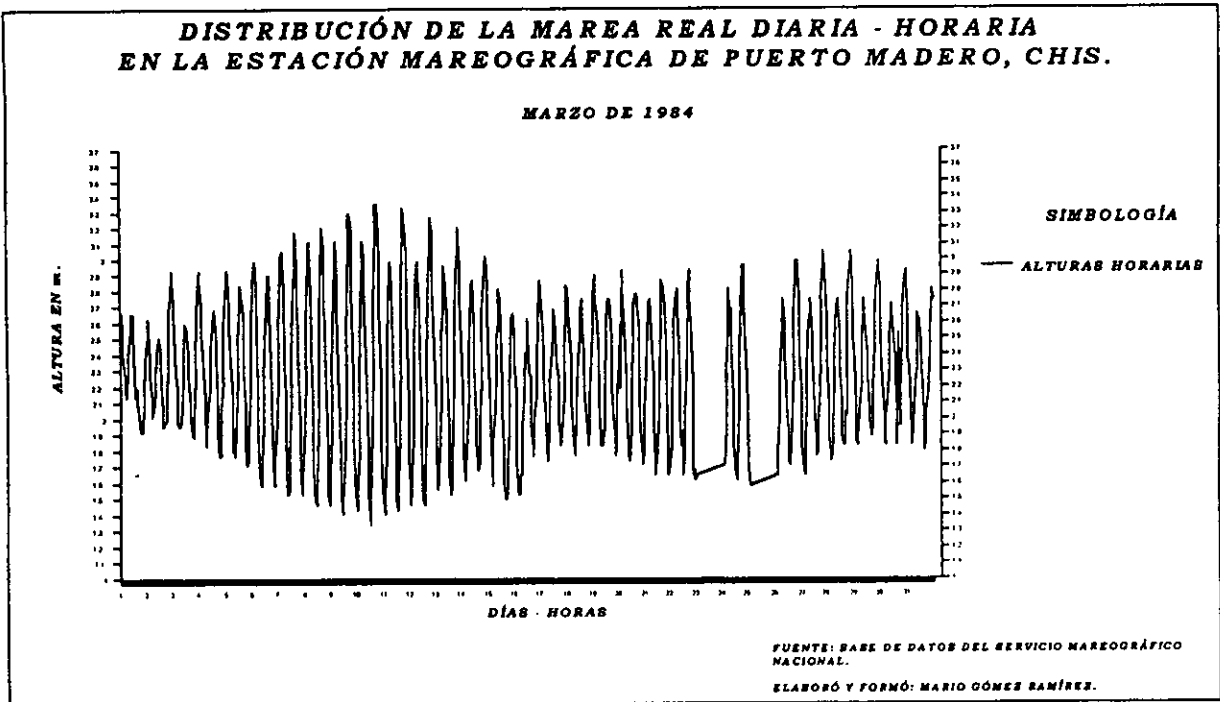
Gráfica 4.5



**Gráfica 4.6**



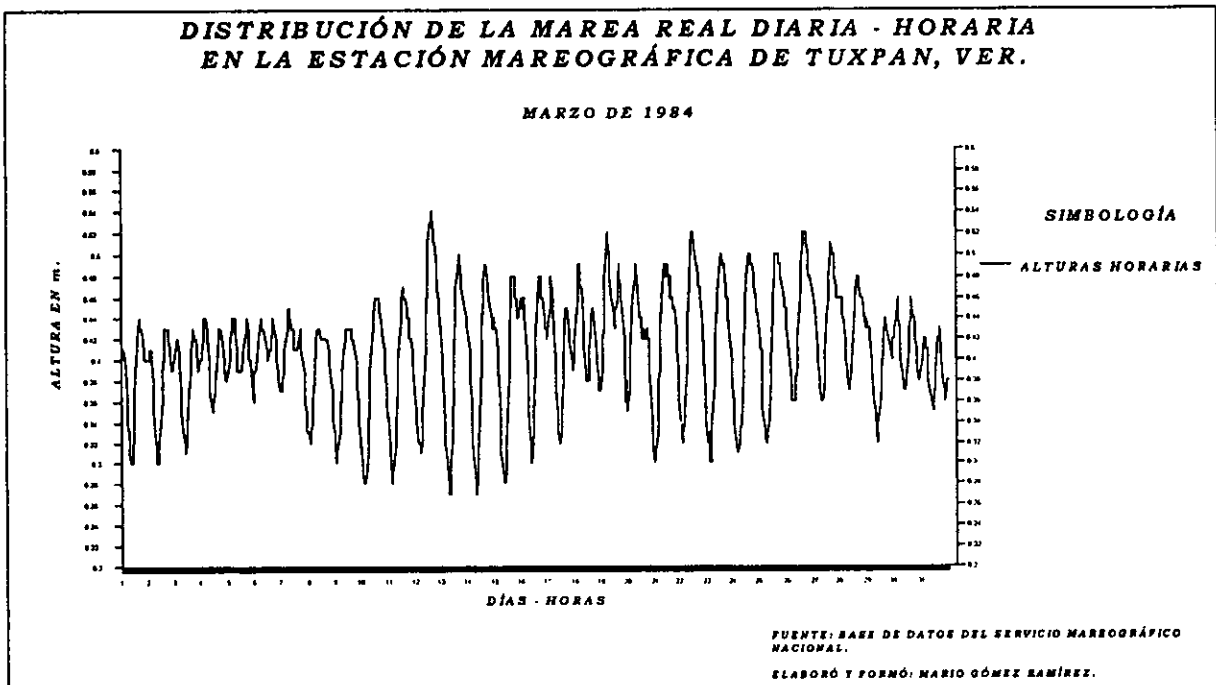
**Gráfica 4.7**



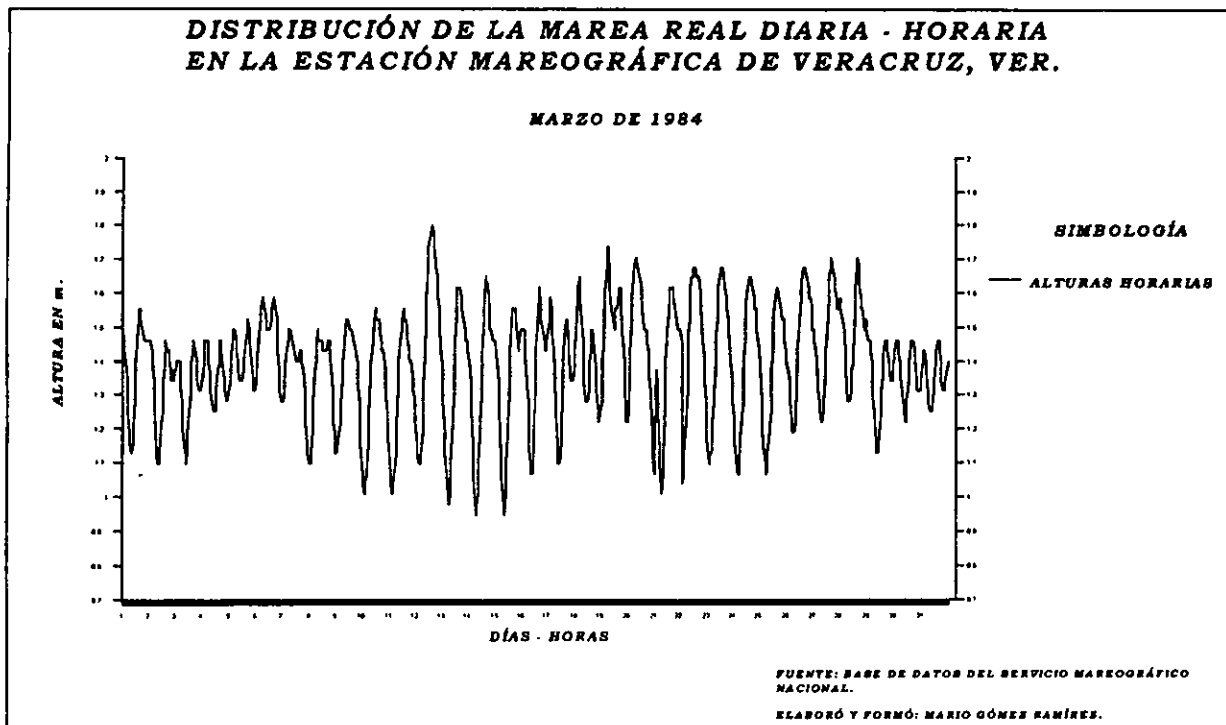
**Gráfica 4.8**

4.4.1.2 En la región del Golfo de México

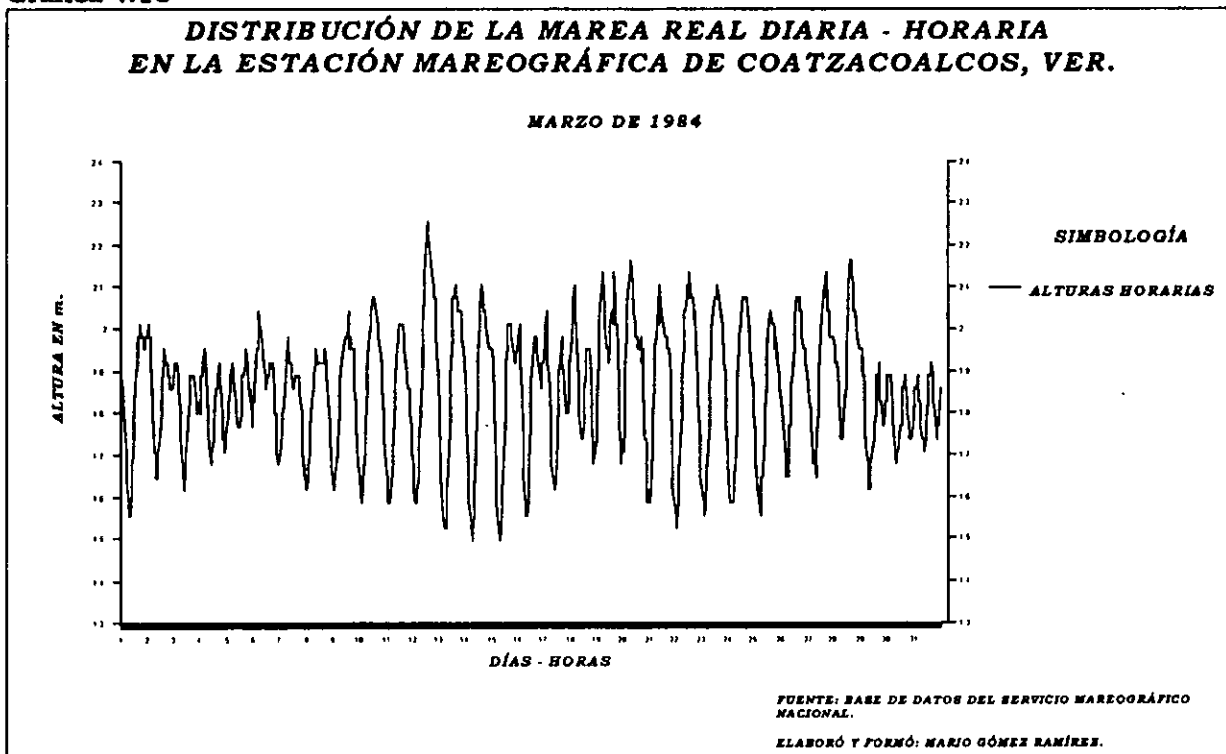
En el entorno del Golfo de México, las curvas de marea real en algunas estaciones mareográficas son las siguientes:



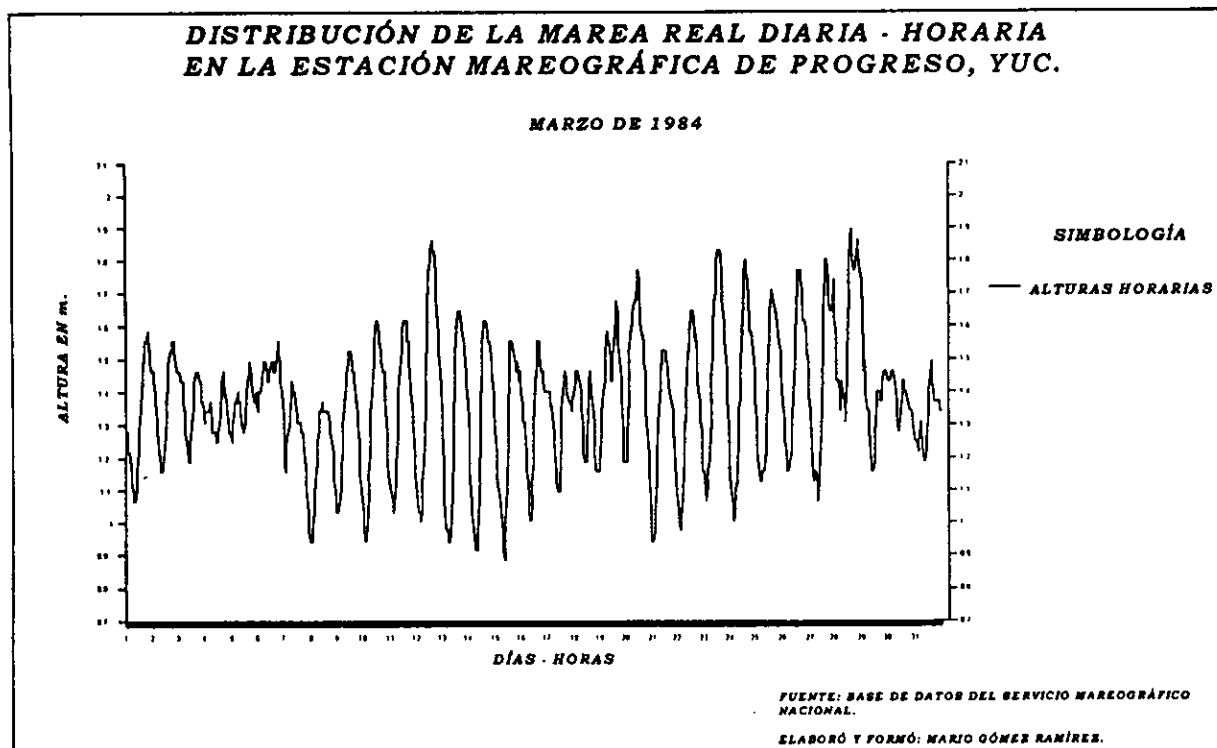
**Gráfica 4.9**



**Gráfica 4.10**



**Gráfica 4.11**



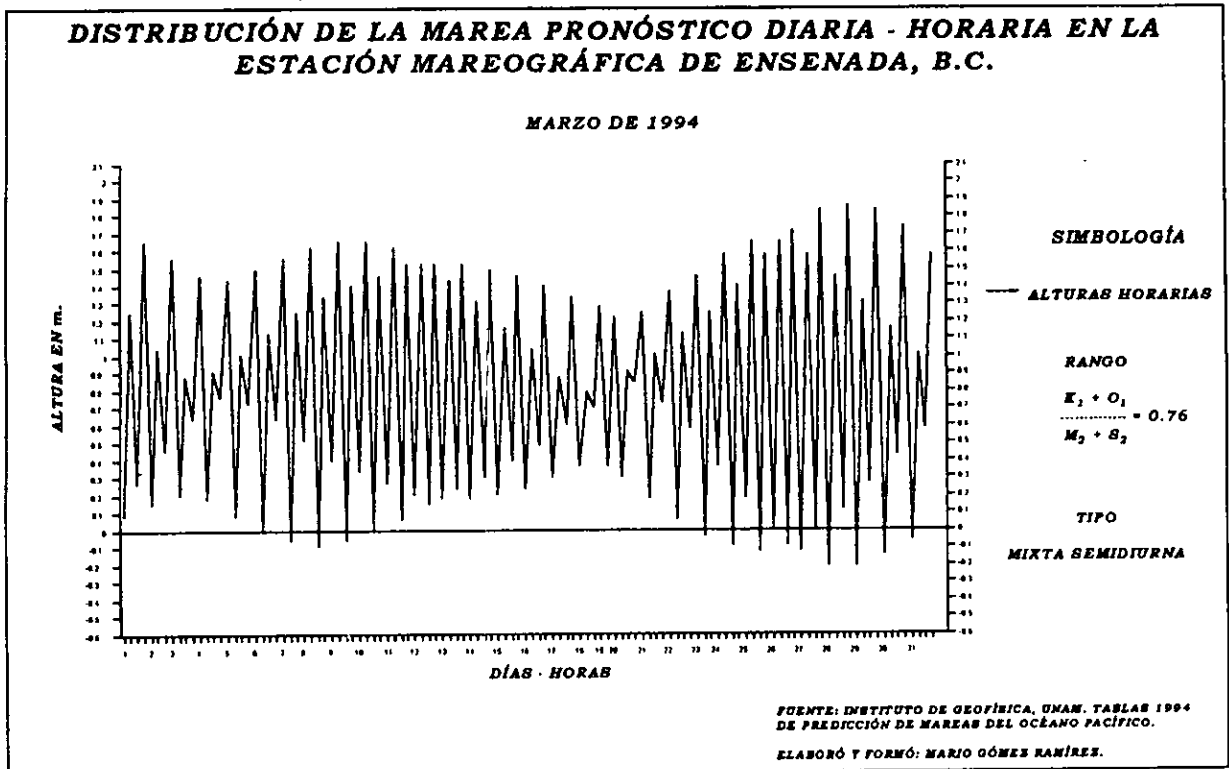
**Gráfica 4.12**

#### 4.4.2 *Curvas pronóstico*

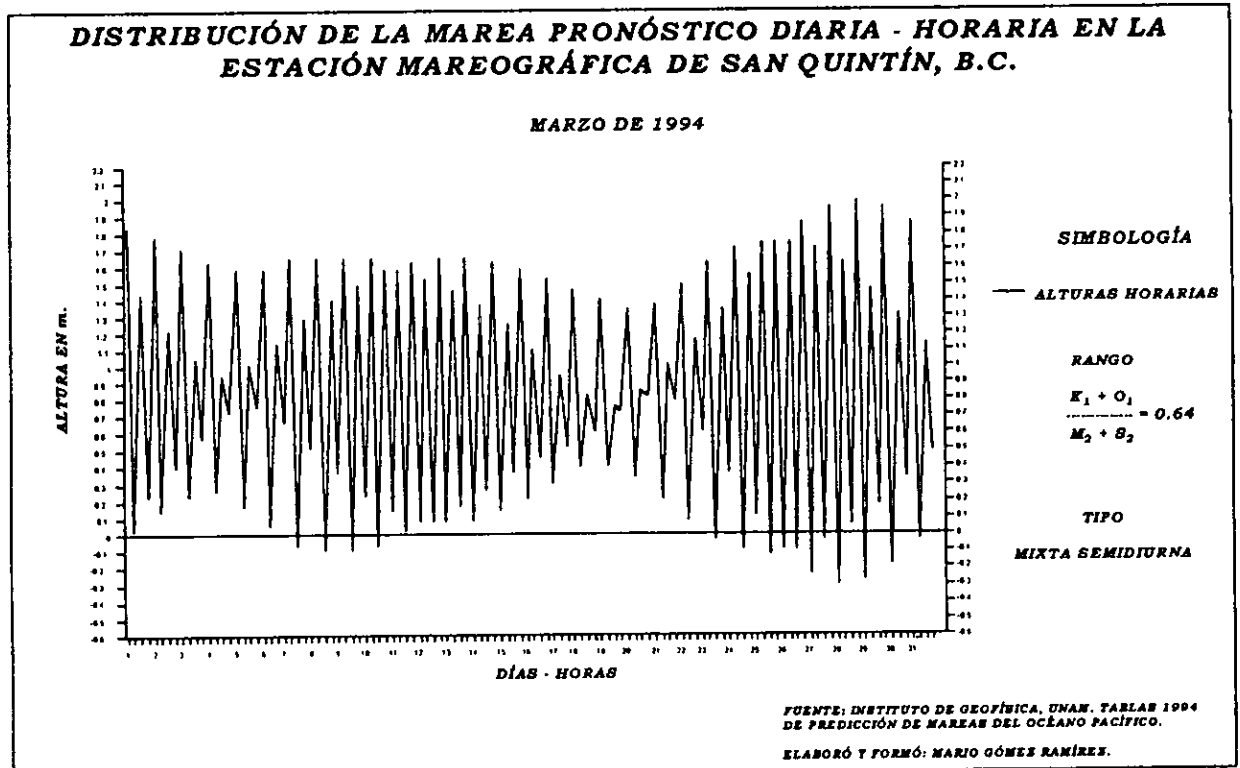
El comportamiento de las curvas pronóstico de la marea, durante el transcurso de un mes de cada una de las estaciones mareográficas (38) consideradas en las tablas que publica el Servicio Mareográfico Nacional, se muestran a continuación:

##### 4.4.2.1 En la región del Océano Pacífico

Las curvas de marea pronóstico en el Pacífico son las siguientes:



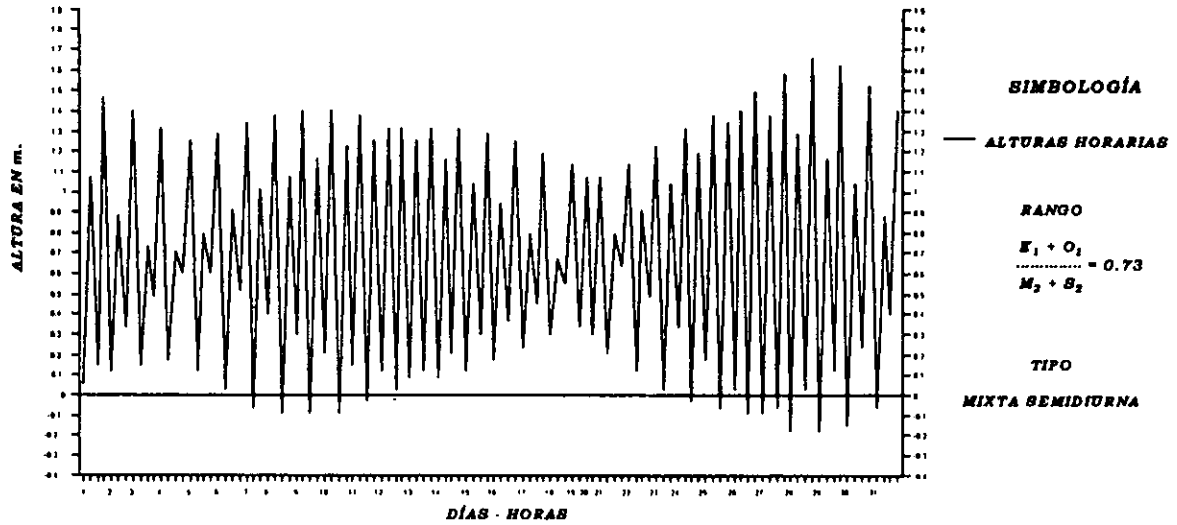
Gráfica 4.13



Gráfica 4.14

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA GUADALUPE, B.C.**

MARZO DE 1994

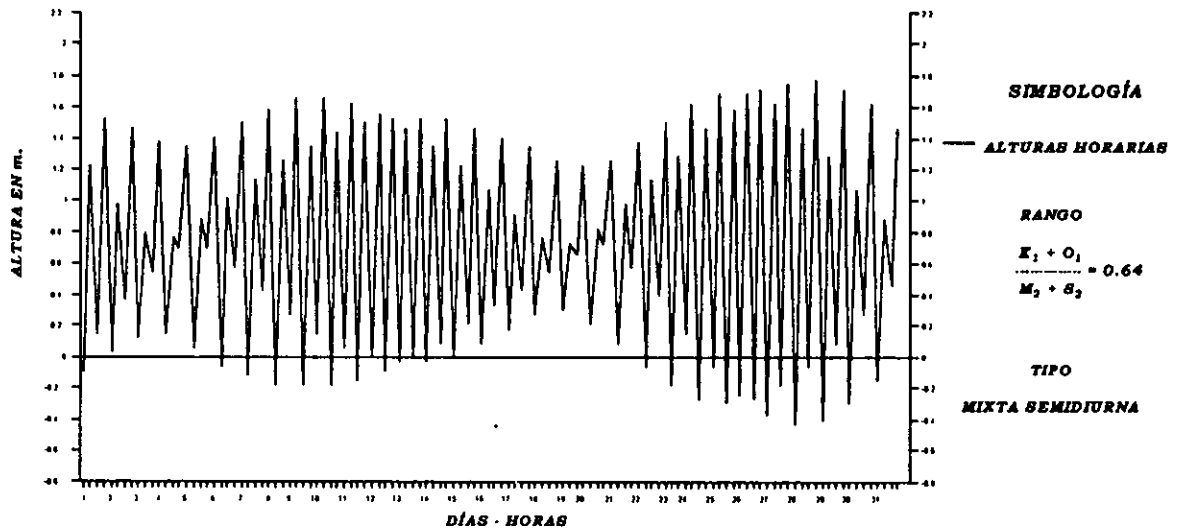


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍRES.

Gráfica 4.15

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA CEDROS, B.C.**

MARZO DE 1994



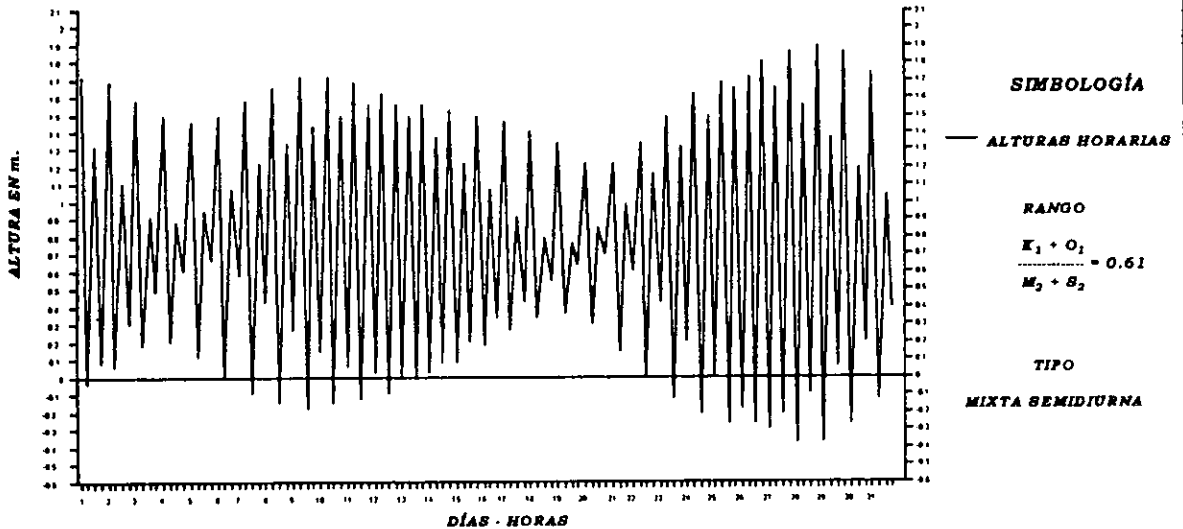
FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍRES.

Gráfica 4.16



**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE GUERRERO NEGRO, B.C.S.**

MARZO DE 1994

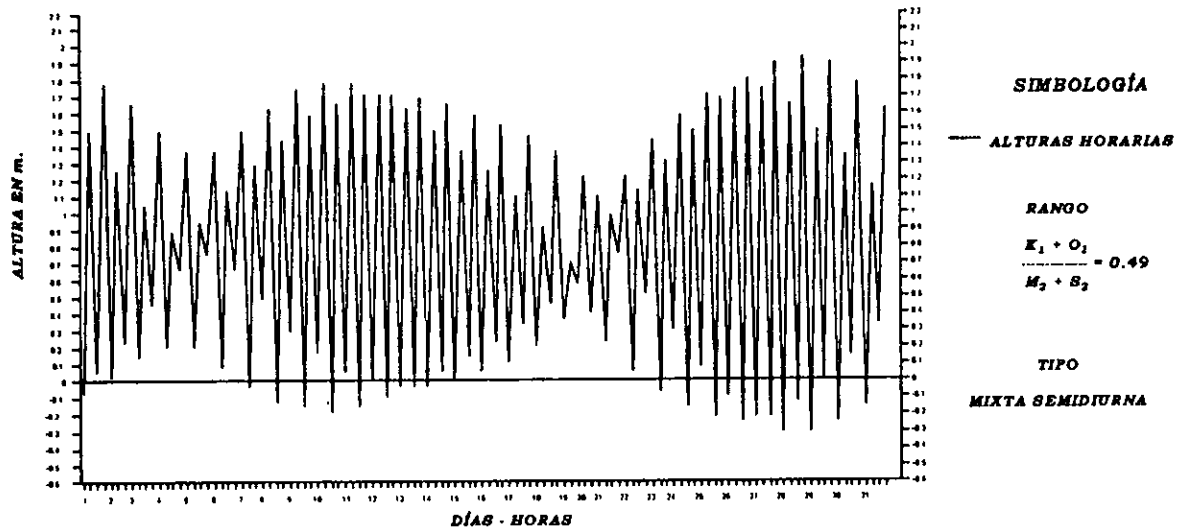


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓNEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.17

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SAN CARLOS, B.C.S.**

MARZO DE 1994

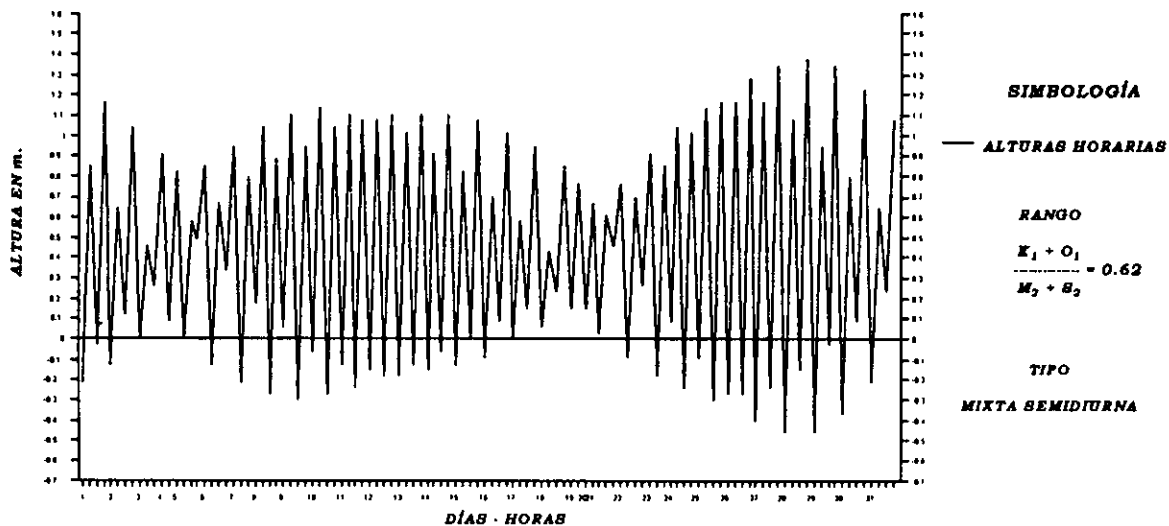


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓNEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.18

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE CABO SAN LUCAS, B.C.S.**

MARZO DE 1994

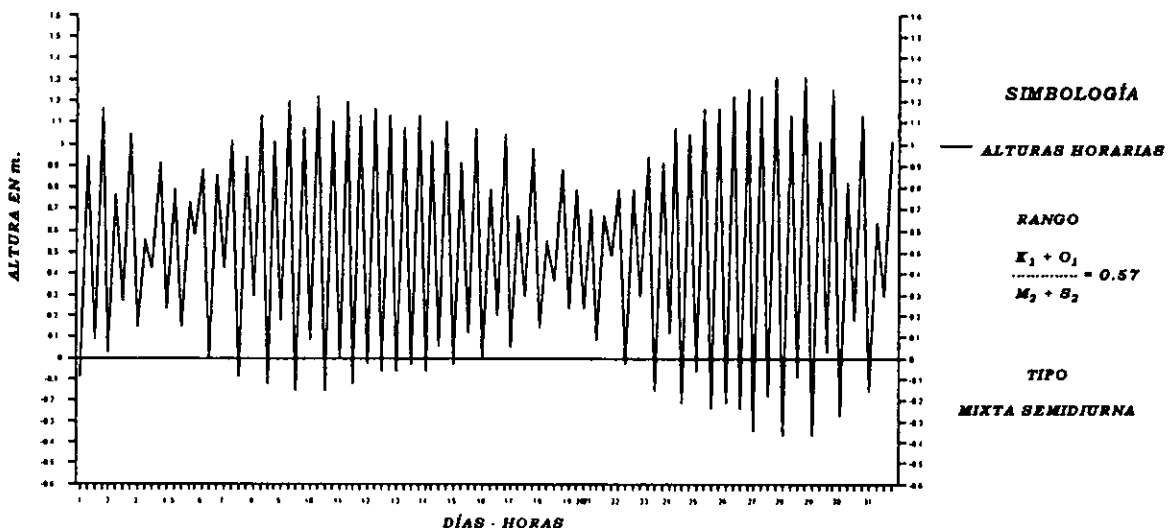


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACIFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.19

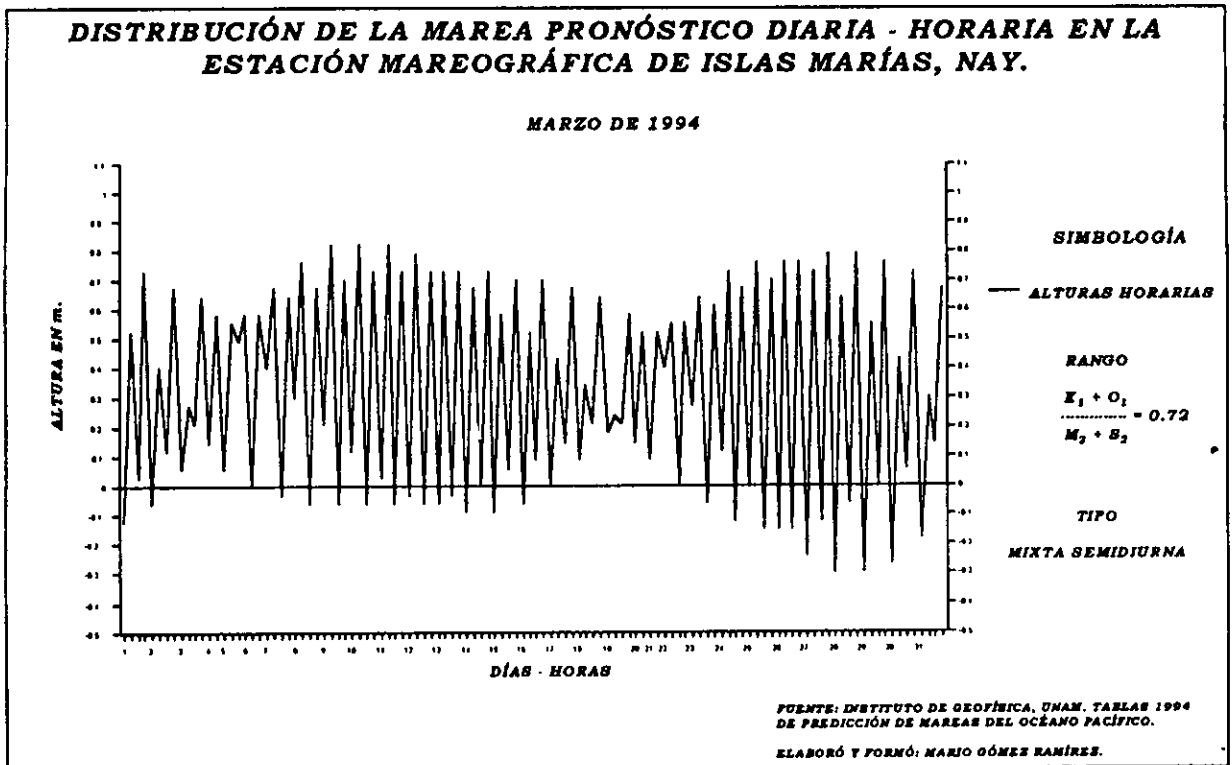
**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE MAZATLÁN, SIN.**

MARZO DE 1994

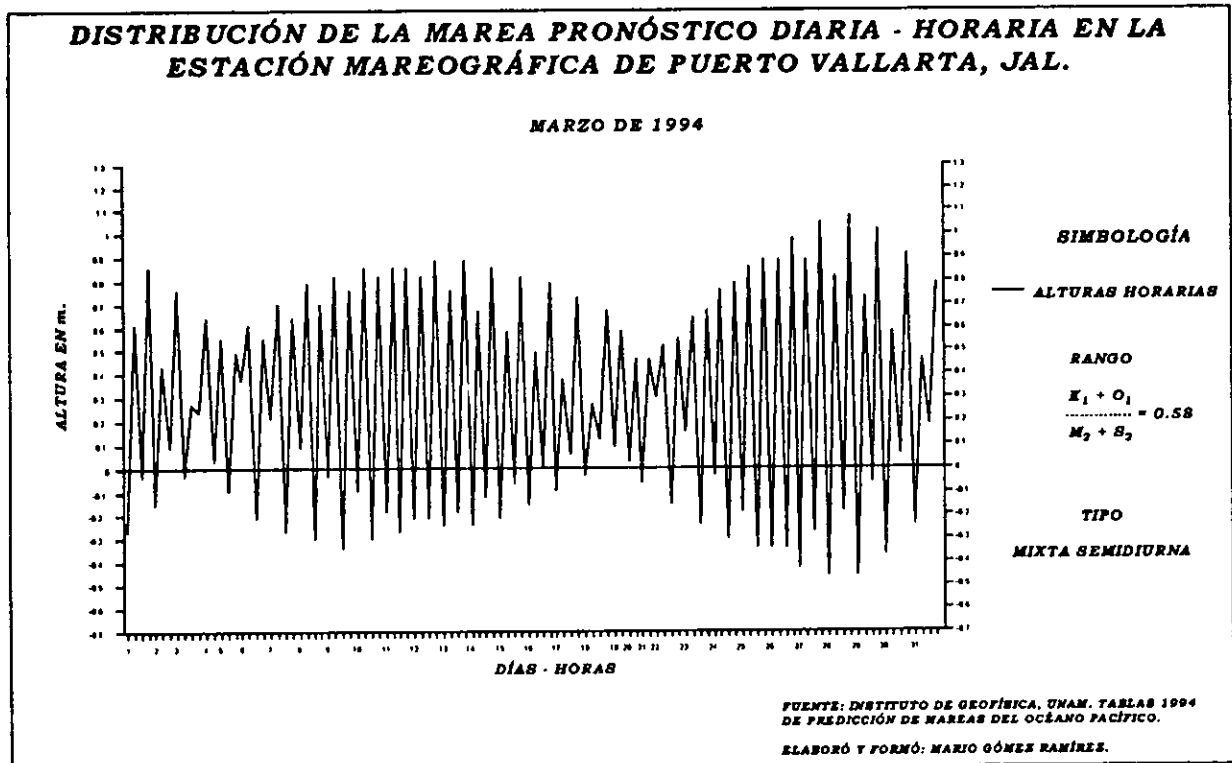


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACIFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.20



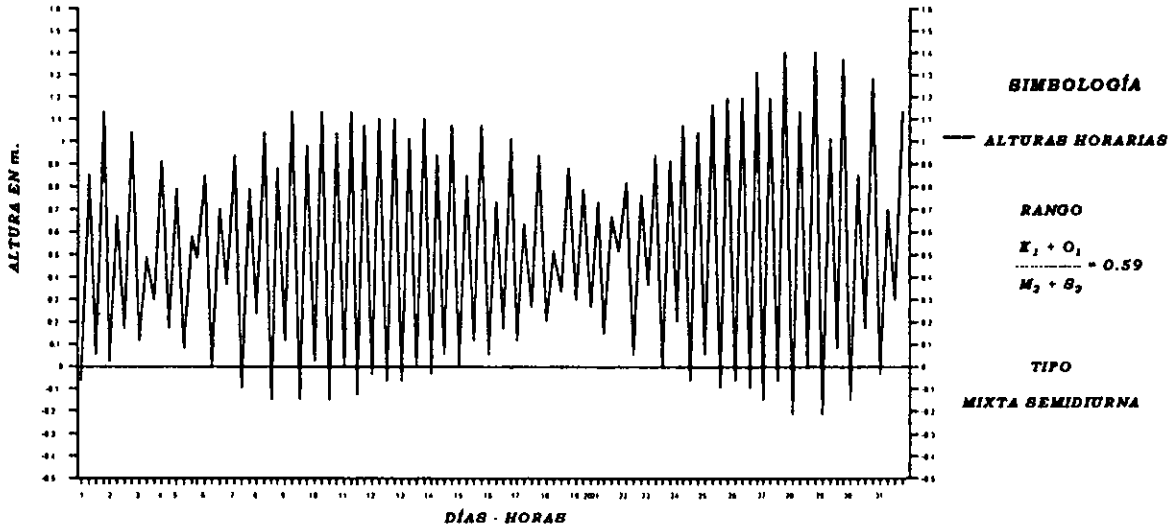
Gráfica 4.21



Gráfica 4.22

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA SOCORRO, COL.**

MARZO DE 1994

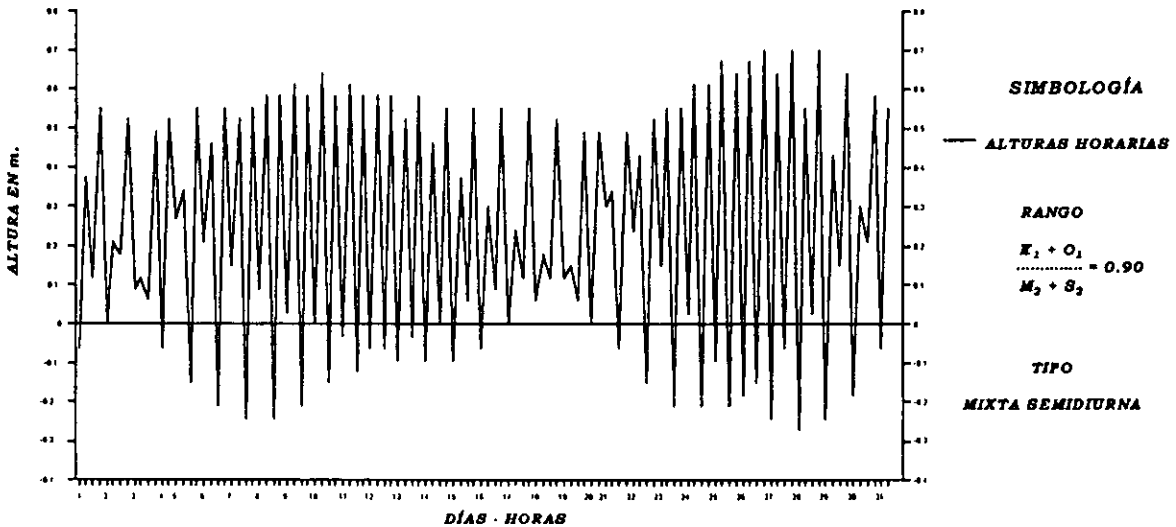


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.23

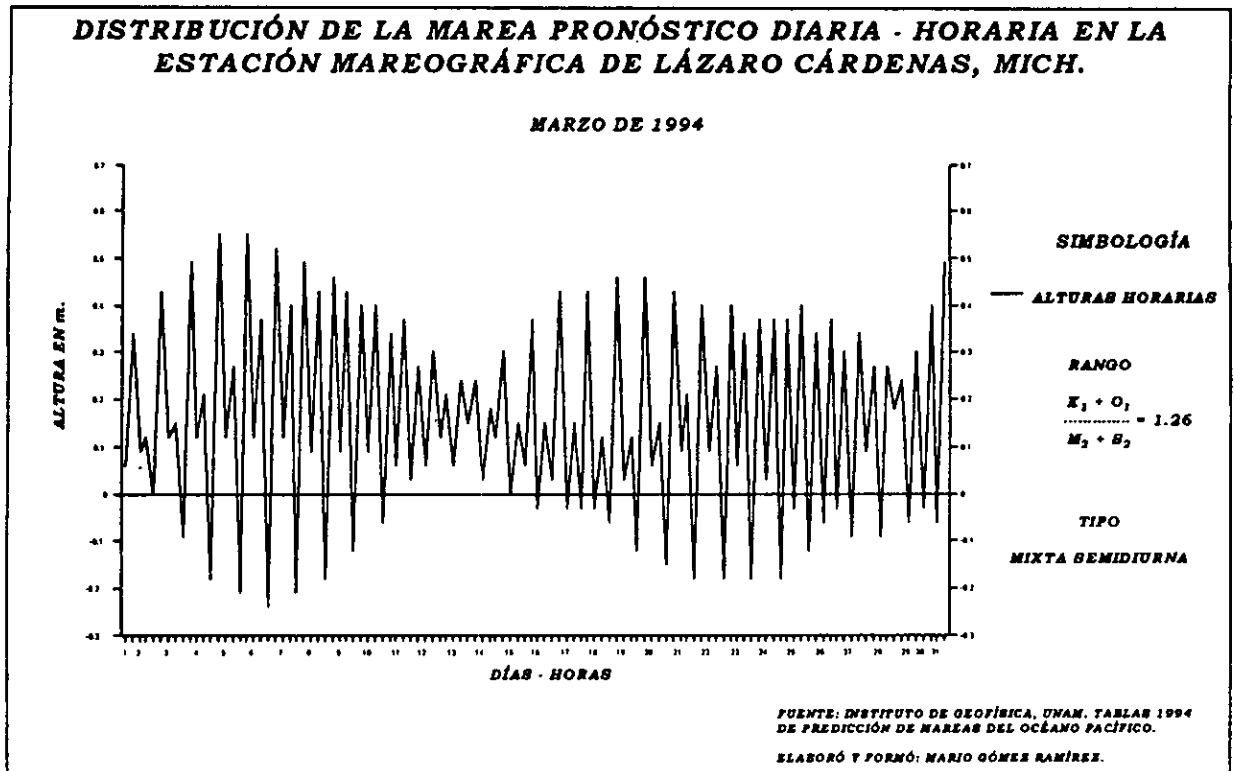
**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE MANZANILLO, COL.**

MARZO DE 1994

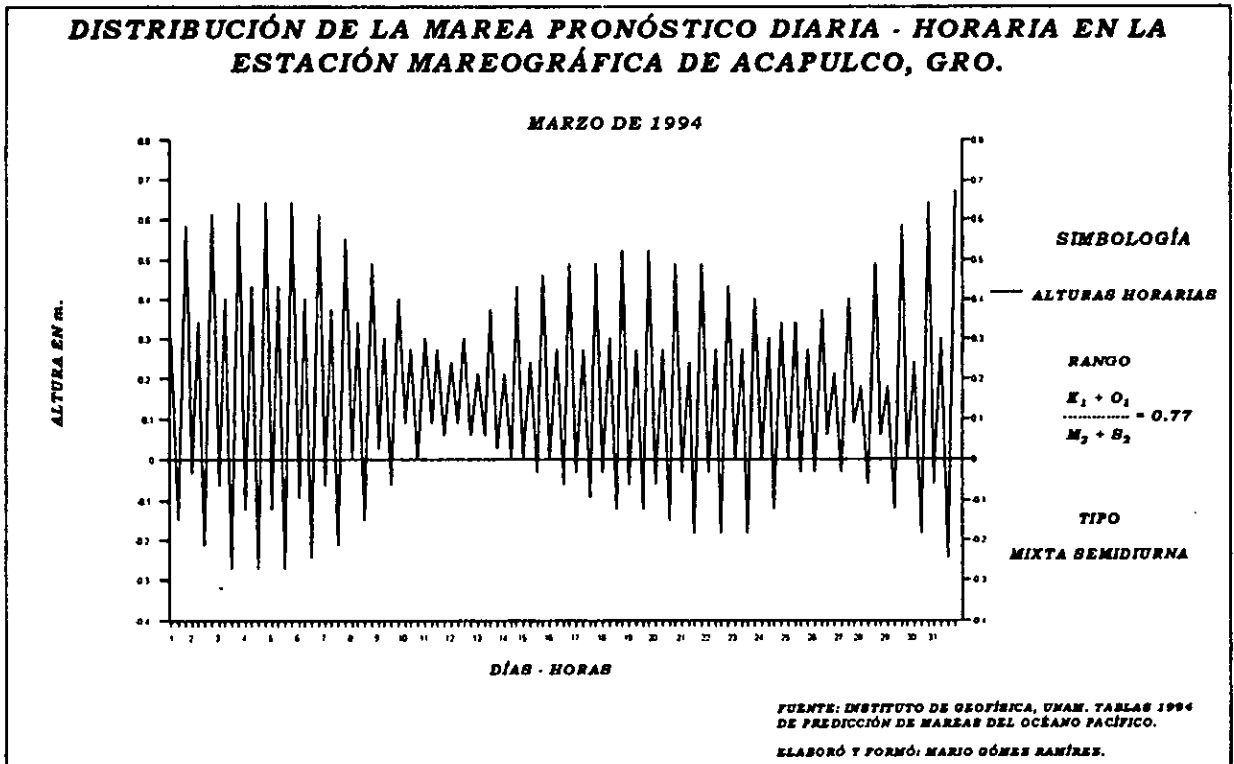


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.24



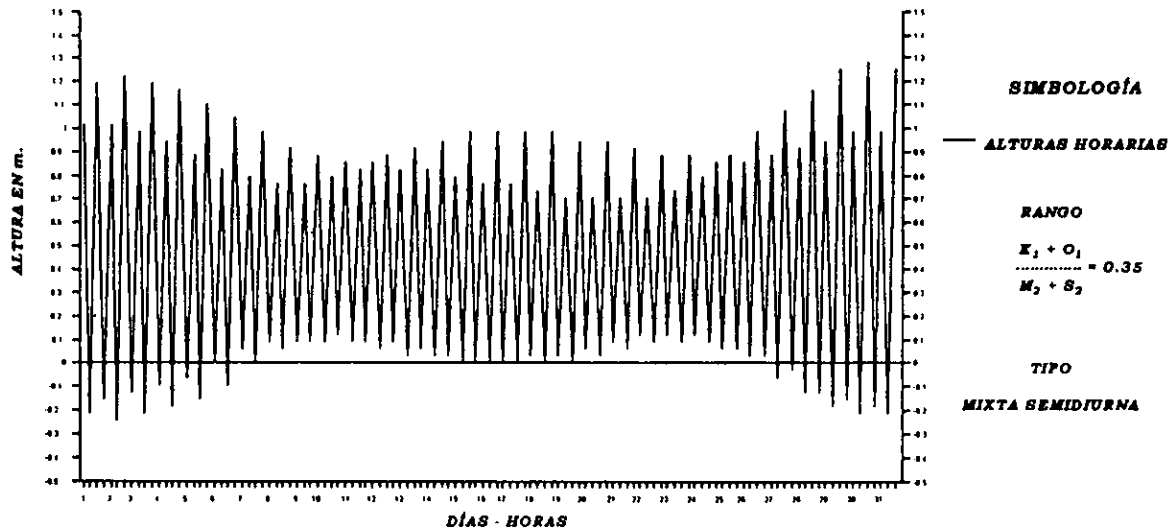
**Gráfica 4.25**



**Gráfica 4.26**

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PUERTO ÁNGEL, OAX.**

MARZO DE 1994



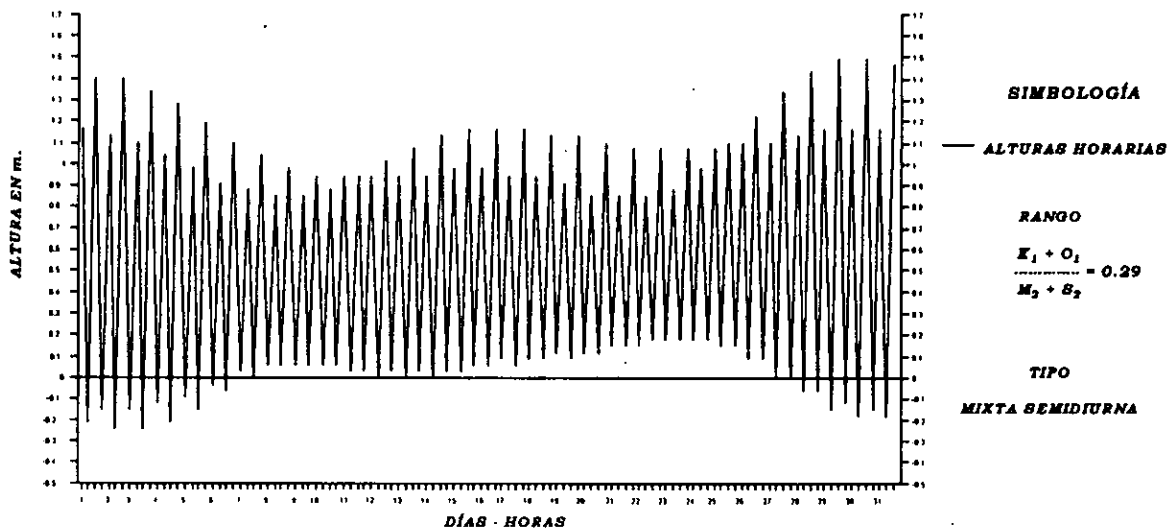
FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.

ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMES RAMÍREZ.

Gráfica 4.27

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SALINA CRUZ, OAX.**

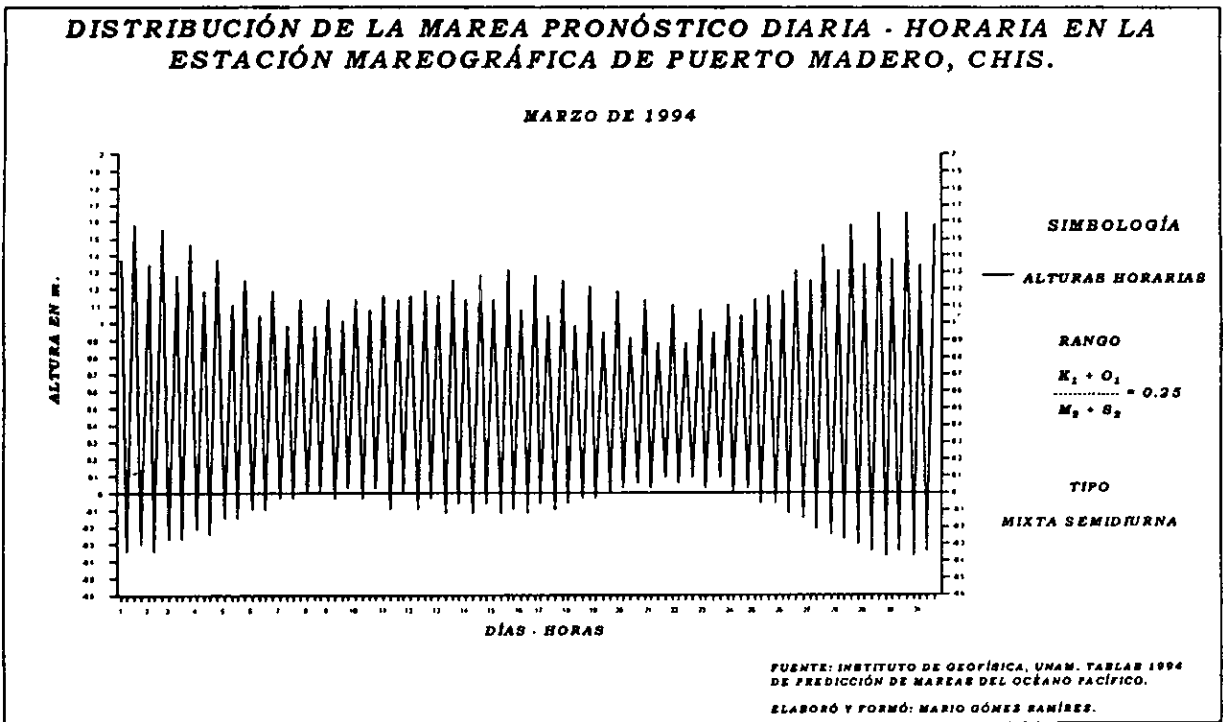
MARZO DE 1994



FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.

ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMES RAMÍREZ.

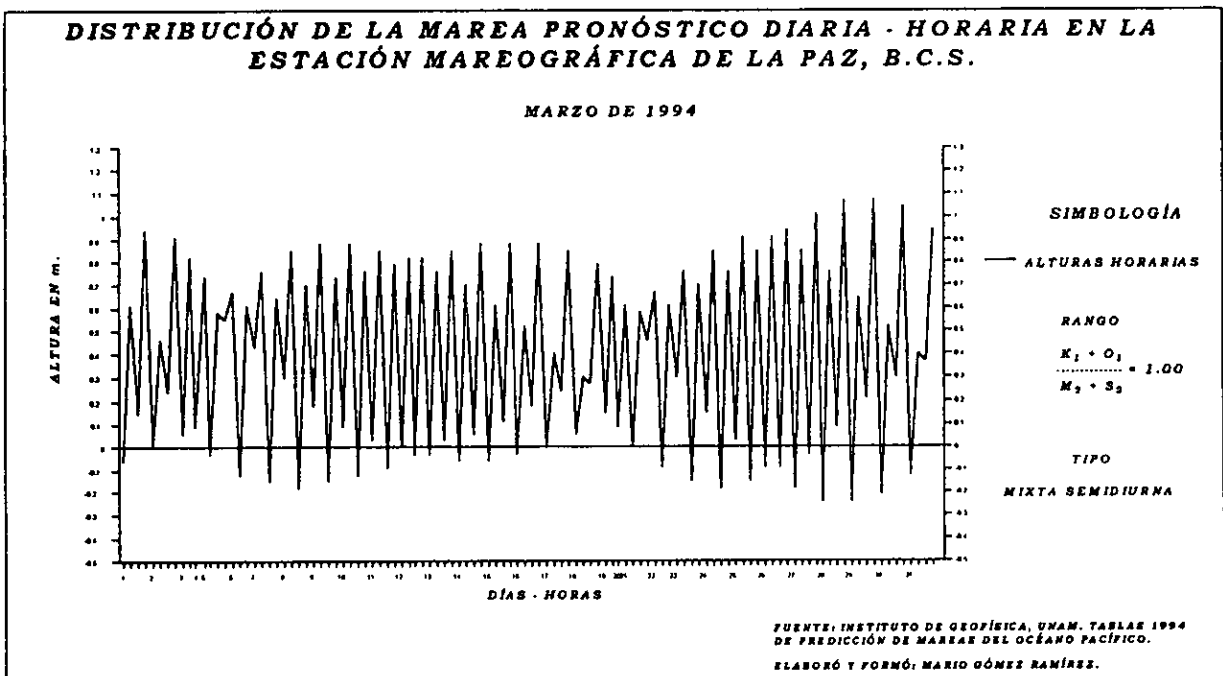
Gráfica 4.28



**Gráfica 4.29**

4.4.2.2 En la región del Golfo de California

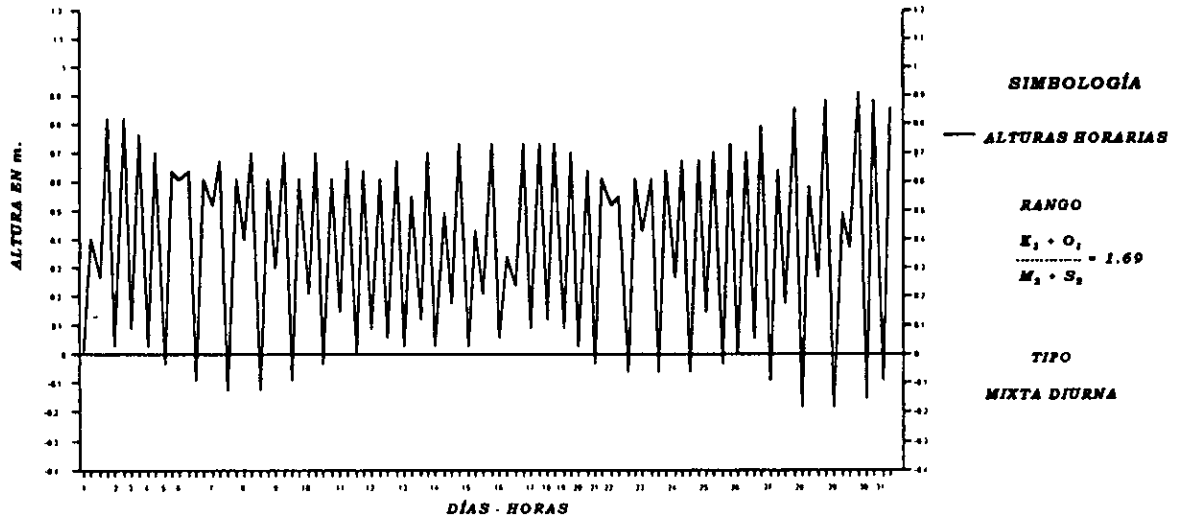
En el Golfo de California, las curvas de marea pronóstico son las siguientes:



**Gráfica 4.30**

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LORETO, B.C.S.**

MARZO DE 1994

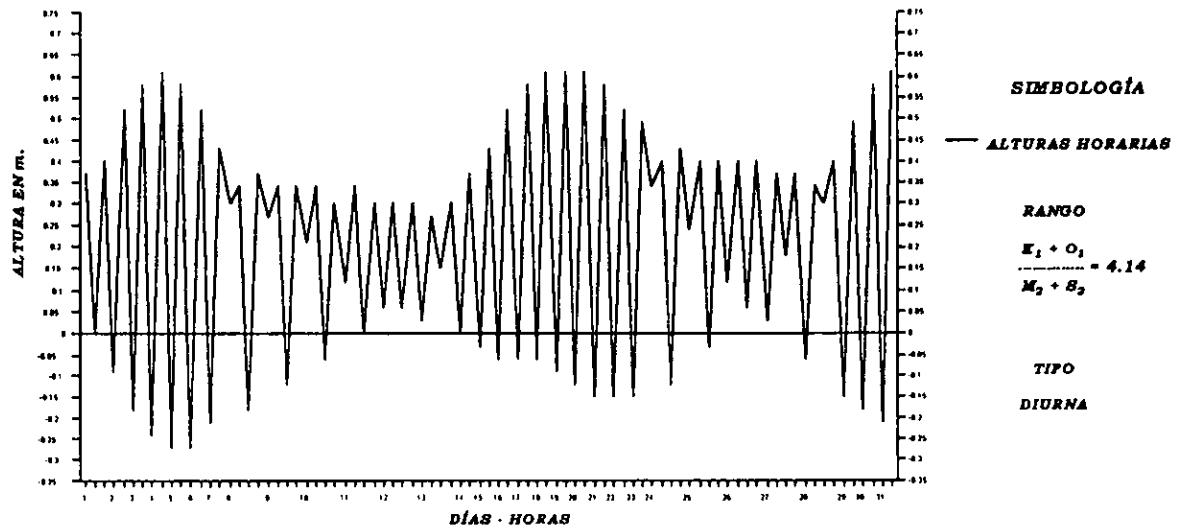


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.31

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SANTA ROSALÍA, B.C.S.**

MARZO DE 1994



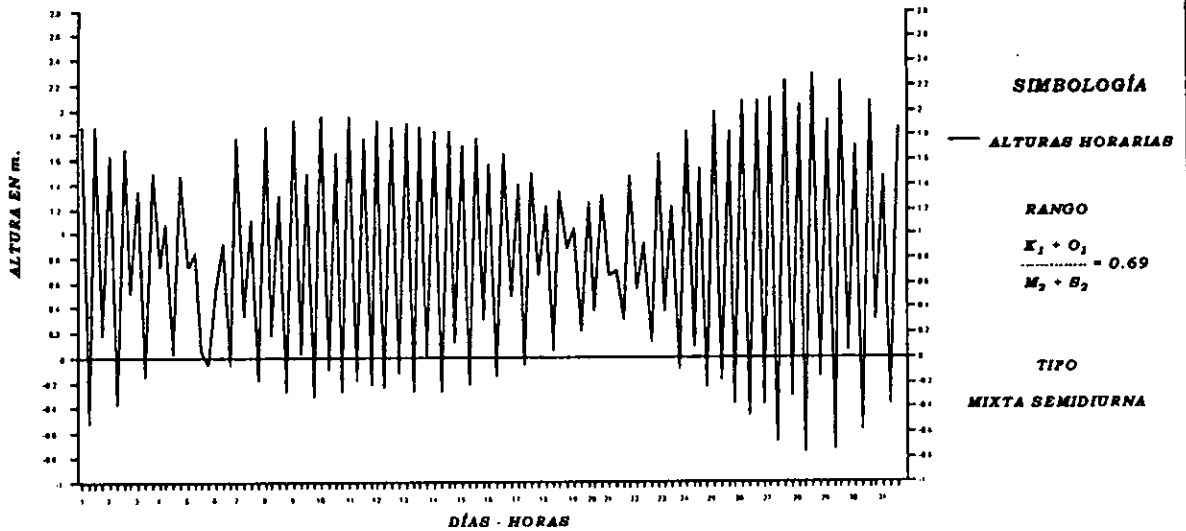
FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.32



**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE BAHÍA DE LOS ÁNGELES, B.C.S.**

MARZO DE 1994

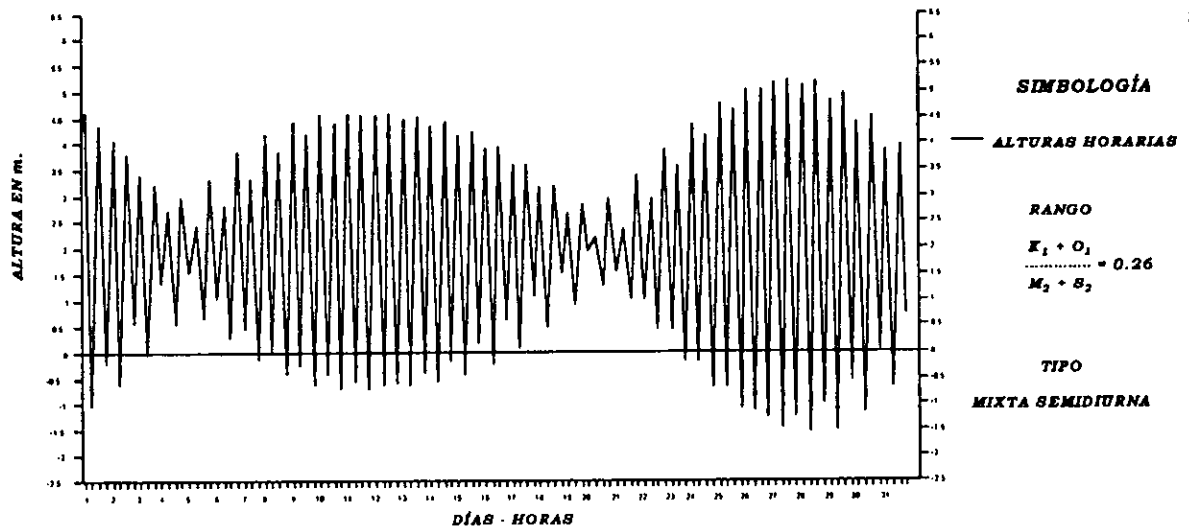


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.33

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SAN FELIPE, B.C.**

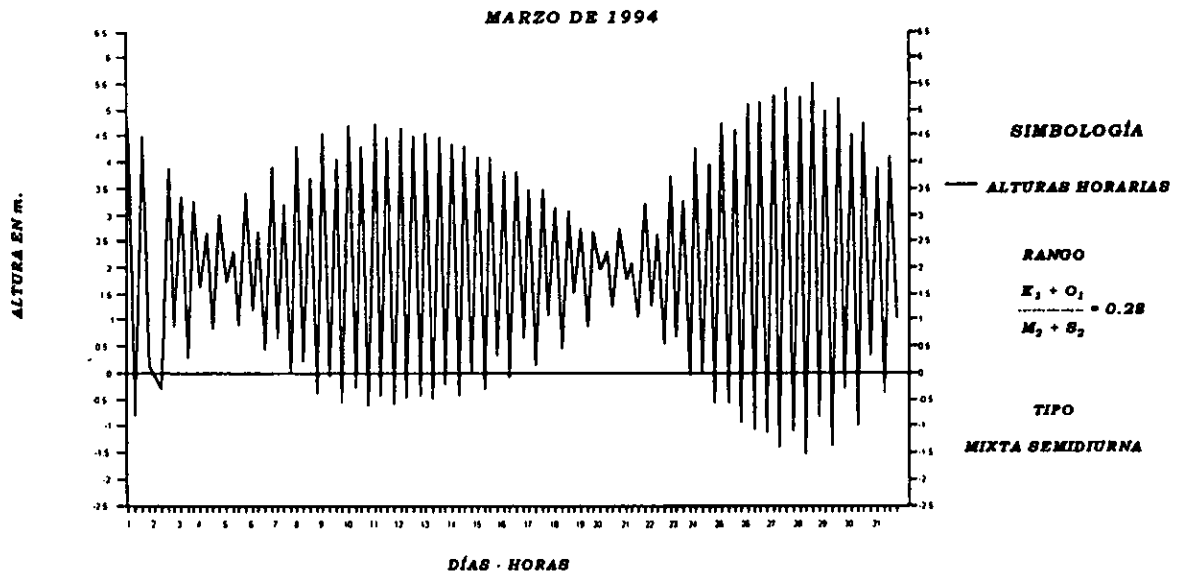
MARZO DE 1994



FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.34

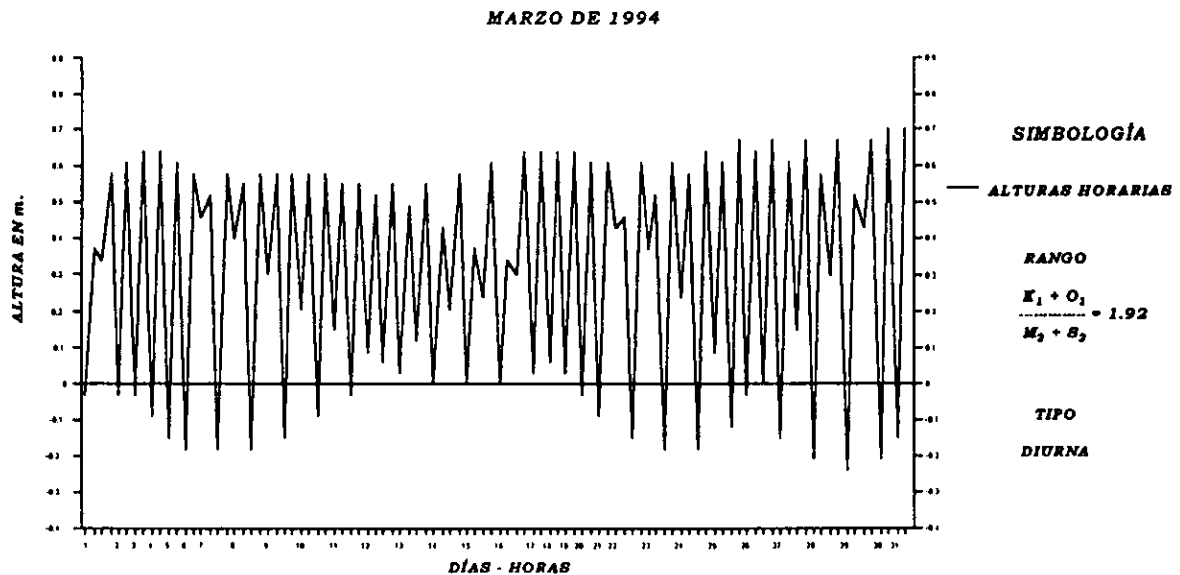
**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PUERTO PEÑASCO, SON.**



FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓNEZ RAMÍREZ.

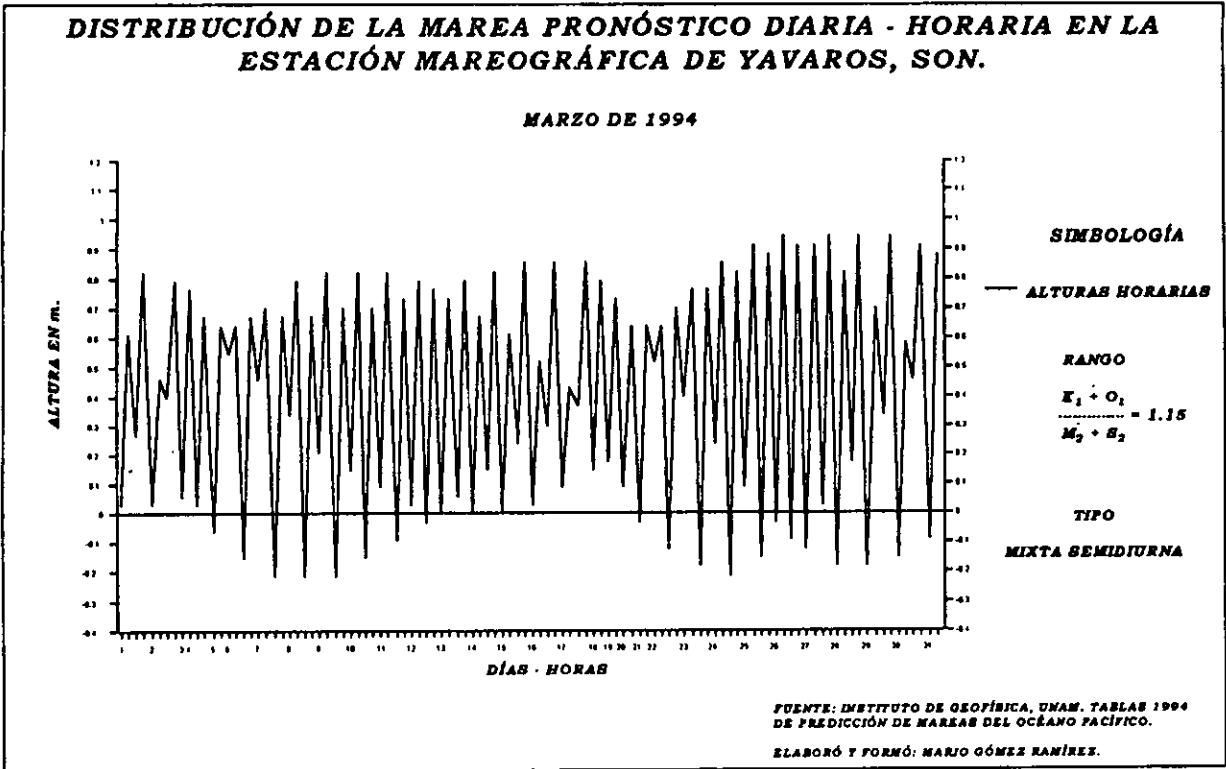
Gráfica 4.35

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE GUAYMAS, SON.**

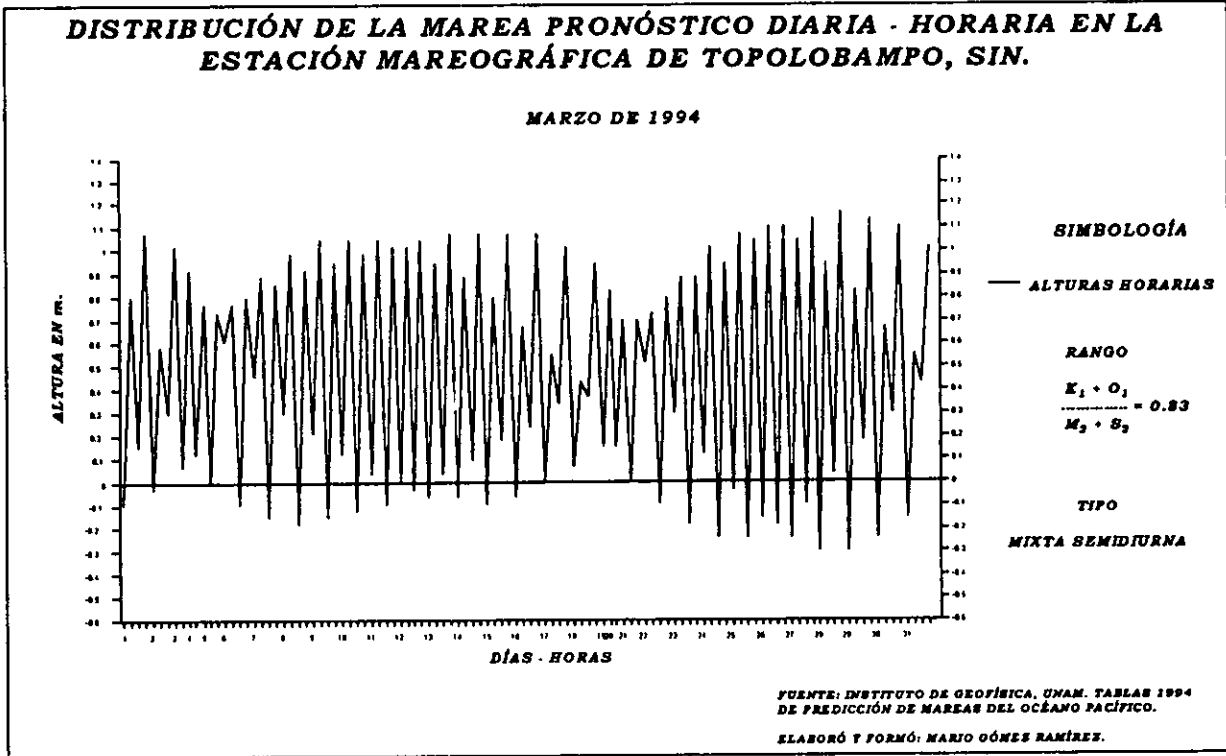


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICIÓN DE MAREAS DEL OCEANO PACÍFICO.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓNEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.36



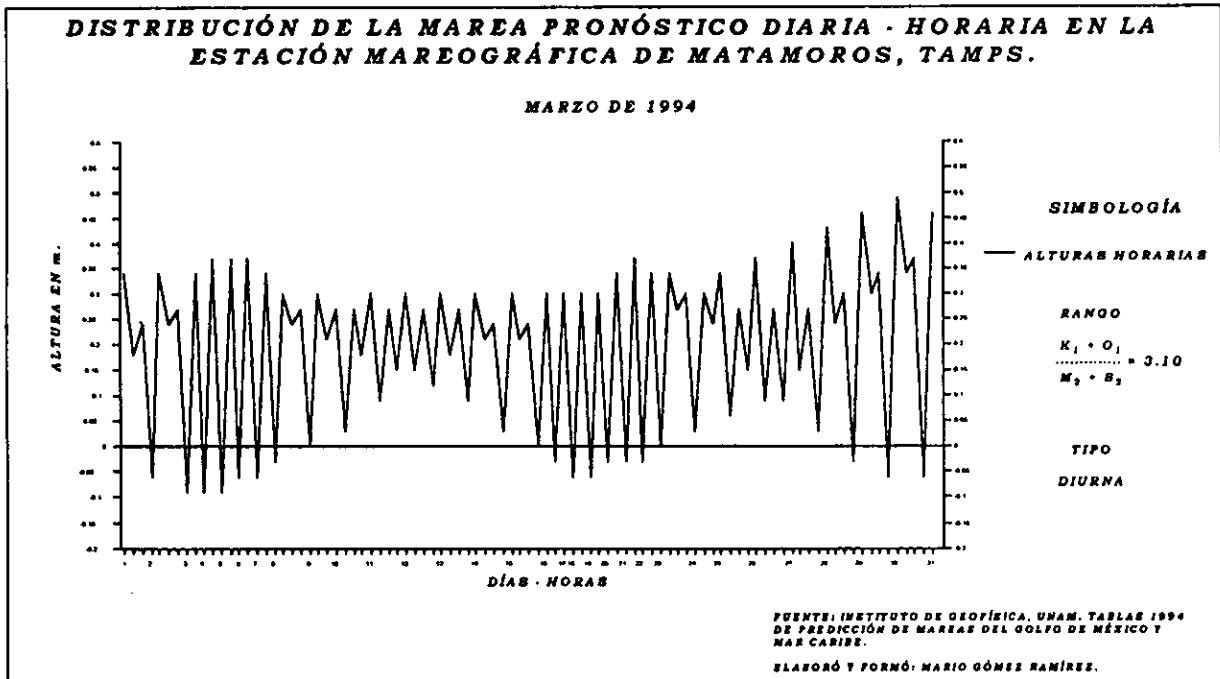
Gráfica 4.37



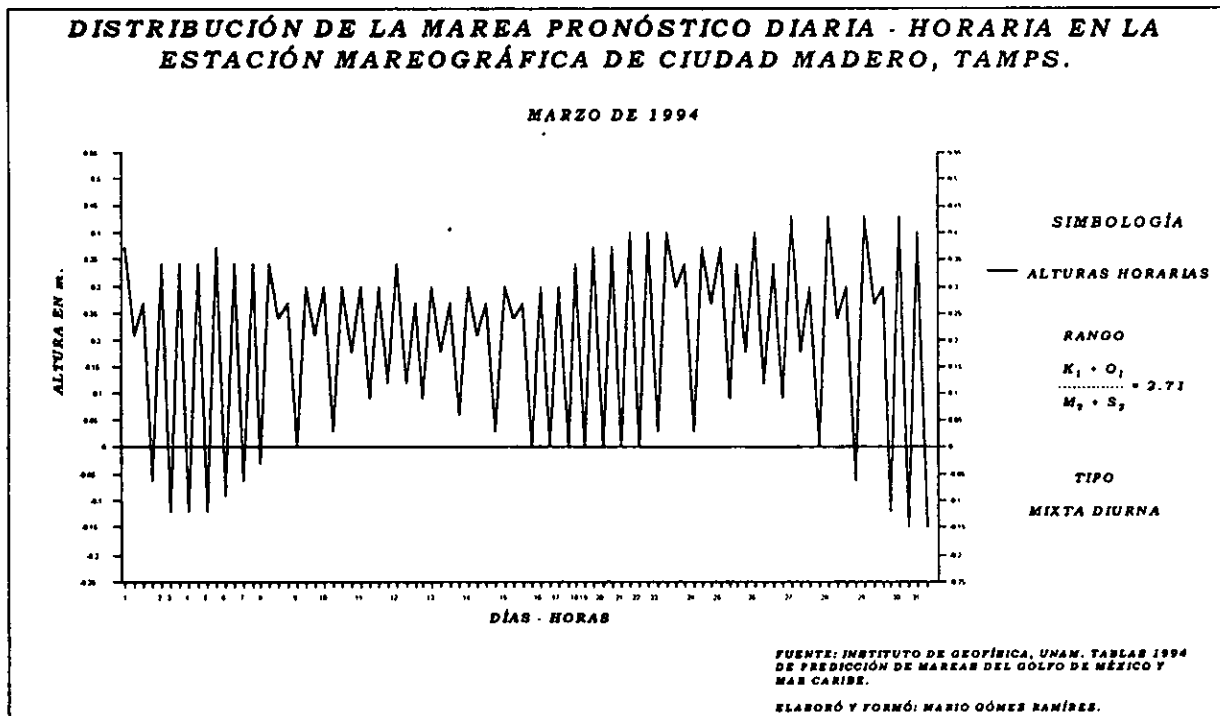
Gráfica 4.38

4.4.2.3 En la región del Golfo de México

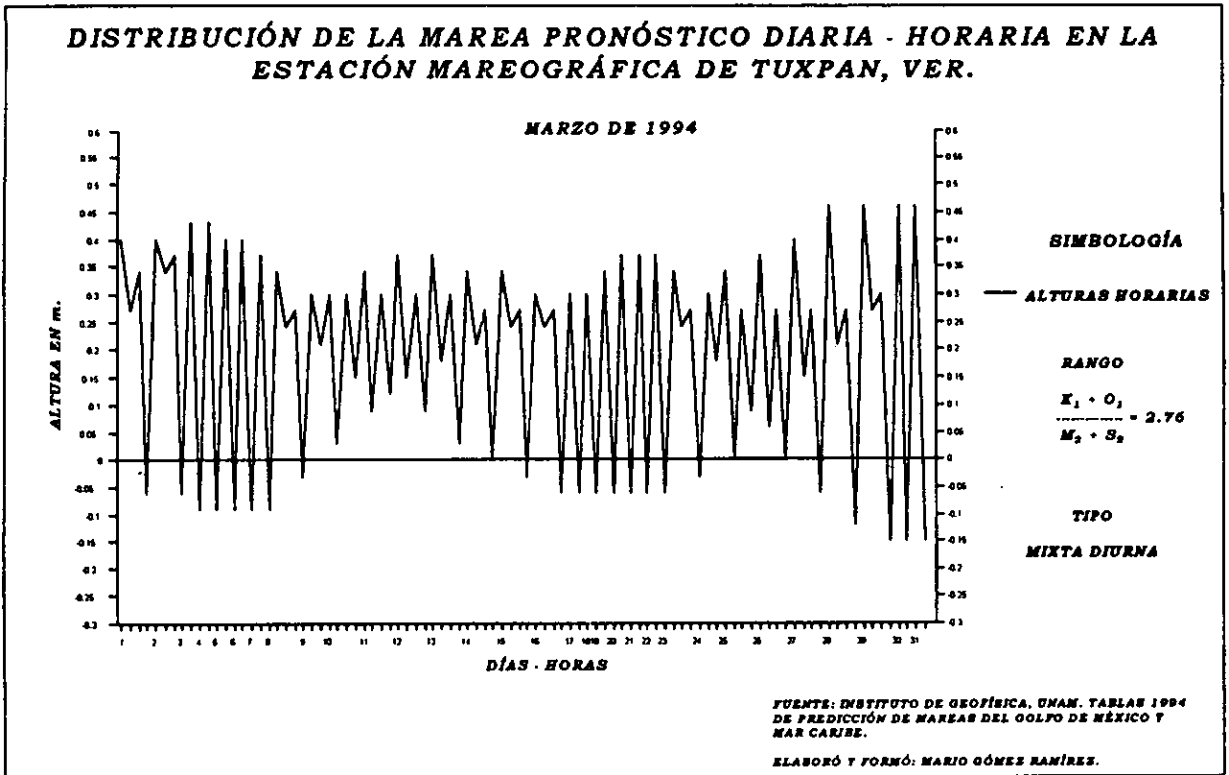
Las curvas de marea pronóstico en el Golfo de México son las siguientes:



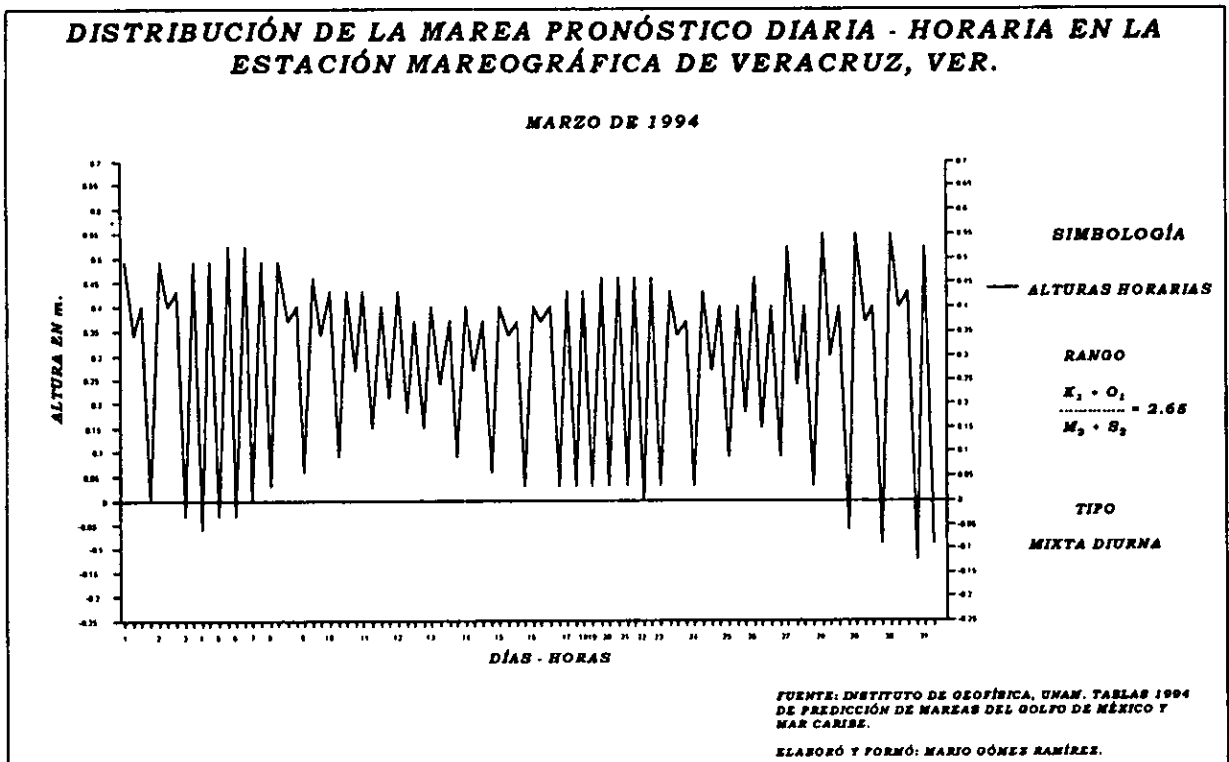
Gráfica 4.39



Gráfica 4.40



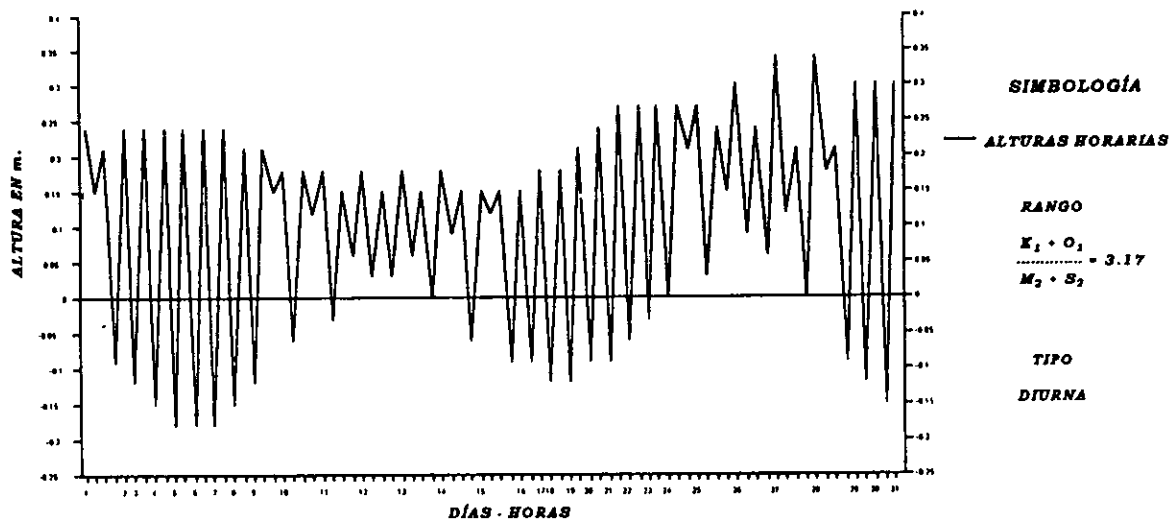
Gráfica 4.41



Gráfica 4.42

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ALVARADO, VER.**

MARZO DE 1994



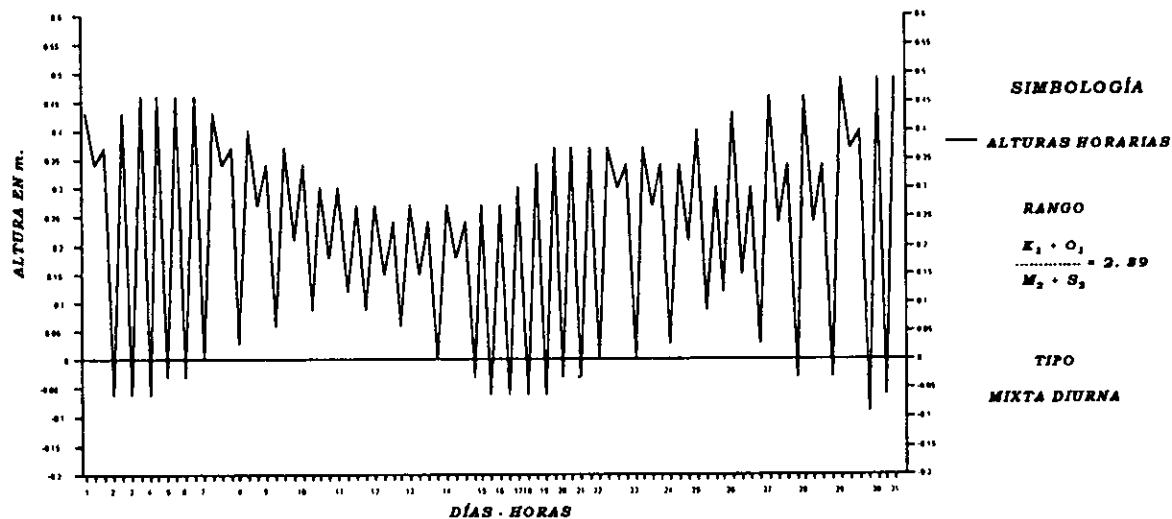
FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICIÓN DE MAREAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.

ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.43

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE COATZACOALCOS, VER.**

MARZO DE 1994



FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICIÓN DE MAREAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.

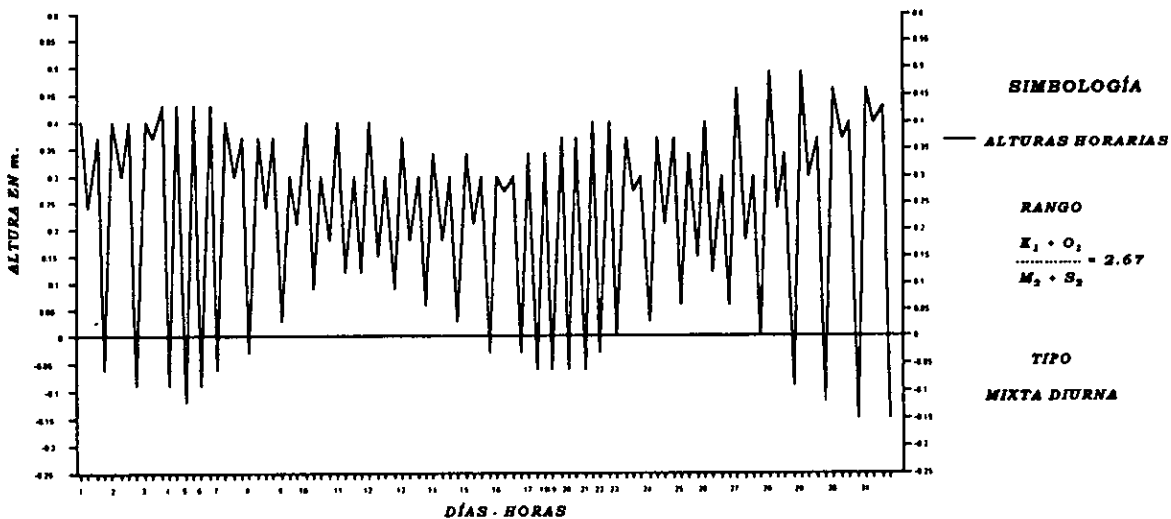
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.44

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE FRONTERA, TAB.**

MARZO DE 1994



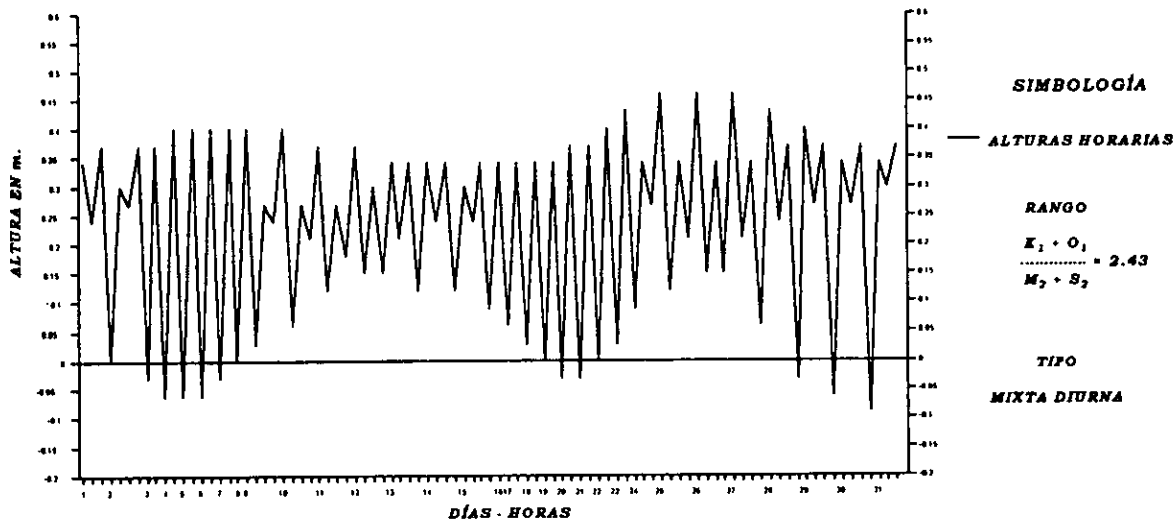
FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.

ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.45

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE CIUDAD DEL CARMEN, CAMP.**

MARZO DE 1994



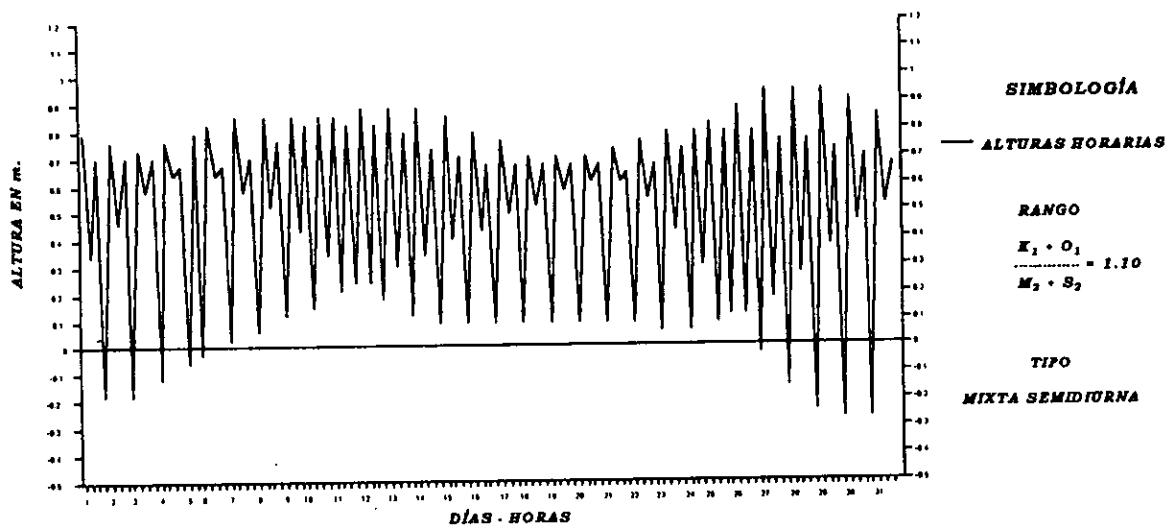
FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.

ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.46

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LERMA, CAMP.**

MARZO DE 1994

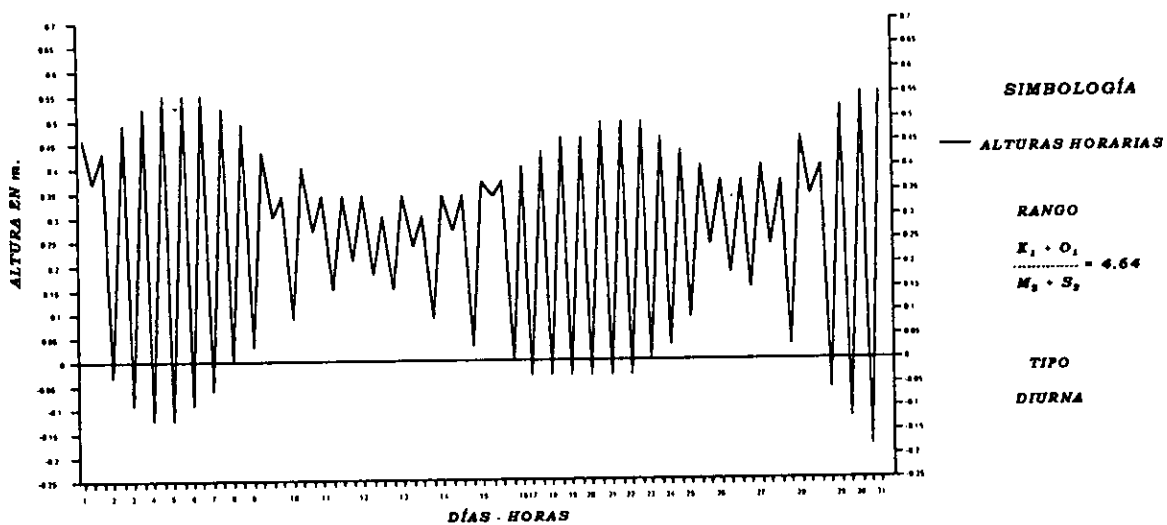


FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓNEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.47

**DISTRIBUCIÓN DE LA MAREA PRONÓSTICO DIARIA - HORARIA EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PROGRESO, YUC.**

MARZO DE 1994



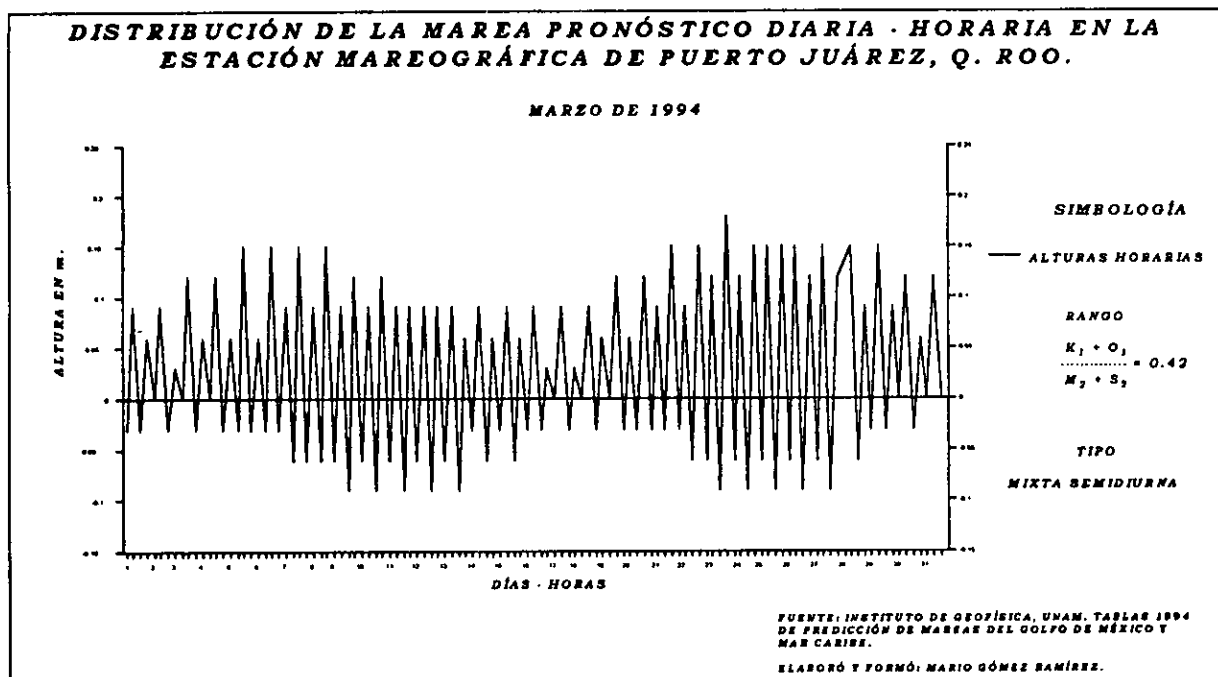
FUENTE: INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. TABLAS 1994 DE PREDICCIÓN DE MAREAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.  
ELABORÓ Y FORMÓ: MARIO GÓNEZ RAMÍREZ.

Gráfica 4.48

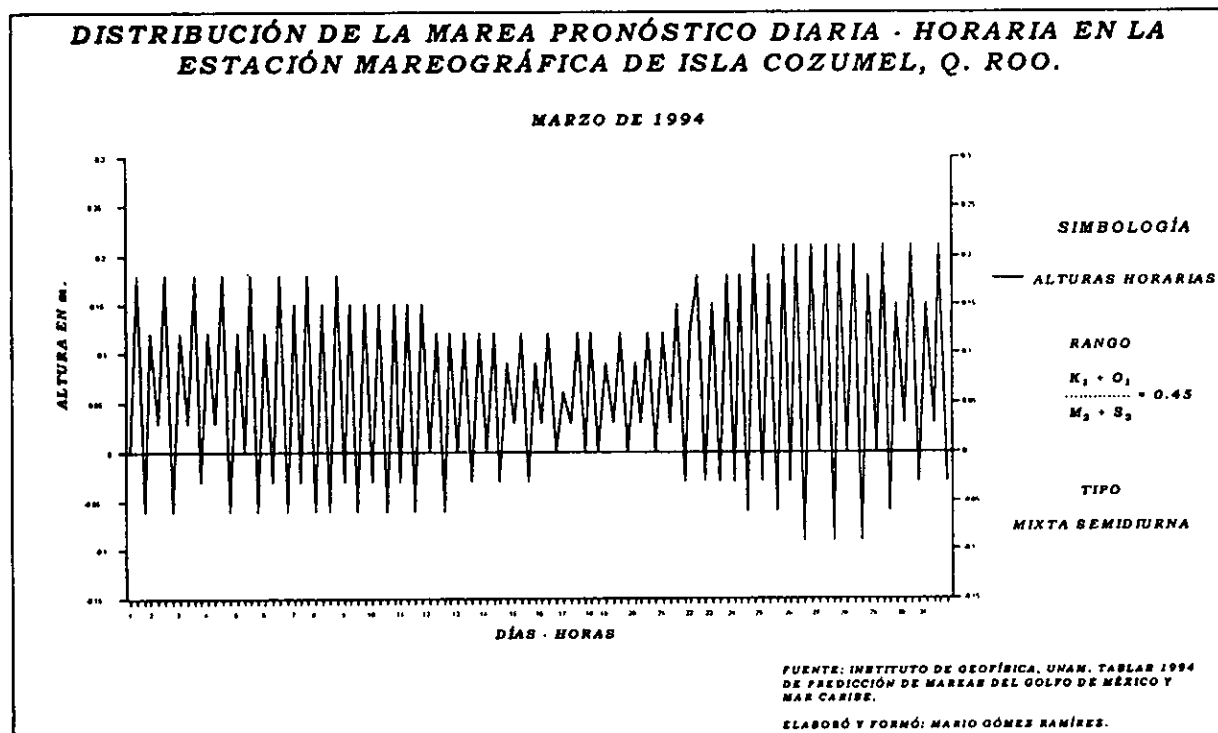


4.4.2.4 En la región del mar de Las Antillas

En el mar de Las Antillas, las curvas de marea pronóstico son las siguientes:



Gráfica 4.49



Gráfica 4.50

## 4.5 Términos de mareas

Existen varios términos que se asignan a las mareas en función con las condiciones que prevalecen y de factores que intervienen, pero cada una de éstas presenta rasgos característicos que las hace diferentes.

A continuación se abordan algunos términos de las mareas más comunes:

*Marea de apogeo.* Esta marea se presenta cuando la Luna se encuentra más distante de la Tierra, es decir, en apogeo entonces la

...amplitud de la marea tiende a disminuir a medida que aumenta la distancia Luna-Tierra, pero por lo general, el valor mínimo no lo alcanza hasta unos días después, cuando la Luna ha pasado por el apogeo. La amplitud de apogeo ( $A_n$ ) de la marea es la amplitud media mínima inmediatamente después del instante en que la Luna pasa por el apogeo, y por lo general es un 20% menor que la amplitud media de la marea del tipo semidiurno o mixto (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 65).

*Marea de barlovento.* Este tipo propiamente es una corriente de marea que se mueve en la misma dirección que sopla el viento (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962).

*Marea compuesta.* Es la "componente de marea con una velocidad igual a la suma o diferencia de las velocidades de dos o más componentes elementales. Las mareas compuestas son generalmente el resultado de condiciones creadas por aguas poco profundas" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 64).

*Marea común.* Equivale a la línea de pleamar media, la cual es la intersección de dicha línea con la playa.

*Marea creciente.* Es aquella que se origina en la fase de la marea entre la bajante y la pleamar siguiente (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962).

*Marea de cuadratura* o también conocida como *muerta*. Se producen cuando la Luna forma un ángulo recto entre la Tierra y el Sol, entonces la amplitud de la marea

...tiende a disminuir en estas épocas y a crecer en los días de Luna llena o nueva, pero por lo general hay un retardo de uno o dos días en el efecto de la fase lunar sobre la marea, aspecto que se conoce con el nombre de edad de la desigualdad de fase.<sup>10</sup> Después de tener en cuenta este retardo, la altura media de las bajamares y pleamares, se llama bajamar y pleamar de cuadratura respectivamente. La diferencia de altura entre ellas se llama amplitud de cuadratura ( $N_p$ ); dicha amplitud es por lo general de un 10 a un 30% menor que la amplitud media, con algunas variaciones para las distintas partes del mundo (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 65).

<sup>10</sup> Se nombra edad de desigualdad de fase al "intervalo entre la Luna nueva o llena y el efecto máximo de estas fases sobre la amplitud de la marea o la velocidad de la corriente de marea; la amplitud de la marea tiende a crecer cerca de la Luna llena o nueva y disminuir a medida que se accede a los instantes de cuadratura. Esta edad por lo general de uno a dos días" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 34).

*Marea doble.* A este tipo de mareas también se les conoce como de doble cabeza, es decir, que al registrarse las pleamares “tienen dos valores máximos de casi la misma altura separados por una depresión relativamente pequeña, o las bajamares tienen dos valores mínimos separados por una pequeña elevación. Algunas veces se le llama *Agger* y en la costa sur de Inglaterra a este tipo se le denomina *Gulder*” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 66).

*Marea ecuatorial.* Son mareas que aparecen en un periodo semimensual al encontrarse la Luna sobre el Ecuador “en ese momento es mínima la tendencia de la Luna a generar una desigualdad diurna en la marea” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 66).

*Marea de equilibrio o astronómica.* Está marea se considera “hipotética debida a fuerzas productoras de marea según la teoría de equilibrio. También se le conoce como marea de gravitación” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 65).

*Marea equinoccial.* Esta marea incide de acuerdo con la posición que guarda la Tierra con respecto al Sol, cuando éste se localiza aparentemente sobre el Ecuador, y ocurre en los equinoccios (primavera y otoño). Está comprobado que la fuerza que el Sol ejerce sobre las mareas cuando está sobre el cinturón ecuatorial es extraordinaria. La “influencia del campo gravitatorio solar es mayor en la época de los equinoccios, es decir, cuando el Sol está directamente sobre el Ecuador, en marzo y septiembre; durante estos periodos las mareas vivas son especialmente grandes” (Meadows *et al.*, 1978, p. 24).

*Marea extraordinaria.* Se considera extraordinaria cuando “ocurre una marea anormal, extraordinariamente baja o alta, por causas fuera de lo normal en el lugar que se registra” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 67). Puede ser producto de un seísmo, huracán, norte, etc.

*Marea de huracán.* Es un efecto que consiste en la “inundación del litoral, ya no por las lluvias ciclónicas intensas, sino por el avance arrollador de grandes masas de agua marina, efecto sumado de la marea ascendente y de la ola de huracán a su recalada en la costa. Constituyen los más acentuados fenómenos de mareas anormales” (Hernández, 1968, pp. 371-372). Algunos la llaman marea de tormenta.

*Marea lunar.* Es originada por la exclusividad de la fuerza de la Luna (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962).

*Marea lunisolar.* Se le llama así a “las componentes de marea  $K_1$  y  $K_2$ , las cuales se derivan del desarrollo de la marea lunar y solar, que en ambos casos tienen la misma velocidad. También recibe este nombre la componente sinódica lunisolar quincenal ( $MS_1$ )” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 67).

*Marea meteorológica.* Constituye las “componentes de marea que tienen su origen en las variaciones diarias de las condiciones del tiempo o en los cambios de estación, las cuales pueden ocurrir con alguna periodicidad” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 67).

*Marea negra.* Es un término empleado para designar a los desechos o derrames de petróleo vertidos en los cuerpos de agua oceánicos por los navíos accidentados, que forman manchas o capas oscuras, las cuales contaminan el ambiente marino. Este deterioro es originado por el descuido antropogénico, y por lo tanto, su origen no está ligado a las fuerzas naturales que generan a las mareas. No tienen ningún origen de carácter cósmico o natural, debido a que son ocasionadas exclusivamente por la irracionalidad de la sociedad que afecta al complejo y amplio paisaje de las aguas de mares y océanos; las consecuencias no son menos graves e inciden en sus actividades económicas. Resulta realmente irreversible la afectación y difícil la restauración a los ecosistemas marinos y terrestres por los daños que produce a la naturaleza, las cuales son conocidas como *mareas negras*. Las manchas iridicentes del crudo flotante en el mar abierto son desplazadas por las mareas a línea de costa, generalmente causan impactos ambientales de severas consecuencias.

*Marea ordinaria.* Es la marea normal que ocurre en cualquier lugar de la costa, es decir, la marea característica de un sitio.

*Marea de perigeo.* Estas mareas son originadas cuando la Luna se encuentra más cercana a la Tierra, es decir, en el perigeo y se observa que

...la amplitud de la marea tiende a crecer a medida que disminuye la distancia Luna-Tierra, pero por lo general no alcanza su máximo valor de uno a tres días después que la Luna ha pasado por el perigeo. La amplitud de la marea de perigeo ( $P_n$ ) es el promedio de la amplitud semidiurna de las mareas de perigeo y es por lo general un 20% mayor que la amplitud media (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, pp. 65-66).

*Marea roja.* En este caso, el denominativo de marea roja se vincula a la abundancia de organismos planctónicos, en algunos sitios por su pigmentación y concentración producen un cambio de color en el agua de mar que varía desde el pardo-amarillo hasta teñirla de rojo.

Eventualmente, durante el verano, en algunas costas continentales, pueden colectarse organismos flagelados en grandes concentraciones. Al empezar a producir sombra unos a otros, cada individuo se esfuerza por alcanzar la superficie iluminada, siendo tal su densidad, que grandes áreas de agua se tornan rojas o pardas debido a su pigmentos. La concentración de flagelados en estas *mareas rojas*, en ocasiones llega a ser demasiado grande y afecta su propia supervivencia. Algunas especies de flagelados se hacen sumamente tóxicos cuando crecen. Por ello, producen y participan en una muerte en masa de peces e invertebrados, que se sabe, es a causa de una gran producción de ácido sulfhídrico (Bojórquez, 1973, p. 331).

En un principio se consideraba los dinoflagelados como los que producían las *mareas rojas*, sin embargo, las investigaciones recientes indican que este tipo de discoloraciones también pueden producirlas las "diatomeas, cianofitas, silicoflagelados, bacterias y protozoarios marinos" (Gárate, 1995, p. 1).

La *marea roja*, es de origen biótico y no de carácter astronómico, constituye en determinado momento un impedimento para las actividades

económicas de las zonas costaneras, y de cierta manera fungen como reguladoras de los hábitats marinos. Cuando las personas consumen productos marinos que tuvieron alguna injerencia con una *marea roja*, pueden llegar a causarles envenamamiento al grado de alcanzar la muerte en función del tipo de tóxina y de su concentración.

*Marea de sicigias.* Este tipo de mareas se produce cuando la Luna, la Tierra y el Sol suman fuerzas por coincidir en un alineamiento. Esto ocurre en la fase de la Luna nueva y llena. Sus efectos se distinguen por el carácter extraordinario en la amplitud de la marea, ya que

...tiende a aumentar en esta época y a disminuir cuando la Luna está en cuadratura, pero hay por lo general un retardo de 1 a 2 días en el efecto de la fase sobre la marea, y a ese retardo se conoce con el nombre de desigualdad de fase. Después de tener en cuenta dicho atraso el promedio de altura de las pleamares de la marea de sicigias se llama pleamar media de sicigias o pleamar de sicigias media (MHWS). El promedio de alturas de las bajamares correspondientes se denomina bajamar media de sicigias o bajamar de sicigias media (MLWS). La diferencia de altura entre la pleamar de sicigias y la bajamar de sicigias es por lo general de un 10 a un 30% mayor que la amplitud media del lugar (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 66).

Estas mareas comúnmente se nombran como mareas *vivas*.

*Marea solar.* Es la que se vincula propiamente con las fuerzas producto de la estrella solar (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962).

*Marea de solsticio.* Esta marea ocurre en el periodo de los solsticios, cuando la posición del Sol con respecto a la Tierra, se encuentra en alguno de los trópicos y la amplitud que se registra llega a ser considerable (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962).

*Marea trópica.* Son mareas que tienen lugar

...semimensualmente en las épocas de máxima declinación norte y sur de la Luna. En estas épocas hay una verdadera tendencia al aumento de la amplitud diurna. El retardo entre la hora de máxima declinación y el máximo efecto consiguiente sobre la marea se llama edad de la desigualdad diurna. Los planos correspondientes a las mareas trópicas se designan como: pleamar superior trópica (TcHHW) o la más alta bajamar trópica; bajamar inferior trópica (TcLHW) o la más alta bajamar trópica; bajamar inferior trópica (TclLW) o la más baja bajamar trópica (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 69).

Durante el solsticio, los rayos solares inciden en los Trópicos de la Tierra, por lo cual recibe el nombre que se indica.

El empleo correcto de los términos mareológicos, son imprescindibles para diferenciar los distintos fenómenos que tienen lugar en el océano.

## CAPÍTULO V

### NIVELES DE MAREA

#### 5. ASPECTOS GENERALES

Las aguas de las cuencas marinas en ningún momento experimentan reposo alguno. En algunos sitios del litoral, el movimiento vertical de la marea puede registrar alturas considerables, que se advierten al incursionar las aguas salinas sobre la playa, bahías, ensenadas, caletas, etcétera, mientras en otros apenas es apreciable su presencia. Las marcas del avance o retroceso alterno del agua marina, se llegan a distinguir sobre la arena con la formación de los cordones litorales, en los acantilados o alguna otra barrera que encuentra a su paso.

La medición de la marea a través de registros continuos, son imprescindibles para poder establecer los niveles de marea en cada una de las fases que caracterizan al espacio litoral. Este conocimiento reditúa beneficios al aplicarlo a las diferentes actividades marítimas, así como las que tienen vínculo con las terrestres.

El comportamiento de la marea varía con el día, el mes y el paso de los años. Esto nos da idea de las variantes que desarrollan las mareas en cuanto a su altura, por ello es necesario conocer los niveles que puede adquirir, y el comportamiento del fenómeno en cada lugar de la línea de costa.

Los niveles de marea, también conocidos como planos de referencia de la marea o mareográficos, son aquella superficie que se establece como punto de referencia desde la cual se calculan alturas o profundidades precisas, producto de la observación directa de alguna de las fases de la marea en cada sitio de interés, que se han de evaluar a través de la estadística.

La norma establece, que un plano de referencia fundamental o primario del nivel del mar, debe contar con un ciclo de 19 años de observaciones mareográficas permanentes, y así completar el ciclo fundamental<sup>1</sup> que consiste en el establecimiento del *Datum de Marea*<sup>2</sup> permanente. Este periodo, después de determinado, se denomina "época de Datum, y el periodo de 19 años se llama ciclo de Metón. Este último, consta de tres valores principales astronómicos que tienen influencia en la marea, a saber: fase, declinación y paralaje, han completado un ciclo bien determinado" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 74).

El realizar mediciones mareográficas no cubre toda la labor mareográfica puesto que la

---

<sup>1</sup> El ciclo fundamental de 19 años se considera necesario porque es el tiempo que tarda la Luna en cubrir su movimiento alrededor del Sol.

<sup>2</sup> El Datum de Marea se refiere al "plano de referencia determinado por observaciones de la marea" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 27).

...simple curva del registro de las mareas permite calcular la amplitud de las mismas, los establecimientos de puerto y las constantes armónicas usadas para la solución de la serie que permite hacer el pronóstico de las mareas, pero no nos da ninguna información acerca del agua con respecto al punto fijo en tierra. Para obtener este dato es necesario escoger, en cada puerto un plano de referencia arbitrario desde el cual se cuenten las alturas que alcanza el agua a las distintas horas del día (Merino, 1958, p. 1).

Por esta razón es imprescindible que los planos de referencia del nivel del mar se coloquen como puntos fijos en tierra firme, y se denominan pilares de referencia o cotas fijas de marea. Estos puntos se localizan frecuentemente cercanos a la estación mareográfica con el propósito de "controlar todas las fases de un estudio mareográfico y principalmente para el establecimiento y conservación del datum" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 80).

El pilar fundamental de la marea es la "marca de referencia determinada como la más estable de una red de cotas fijas de marea después de hacerse un estudio comparativo del control de las mismas. La cota así designada es, por lo tanto, el eslabón de enlace entre el plano fundamental y la red de control geodésico vertical y horizontal" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 80).

La conservación de cualquier plano de referencia, es importante mantenerlo indefinidamente para poder efectuar los trabajos cartográficos o de ingeniería, aunque se presenten modificaciones posteriores con base en periodos largos de observaciones (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962).

En caso de no contar con observaciones de largo periodo, es posible llevar a cabo la determinación de planos de marea, con registros de observación inferiores a lo que establece la normatividad, los cuales se consideran de carácter secundario. Algunas estaciones mareográficas de la investigación, presentan esta variante, sobre todo por ser de reciente establecimiento o haber tenido interrupciones en la obtención de registros. Estas prácticas se han llevado a cabo, y se establece que pueden determinar "planos de referencia con bastante precisión aun cuando las observaciones no cubran todo este periodo, con ciertas limitaciones podemos decir que en ocasiones es suficiente con algo más de un año" (Departamento de Oceanografía (s/f), Intro.).

En efecto, "a pesar de que en los últimos 10 años se ha incrementado la red de estaciones mareográficas en las costas del Pacífico y del Golfo de México, aún son pocas las que tienen un periodo de más de 19 años de observaciones continuas, por lo que las determinaciones secundarias son, sin lugar a dudas, las más comunes" (Santos, 1985, p. 31).

La carencia de registros de largo periodo para algunos sitios, conlleva a utilizar observaciones a corto plazo, y ajustarlos al valor promedio determinado en una estación mareográfica primaria de referencia, y generalmente se considera la más cercana del sitio de interés. Cabe señalar, que regularmente no resulta similar el comportamiento de la marea de un lugar a otro, debido a que espacialmente influyen distintas variantes en la geografía marina para

establecer una correlación. No pocas veces, se realizan análisis, hechos en cuanto a la precisión que resulta, al aplicar procedimientos con tiempos cortos. En estimaciones que se refieren a las mediciones del nivel medio del mar, podemos encontrar que en “un solo día de observaciones, tienen un valor próximo al real con una diferencia de 7.5 cm aproximadamente. Con sólo un mes de observaciones nos dará un valor correcto, dentro de 3 cm de error, y de un año o más puede considerarse correcto si el error es de 1.5 cm” (Santos, 1985, p. 28).

El conocimiento de cada uno de los planos de la marea, es de suma importancia para los territorios con litoral, y al igual que contar con observaciones precisas de las mareas, porque constituyen una herramienta indispensable para llevar a cabo cualquier trabajo, como determinar la altura o profundidad en las aguas marinas, ya sea que correspondan para la investigación de actividades económicas propias del mar o de otros aspectos, como el establecimiento de puntos geodésicos, delimitación de una zona federal, así como en la planeación, al levantamiento de cartas hidrográficas, construcción de infraestructura portuaria, y tráfico en los puertos. Resulta indispensable tomarse en cuenta en los estudios de los ecosistemas infra y supralitorales, en la dispersión de contaminantes, impactos en la línea litoral, explotación de recursos naturales, en la variación del nivel del mar por efectos del fenómeno *El Niño* y en el modelado costero, entre otros.

## **5.1 Definición de algunos planos de referencia de las mareas**

En el ámbito de la mareografía los planos de referencia que se calculan son diversos. Para los fines de esta investigación solamente son tratados los siguientes:

### *5.1.1 Plano de referencia de pleamar media superior (MHHW)*

Es la altura media de las pleamares superiores registradas durante un periodo de 19 años. “Para observaciones de corto periodo, se aplican correcciones para eliminar las variaciones conocidas y reducir el resultado a un equivalente del valor medio de 19 años” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 82).

### *5.1.2 Plano de referencia de pleamar media (MHW)*

Se considera a la altura promedio de las pleamares registradas a través de un periodo de 19 años.

Para periodos más cortos de observaciones, se aplican correcciones para eliminar las variaciones conocidas y reducir el resultado a un equivalente del valor medio de 19 años. Todas las alturas de pleamar se incluyen en el promedio donde el tipo de marea es semidiurno o diurno. Determinada en esta forma, la pleamar media en este último



caso es lo mismo que pleamar media superior (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 82).

#### 5.1.3 *Plano de referencia del nivel medio del mar (n.m.m)*

Es la “superficie de marea nula, o la superficie de equilibrio del agua de mar, libre de los efectos meteorológicos o ajenos a la marea misma” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 73).

#### 5.1.4 *Plano de referencia de media marea (MTL)*

Se denomina a la “distancia vertical intermedia, entre una pleamar y una bajamar consecutivas, en amplitud y tiempo” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 71). Este plano también se conoce como media del nivel de las mareas, en ocasiones causa confusión con el nivel medio del mar y llega a emplearse como sinónimo. “En las costas abiertas, este plano se aproxima al nivel medio del mar. En observaciones de largo periodo tiende a confundirse con el nivel medio del mar pero no es coincidente” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 73).

#### 5.1.5 *Plano de referencia de bajamar media (MLW)*

Este plano corresponde a la altura promedio de los registros de bajamares en un periodo de 19 años. “Para periodos de observaciones más cortos, se aplican correcciones para eliminar variaciones conocidas y reducir el resultado al equivalente de un valor medio de 19 años” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 8).

Cuando la marea corresponde al tipo semidiurno o mixto, entonces deben incluirse “en el promedio las alturas de todas las bajamares, pero si es de gran influencia diurna se consideran sólo las bajamares inferiores” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 8).

#### 5.1.6 *Plano de referencia de bajamar media inferior (MLLW)*

Es la altura promedio de las bajamares inferiores que se registran durante un periodo de 19 años. “Para periodos más cortos de observaciones, se aplican correcciones para eliminar las variaciones conocidas y reducir el resultado al equivalente de un valor medio de 19 años” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 3).

#### 5.1.7 *Plano de referencia de amplitud media de la marea (Mn)*

A este plano también se designa como expansión de marea, y es “la diferencia en altura entre la pleamar media y la bajamar media” (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 3).

## 5.2 Planos básicos de referencia de la marea en los litorales de México

En cada uno de los litorales de México, se utiliza diferente plano de referencia, en el Pacífico se considera el nivel de bajamar media inferior para referir las alturas de la marea, mientras que en el Golfo de México, corresponde al nivel de bajamar media (Instituto de Geofísica, 1994). El nivel de bajamar media inferior "se emplea como referencia para el pronóstico de mareas en la costa del Pacífico y Golfo de California, mismo que utiliza el *Coast and Geodetic Survey*" (Instituto de Geofísica, 1994, s/p).

Sin embargo, el plano que comúnmente tiene mayor utilización, es el nivel medio del mar y se emplea para el establecimiento de una red de nivelación de primer orden que abarca a todo el país (Secretaría de Marina, 1974). El nivel medio del mar, se optó emplearlo como plano de referencia para las alturas de la marea y adquiere la categoría de "plano fundamental o de origen desde el cual se cuentan las alturas topográficas y de las nivelaciones geodésicas. El nivel puede ser diario, semanal, mensual y anual" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 74).

En la década de los años 60's, el Departamento de Oceanografía, actualmente conocido como Servicio Mareográfico Nacional del Instituto de Geofísica, UNAM, se planteó como trabajo la determinación del nivel medio del mar y publicó los resultados de mareas que contemplaron a partir del 1o. de enero de 1952 hasta el 31 diciembre de 1960 con las siguientes palabras "confiados en que los valores que aquí consignamos y los que se obtengan al cabo de los 19 años no diferirán en más de tres centímetros" (Departamento de Oceanografía (s/f), Intro.).

El nivel medio del mar, es el plano de referencia que se pretende obtener a través de las observaciones mareográficas, sin embargo, se considera que "no puede tomarse como referencia en los lugares donde se comienzan apenas los estudios mareográficos" (Merino, 1958, p. 2). Este mismo razonamiento debe aplicarse al nivel de media marea.

El nivel medio del mar está expuesto continuamente a numerosos cambios en periodos cortos, aunque las perturbaciones pueden ser de magnitud considerable, como puede ocurrir con

...el efecto combinado del oleaje producido por el viento, las mareas y la influencia de las variaciones de presión. Estas variaciones pueden, en ciertos casos alcanzar e incluso sobrepasar la decena de metros. A partir de la medida de los mareógrafos en el litoral, hay que calcular entre tales perturbaciones el nivel medio del mar cuya variación anual puede llegar a alcanzar el orden de los milímetros (Berrocoso *et al.*, 1996, pp. 206-207).

Cualquier perturbación que incida sobre el nivel medio del mar, va a tener una respuesta reflejándose en la variación de cada uno de los distintos niveles de marea.

El registro de una altura máxima o también nombrada como extraordinaria en los planos mareográficos, es posible que sea producto de una

tsunami, de un ciclón tropical, entre otras. En el caso inverso, es posible observarse a causa del corrimiento de corteza, maremoto, etcétera, que son menos frecuentes. Sin embargo, las condiciones atmosféricas pueden ser más consistentes, entre éstas destacan los cambios de la presión en la atmósfera, la velocidad e intensidad del viento, que al combinarse ejercen una mayor influencia de empuje sobre la superficie líquida. Las características que adquieren "las anomalías en la circulación atmosférica se reflejan en el nivel del mar, ya sea por acumularse agua hacia la costa, abatirla o al propagar ondas de largo periodo a través de los océanos (Fenómeno de *El Niño*)" (De la Lanza (comp.), 1991, p. 171). En el caso del *ENOA* de 1997-1998, en la costa occidental sudamericana, en particular de las estaciones de Baltra y Callao durante julio de 1998, se observó que el nivel del mar "estuvo unos 5 cm por debajo del valor medio" (Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, 1998, núm. 7, p. 3).

Estacionalmente se presentan variaciones en el nivel del mar, estos cambios están en función del comportamiento y localización de los sistemas atmosféricos de las altas, así como de las bajas presiones que se vinculan a la circulación general. La dirección con que viaje el viento tanto en sotavento como en barlovento influye en la magnitud de la altura de elevación o descenso que adquiere el nivel de las aguas marinas. Como ejemplo se puede mencionar los efectos en el invierno de los *nortes* en el Golfo de Tehuantepec.

Las precipitaciones, las avenidas de los ríos al vertir sus aguas al mar, así como los cambios de circulación, la densidad, temperatura de las aguas marinas, repercuten en toda la dinámica de las variaciones del mar.

Las mediciones recientes y más precisas del nivel de mar a través del satélite Topex/Poseidón, indican que "el promedio del nivel del mar del mundo se elevó 3 mm en cada uno de los dos últimos años. Si esta tendencia continúa, podría proporcionar una fuerte evidencia del calentamiento global" (IOCARIBE, 1997, p. 19).

Las fluctuaciones producidas por la acción de la fuerza de presión en un corto tiempo, pueden reflejarse como acontece al disminuir un milibar, entonces la respuesta es el

...aumento en el nivel del mar del orden de 1 cm. Como la presión en el océano oscila desde unos 930 hasta unos 1,080 milibares, la magnitud de la oscilación del nivel oceánico puede llegar a provocar inundaciones en el litoral cuando las bajas presiones coinciden con mareas especialmente altas y vientos fuertes de origen marino (Berrococo *et al.*, 1996, p. 207).

Estos efectos son frecuentes cuando se registra un meteoro ciclónico y sus repercusiones en la línea de costa, pueden ser la presencia de fuertes mareas de tormenta.

En general, se señala que la variación secular del nivel medio del mar en buena medida, es producto del

...deshielo que se produce por el calentamiento global del planeta. Aunque debe tenerse en cuenta que este cambio térmico no es un proceso actual sino que ha venido produciéndose a nivel planetario desde las épocas geológicas, sin embargo, existen causas actuales, como son por ejemplo el efecto contaminante de las crecientes emisiones de dióxido de carbono o el aumento de la deforestación, que a su vez reducen la capacidad de la biosfera para absorber tal cantidad de dióxido de carbono, y que refuerzan el efecto invernadero acelerando el mencionado proceso de deshielo, esto aumenta el riesgo de inundaciones en las áreas costeras (Berrocoso *et al.*, 1996, p. 207).

Como parte opuesta a estos eventos, pueden considerarse a los distintos periodos glaciales, en los cuales los niveles del mar decrecen.

En todos estos procesos está presente la alteración antrópica que resiente el entorno.

En términos generales, hasta la década de los años 80's, en algunos países, la determinación del nivel medio del mar así como su variación espacial y en el tiempo, sólo se llevaba a cabo "mediante el análisis de las series temporales obtenidas con los mareógrafos instalados en la costa y debidamente referenciados a una red geodésica nacional" (Berrocoso *et al.*, 1996, p. 208). Sin embargo, las naciones desarrolladas han aprovechado los recientes avances científicos de la tecnología de punta, en especial los de la oceanografía espacial al emplear los satélites denominados altimétricos, para determinar el nivel medio del mar en forma instantánea, conocer y medir otros fenómenos en la dinámica océano-atmósfera.

El satélite Topex/Poseidón es un ejemplo ya que cumple algunas de estas tareas. Fue puesto en órbita durante 1992 y forma parte de una empresa conjunta entre los E.U.A. y Francia. Este viajero espacial mide el nivel del mar con un altímetro de radar, el cual calcula el tiempo del rebote de rayos de radar enviados desde el satélite a la Tierra.

Anterior a esta tecnología los estudios sobre

...cambios climatológicos tenían que confiarse de medidores de mareas costeras que registraban el nivel del mar. A pesar de que dichos medidores seguían registrando elevaciones de uno o dos mm al año, los resultados eran considerados como inciertos, ya que existen pocos medidores y porque se adhieren a los muelles, los cuales pueden cambiar en el tiempo (IOCARIBE, 1997, p. 19).

En México, la mareográfica no tiene aún estos alcances tecnológicos, inclusive puede considerarse que está en el olvido y a punto de perecer en el Instituto de Geofísica, UNAM.

El nivel medio del mar no permanece constante, la realización de evaluaciones periódicas dan la pauta para conocer que está expuesto continuamente a presentar variaciones diurnas, mensuales, estacionales y anuales, que igualmente en cualquier sitio del litoral pueden fluctuar diariamente hasta en 30 cm o más en días consecutivos (Santos, 1985).

Para poder aplicar el término de nivel medio del mar, se establece que solamente podrá asignarse al "dato obtenido por observaciones realizadas en costa abierta, o en aguas adyacentes que tengan libre comunicación con el mar

(Coast and Geodetic Survey de la Secretaría de Comercio de los Estados Unidos de América, 1944, p. 75).

En el caso de tratarse de datos obtenidos en estaciones mareográficas localizadas sobre algún río, el término no es aplicable, entonces se le nombra como nivel medio del río.<sup>3</sup> En esta situación, la diferencia estriba, en que el nivel medio del río "es más alto que el nivel medio del mar debido al declive del río" (Coast and Geodetic Survey de la Secretaría de Comercio de los Estados Unidos de América, 1944, p. 75). En todo caso, el plano del nivel de media marea es el que "se aproxima muchísimo al nivel medio del mar o al nivel medio del río, determinado por las alturas horarias" (Coast and Geodetic Survey de la Secretaría de Comercio de los Estados Unidos de América, 1944, p. 75).

Algunas estaciones mareográficas contempladas en la investigación, se localizan sobre el curso de un río, en este caso destacan las de la vertiente del Golfo de México.

En las cartas de navegación o náuticas, los niveles mareográficos de referencia que se utilizan, en el caso de los sondeos corresponden al "promedio de bajamares, tanto para el Océano Atlántico como para el Golfo de México; y para el Océano Pacífico, el promedio de bajamares más bajas" (Secretaría de Marina, 1974, p. 62).

En relación con el nivel de la amplitud media, señalaré que tiene igual importancia que los anteriores planos, ya que influye en la planeación del establecimiento de distintas actividades, sobre todo en la producción de energía mareomotriz, mientras que en otras, al ser pequeña, dificulta los trabajos en las maniobras de los buques. "Esta característica de las mareas no deja de ofrecer una serie de problemas para los diferentes tipos de puertos, ya que hace muy difícil el manejo de los barcos" (Cifuentes *et al.*, 1986, p. 88). En cualquier estudio se recomienda que se tome en cuenta la amplitud máxima.

Debe considerarse que la amplitud de las oscilaciones del nivel del océano en un mismo lugar, no es la misma todos los días, ni tiene el mismo valor en un día dado para diferentes sitios.

Las formas más importantes del modelado del relieve costero, y las denominadas condiciones fisiográficas, sin duda alguna influyen en la amplitud de la marea de un lugar en la zona litoral. A este respecto se señala que "la actividad de las mareas en su conjunto, es determinada por la forma, el tamaño y la profundidad de los océanos, mientras que la forma de la costa determina su amplitud" (Sagredo, 1979, p. 110). En este caso la altura de la marea en la línea litoral crece, en la medida que la profundidad del agua marina disminuye. Inclusive de un océano a otro el comportamiento de la marea es distinto, como ocurre en el Pacífico, Índico y Atlántico. La rotación terrestre influye en el factor

---

<sup>3</sup> El término nivel medio del río, se refiere al "promedio de las alturas alcanzadas por el nivel de un río en cualquier punto para todas las fases de la marea y que generalmente se determina de la lectura de las alturas horarias. En ríos que están sujetos a crecientes ocasionales, el nivel del mismo puede sufrir grandes variaciones, y para fines prácticos, especialmente si el mareógrafo se establece cerca de la desembocadura de un río, ciertos meses del año pueden excluirse en la determinación de planos de referencia de mareas" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 74).

de exposición del avance de la marea para que ciertos sitios alcancen una magnitud considerable en la amplitud de la marea.

Las mareas oceánicas varían de manera compleja de una cuenca a otra, los movimientos del agua que ejerce la acción gravitatoria de la Luna y el Sol, pueden originar ondas de marea que tienen un efecto de resonancia.

Cuando estas ondas irrumpen en los lugares de poca profundidad que rodean a los continentes ocurren dos cosas. Las correspondientes corrientes de marea se constriñen desde unos 5,000 metros de profundidad a unos 100 metros y en consecuencia se refuerzan por un factor de alrededor de 50. Por razones similares estas ondas tienen que moverse más lentamente, de modo tal que su amplitud aumenta para conservar la energía en la transformación, multiplicada en este caso por la raíz cuadrada de 50, o sea alrededor de 7 (Vetter (comp.), 1978, pp. 139-140).

Estos dos efectos influyen para que las ondas de marea que tienen lugar en las aguas costaneras presenten mayor amplificación y complejidad que las del océano abierto y por supuesto están más expuestas a la heterogeneidad del relieve litoral, como sucede en ciertas bahías, golfos, estrechos, entre otros.

En México, el sitio más importante por la amplitud que alcanza la marea, se encuentra en las aguas del litoral de Puerto Peñasco, Sonora, en el Golfo de California (Gómez, 1997, Inédito). En otros sitios locales del mundo, existen amplitudes mayores y las mareas presentan características sobresalientes, como ocurre en los litorales que circundan a los puertos de "Liverpool y Bristol, en Inglaterra, que tienen mareas vivas que producen ascensos y descensos de 9 a 10 metros; en Braunagar, India, la amplitud llega a 12.5 metros; en la Bahía de Mont-Saint-Michel, Francia, a 15 metros, entre otros" (Cifuentes *et al.*, 1986, p. 88). En relación con este tipo de comportamiento de la marea se vincula en términos generales a que existen

...dos zonas de actividad de mareas, relacionadas entre sí, pero diferentes: las amplias cuencas oceánicas profundas que responden directamente a las perturbaciones externas de la gravitación, y los mares poco profundos que rodean a los continentes, donde las mareas obedecen al sistema generado en las cuencas oceánicas profundas, pero que tienden a alcanzar amplitudes mucho mayores, en especial en las corrientes de marea (Vetter (comp.), 1978, p. 140).

Humboldt en su viaje que realizó por América encontró que las mareas en "Portobelo suben a un tercio de metro, en Panamá a cuatro o cinco metros de altura; debe pues, también variar el nivel de los dos mares vecinos según las diferentes épocas de la formación del puerto; pero estas ligeras desigualdades, lejos de impedir las construcciones hidráulicas, podrían por el contrario favorecer el efecto de las esclusas" (Humboldt de, 1991, p. 13).

En la mayor parte de las islas distribuidas en el océano, la diferencia de nivel entre la marea alta y la baja es pequeña (Carson, 1952). En Las Antillas menores algunas veces alcanza solamente 0.5 cm (Schott, 1930), en las tierras de ultramar del Pacífico mexicano como en Guadalupe y Socorro ocurre algo semejante. En los mares cerrados, también se llegan a presentar amplitudes de

escasos centímetros como sucede en el Mediterráneo, Báltico y Golfo de México. En el mar y océano libre, es difícil apreciar amplitudes significativas.

En el entorno de los atolones del Pacífico, la amplitud de la marea generalmente es muy reducida, y alcanza unos 50 centímetros.

En la isla de Tahití las mareas tienen un movimiento suave con una amplitud de alrededor de 30 centímetros entre la marea alta y la baja (Carson, 1952). En esta isla, como caso específico, la marea obedece propiamente a la fuerza energética del Sol y excluye la influencia lunar. La explicación de este fenómeno radica en que la isla se sitúa en el "eje o nudo de una de las cuencas oceánicas cuyas aguas sufren el influjo de la Luna con independencia de las cuencas vecinas" (Carson, 1952, p. 185). En este lugar, se origina "un movimiento muy poco amplio a la acción atractiva de la Luna y, por consiguiente, las aguas casi no sufren su influjo, y quedan en libertad para moverse y seguir el ritmo del Sol" (Carson, 1952, p. 186).

En las costas de Tasmania, las mareas del Pacífico alcanzan mayor amplitud.

En los mares marginales profundos del Pacífico suroccidental, con escasas tierras emergidas, la amplitud de la marea es débil. El único lugar donde se presentan las mareas ligeramente fuertes es en la costa oriental de Nueva Guinea.

En las cuencas de poco tamaño la penetración de la fuerza de la marea, es violenta como ocurre en el mar del Norte. Otras veces la marea se refuerza con la energía del viento, y también aumenta la amplitud. En el extremo norte del mar Adriático sobre la ciudad de Venecia, es común observarse el cambio de altura de marea reforzada por la acción eólica.

Los mares del sureste asiático así como los de la parte oriental tienen un comportamiento complejo en la dinámica de las mareas, debido a las geoformas semicerradas que se comunican con el Pacífico y por la influencia que ejercen las corrientes como la de Kuro-Shivo.

En estos lugares sucede que la "onda de marea se arremolina cuando llega a los mares marginales de Extremo Oriente, debido a la fuerza de Coriolis... En algunas zonas, esta onda aumenta la onda local y la amplitud de la marea es importante como en Shanghai... En otras regiones, las ondas tienden a contrarrestarse, y la amplitud es de poca envergadura" (Cousteau, 1993, p. 29).

Cerca de Shanghai se observan algunas mareas de "la cuenca del Pacífico hasta de 11 metros de altura" (Cousteau, 1993, p. 27).

En las costas de la Antártida, las mareas por lo general son de escasa amplitud. Solamente se observa "un ciclo de flujo y de reflujos por cada 24 horas. Sin embargo, en un lugar de la península y en otro de la costa oriental, la periodicidad es de 12 horas y media. El balanceo de la pleamar y de la bajamar apenas supera un metro, salvo en la región de la península (1.5 a 2.2 metros)" (Cousteau, 1993, p. 60).

En la costa Atlántica de la desembocadura del delta del Orinoco, así como en el sursureste del litoral de Argentina, desde Bahía Blanca hasta

Cabo Virgenes, la marea es superior a 4 m. En los litorales del noroeste y nornoroeste del continente Australiano, se registran mareas con similar altura.

En la costa que se localiza frente Australia la altura que alcanza la marea es de "(1.2 a 1.5 metros), así como en los mares de Ross y de Wenddell. En este último, las mareas podrían denominarse *mixtas*... En el mar de Ross son estrictamente diurnas. La amplitud alcanza un máximo de tres metros en el primer caso y de 1.5 metros en lo que se refiere al segundo" (Cousteau, 1993, p. 61).

En las latitudes altas del hemisferio meridional, las olas de marea son amortiguadas por la capa de hielo que cubre una parte del Océano Antártico durante todo el año.

En la línea costera occidental de África, la mayor parte de los sitios registran una marea que varía en general entre 1 y 2 m de altura.

En otros lugares específicos, el comportamiento de la marea es nula. Este tipo de sitios no son abundantes en el océano y se les conoce como punto nodal.<sup>4</sup> Cercano a estos puntos se localizan las denominadas regiones anfidrómicas<sup>5</sup> donde la elevación del nivel del mar es casi nula, por los efectos de la Luna y el Sol. Asimismo, estos sitios son el origen de partida de las líneas cotidales.

### 5.3 Factores que inciden en la variación de los niveles de marea

Los diferentes niveles de marea a través del tiempo están expuestos a cambios seculares o fluctuaciones, debido a la dinámica que tiene el océano con las interrelaciones de los fenómenos que ocurren en el planeta Tierra y en su conjunto como parte del sistema solar. Algunas de estas variantes pueden apreciarse a lo largo de escalas geológicas, mientras que otros son perceptibles en el tiempo de vida humano.

Las variaciones verticales que acontecen en las aguas marinas de los litorales, pueden detectarse a través de las mediciones mareográficas.

Las fluctuaciones que se pueden presentar en los niveles de marea, obedecen a fenómenos que le competen al estudio de la geografía física. Estos factores físicos se dividen en dos grupos: los hidrometeorológicos y los geodinámicos.

#### 5.3.1 Hidrometeorológicos

Estos factores tienen estrecha relación con los meteoros atmosféricos, así como con los fenómenos que se desarrollan en el océano e hidrológicos.

<sup>4</sup> Punto nodal corresponde a un punto libre de marea localizado en una región anfidrómica.

<sup>5</sup> La región anfidrómica es el "área cercana a un punto sin marea, o áreas que rodean a un punto libre de marea, del cual se irradian líneas cotidales que avanzan a través de todas las horas del ciclo de marea" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, p. 88).



#### 5.3.1.1 Meteorológicos

Entre los factores que pueden repercutir destacan los sistemas de presión atmosférica, viento, precipitación y radiación solar, a nivel micro, meso y macroescala, entre otros.

#### 5.3.1.2 Oceanográficos

Se consideran los que están en función de las características físicas y químicas del agua marina, como la densidad, temperatura, salinidad y corrientes marinas.

#### 5.3.1.3 Hidrológicos

Son producto de las descargas de las corrientes de los ríos que al verter sus aguas en la línea de costa, originan un incremento del nivel de mar.

### 5.3.2 *Geodinámicos*

Las relaciones de carácter geodinámico se vinculan con los procesos internos y externos de la estructura de la Tierra, tanto en el entorno continental como los que tienen lugar en el ámbito oceánico.

#### 5.3.2.1 Tectónicos

Se integran con los movimientos de la litosfera oceánica, y continental. Entre éstos se encuentran los movimientos eustáticos u homoestáticos del nivel del mar ya sea corticales verticales, los plegamientos, los orogénicos, epirogénicos, entre otros.

#### 5.3.2.2 Las formas de las cuencas oceánicas

La integran la batimetría, así como los movimientos de las aguas marinas.

#### 5.3.2.3 Volcánicos

Corresponden a la manifestaciones volcánicas que tienen lugar en el ambiente submarino, y en la parte continental, éstos se refieren a la renovación del piso oceánico, volcanes submarinos, troneras, fracturas, fallas, arcos insulares, entre otros.

#### 5.3.2.4 Criológicos

Estos fenómenos se vinculan con los pack polares, deshielo, glaciares, regresiones y transgresiones, como los más comunes.

### 5.3.2.5 Eustáticos

Son los procesos que tienen relación con la sedimentación de los fondos oceánicos.

### 5.3.2.6 Los maremotos

Se refieren a los movimientos sísmicos que tienen lugar en los abismos marinos.

### 5.3.2.7 Las tsunamis

Olas gigantescas y destructivas que viajan a grandes distancias, producto de seísmos que se originan en las profundidades marinas.

### 5.3.2.8 Explosiones de metano

Son las explosiones que ocurren en el piso oceánico, debido a la acumulación de los yacimientos de hidrocarburos, entre ellos el metano.

En las mediciones de los niveles de marea, debe tenerse en cuenta que el océano a cada instante, está sometido a distintas fuerzas, ya sean éstas internas o externas, como pueden ser las gravitatorias debidas a la acción de los astros, los vientos predominantes, la densidad variable de las masas de agua, etcétera. Por consiguiente, estos factores en combinación con otros aspectos geográficos, influyen en las características de los diferentes océanos que circundan a los continentes.

Se conoce que el nivel del mar es más alto en el litoral del Océano Pacífico que en el Atlántico, esta diferencia puede tener su explicación en "la menor densidad del agua del Pacífico, e influye en la intensidad de las mareas" (Cifuentes *et al.*, 1986, p. 86).

La intercomunicación que existe entre todas las cuencas permite un "observable global, de tal modo que cualquier cambio de nivel en uno de los océanos, con la consiguiente ruptura del equilibrio anterior, afectará el nivel de todos los demás, produciéndose trasbases de unos a otros hasta que se alcance una nueva situación de equilibrio" (Berrocoso *et al.*, 1996, p. 206).

La determinación del nivel de los océanos, está en función de una serie de interrelaciones que tienen lugar en el tiempo y espacio, las cuales actúan en las distintas capas que componen a la atmósfera, litosfera e hidrosfera. Dichas interconexiones, se vinculan indistintamente con características físicas, como las que tienen que ver con

...el volumen de agua disponible en los océanos que varía con aportaciones tanto positivas como son, por ejemplo, lluvias, aguas subterráneas, ríos, deshielo de los casquetes polares, etc., como negativas, por evaporación, efectos volcánicos, etc. Deben incluirse en tal variación los efectos de la dilatación que producen las variaciones de la temperatura del agua y las materias disueltas o en suspensión (Berrocoso *et al.*, 1996, p. 206).

Los procesos del modelado en el relieve costero por la acción del intemperismo químico y físico en los procesos de erosión y sedimentación son continuos, así como los agentes de agradación y degradación permiten la transformación y configuración de la batimetría en los fondos oceánicos.

También tiene que ver con la "variación de las situaciones térmicas de la corteza continental y oceánica y su efecto sobre las densidades y el volumen de la materia creada o desaparecida en las fosas y cordilleras" (Berrocoso *et al.*, 1996, p. 206). En estos procesos pueden mencionarse la renovación del piso oceánico, las manifestaciones hidrotermales, la subducción, entre otros.

Los efectos que ocasionan "las variaciones en la columna de agua, de los sedimentos y las variables meteorológicas" (Berrocoso *et al.*, 1996, p. 206), son procesos y agentes que interactúan de alguna manera con las fluctuaciones que puede experimentar el nivel del mar.

Las variaciones del nivel del mar a través del tiempo geológico, se manifiestan por los cambios exógenos y endógenos, que pueden establecerse mediante investigaciones sobre la dinámica y evolución de las distintas líneas de costa que realizan las disciplinas como la paleontología, la geografía, geomorfología, geología, oceanografía y la paleoclimatología, entre otras. En este aspecto se afirma que

...el nivel del mar sobre todo cerca de las costas registra oscilaciones periódicas debidas a la marea y no periódicas bajo la acción del viento, de la presión atmosférica y del equilibrio evaporación-precipitación en la superficie del océano. Estas oscilaciones lo son respecto a un nivel medio que se considera estable en la escala del tiempo histórico (Carré, 1988, p. 46).

En el proceso evolutivo de la Tierra, el nivel del mar ha tenido variaciones de gran amplitud que a través de los estudios estratigráficos, sedimentológicos y las evidencias de los fósiles, corroboran la cobertura que alcanzaron los océanos en la era Mesozoica hasta en un

...88% de la superficie del globo terrestre en el Cretáceo superior, y solamente el 65% durante los periodos glaciales del Plio-cuaternario. Esta última época dio numerosas oscilaciones por mucho tiempo, atribuidas a fenómenos esencialmente climáticos llamados *eustáticos*, e incluso se les achacaron a movimientos verticales de la costa llamados *isostáticos*, generados por una elevación lenta de los continentes después del deshielo (Carré, 1988, p. 46).

Los litorales también son afectados por las oscilaciones de los continentes y océanos en los movimientos que ejecutan las placas (*choque*), los plegamientos de la corteza, los dislocamientos, los desplazamientos horizontales de la línea de la costa, en los cuales transgrede el mar o tiene lugar el fenómeno de regresión y pueden distinguirse los procesos de sumersión y emersión de los litorales.

Los científicos han podido comprobar los cambios del nivel del mar a través de la obtención de una serie de observaciones. Se establece que el litoral

del Pacífico, registra un ascenso relativo de "1.5 mm por año y en el Atlántico, de 3.4 mm. Particularmente en el Golfo de México" (Santos, 1985, p. 27).

La fuerza de las mareas constituye una acción universal que se genera desde el exterior del planeta, pero que se interrelaciona con la dinámica del movimiento del océano y en particular de las fluctuaciones del nivel del mar.

El movimiento de las aguas en las cuencas oceánicas influye lentamente en la mengua de la velocidad de la Tierra, y esto ha ocurrido a través del paso del tiempo geológico del planeta con "el propio movimiento de las aguas sobre el lecho del océano, sobre los bordes poco profundos de los continentes y sobre los mares interiores, lleva en sí misma la causa lentamente, atenúa y disminuye la intensidad de las mareas" (Carson, 1952, p. 187). La acción de la fuerza de fricción provocada por las aguas "trasegadas por la marea hace que sea poco más pausada la rotación de la Tierra" (Carson, 1952, p. 187).

En los corales se ha comprobado las variaciones y cambios en la duración del día. Los corales actuales muestran 365 días por año de estrías en la absorción de carbonatos, en cambio los del periodo devoniano, que "existía hace 400 millones de años indica 405 días. Esto está de acuerdo con los efectos propios del rozamiento de las mareas comprobados por las observaciones astronómicas modernas" (Vetter (comp.), 1978, p. 143).

Cuando ocurren estas variaciones, es factible que se originen cambios en todos los procesos del ambiente oceánico y por lo consiguiente, afectan o inciden en todas las actividades vinculadas a la zona marítima y continental.

A pesar de que la mayoría de las mediciones de las mareas están concentradas en ciertos lugares de los mares poco profundos que circundan a la parte continental, sin lugar a duda que el dinamismo tiene fuerte relación con los océanos profundos. Para llegar a una representación exacta de las mareas globales debe de trabajarse en las interrelaciones ya que algunos autores explican que los planos límites son los que pudieran resolver las incógnitas. Estudios realizados, corroboran estas ideas, al respecto se plantea que en los movimientos de la Luna se "disipa una gran cantidad de energía de las mareas, y algunos de los planos, por lo menos, deben ser sumamente absorbentes" (Vetter (comp.), 1978, p. 140).

Los cambios evolutivos del planeta Tierra a lo largo de la historia, sin duda que también han tenido influencia sobre el fenómeno de las mareas y lo muestra la siguiente idea:

...si la historia de las mareas de la Tierra llegase a escribirse algún día por algún observador del universo, sin duda diría que alcanzaron su mayor magnitud e intensidad en los días juveniles de la Tierra, pero poco a poco el ímpetu comenzaría lentamente a menguar, hasta un día en que llegaría a desaparecer. Las mareas no siempre fueron como son hoy, y, como todos los fenómenos terrestres, tienen sus días contados (Carson, 1952, p. 186).

## **5.4 Obtención de los niveles de marea**

Para obtener los niveles de marea, los procedimientos tienen que ver con las matemáticas y la estadística, que son elementales para lograr el objetivo. También otra parte importante para agilizar los cálculos, depende del trabajo en el campo, la continuidad de los datos, los cuales están en función del manejo del equipo y mantenimiento de la estación, cuidado y atingencia por parte del observador. En gabinete, la responsabilidad recae en el personal que analiza la información, interpola, lee el mareograma, reconstruye, a su atención, cuidado, dedicación, así como exactitud en el análisis. Sobre todo debe cuidarse el trabajo al realizar los cálculos necesarios de tabulación y reducción de las alturas, al asentar la información en los formatos y en la organización de los archivos, entre otros.

A continuación se abordan los niveles de referencia que atañen a esta investigación y describe de manera concisa el procedimiento para su obtención. Finalmente, encontrará la representación espacial de la distribución de los niveles de marea en mapas, gráficas y cuadros promedios mensuales de las estaciones mareográficas mexicanas.

### *5.4.1 Nivel de pleamar media superior*

Este plano se obtiene al ejecutar el promedio de la más alta de las dos pleamares que ocurren al día, durante el periodo de registros mareográficos que contenga cada estación (Instituto de Geofísica, 1994).

### *5.4.2 Nivel de pleamar media*

Resulta de llevar a cabo el promedio de todas las pleamares obtenidas durante el periodo de registros mareográficos que contenga cada estación. En el caso de contar con una marea del tipo diurna, el plano de pleamar media se obtiene al tomar en cuenta "el promedio de la pleamar más alta diaria, lo que equivale a la pleamar media, y que en este caso es el mismo que la pleamar media superior" (Instituto de Geofísica, 1994, s/p).

### *5.4.3 Nivel medio del mar*

Este plano se obtiene a través del promedio de las alturas horarias obtenidas durante el periodo de registros mareográficos que contenga cada estación, el cual en la práctica se calcula "por la integración de la curva mareográfica, es decir, por la media aritmética de las alturas del mar determinadas a intervalos iguales durante una larga serie de observaciones" (Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1962, pp. 73-74).

#### 5.4.4 *Nivel de media marea*

Para calcular este plano equidistante, se toma el resultado de la pleamar media así como la bajamar media y ambos valores se promedian.

#### 5.4.5 *Nivel de bajamar media*

Se obtiene al llevar a cabo el promedio de todas las bajamares obtenidas durante el periodo de registros mareográficos que contenga cada estación. Si ocurre que el tipo de marea es diurna, entonces este plano se calcula "tomando el promedio de la bajamar más baja diaria, lo que equivale en este caso a que la bajamar media es lo mismo que la bajamar media inferior" (Instituto de Geofísica, 1994, s/p).

#### 5.4.6 *Nivel de bajamar media inferior*

Se calcula al utilizar la media de la más baja de las dos bajamares que ocurren al día, durante el periodo de registros mareográficos que contenga cada estación.

#### 5.4.7 *Nivel de amplitud media*

El nivel se obtiene al restar a la pleamar media el registro de la bajamar media.

### 5.5 **Análisis de los niveles de marea de las estaciones mareográficas de México**

En este apartado se presenta una descripción del comportamiento de los siete niveles de marea promedio mensual, de acuerdo con el periodo de los registros obtenidos en cada estación mareográfica considerada en la investigación.

#### 5.5.1 *En la región del Océano Pacífico*

En el Océano Pacífico cada una de las estaciones mareográficas mostró un desarrollo distinto en los niveles de marea.

##### 5.5.1.1 Estación mareográfica de Ensenada, Baja California

El comportamiento de los distintos niveles de la marea en la estación mareográfica de Ensenada fue el siguiente:

El nivel de pleamar media superior alcanzó un ascenso durante diciembre de 1.28 m, en septiembre fue el menor de 1.03 m; la variación anual resultó de 0.25 m.

El nivel de pleamar media alcanzó en marzo 0.60 m, en julio el menor fue de 0.55 m; la variación anual resultó de 0.05 m.

El nivel medio del mar en septiembre fue de 1.74 m, en marzo y abril ocurrieron los registros menores del orden de 1.56 m; la variación a través del año resultó de 0.18 m.

El nivel de media marea mostró características muy similares al nivel medio del mar, en febrero y en el verano tuvo una variación de  $-0.01$  m.

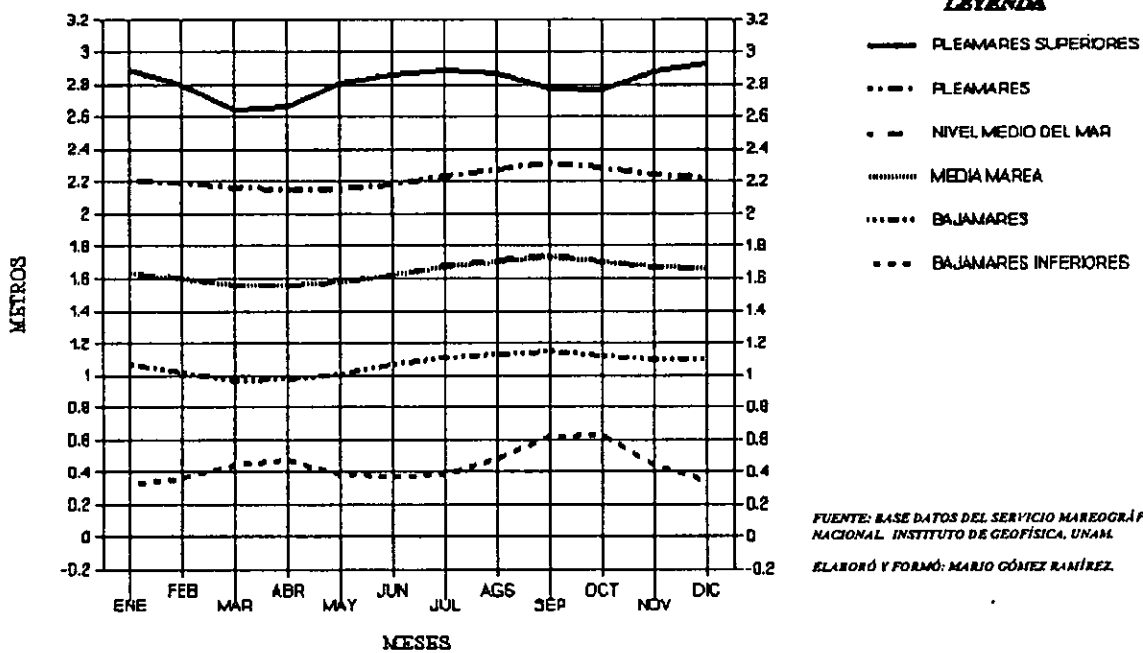
El nivel de bajamar media que se obtuvo en febrero, marzo y septiembre resultó de  $-0.59$  m; junio y diciembre tuvieron un valor de  $-0.55$  m.

El nivel de bajamar media inferior durante los meses de enero y diciembre bajó hasta  $-1.31$  m, en octubre a  $-1.07$  m. El promedio anual fue de  $-1.21$  m.

El nivel de amplitud media de la marea mostró en marzo 1.19 m, en junio, julio y diciembre los valores más bajos fueron de 1.12 m; el promedio anual fue de 1.15 m y la máxima amplitud promedio anual se calculó en 2.38 m (Véanse Cuadro 5.1 y Gráficas de la 5.1 a la 5.9).

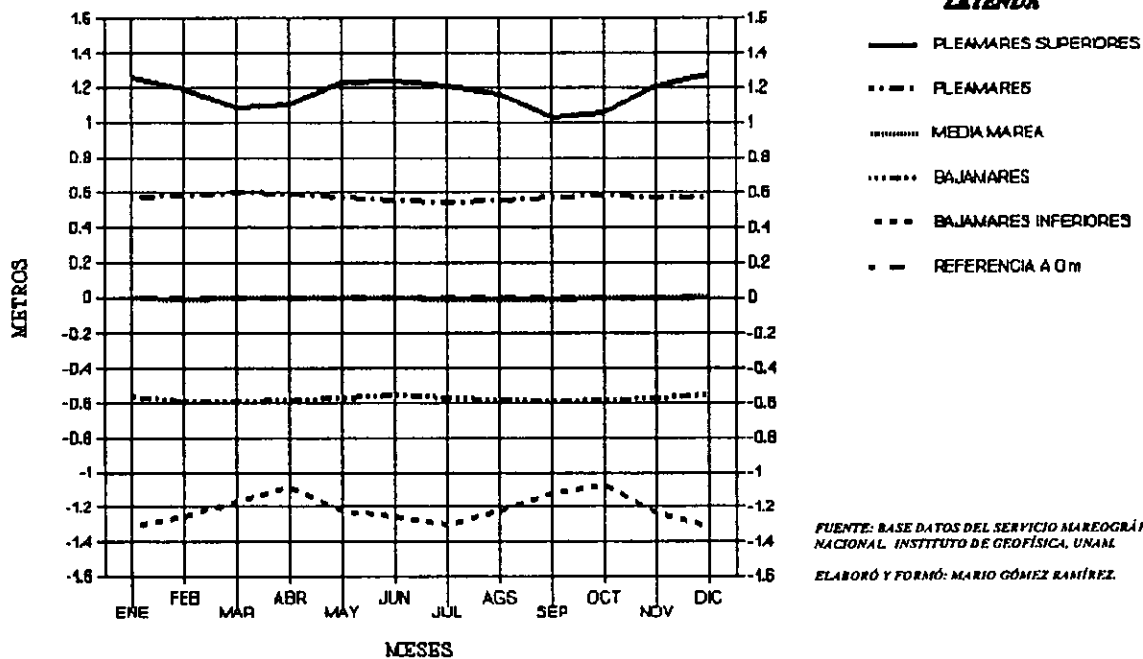
## NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, SIN REDUCIR

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ENSENADA, B.C.



## NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, CON REFERENCIA AL NIVEL MEDIO DEL MAR

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ENSENADA, B.C.



Gráficas 5.1 y 5.2



## PROMEDIOS MENSUALES DE NIVELES DE MAREA, SALINIDAD Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA DE MAR

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA:

**ENSENADA, B.C.**

LITORAL:

**OCEANO PACÍFICO.**

COORDENADAS: LATITUD 31° 51' 00" N

LONGITUD: 116° 38' 00" W

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

### NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS SUPERIORES

9,49	9,17	8,66	8,72	9,21	9,37	9,49	9,42	9,10	9,07	9,46	9,61	9,23
2,89	2,80	2,64	2,66	2,81	2,86	2,89	2,87	2,77	2,76	2,88	2,93	2,81
1,26	1,19	1,08	1,10	1,23	1,24	1,21	1,16	1,03	1,06	1,21	1,28	1,17

### NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS

7,20	7,17	7,09	7,04	7,06	7,15	7,31	7,46	7,59	7,48	7,36	7,28	7,27
2,20	2,19	2,16	2,15	2,15	2,18	2,23	2,27	2,31	2,28	2,24	2,22	2,21
0,57	0,58	0,60	0,59	0,57	0,56	0,55	0,56	0,57	0,58	0,57	0,57	0,57

### NIVEL MEDIO DEL MAR

5,34	5,27	5,13	5,13	5,19	5,32	5,50	5,60	5,70	5,57	5,47	5,42	5,39
1,63	1,61	1,56	1,56	1,58	1,62	1,68	1,71	1,74	1,70	1,67	1,65	1,64
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

### NIVEL DE MEDIA MAREA

5,35	5,26	5,13	5,12	5,19	5,32	5,48	5,58	5,68	5,57	5,48	5,44	5,38
1,63	1,60	1,56	1,56	1,58	1,62	1,67	1,70	1,73	1,70	1,67	1,66	1,64
0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,01	0,00

### NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS

3,50	3,34	3,17	3,20	3,31	3,50	3,65	3,71	3,76	3,66	3,60	3,61	3,50
1,07	1,02	0,97	0,98	1,01	1,07	1,11	1,13	1,15	1,12	1,10	1,10	1,07
-0,56	-0,59	-0,59	-0,58	-0,57	-0,55	-0,57	-0,58	-0,59	-0,58	-0,57	-0,55	-0,58

### NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS INFERIORES

1,04	1,19	1,45	1,56	1,26	1,21	1,25	1,61	2,04	2,08	1,44	1,13	1,44
0,32	0,36	0,44	0,48	0,38	0,37	0,38	0,49	0,62	0,63	0,44	0,34	0,44
-1,31	-1,25	-1,17	-1,08	-1,22	-1,25	-1,30	-1,22	-1,12	-1,07	-1,23	-1,31	-1,21

### NIVEL DE AMPLITUD MEDIA DE LA MAREA

3,70	3,83	3,92	3,85	3,75	3,66	3,66	3,74	3,83	3,82	3,76	3,68	3,77
1,13	1,17	1,19	1,17	1,14	1,12	1,12	1,14	1,17	1,16	1,15	1,12	1,15

### SALINIDAD MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN ‰

33,87	33,64	33,61	34,03	34,17	33,67	34,37	34,36	34,19	34,15	34,01	33,89	34,00
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

### TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN °C

14,89	15,29	15,73	16,45	17,59	19,03	20,95	21,80	20,94	19,11	16,88	15,44	17,84
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

NOTA: LOS NIVELES DE MAREA DEL PRIMER RENGLÓN ESTÁN EN PIES, DEL SEGUNDO EN METROS Y EL TERCERO ESTÁ REFERIDO AL NIVEL MEDIO DEL MAR EN METROS, EXCEPTO LA AMPLITUD MEDIA QUE NO SE REDUCE AL M.S.M.

FUENTE: ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL. INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

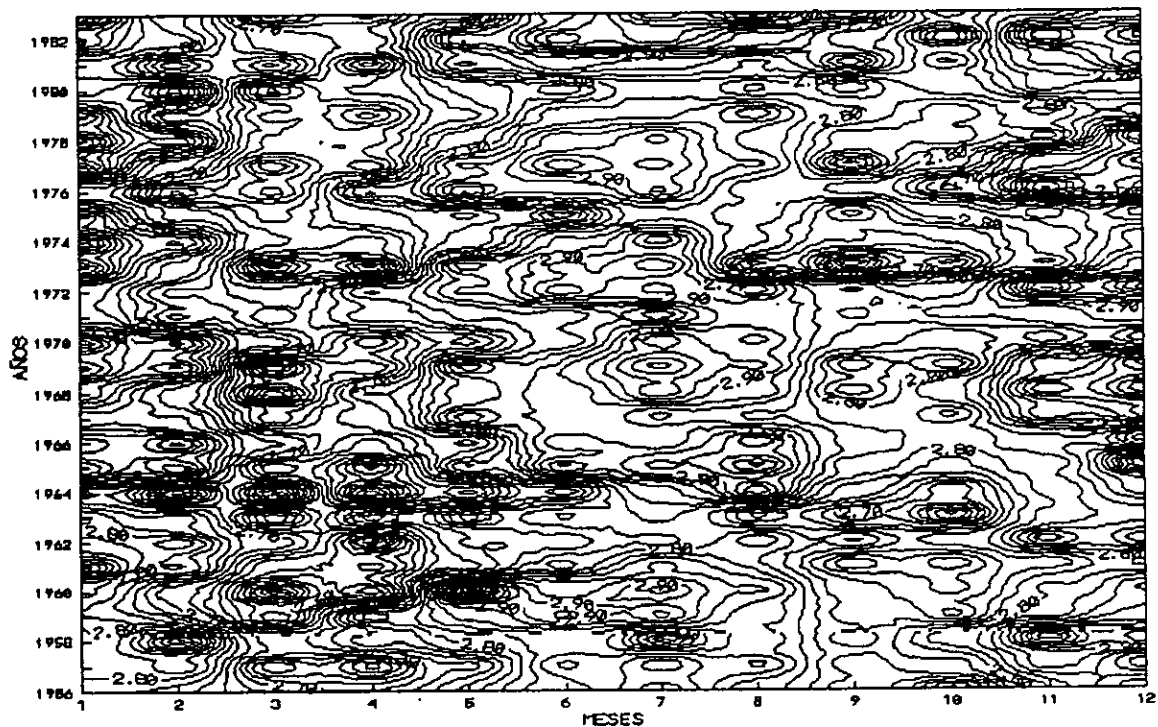
CALCULO Y FORMO: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

**Cuadro 5.1**

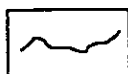
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ENSENADA, B.C.

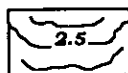
DE 1956 A 1983



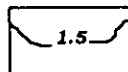
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

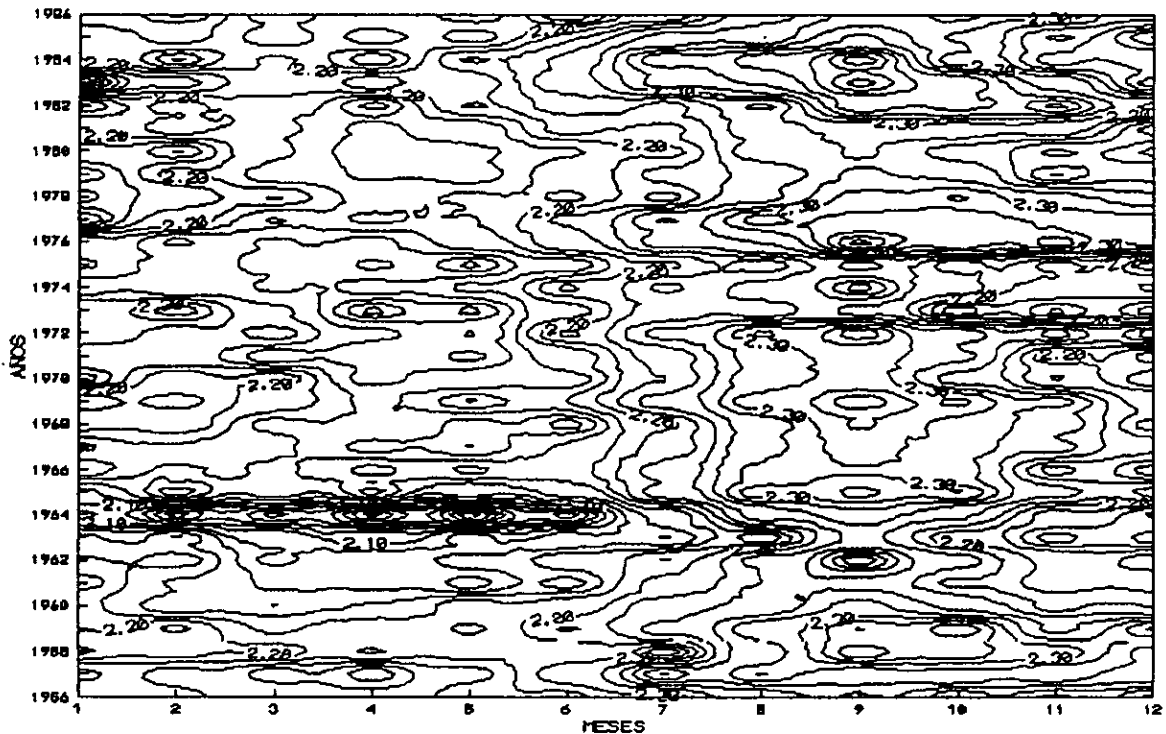
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

Gráfica 5.3

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ENSENADA, B.C.

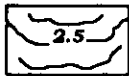
DE 1956 A 1986



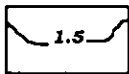
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

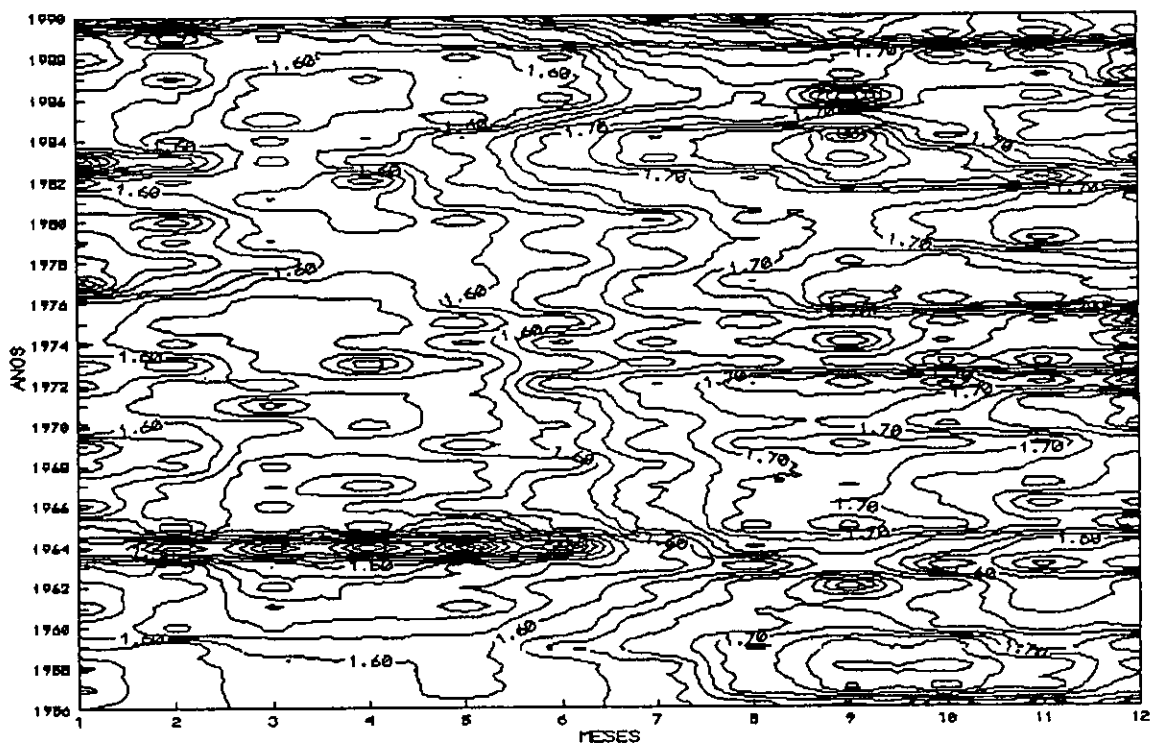
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.4

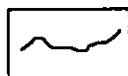
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ENSENADA, B.C.

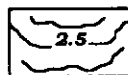
DE 1956 A 1990



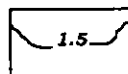
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.



COTA EN m.

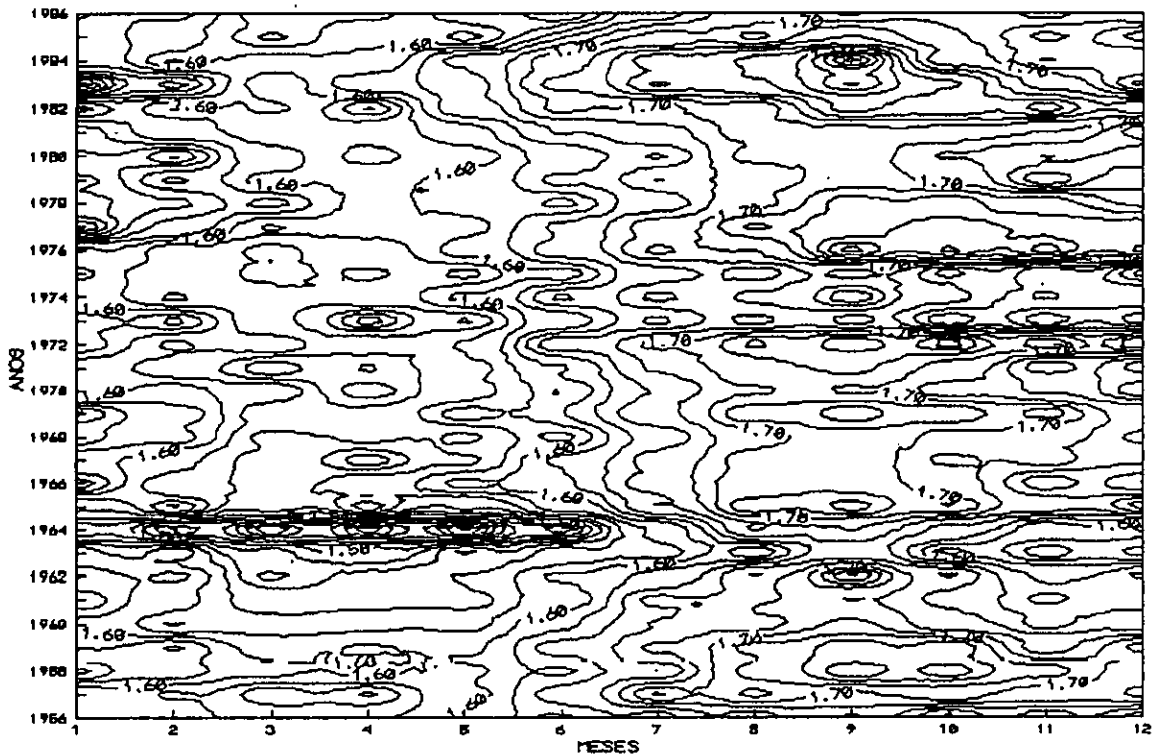
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ


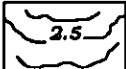
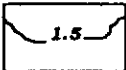
Gráfica 5.5

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE MEDIA MAREA

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ENSENADA, B.C.  
DE 1956 A 1986



### SIMBOLOGÍA

- 
ISOLÍNEAS DE MEDIA MAREA
  
- 
EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m
  
- 
COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

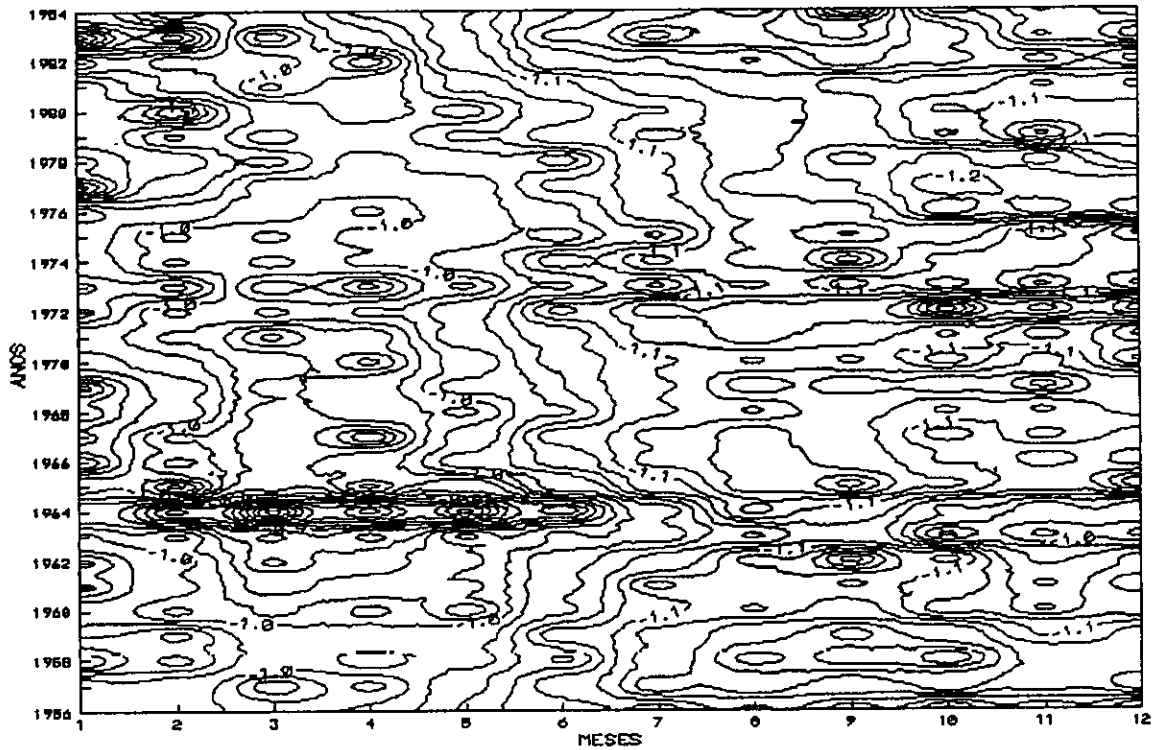
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.6

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE BAJAMARES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ENSENADA, B.C.

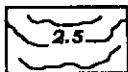
DE 1956 A 1984



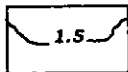
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE BAJAMARES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA - 0.02 m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

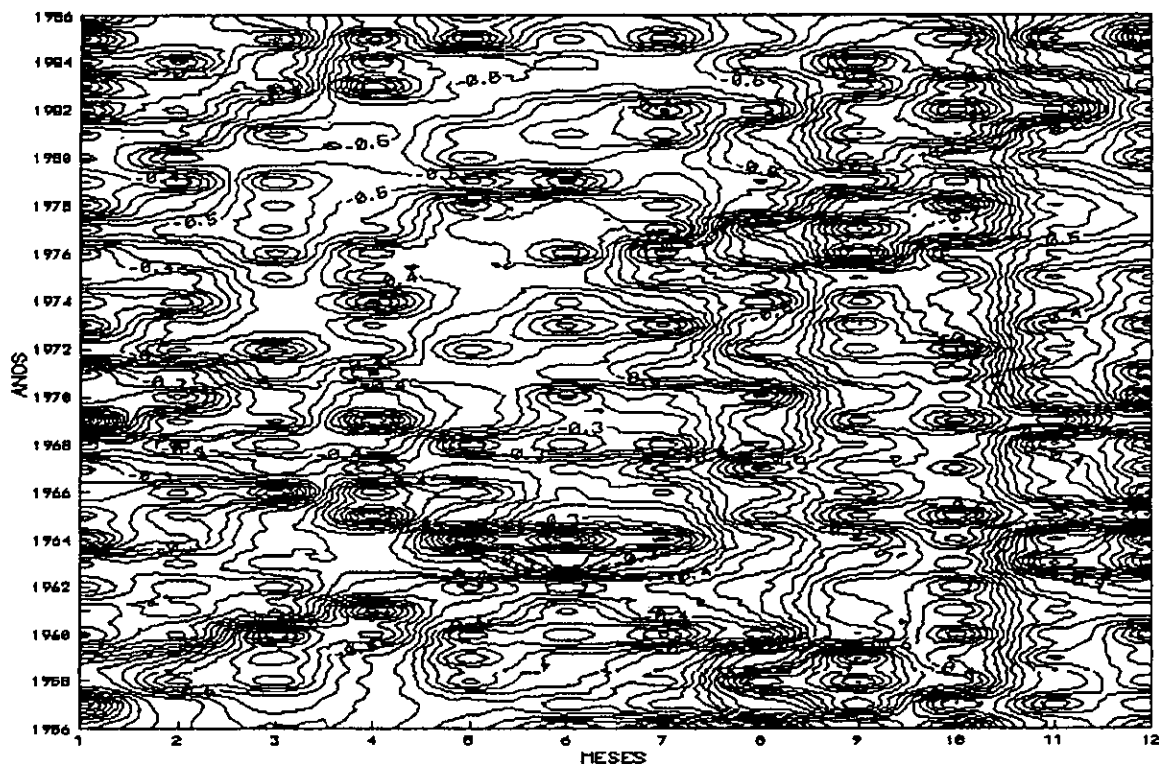
INSTITUTO DE GEOPÍSICA, UNAM

Gráfica 5.7

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE BAJAMARES INFERIORES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ENSENADA, B.C.

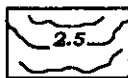
DE 1956 A 1986



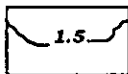
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE BAJAMARES INFERIORES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA - 0.02 m.



COTA EN m.

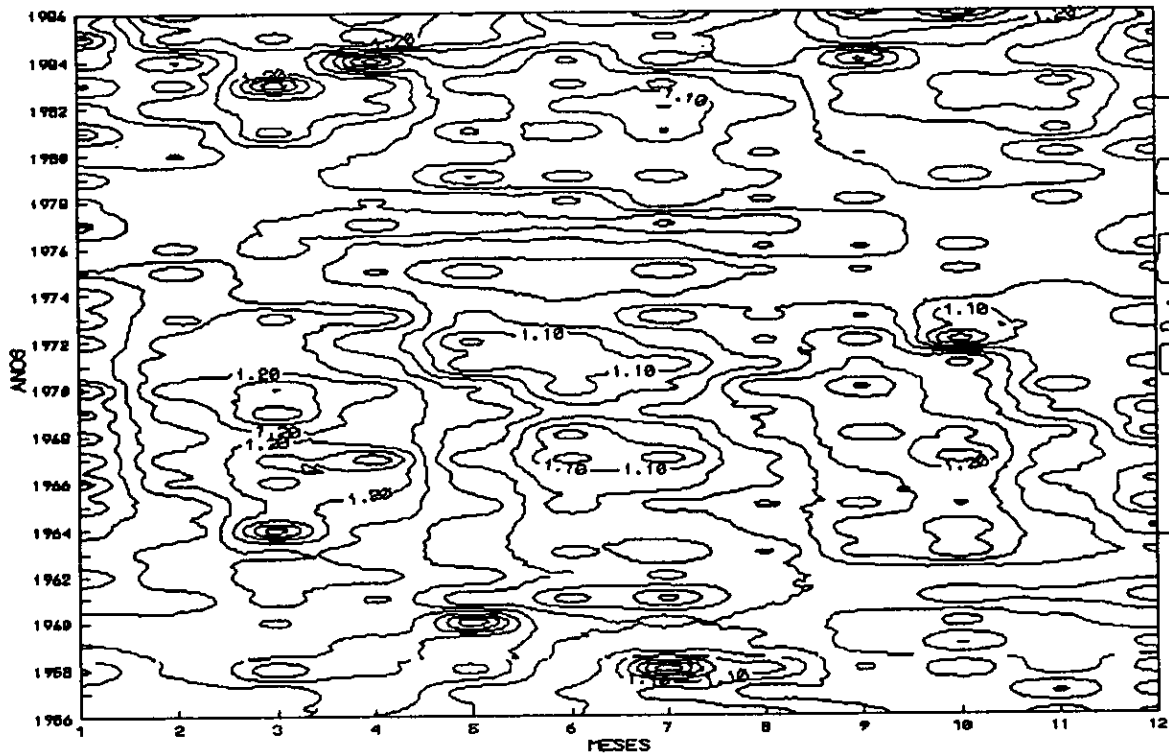
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEODÉSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ


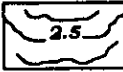
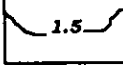
Gráfica 5.8

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE AMPLITUD MEDIA

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ENSENADA, B.C.  
DE 1956 A 1986



## SIMBOLOGÍA

-  ISOLÍNEAS DE AMPLITUD MEDIA
-  EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.
-  COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARZO OJÉAS RAMÍREZ

Gráfica 5.9



### 5.5.1.2 Estación mareográfica de San Quintín, Baja California

En la bahía de San Quintín el comportamiento de los niveles de marea fue el siguiente:

El nivel de pleamar media superior alcanzó durante diciembre un ascenso de 1.32 m, en septiembre el menor fue de 1.01 m; la variación anual resultó de 0.31 m.

El nivel de pleamar media tuvo un ascenso mayor en noviembre y fue de 0.66 m, en enero y diciembre el menor alcanzó 0.58 m; la variación anual, fue de 0.08 m.

El nivel medio del mar en noviembre alcanzó 1.95 m, en abril ocurrió el registro menor de 1.77 m; la variación a través del año resultó de 0.18 m.

El nivel de media marea mostró una variación mayor durante noviembre, en el resto de los meses el comportamiento casi fue homogéneo.

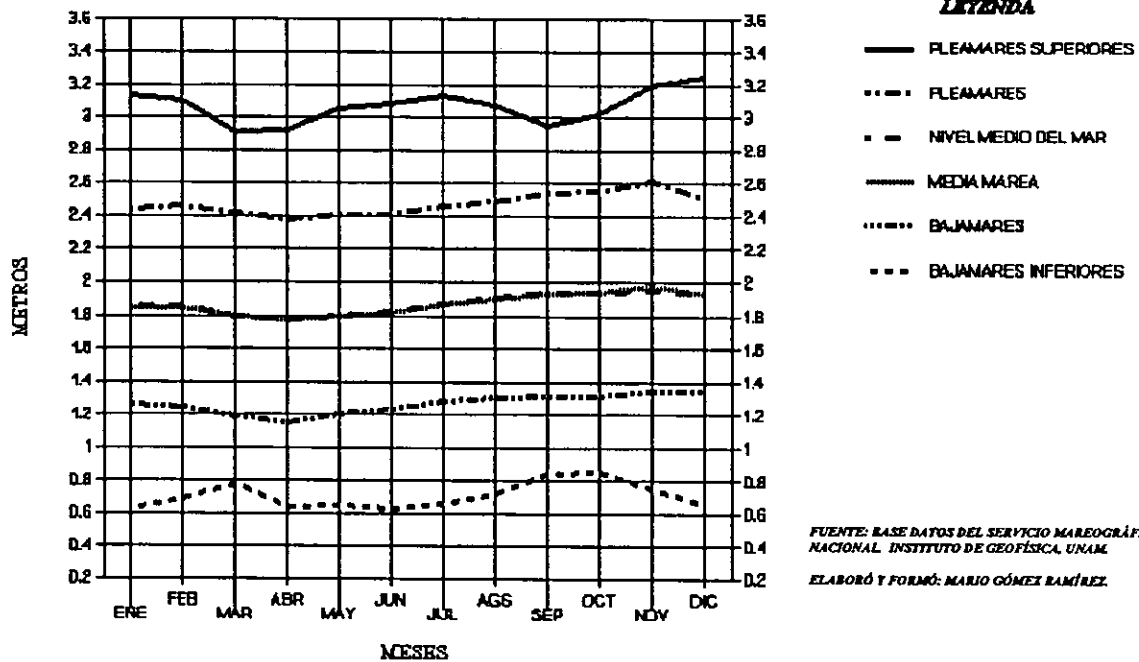
El nivel de bajamar media en abril y octubre resultaron de  $-0.62$  m, en junio, julio y diciembre de  $-0.59$  m; la variación anual fue de  $-0.03$  m.

El nivel de bajamar media inferior durante diciembre bajó hasta  $-1.27$  m, en marzo a  $-1.01$  m; la variación anual fue de  $-0.26$  m.

La amplitud media de la marea promedio anual fue de 1.21 m, en noviembre se tuvo el mayor registro con 1.26 m, y la máxima amplitud promedio anual fue de 2.36 m (Véanse Cuadro 5.2 y Gráficas de la 5.10 a la 5.18).

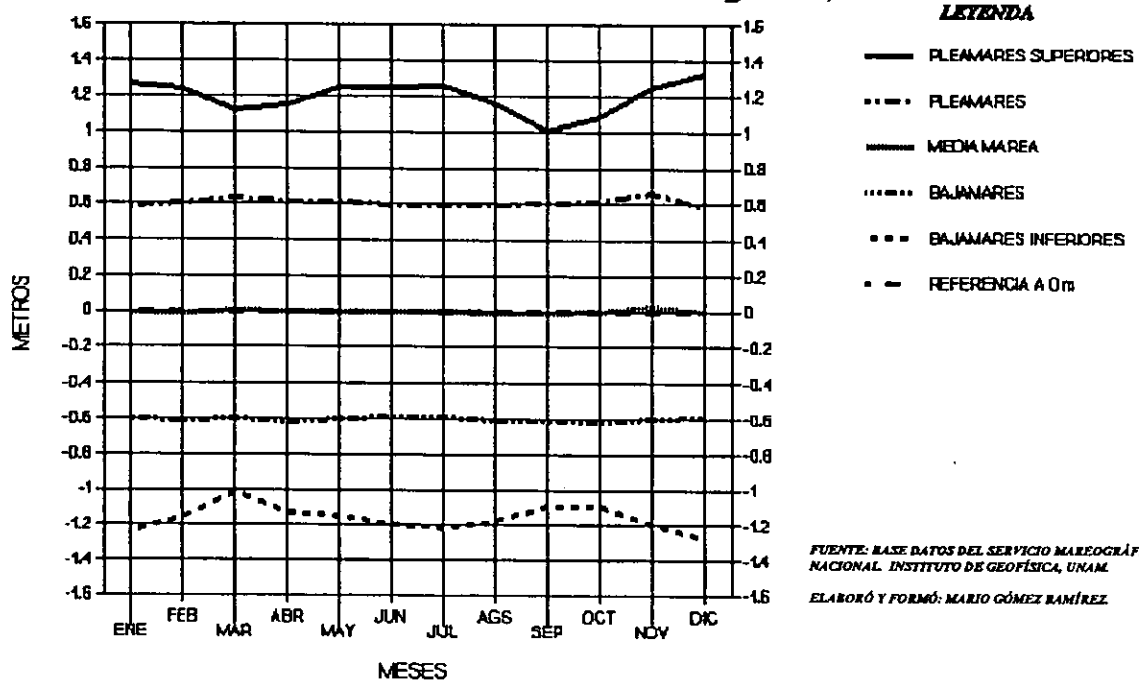
**NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, SIN REDUCIR**

**ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SAN QUINTÍN, B.C.**



**NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, CON REFERENCIA AL NIVEL MEDIO DEL MAR**

**ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SAN QUINTÍN, B.C.**



Gráficas 5.10 y 5.11

## PROMEDIOS MENSUALES DE NIVELES DE MAREA, SALINIDAD Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA DE MAR

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA: **SAN QUINTÍN, B.C.**

LITORAL: **OCEANO PACÍFICO.**

COORDENADAS: LATITUD 30° 29' 00" N

LONGITUD: 115° 59' 00" W

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS SUPERIORES</b>												
10,27	10,17	9,53	9,57	10,00	10,10	10,27	10,07	9,67	9,90	10,50	10,67	10,06
3,13	3,10	2,91	2,92	3,05	3,08	3,13	3,07	2,95	3,02	3,20	3,25	3,07
1,27	1,24	1,12	1,15	1,25	1,25	1,26	1,16	1,01	1,08	1,25	1,32	1,20
<b>NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS</b>												
8,00	8,06	7,93	7,82	7,90	7,92	8,07	8,18	8,32	8,37	8,55	8,24	8,11
2,44	2,46	2,42	2,38	2,41	2,41	2,46	2,49	2,54	2,55	2,61	2,51	2,47
0,58	0,60	0,63	0,61	0,61	0,59	0,59	0,59	0,60	0,61	0,66	0,58	0,60
<b>NIVEL MEDIO DEL MAR</b>												
6,09	6,09	5,88	5,81	5,91	6,00	6,13	6,25	6,35	6,36	6,40	6,34	6,13
1,86	1,86	1,79	1,77	1,80	1,83	1,87	1,91	1,94	1,94	1,95	1,93	1,87
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>NIVEL DE MEDIA MAREA</b>												
6,07	6,07	5,92	5,80	5,92	5,98	6,14	6,22	6,33	6,35	6,49	6,33	6,13
1,85	1,85	1,80	1,77	1,80	1,82	1,87	1,90	1,93	1,93	1,98	1,93	1,87
-0,01	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,03	0,00	0,00
<b>NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS</b>												
4,13	4,07	3,90	3,78	3,93	4,05	4,20	4,26	4,34	4,33	4,43	4,42	4,15
1,26	1,24	1,19	1,15	1,20	1,23	1,28	1,30	1,32	1,32	1,35	1,35	1,27
-0,60	-0,61	-0,60	-0,62	-0,60	-0,59	-0,59	-0,61	-0,61	-0,62	-0,60	-0,59	-0,60
<b>NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS INFERIORES</b>												
2,07	2,27	2,57	2,10	2,13	2,07	2,17	2,37	2,77	2,80	2,47	2,17	2,33
0,63	0,69	0,78	0,64	0,65	0,63	0,66	0,72	0,84	0,85	0,75	0,66	0,71
-1,23	-1,16	-1,01	-1,13	-1,15	-1,20	-1,21	-1,18	-1,09	-1,09	-1,20	-1,27	-1,16
<b>NIVEL DE AMPLITUD MEDIA DE LA MAREA</b>												
3,86	3,99	4,03	4,04	3,96	3,87	3,87	3,93	3,98	4,04	4,12	3,83	3,96
1,18	1,22	1,23	1,23	1,21	1,18	1,18	1,20	1,21	1,23	1,26	1,17	1,21
<b>SALINIDAD MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN ‰</b>												
<b>TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN °C</b>												

NOTA: LOS NIVELES DE MAREA DEL PRIMER RENGLÓN ESTÁN EN PIES, DEL SEGUNDO EN METROS Y EL TERCERO ESTÁ REFERIDO AL NIVEL MEDIO DEL MAR EN METROS, EXCEPTO LA AMPLITUD MEDIA QUE NO SE REDUCE AL P.M.M.

FUENTE: ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL. INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

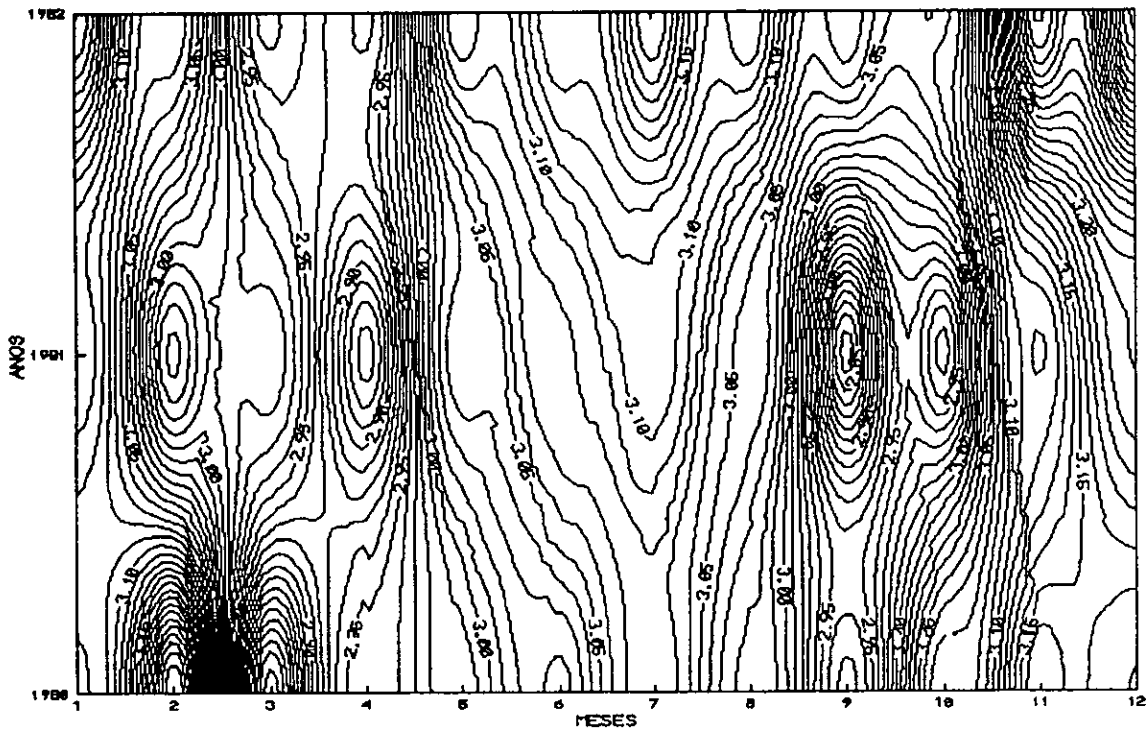
CALCULO Y FORMO: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

Cuadro 5.2


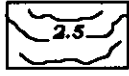
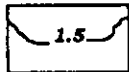
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SAN QUINTÍN, B.C.

DE 1980 A 1982



### SIMBOLOGÍA

-  ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES
-  EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.01m
-  COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

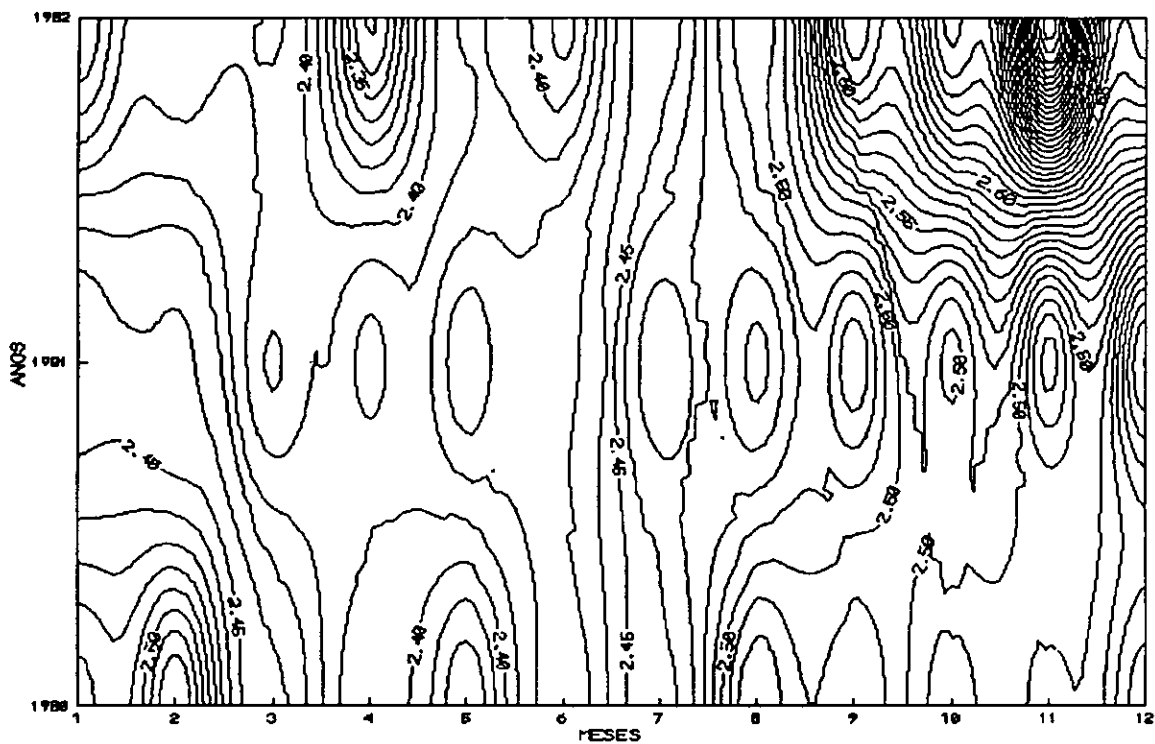
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

Gráfica 5.12

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SAN QUINTÍN, B.C.

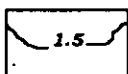
DE 1980 A 1982



### SIMBOLOGÍA

 ISOLÍNEAS DE PLEAMARES

 EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.01m.

 COTA EN m.

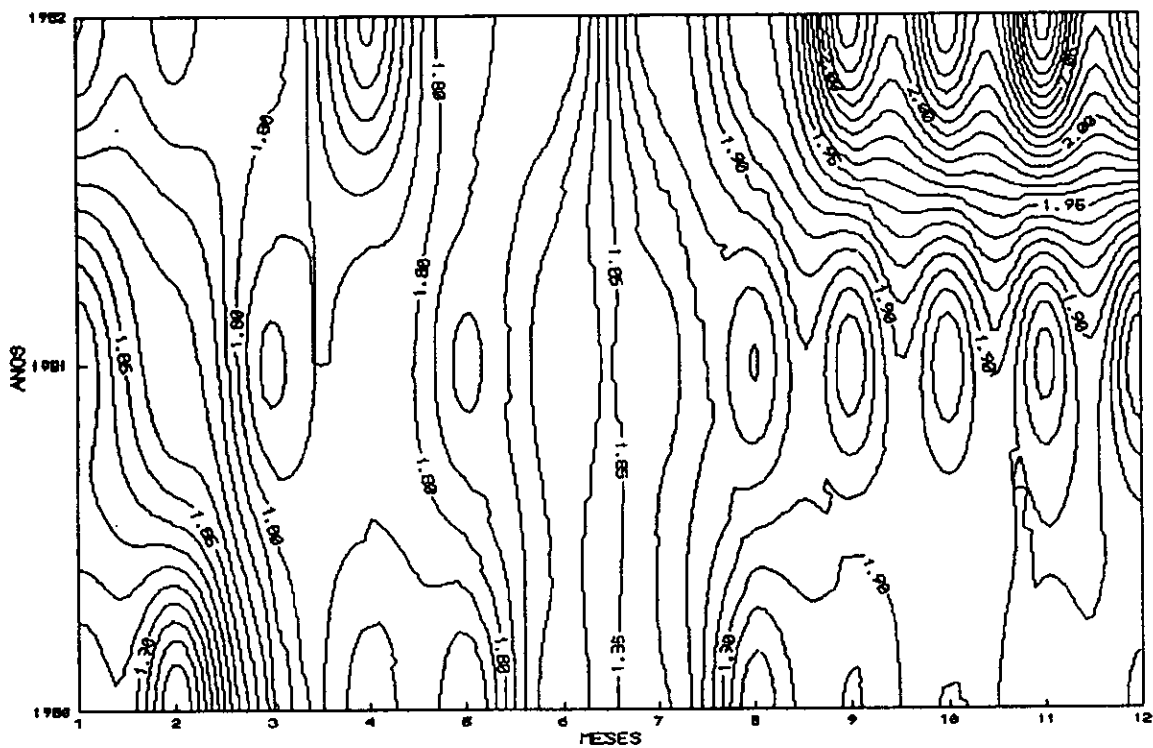
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.13

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL DEL MAR

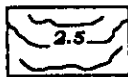
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SAN QUINTÍN, B.C.  
DE 1980 A 1982



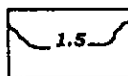
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DEL NIVEL DEL MAR



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.01m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEOPÍSICA, UNAM

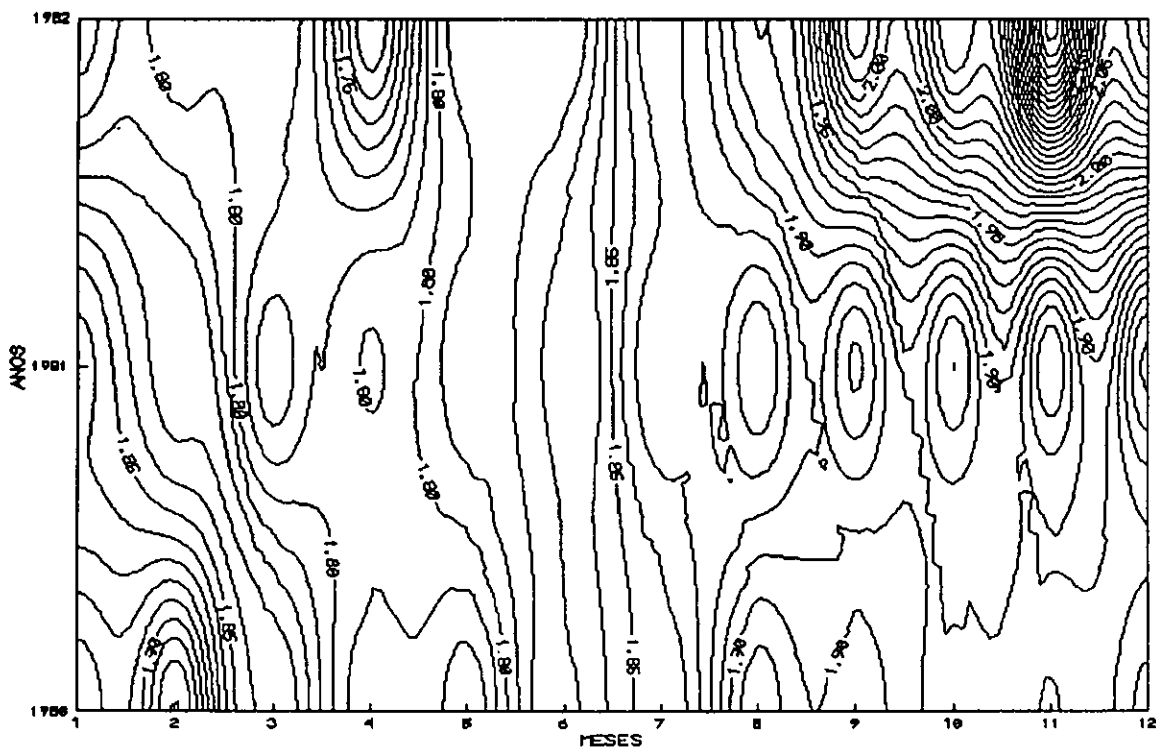
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.14

# **DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE MEDIA MAREA**

**EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SAN QUINTÍN, B.C.**

**DE 1980 A 1982**



### **SIMBOLOGÍA**

 **ISOLÍNEAS DE MEDIA MAREA**

 **EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.01m.**

 **COTA EN m.**

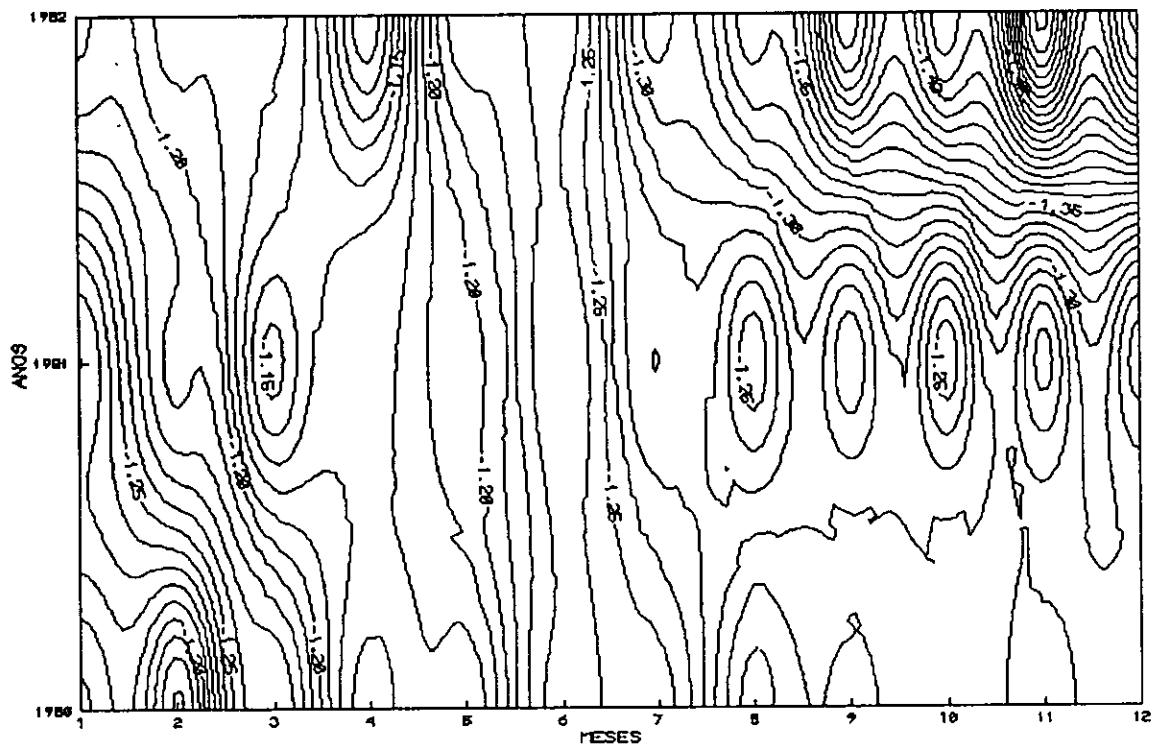
**FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOPÉICA, UNAM**

**FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ**

**Gráfica 5.15**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE BAJAMARES

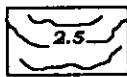
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SAN QUINTÍN, B.C.  
DE 1980 A 1982



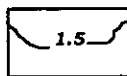
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE BAJAMARES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA - 0.01m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARCO OÓMEZ RAMÍREZ

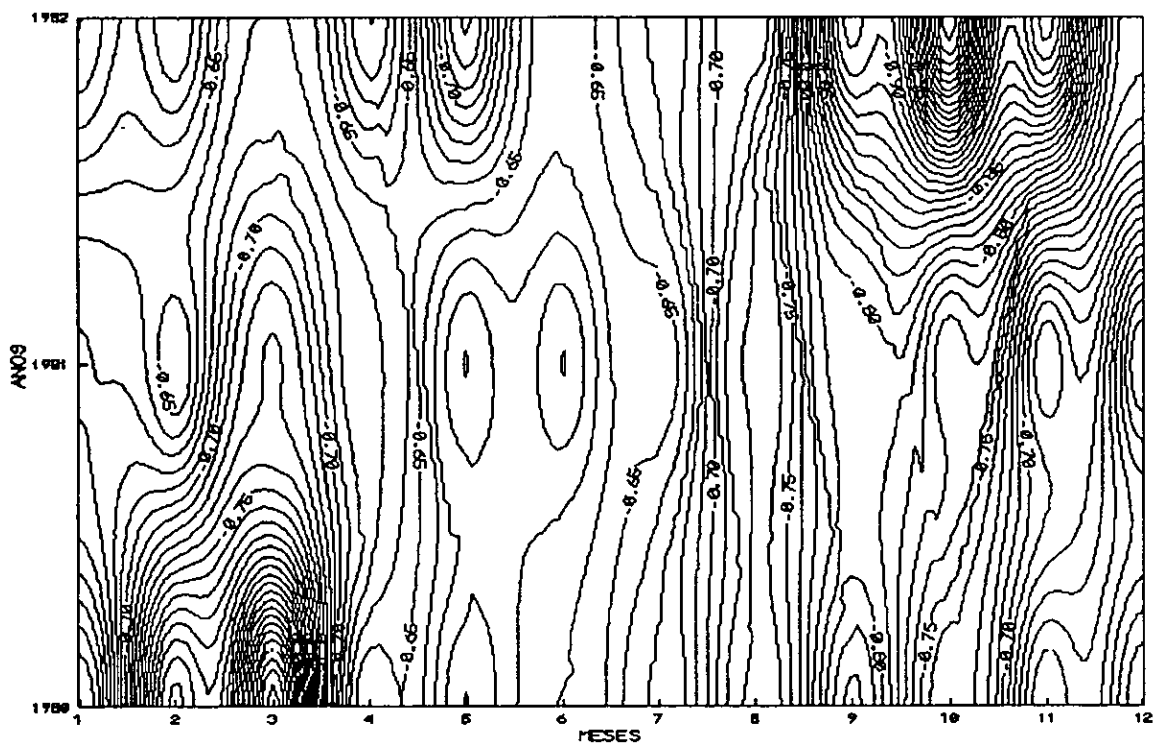
Gráfica 5.16



# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE BAJAMARES INFERIORES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE SAN QUINTÍN, B.C.

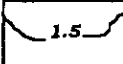
DE 1980 A 1982



### SIMBOLOGÍA

 **ISOLÍNEAS DE BAJAMARES INFERIORES**

 **EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA - 0.01m.**

 **COTA EN m.**

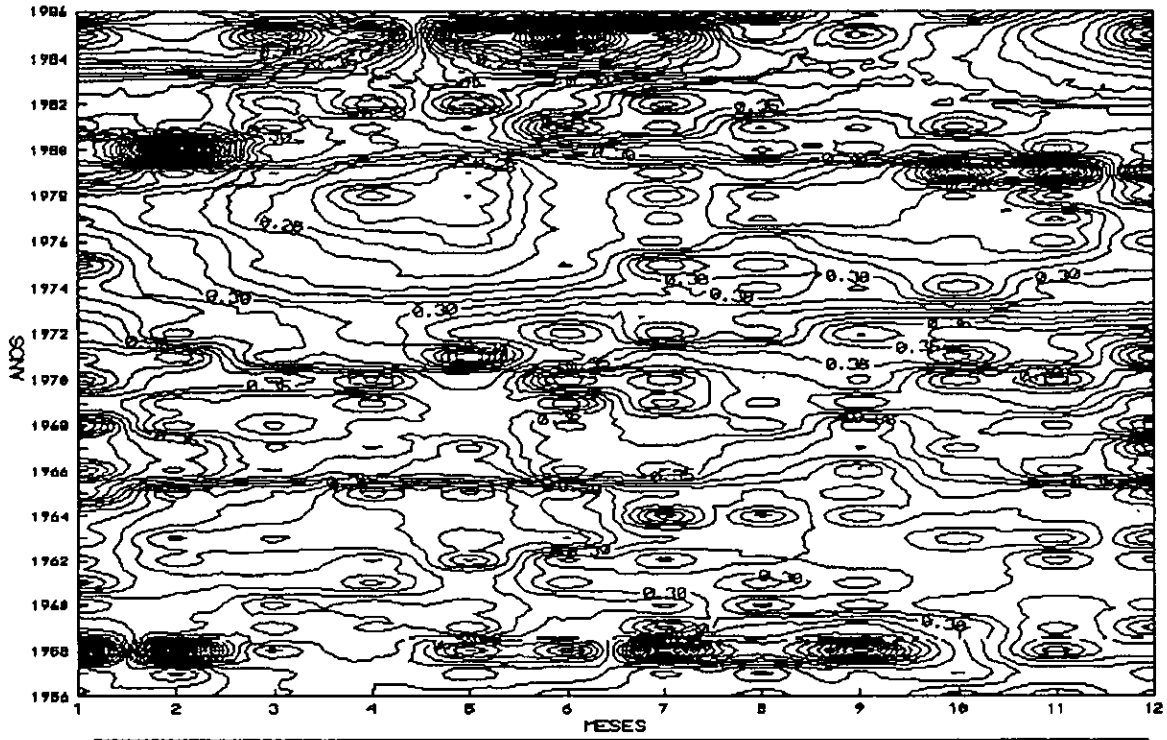
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ


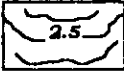
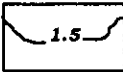
Gráfica 5.17

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE AMPLITUD MEDIA

**EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE CIUDAD DEL CARMEN, CAMP.  
DE 1956 A 1986**



### SIMBOLOGÍA

-  **ISOLÍNEAS DE AMPLITUD MEDIA**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.01 m.**
-  **COTA EN m.**

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO OÓMES RAMÍREZ

Gráfica 5.216

### 5.5.3.8 Estación mareográfica de Lerma, Campeche

En este puerto, el comportamiento de los diferentes niveles de marea fue el siguiente:

El nivel de pleamar media superior en mayo alcanzó 0.71 m, en abril, junio, julio y agosto el registro menor fue de 0.63 m; la variación anual resultó de 0.08 m.

El nivel de pleamar media en mayo se elevó a 0.51 m, en agosto el menor fue de 0.27 m; la variación anual fue de 0.24 m.

El nivel medio del mar en marzo alcanzó 3.25 m, en mayo registró el menor de 3.05 m; la variación resultó de 0.20 m.

El nivel de media marea en mayo mostró una variación mayor; el promedio anual fue de 0.05 m.

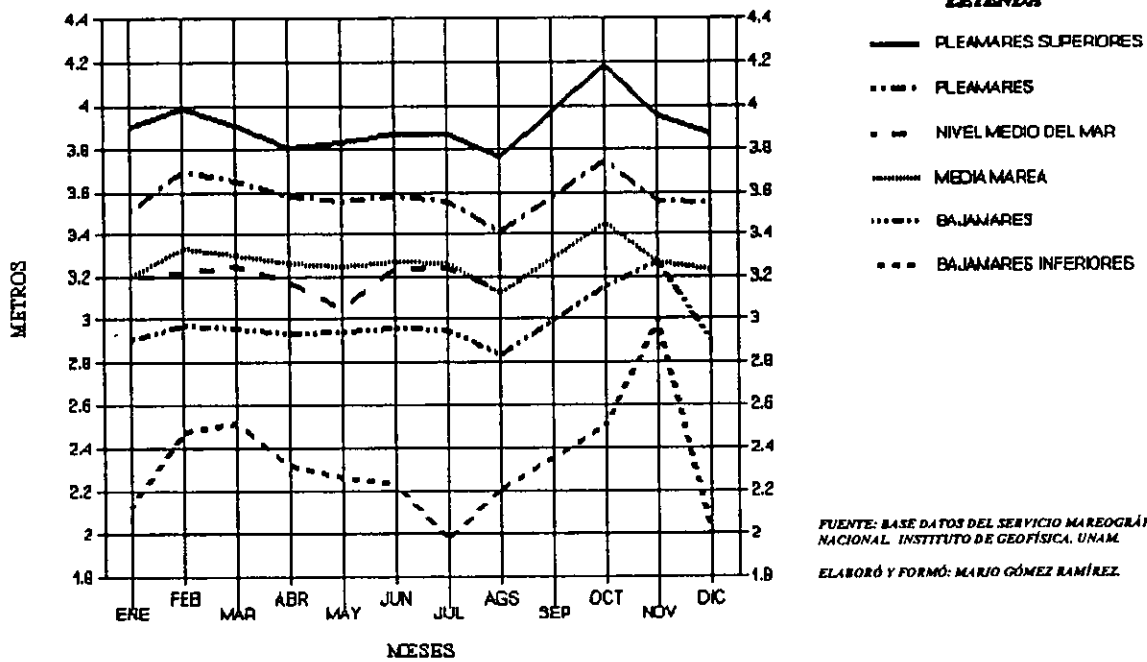
El nivel de bajamar media durante agosto resultó de -0.30 m, en mayo de -0.11 m; la variación anual fue de -0.19 m.

El nivel de bajamar media inferior en julio bajó a -1.26 m, en marzo a -0.74 m; la variación anual fue de -0.52 m.

La amplitud media de la marea promedio anual fue de 0.63 m; la máxima amplitud promedio anual de 1.62 m (Véanse Cuadro 5.25 y Gráficas de la 5.217 a la 5.225).

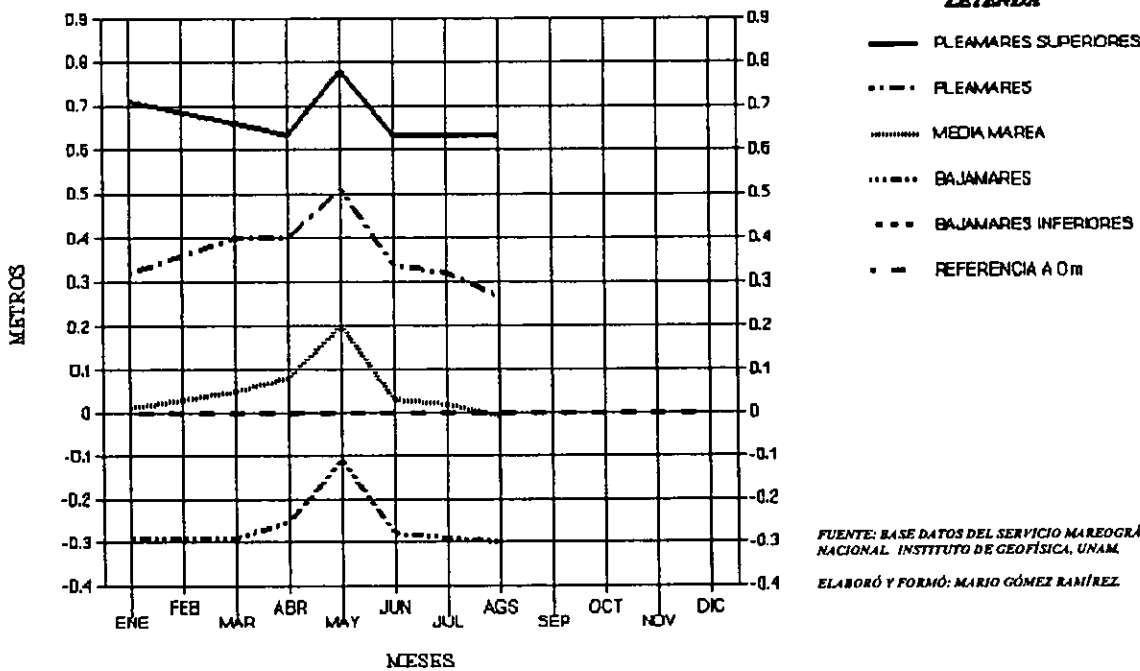
## NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, SIN REDUCIR

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LERMA, CAMP.



## NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, CON REFERENCIA AL NIVEL MEDIO DEL MAR DEL MAR

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LERMA, CAMP.



Gráficas 5.217 y 5.218

## PROMEDIOS MENSUALES DE NIVELES DE MAREA, SALINIDAD Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA DE MAR

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA:

**LERMA, CAMP.**

LITORAL:

**GOLFO DE MÉXICO.**

COORDENADAS: LATITUD 19° 48' 03" N

LONGITUD: 90° 36' 03" W

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

### NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS SUPERIORES

12,80	13,10	12,83	12,50	12,57	12,70	12,70	12,34		13,70	13,00	12,70	12,81
3,90	3,99	3,91	3,81	3,83	3,87	3,87	3,76		4,18	3,96	3,87	3,91
0,71		0,66	0,63	0,78	0,63	0,63	0,63					0,67

### NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS

11,51	12,13	11,97	11,75	11,68	11,76	11,69	11,19		12,31	11,69	11,66	11,76
3,51	3,70	3,65	3,58	3,56	3,58	3,56	3,41		3,75	3,56	3,55	3,58
0,32		0,40	0,40	0,51	0,34	0,32	0,27					0,37

### NIVEL MEDIO DEL MAR

10,47		10,67	10,44	10,02	10,64	10,63	10,29					10,45
3,19		3,25	3,18	3,05	3,24	3,24	3,14					3,19
0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00

### NIVEL DE MEDIA MAREA

10,51	10,94	10,84	10,68	10,67	10,73	10,69	10,24		11,32	10,74	10,58	10,72
3,20	3,33	3,30	3,26	3,25	3,27	3,26	3,12		3,45	3,27	3,23	3,27
0,01		0,05	0,08	0,20	0,03	0,02	-0,01					0,05

### NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS

9,52	9,74	9,70	9,62	9,66	9,70	9,69	9,29		10,33	9,79	9,50	9,69
2,90	2,97	2,96	2,93	2,94	2,96	2,95	2,83		3,15	2,99	2,90	2,95
-0,29		-0,29	-0,25	-0,11	-0,28	-0,29	-0,30					-0,26

### NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS INFERIORES

7,00	8,10	8,23	7,60	7,40	7,30	6,50	7,25		8,20	7,40	6,60	7,42
2,13	2,47	2,51	2,32	2,26	2,23	1,98	2,21		2,50	2,26	2,01	2,26
-1,06		-0,74	-0,87	-0,80	-1,02	-1,26	-0,93					-0,95

### NIVEL DE AMPLITUD MEDIA DE LA MAREA

1,99	2,39	2,27	2,12	2,02	2,05	1,99	1,90		1,98	1,89	2,16	2,07
0,61	0,73	0,69	0,65	0,62	0,63	0,61	0,58		0,60	0,58	0,66	0,63

### SALINIDAD MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN ‰

38,20	36,60	37,70	37,50	39,50	40,20	38,00			34,65	36,70	36,95	37,60
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--	--	-------	-------	-------	-------

### TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN °C

23,50	25,30	26,70	26,61	27,50	28,60	28,40			27,75	25,80	25,85	26,60
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--	--	-------	-------	-------	-------

NOTA: LOS NIVELES DE MAREA DEL PRIMER RENGLÓN ESTÁN EN PIES, DEL SEGUNDO EN METROS Y EL TERCERO ESTÁ REFERIDO AL NIVEL MEDIO DEL MAR EN METROS, EXCEPTO LA AMPLITUD MEDIA QUE NO SE REDUCE AL N.M.M.

FUENTE: ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL. INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

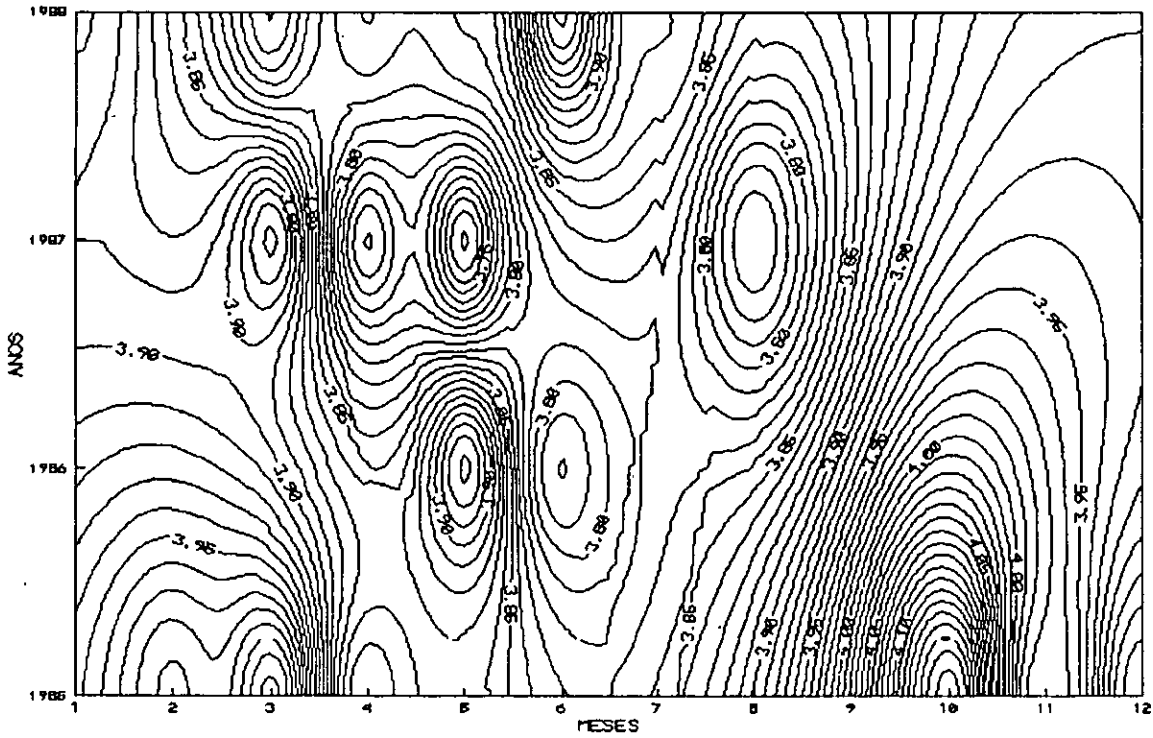
CALCULÓ Y FORMÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.

**Cuadro 5.25**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LERMA, CAMP.

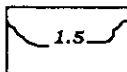
DE 1985 A 1988



### SIMBOLOGÍA

 **ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES**

 **EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.01 m.**

 **COTA EN m.**

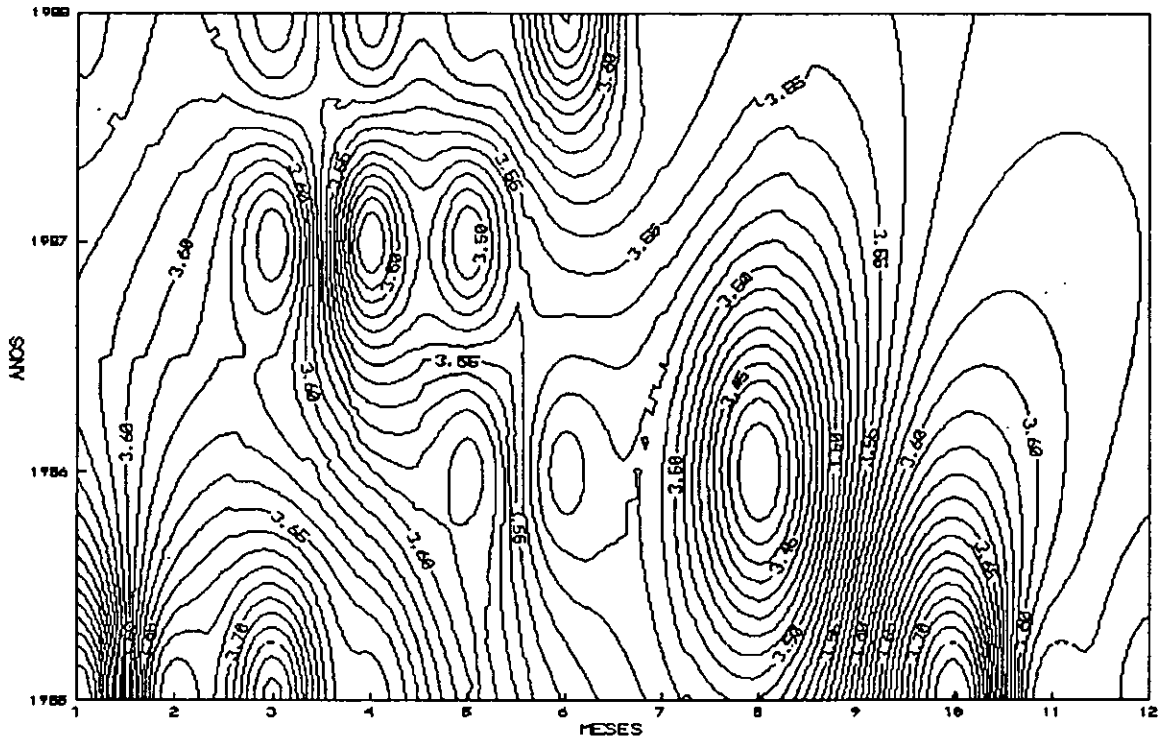
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ


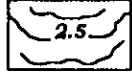
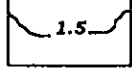
Gráfica 5.219

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LERMA, CAMP.  
DE 1985 A 1988



### SIMBOLOGÍA

- 
**ISOLÍNEAS DE PLEAMARES**
- 
**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.01 m.**
- 
**COTA EN m.**

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

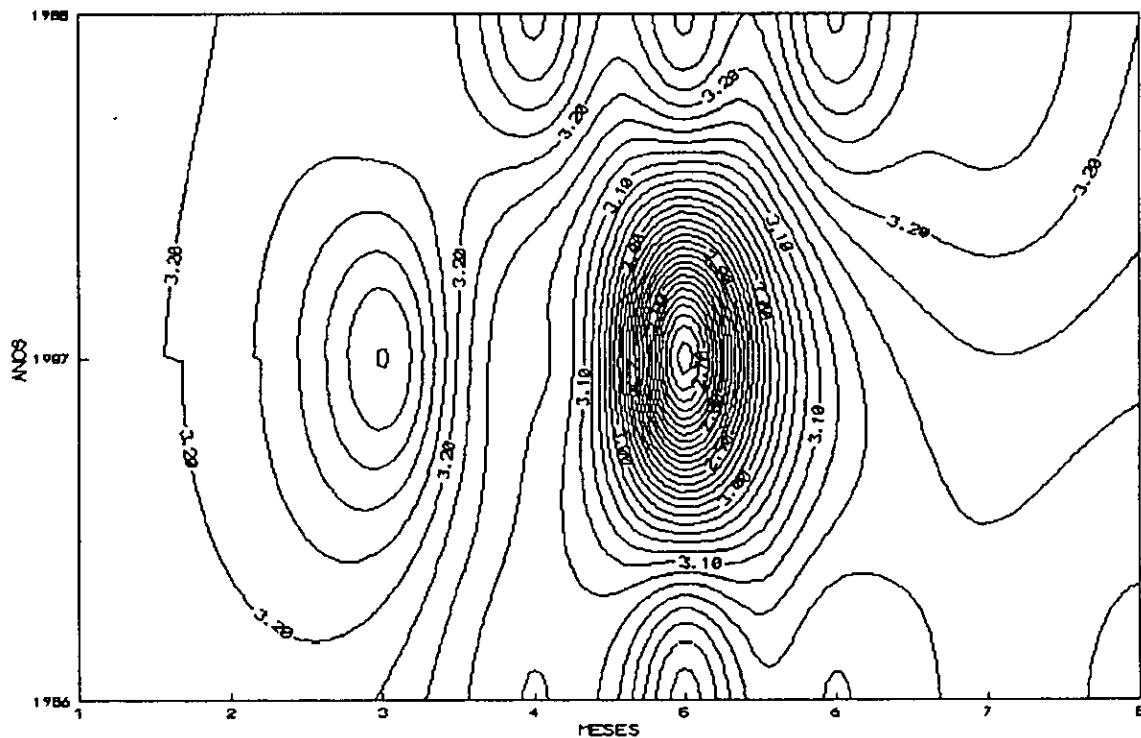
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.220

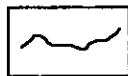
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LERMA, CAMP.

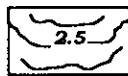
DE 1986 A 1988



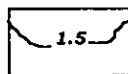
### SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

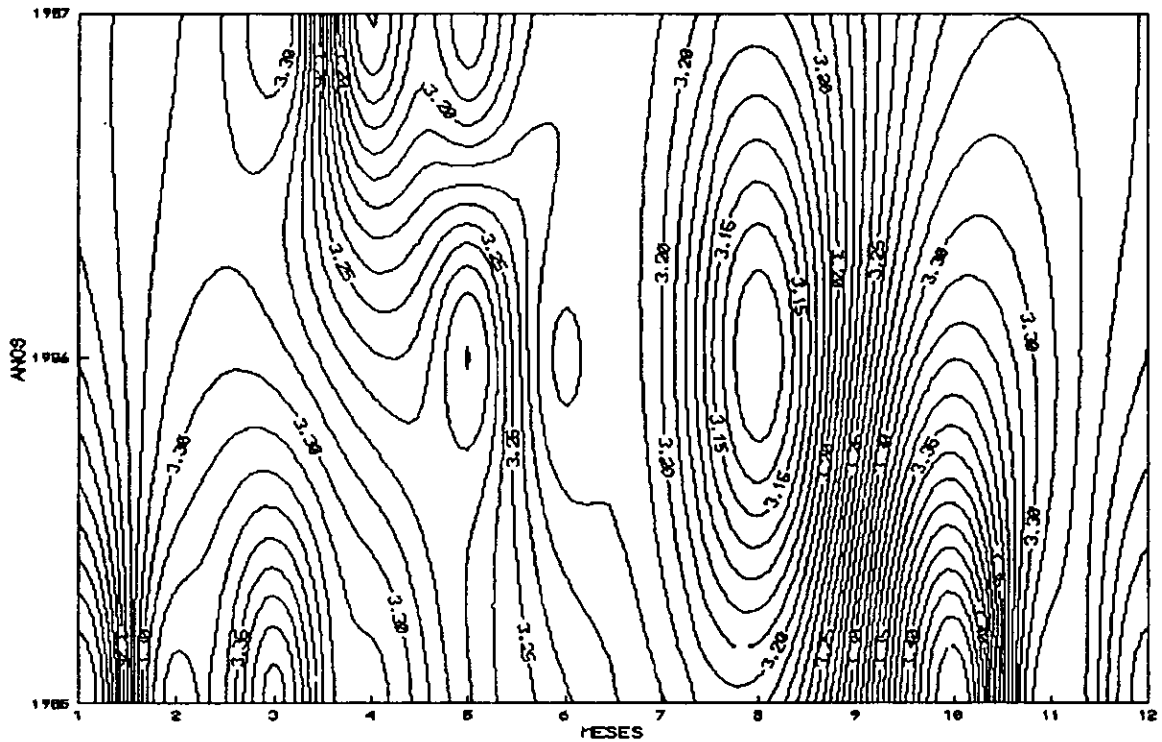
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.221



# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE MEDIA MAREA

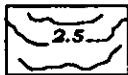
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LERMA, CAMP.  
DE 1985 A 1988



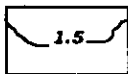
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE MEDIA MAREA



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.01 m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

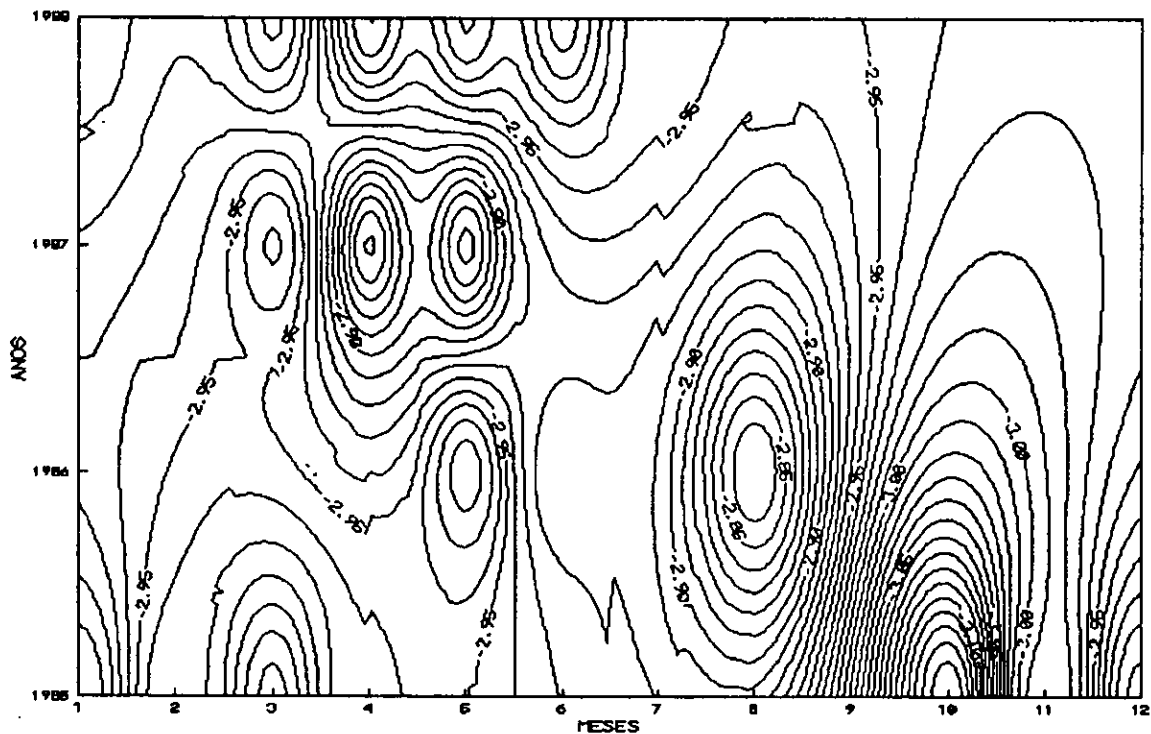
FORMÓ Y ELABORÓ: MARCO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.222

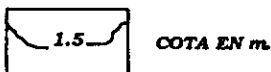
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE BAJAMARES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LERMA, CAMP.

DE 1985 A 1988



## SIMBOLOGÍA



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

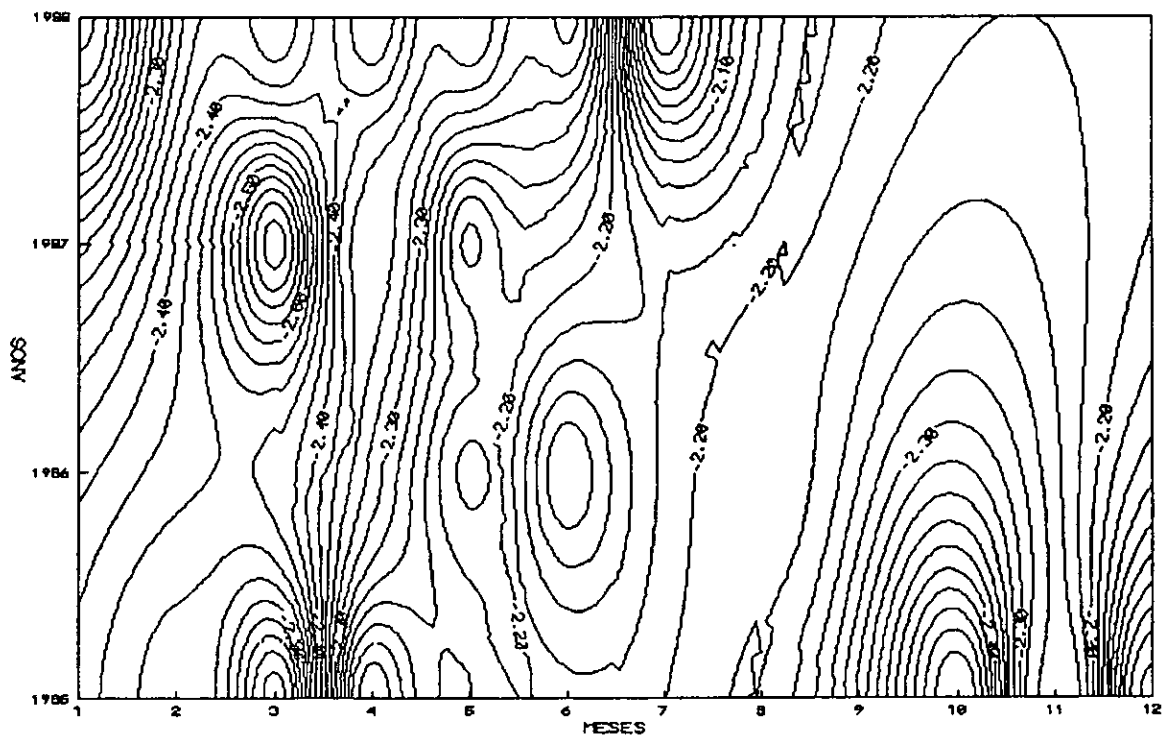
FORMÓ Y ELABORÓ: MARCO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.223

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE BAJAMARES INFERIORES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LERMA, CAMP.

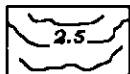
DE 1985 A 1988



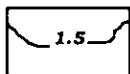
### SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE BAJAMARES INFERIORES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA · 0.02 m.



COTA EN m.

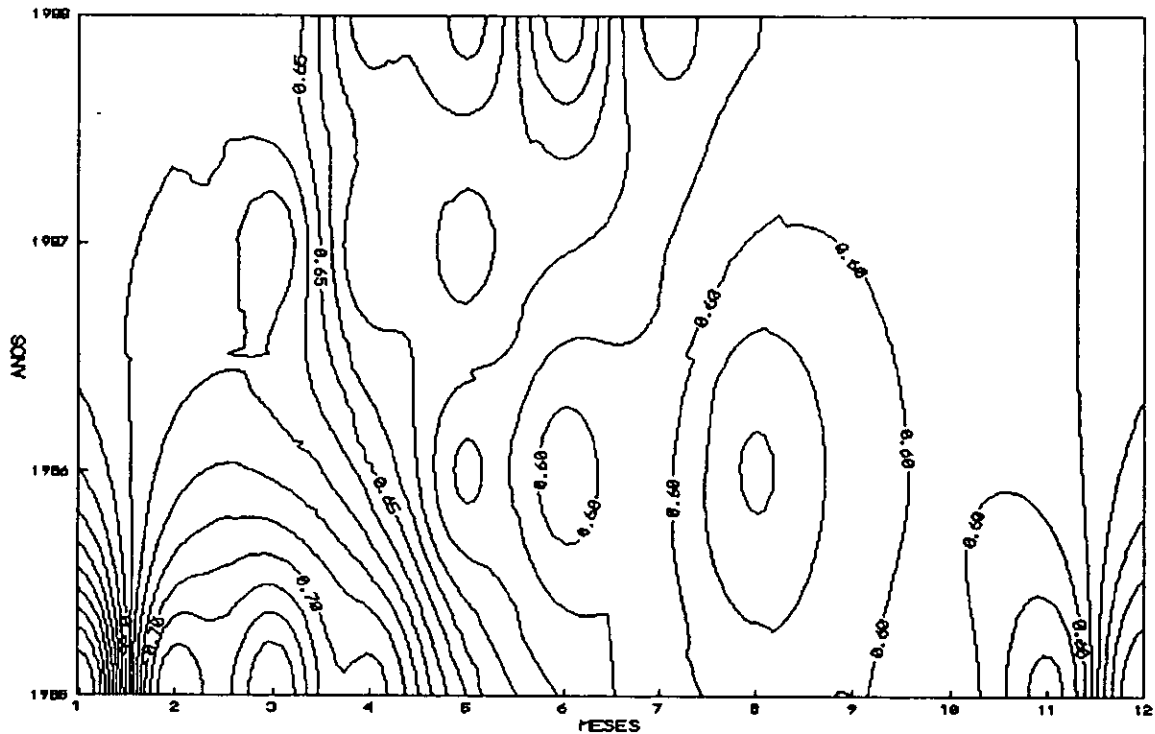
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARJO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.224

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE AMPLITUD MEDIA

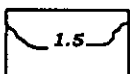
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE LERMA, CAMP.  
DE 1985 A 1988



## SIMBOLOGÍA

 ISOLÍNEAS DE AMPLITUD MEDIA

 EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.01 m.

 COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.225

### 5.5.3.9 Estación mareográfica de Progreso, Yucatán

En este puerto de la península, el comportamiento de los diferentes niveles de marea fue el siguiente:

El nivel de pleamar media superior en enero alcanzó un registro de 0.59 m, en agosto el menor fue de 0.39 m; la variación anual resultó de 0.20 m.

El nivel de pleamar media en diciembre tuvo un valor máximo de 0.26 m, en octubre el mínimo fue de 0.19 m, la variación anual alcanzó 0.07 m.

El nivel medio del mar en octubre alcanzó 1.46 m, en julio el registro llegó a 1.25 m; la variación fue de 0.21 m.

El nivel de media marea mostró en enero y diciembre la variación mayor; el promedio anual fue de  $-0.01$  m.

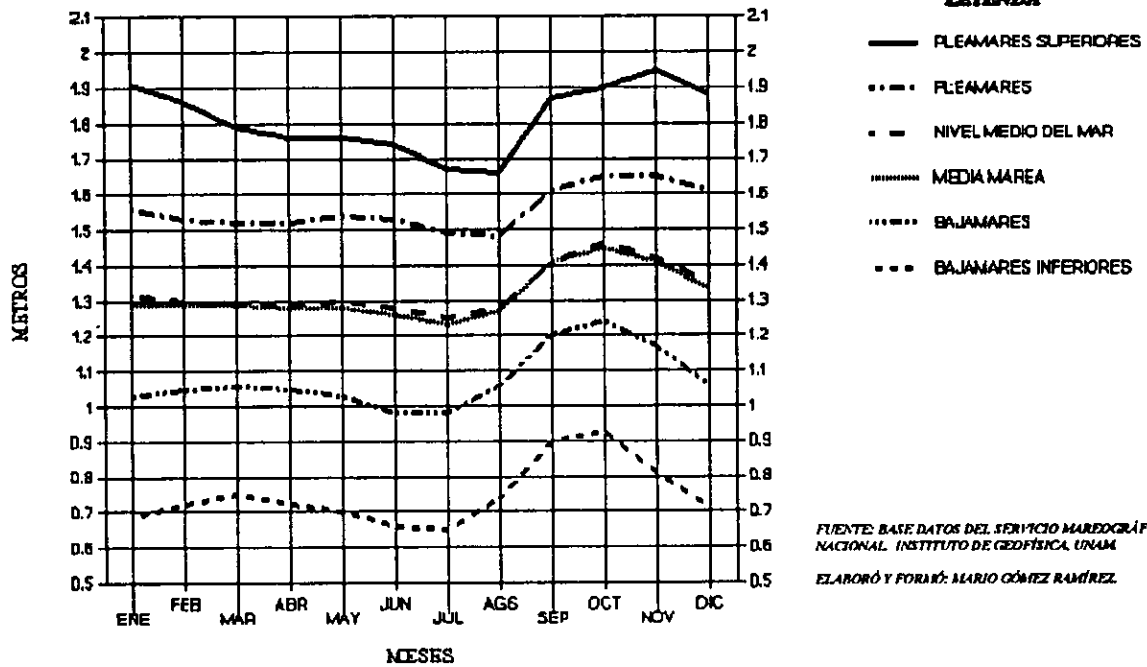
El nivel de bajamar media en enero y diciembre resultó de  $-0.29$  m, en septiembre y octubre de  $-0.21$  m; la variación anual fue de  $-0.08$  m.

El nivel de bajamar media inferior en diciembre bajó a  $-0.64$  m, en septiembre a  $-0.51$  m; la variación anual fue de  $-0.13$  m.

La amplitud media de la marea promedio anual fue de 0.48 m; la máxima amplitud promedio anual de 1.06 m (Veánse Cuadro 5.26 y Gráficas de la 5.226 a la 5.234).

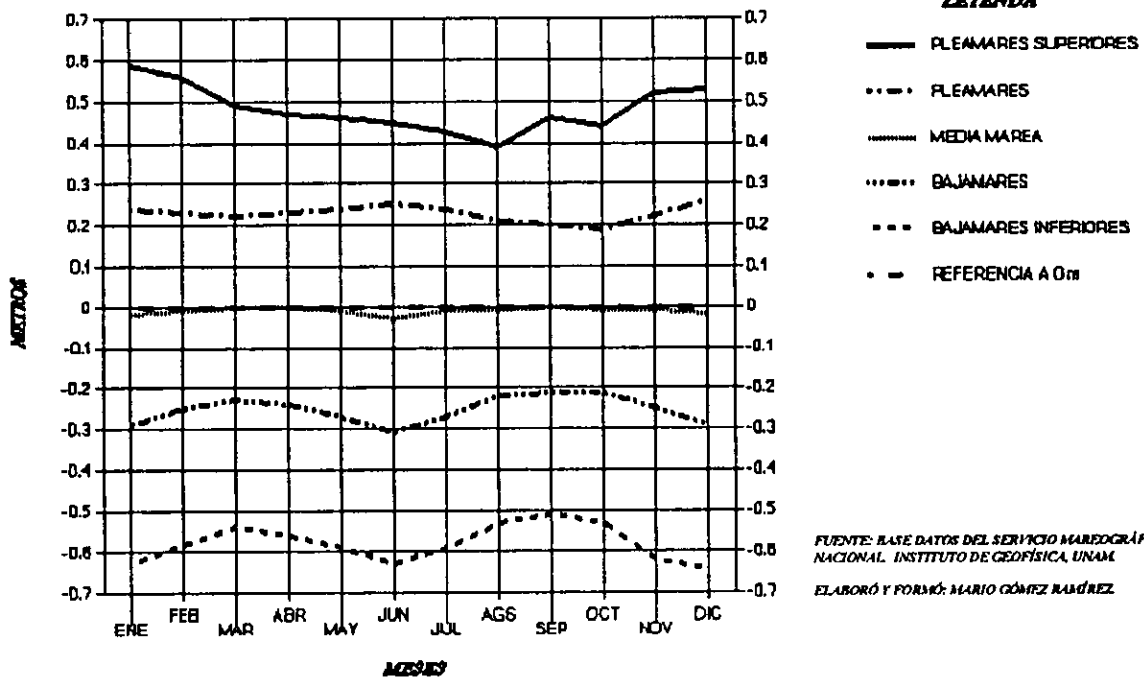
**NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, SIN REDUCIR**

**ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PROGRESO, YUC.**



**NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, CON REFERENCIA AL NIVEL MEDIO DEL MAR**

**ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PROGRESO, YUC.**



Gráficas 5.226 y 5.227

## PROMEDIOS MENSUALES DE NIVELES DE MAREA, SALINIDAD Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA DE MAR

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA: **PROGRESO, YUC.**

LITORAL: **GOLFO DE MÉXICO.**

COORDENADAS: LATITUD 21° 18' 00" N

LONGITUD: 89° 39' 30" W

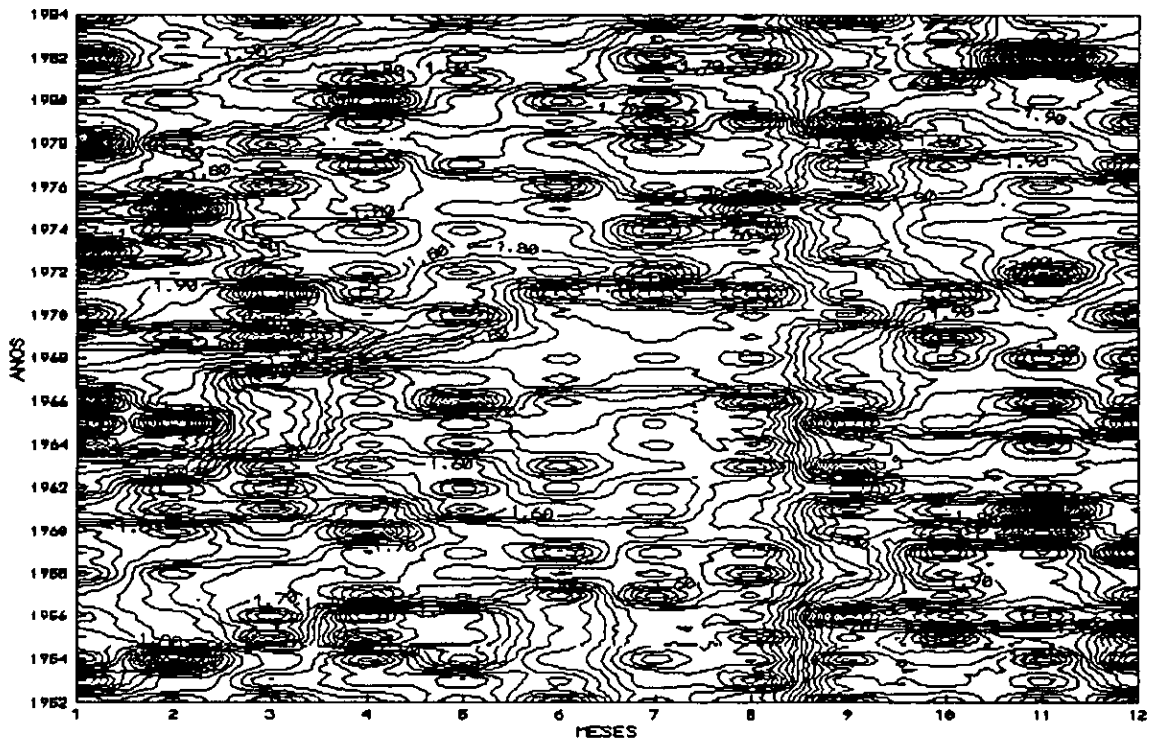
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS SUPERIORES</b>												
6,27	6,12	5,86	5,77	5,76	5,70	5,49	5,45	6,15	6,22	6,39	6,18	5,95
1,91	1,86	1,79	1,76	1,76	1,74	1,67	1,66	1,87	1,90	1,95	1,88	1,81
0,59	0,56	0,49	0,47	0,46	0,45	0,43	0,39	0,46	0,44	0,52	0,53	0,48
<b>NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS</b>												
5,13	5,01	4,98	4,97	5,04	5,03	4,87	4,86	5,29	5,42	5,41	5,28	5,11
1,56	1,53	1,52	1,52	1,54	1,53	1,49	1,48	1,61	1,65	1,65	1,61	1,56
0,24	0,23	0,22	0,23	0,24	0,25	0,24	0,21	0,20	0,19	0,22	0,26	0,23
<b>NIVEL MEDIO DEL MAR</b>												
4,33	4,27	4,24	4,22	4,25	4,21	4,09	4,19	4,63	4,79	4,67	4,43	4,36
1,32	1,30	1,29	1,29	1,30	1,28	1,25	1,28	1,41	1,46	1,42	1,35	1,33
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>NIVEL DE MEDIA MAREA</b>												
4,25	4,22	4,23	4,21	4,21	4,12	4,04	4,17	4,61	4,75	4,62	4,38	4,32
1,29	1,29	1,29	1,28	1,28	1,26	1,23	1,27	1,41	1,45	1,41	1,33	1,32
-0,02	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,03	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01
<b>NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS</b>												
3,37	3,44	3,48	3,45	3,37	3,21	3,20	3,47	3,94	4,08	3,84	3,47	3,53
1,03	1,05	1,06	1,05	1,03	0,98	0,98	1,06	1,20	1,24	1,17	1,06	1,07
-0,29	-0,25	-0,23	-0,24	-0,27	-0,31	-0,27	-0,22	-0,21	-0,21	-0,25	-0,29	-0,25
<b>NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS INFERIORES</b>												
2,27	2,35	2,46	2,38	2,31	2,16	2,14	2,43	2,95	3,05	2,65	2,34	2,46
0,69	0,72	0,75	0,72	0,70	0,66	0,65	0,74	0,90	0,93	0,81	0,71	0,75
-0,63	-0,58	-0,54	-0,56	-0,59	-0,63	-0,59	-0,53	-0,51	-0,53	-0,62	-0,64	-0,58
<b>NIVEL DE AMPLITUD MEDIA DE LA MAREA</b>												
1,76	1,56	1,50	1,53	1,67	1,82	1,67	1,40	1,35	1,33	1,57	1,81	1,58
0,54	0,48	0,46	0,47	0,51	0,55	0,51	0,43	0,41	0,41	0,48	0,55	0,48
<b>SALINIDAD MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN ‰</b>												
37,05	37,11	37,08	37,31	37,42	37,38	37,20	37,25	37,22	36,95	36,98	36,94	37,16
<b>TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN °C</b>												
25,53	25,53	25,95	26,49	27,12	27,32	27,31	27,10	27,30	27,05	26,38	25,93	26,58
<small>NOTA: LOS NIVELES DE MAREA DEL PRIMER RENGLÓN ESTÁN EN PIES, DEL SEGUNDO EN METROS Y EL TERCERO ESTÁ REFERIDO AL NIVEL MEDIO DEL MAR EN METROS, EXCEPTO LA AMPLITUD MEDIA QUE NO SE REDUCE AL N. N. M.</small>												
<small>FUENTE: ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL. INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.</small>												
<small>CALCULO Y FORMO: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.</small>												

**Cuadro 5.26**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PROGRESO, YUC.

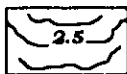
DE 1952 A 1984



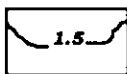
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARCO GÓMEZ RAMÍREZ

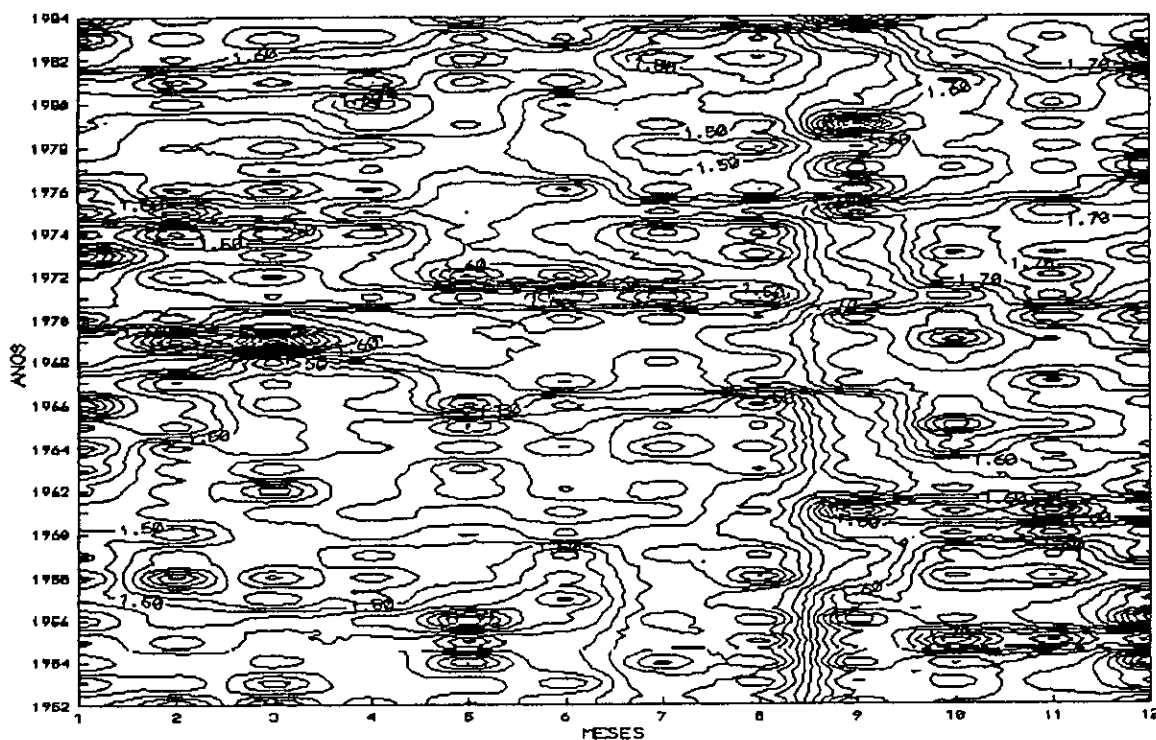
Gráfica 5.228



# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PROGRESO, YUC.

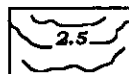
DE 1952 A 1984



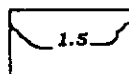
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.



COTA EN m.

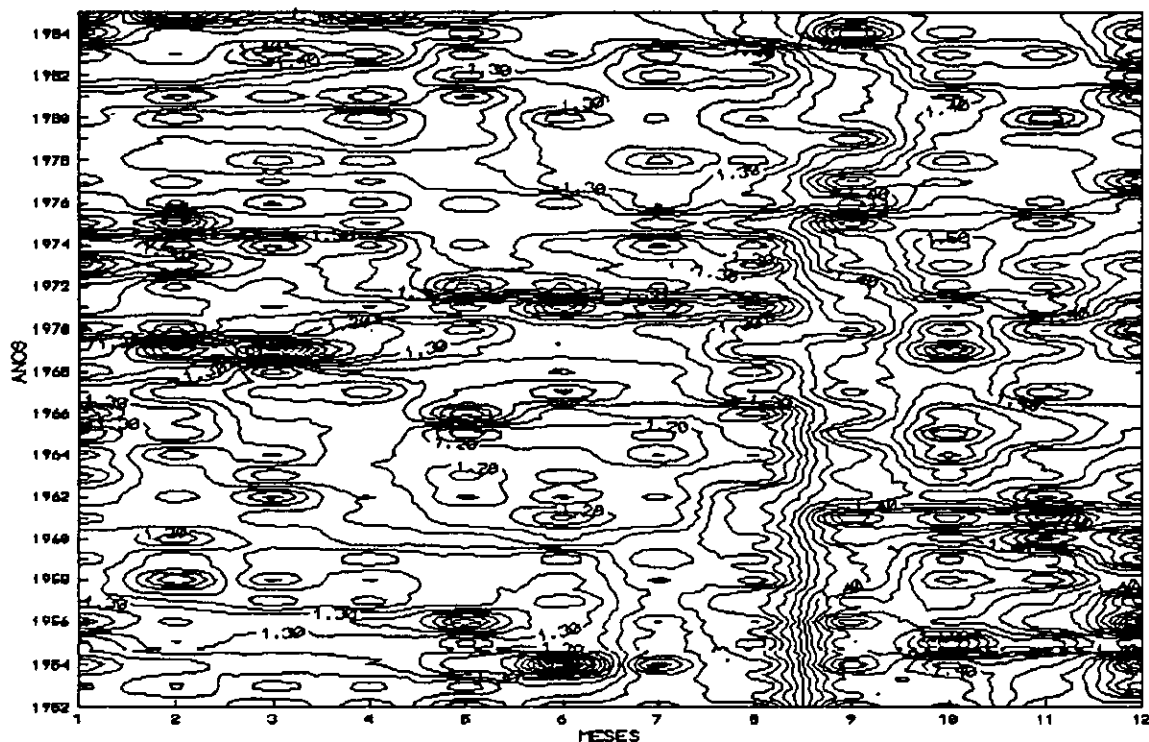
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.229

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

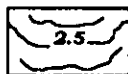
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PROGRESO, YUC.  
DE 1952 A 1985



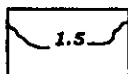
### SIMBOLOGÍA



**ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR**



**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.**



**COTA EN m.**

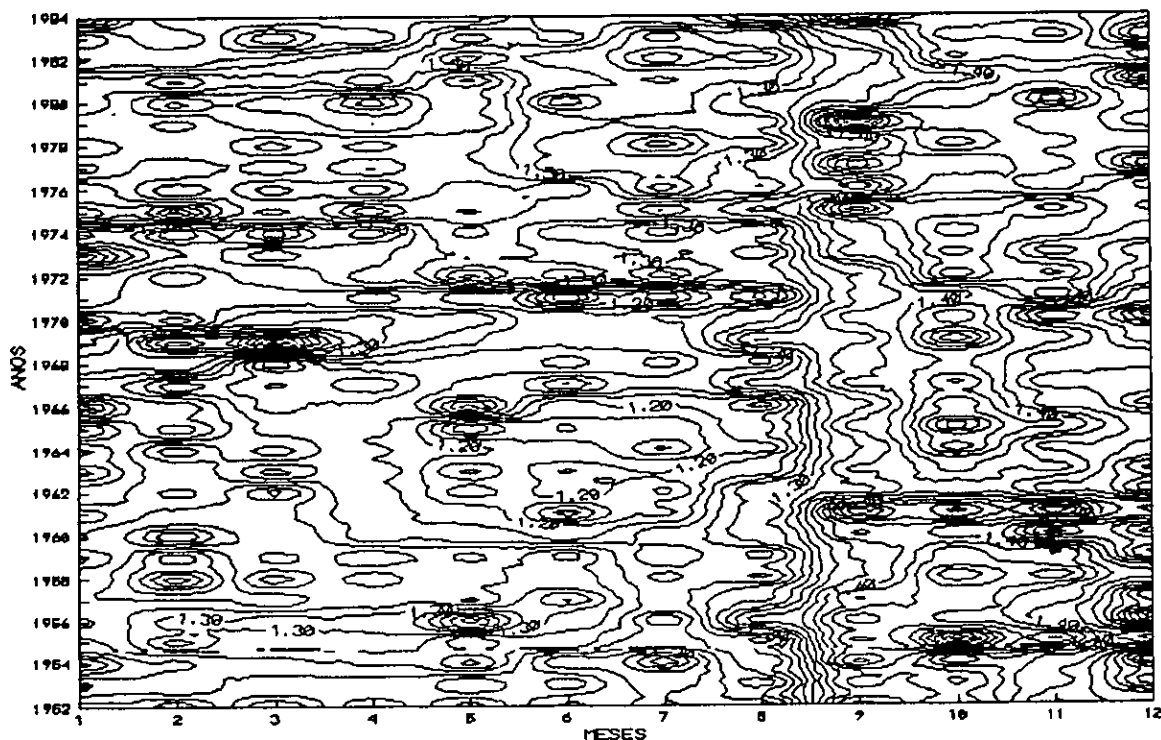
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

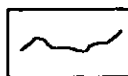
Gráfica 5.230

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE MEDIA MAREA

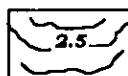
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PROGRESO, YUC.  
DE 1952 A 1984



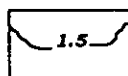
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE MEDIA MAREA



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

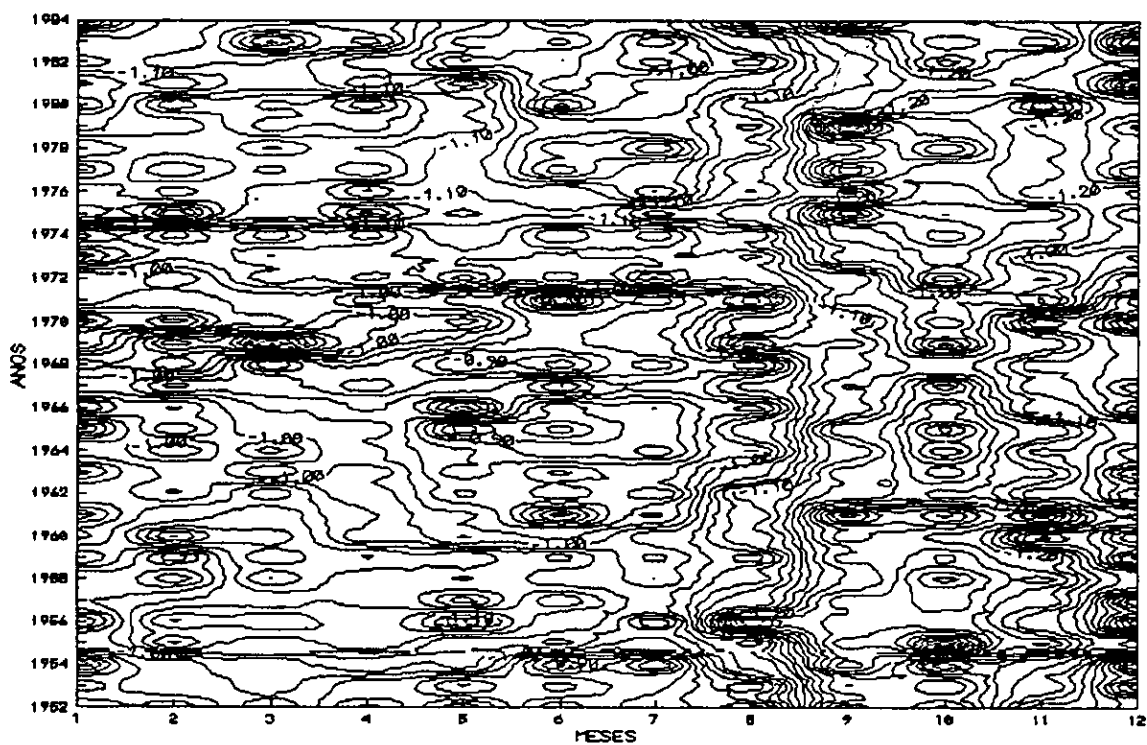
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

Gráfica 5.231

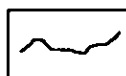
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE BAJAMARES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PROGRESO, YUC.

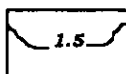
DE 1952 A 1984



## SIMBOLOGÍA

 ISOLÍNEAS DE BAJAMARES

 EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA · 0.02 m.

 COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

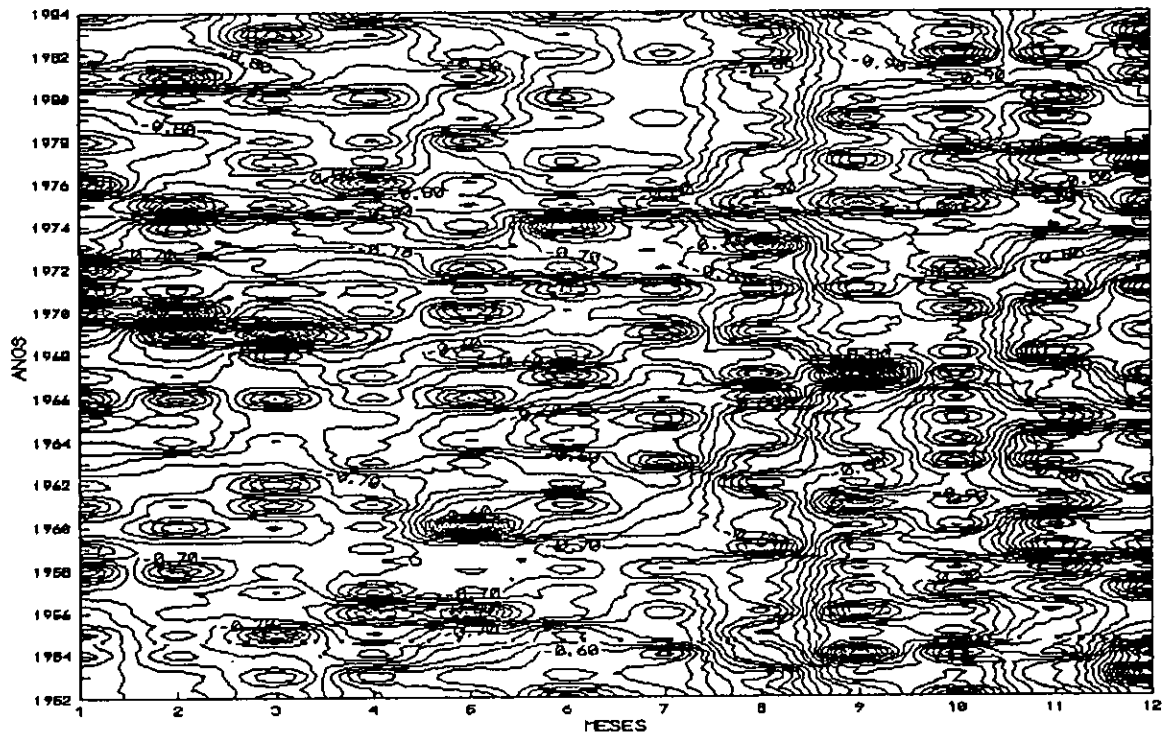
FORMÓ Y ELABORÓ: MARCO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.232

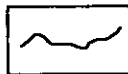
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE BAJAMARES INFERIORES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PROGRESO, YUC.

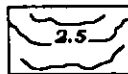
DE 1952 A 1984



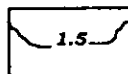
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE BAJAMARES INFERIORES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.



COTA EN m.

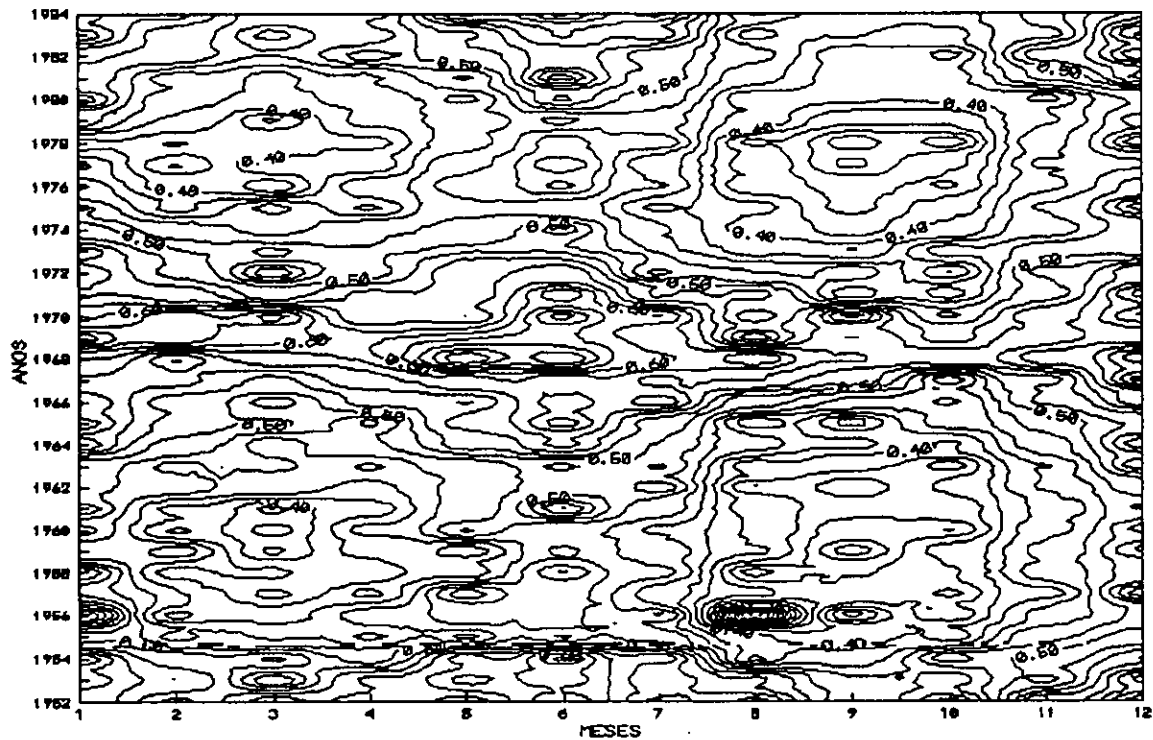
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARCO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.233

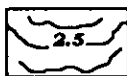
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE AMPLITUD MEDIA

**EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE PROGRESO, YUC.  
DE 1952 A 1984**



### SIMBOLOGÍA

 ISOLÍNEAS DE AMPLITUD MEDIA

 EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.

 COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.234

#### 5.5.4 *En el mar de Las Antillas*

En el mar de Las Antillas las estaciones mareográficas tuvieron variantes en los niveles de marea.

##### 5.5.4.1 Estación mareográfica de isla Cozumel, Quintana Roo

En este espacio de ultramar, el comportamiento de los diferentes niveles de marea fue como sigue:

El nivel de pleamar media superior en diciembre alcanzó 0.27 m, en mayo y agosto fue de 0.17 m; la variación anual resultó de 0.10 m.

El nivel de pleamar media en septiembre registró 0.12 m, en junio fue de 0.07 m; la variación anual fue de 0.05 m.

El nivel medio del mar en octubre alcanzó 1.24 m; en marzo el registro menor fue de 1.10 m; la variación resultó de 0.14 m.

El nivel de media marea en febrero mostró la variación mayor; el promedio anual fue de 0.05 m.

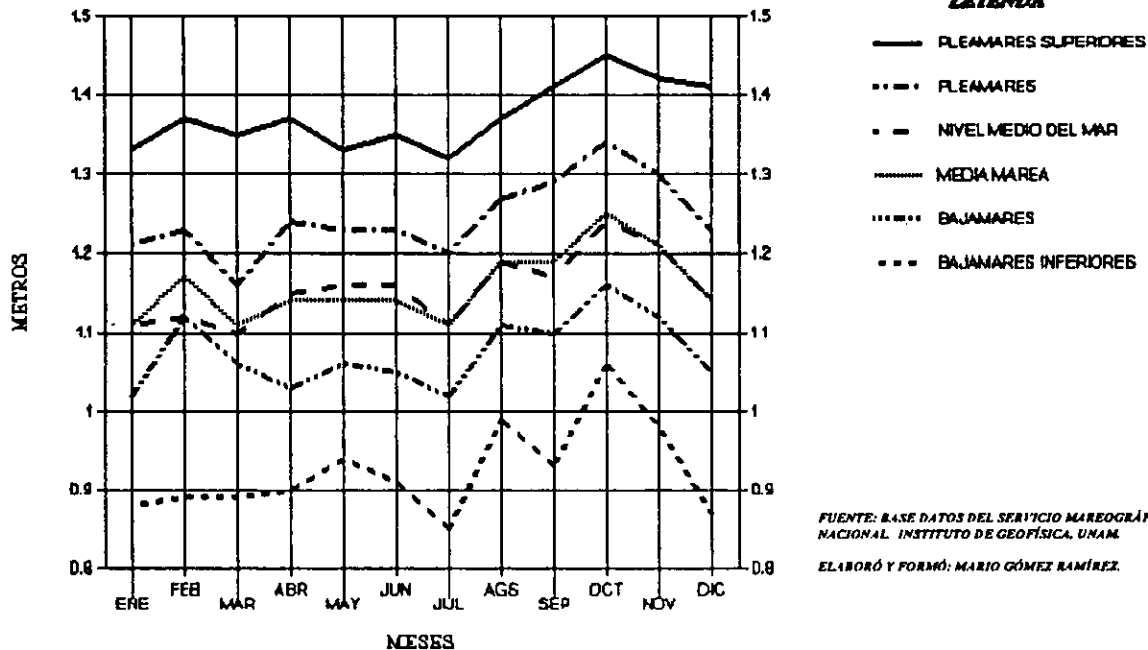
El nivel de bajamar media en abril resultó de  $-0.12$  m, en febrero fue de 0.00 m; la variación anual alcanzó  $-0.12$  m.

El nivel de bajamar media inferior en diciembre bajó a  $-0.27$  m, en octubre a  $-0.18$  m; la variación anual fue de  $-0.09$  m.

La amplitud media de la marea promedio anual fue de 0.18 m; la máxima amplitud promedio anual de 0.49 m (Veánse Cuadro 5.27 y Gráficas de la 5.235 a la 5.243).

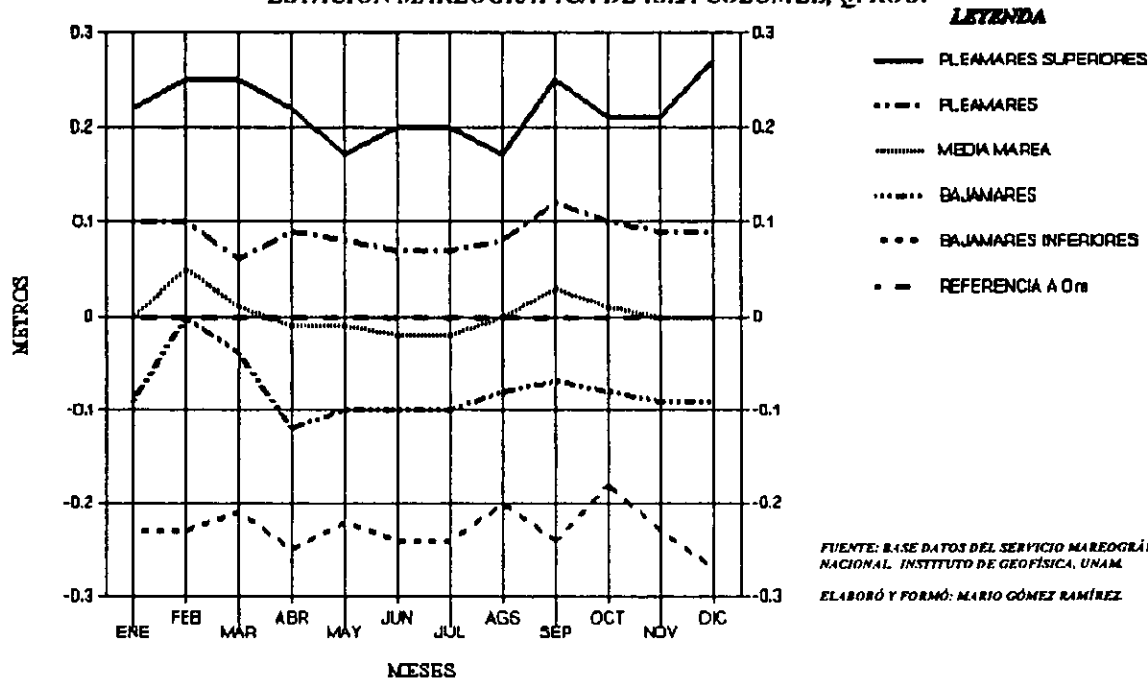
**NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, SIN REDUCIR**

**ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA COZUMEL, Q. ROO.**



**NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, CON REFERENCIA AL NIVEL MEDIO DEL MAR**

**ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA COZUMEL, Q. ROO.**



Gráficas 5.235 y 5.236



## PROMEDIOS MENSUALES DE NIVELES DE MAREA, SALINIDAD Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA DE MAR

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA:

**ISLA COZUMEL, Q. ROO.**

LITORAL:

**MAR DE LAS ANTILLAS.**

COORDENADAS: LATITUD 20° 30' 05" N

LONGITUD: 86° 48' 04" W

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

### NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS SUPERIORES

4,37	4,51	4,44	4,49	4,36	4,44	4,32	4,48	4,64	4,76	4,66	4,64	4,51
1,33	1,37	1,35	1,37	1,33	1,35	1,32	1,37	1,41	1,45	1,42	1,41	1,37
0,22	0,25	0,25	0,22	0,17	0,20	0,21	0,17	0,25	0,21	0,21	0,27	0,26

### NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS

3,96	4,02	3,81	4,08	4,05	4,02	3,95	4,17	4,22	4,38	4,25	4,03	4,08
1,21	1,23	1,16	1,24	1,23	1,23	1,20	1,27	1,29	1,34	1,30	1,23	1,24
0,10	0,10	0,06	0,09	0,08	0,07	0,09	0,08	0,12	0,10	0,09	0,09	0,13

### NIVEL MEDIO DEL MAR

3,65	3,69	3,62	3,77	3,79	3,79	3,65	3,91	3,82	4,07	3,96	3,74	3,79
1,11	1,12	1,10	1,15	1,16	1,16	1,11	1,19	1,17	1,24	1,21	1,14	1,11
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

### NIVEL DE MEDIA MAREA

3,65	3,85	3,65	3,73	3,76	3,74	3,66	3,91	3,92	4,09	3,96	3,74	3,80
1,11	1,17	1,11	1,14	1,14	1,14	1,11	1,19	1,19	1,25	1,21	1,14	1,16
0,00	0,05	0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,05

### NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS

3,34	3,67	3,49	3,39	3,46	3,46	3,36	3,65	3,61	3,79	3,66	3,45	3,53
1,02	1,12	1,06	1,03	1,06	1,05	1,02	1,11	1,10	1,16	1,12	1,05	1,08
-0,09	0,00	-0,04	-0,12	-0,10	-0,10	-0,09	-0,08	-0,07	-0,08	-0,09	-0,09	-0,04

### NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS INFERIORES

2,88	2,93	2,92	2,96	3,08	3,00	2,78	3,25	3,04	3,47	3,21	2,85	3,03
0,88	0,89	0,89	0,90	0,94	0,91	0,85	0,99	0,93	1,06	0,98	0,87	0,88
-0,23	-0,23	-0,21	-0,25	-0,22	-0,24	-0,26	-0,20	-0,24	-0,18	-0,23	-0,27	-0,23

### NIVEL DE AMPLITUD MEDIA DE LA MAREA

0,62	0,62	0,63	0,69	0,58	0,57	0,59	0,39	0,62	0,59	0,59	0,59	0,59
0,19	0,19	0,19	0,21	0,18	0,17	0,18	0,12	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18

### SALINIDAD MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN ‰

35,63	35,67	35,73	36,00	35,57	35,58	35,73	35,27	35,87	35,53	35,58	35,40	35,63
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

### TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN °C

26,20	25,53	26,18	26,45	28,23	28,73	28,85	29,03	28,85	28,68	27,53	26,45	27,56
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

NOTA: LOS NIVELES DE MAREA DEL PRIMER RENGLÓN ESTÁN EN PIES, DEL SEGUNDO EN METROS Y EL TERCERO ESTÁ REFERIDO AL NIVEL MEDIO DEL MAR EN METROS, EXCEPTO LA AMPLITUD MEDIA QUE NO SE REDUCE AL N.M.M.

**FUENTE: ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL. INSTITUTO DE GEOFÍSICA. UNAM.**

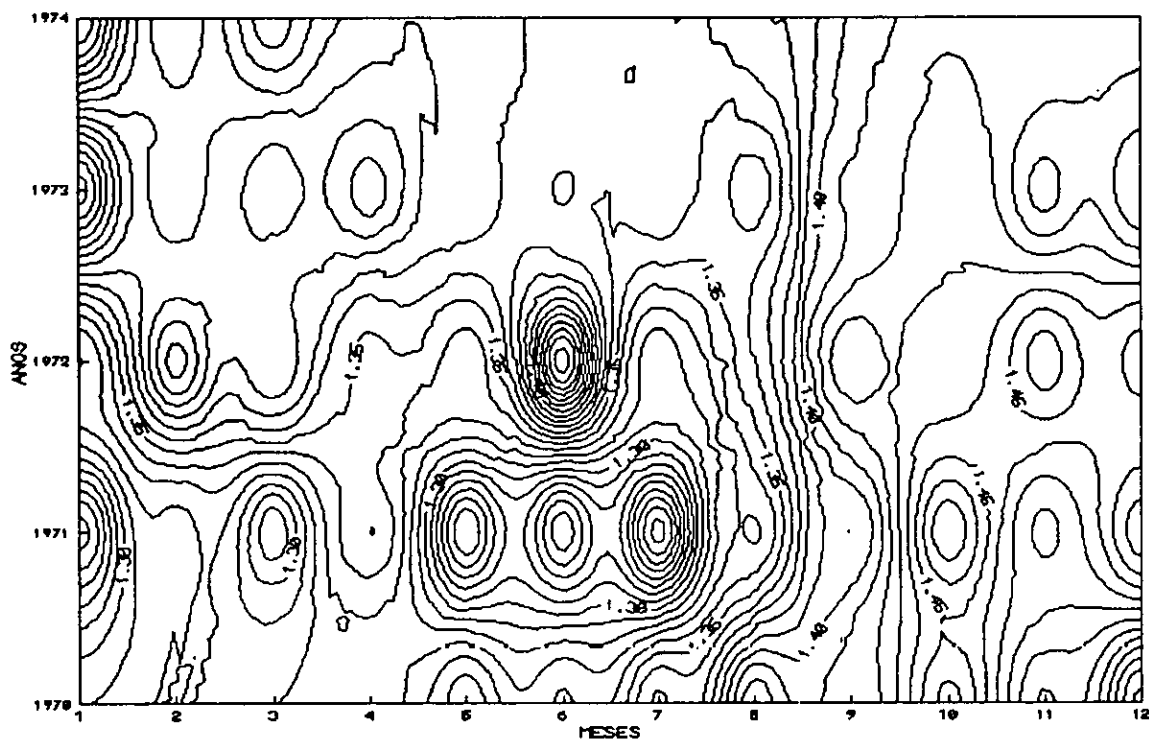
**CALCULO Y FORMO: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.**

**Cuadro 5.27**

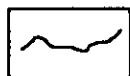
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA COZUMEL, Q. ROO.

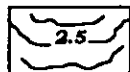
DE 1970 A 1974



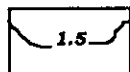
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.01 m.



COTA EN m.

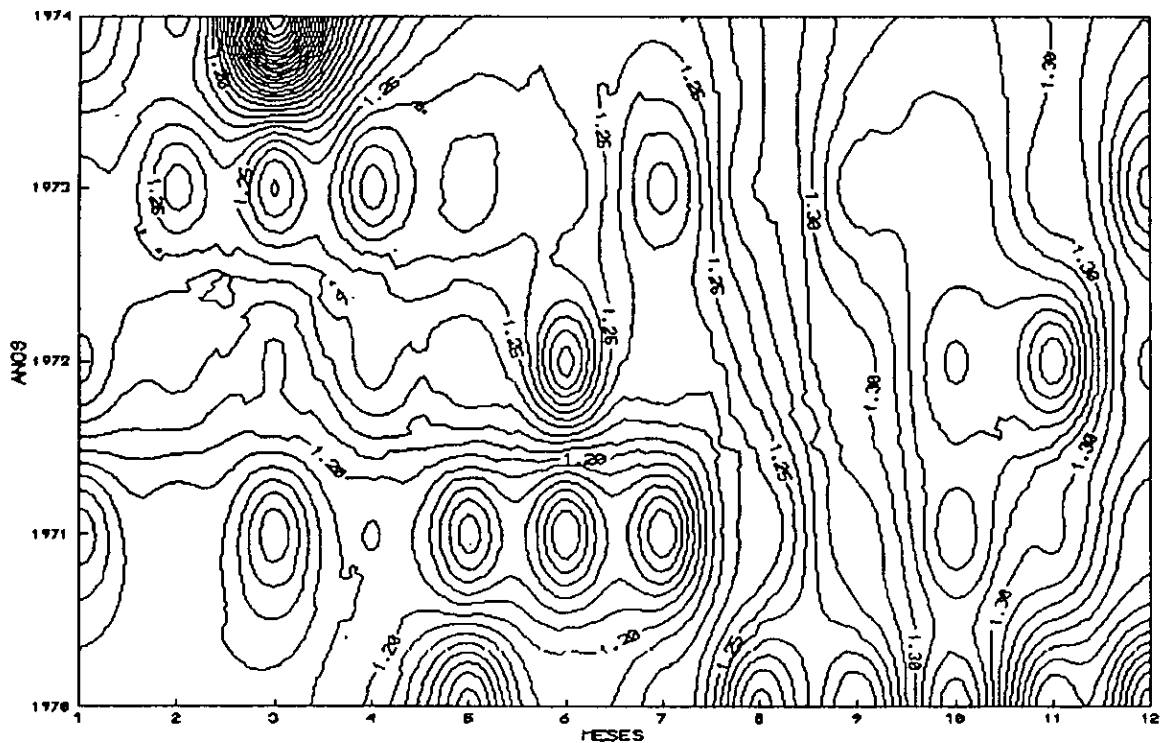
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

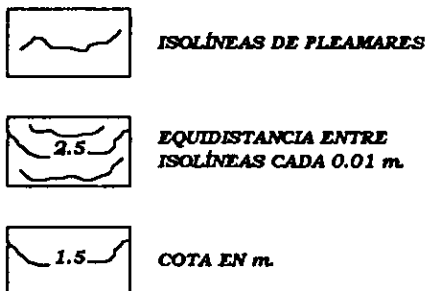
Gráfica 5.237

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA COZUMEL, Q. ROO.  
DE 1970 A 1974



## SIMBOLOGÍA



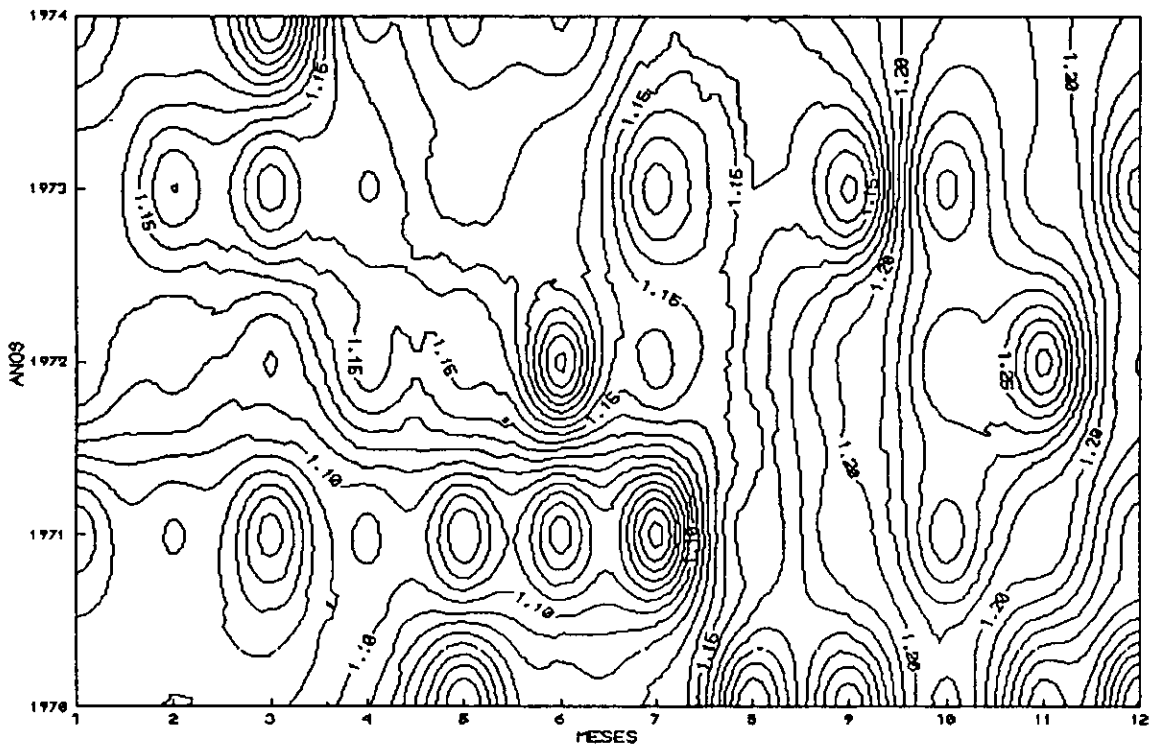
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.238

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

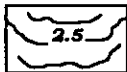
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA COZUMEL, Q. ROO.  
DE 1970 A 1974



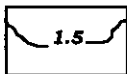
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.01 m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.

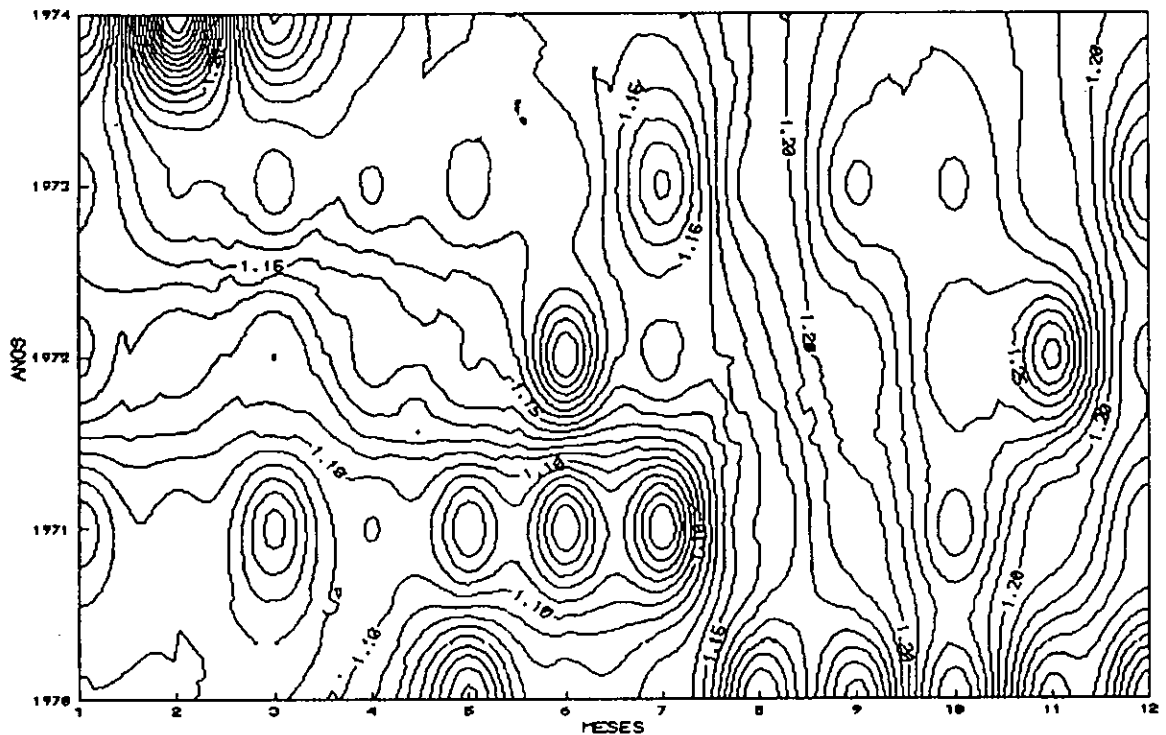
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

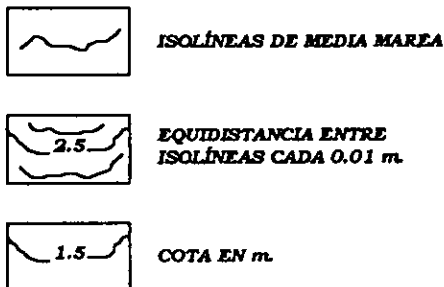
Gráfica 5.239

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE MEDIA MAREA

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA COZUMEL, Q. ROO.  
DE 1970 A 1974



## SIMBOLOGÍA



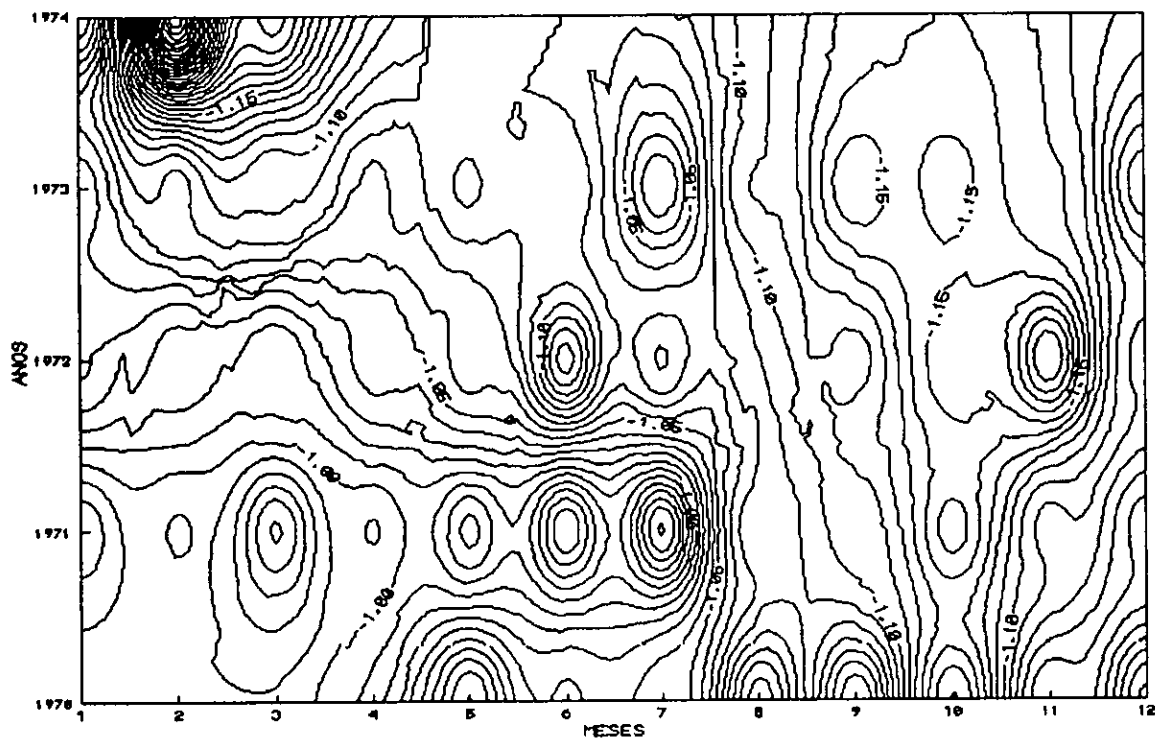
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ


Gráfica 5.240

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE BAJAMARES

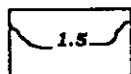
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA COZUMEL, Q. ROO.  
DE 1970 A 1974



## SIMBOLOGÍA

 ISOLÍNEAS DE BAJAMARES

 EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA - 0.01 m.

 1.5 COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

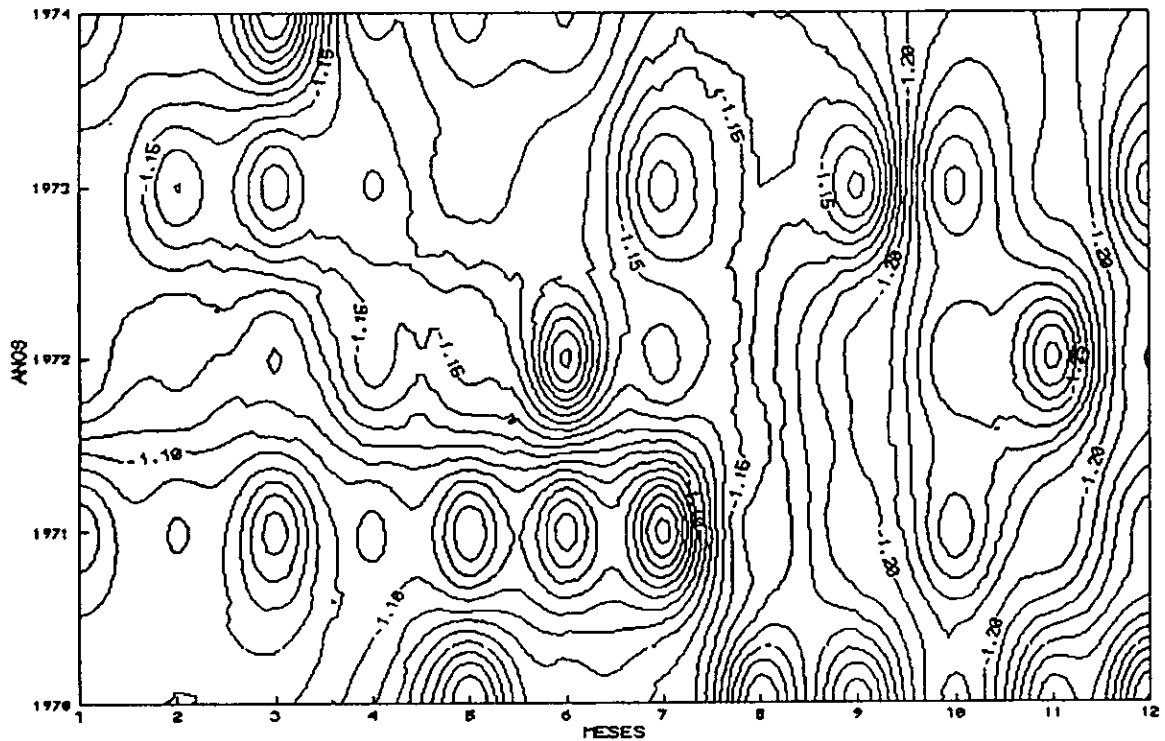
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.241


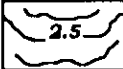
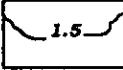
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE BAJAMARES INFERIORES

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA COZUMEL, Q. ROO.

DE 1970 A 1974



### SIMBOLOGÍA

- 
ISOLÍNEAS DE BAJAMARES INFERIORES
- 
EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA · 0.01 m.
- 
COTA EN m.

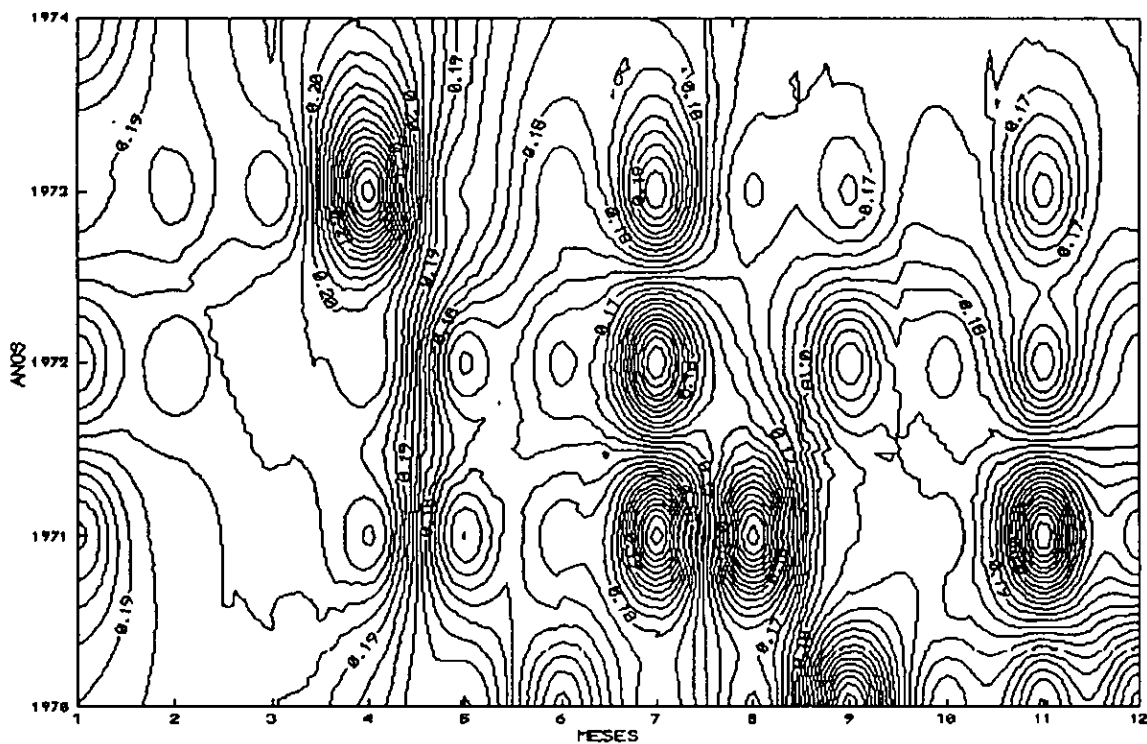
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARJO GÓMEZ RAMÍREZ

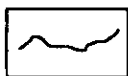
Gráfica 5.242

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE AMPLITUD MEDIA

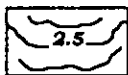
EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE ISLA COZUMEL, Q. ROO.  
DE 1970 A 1974



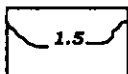
### SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE AMPLITUD MEDIA



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.002 m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Gráfica 5.243



#### 5.5.4.2 Estación mareográfica de Chetumal, Quintana Roo

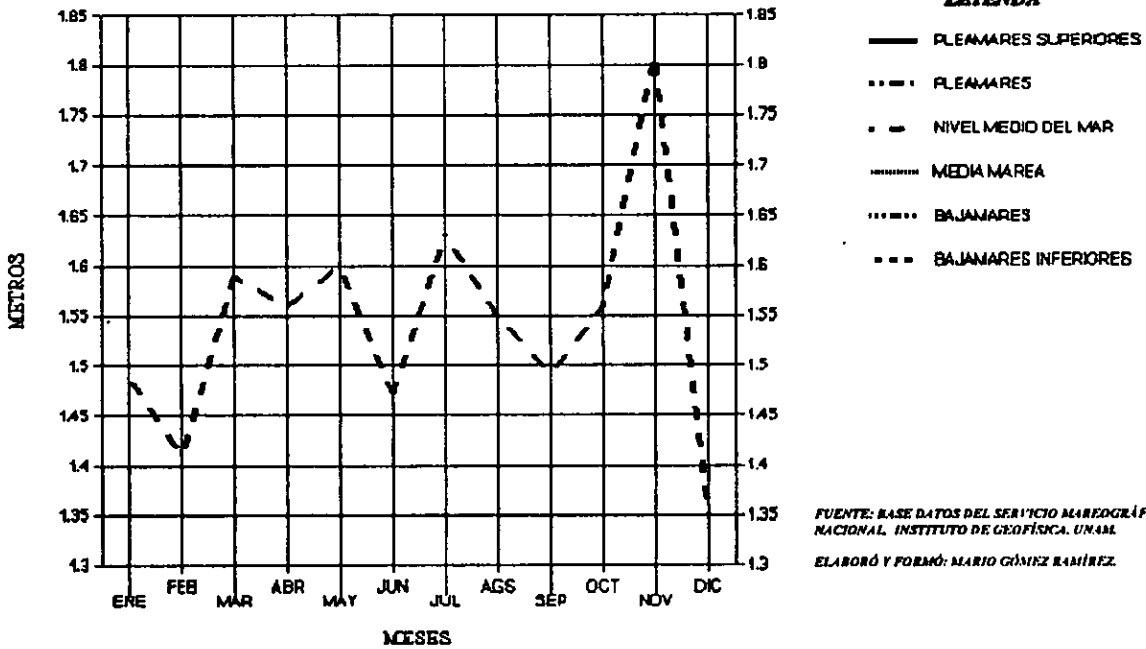
En este lugar, el comportamiento de los diferentes niveles de marea tienen una variación muy pequeña, escasamente llega a ser de una décima de pie.

En esta estación, únicamente se obtuvieron datos del nivel medio del mar.

El nivel medio del mar en noviembre alcanzó 1.81 m, en diciembre ocurrió el registro menor de 1.35 m; la variación resultó de 0.46 m (Véanse Cuadro 5.28 y Gráficas de la 5.244 a la 5.246).

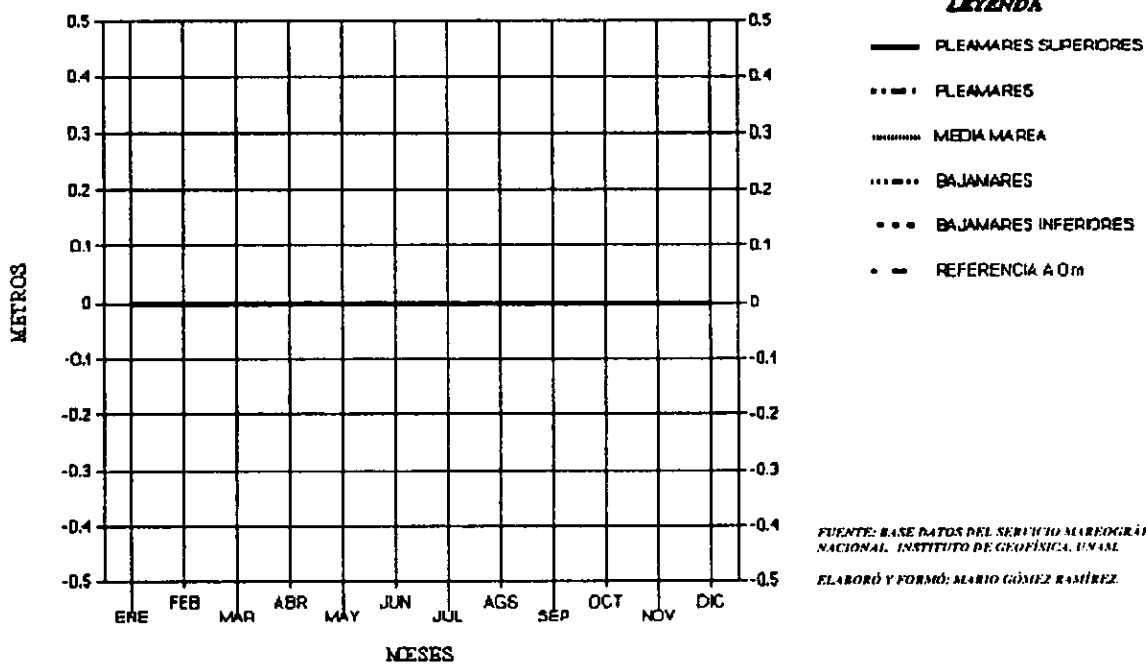
**NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, SIN REDUCIR**

**ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE CHIETUMAL, Q. ROO.**



**NIVELES DE MAREA PROMEDIO MENSUAL, CON REFERENCIA AL NIVEL MEDIO DEL MAR**

**ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE CHIETUMAL, Q. ROO.**



Gráficas 5.244 y 5.245

## PROMEDIOS MENSUALES DE NIVELES DE MAREA, SALINIDAD Y TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AGUA DE MAR

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA:

**CHETUMAL, Q. ROO.**

LITORAL:

**MAR DE LAS ANTILLAS.**

COORDENADAS: LATITUD 18° 50' 00" N

LONGITUD: 88° 28' 00" W

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

### NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS SUPERIORES


### NIVEL DE PLEAMARES MEDIAS


### NIVEL MEDIO DEL MAR

4,90	4,63	5,23	5,13	5,23	4,83	5,35	5,10	4,90	5,13	5,95	4,43	5,07
1,49	1,41	1,59	1,56	1,60	1,47	1,63	1,55	1,49	1,56	1,81	1,35	1,54
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

### NIVEL DE MEDIA MAREA


### NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS


### NIVEL DE BAJAMARES MEDIAS INFERIORES


### NIVEL DE AMPLITUD MEDIA DE LA MAREA


### SALINIDAD MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN ‰

9,64	9,86	9,87	9,99	10,11	10,22	10,20	10,24	10,41	10,29	10,08	9,89	10,06
------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------

### TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MAR EN °C

24,53	25,10	26,13	27,15	28,45	28,88	29,03	29,70	29,75	28,00	27,85	25,97	27,54
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

NOTA: LOS NIVELES DE MAREA DEL PRIMER RENGLÓN ESTÁN EN PIES, DEL SEGUNDO EN METROS Y EL TERCERO ESTÁ REFERIDO AL NIVEL MEDIO DEL MAR EN METROS, EXCEPTO LA AMPLITUD MEDIA QUE NO SE REDUCE AL P.M.M.

**FUENTE: ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL. INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.**

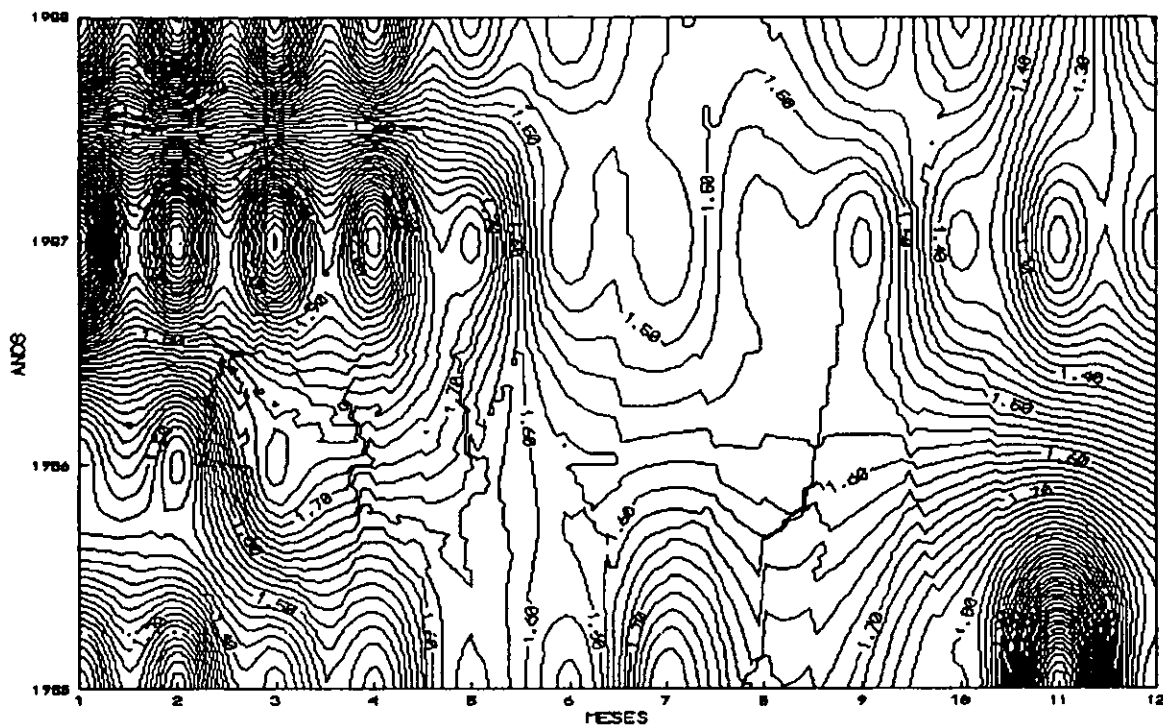
**CALCULO Y FORMO: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ.**

**Cuadro 5.28**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

EN LA ESTACIÓN MAREOGRÁFICA DE CHETUMAL, Q. ROO.

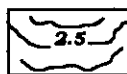
DE 1985 A 1988



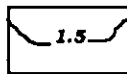
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.02 m.



COTA EN m.

FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

Gráfica 5.246

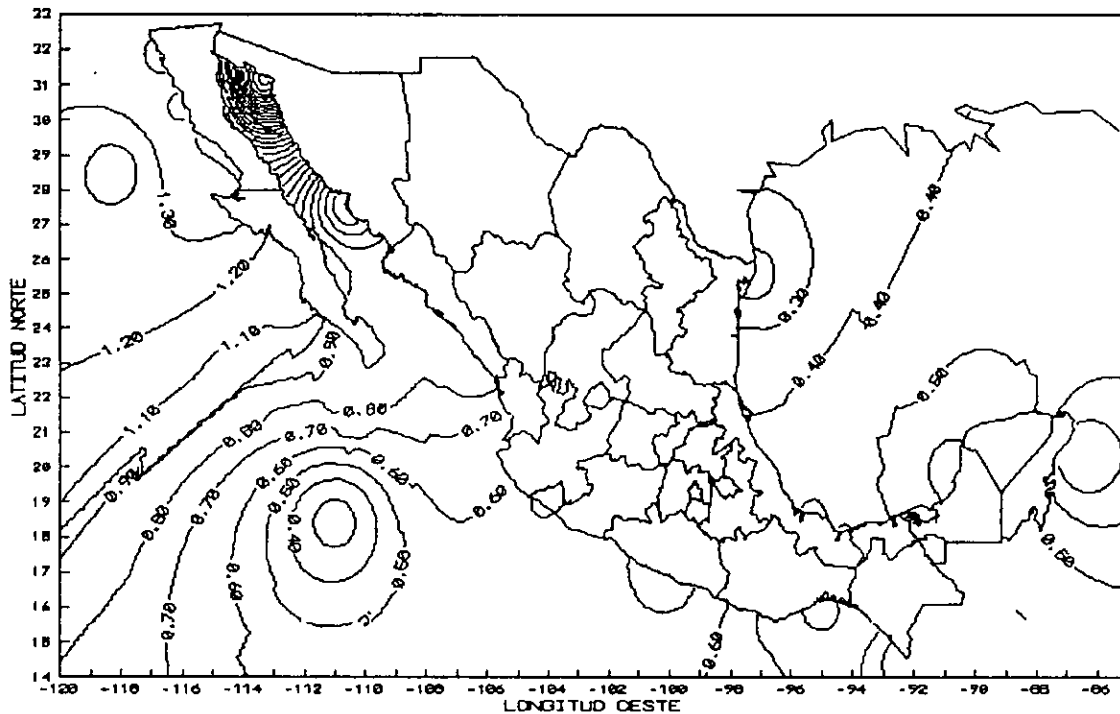
## **5.6 Distribución de promedios mensuales y anuales en relación con siete niveles de marea en los litorales de México**

En este apartado se resalta la distribución resultante de cada uno de los siete niveles de marea en los litorales del país, en relación con el desarrollo que se presentó durante los 12 meses del año y anual, a través de la representación en mapas.

Al final de cada una de las series de mapas correspondientes a cada nivel de marea, se abordó el comportamiento espacial que tuvieron a lo largo del año en cada una de las estaciones mareográficas agrupadas en función de las regiones consideradas en la investigación.

A continuación se destacan cada uno de los niveles:

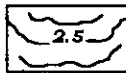
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE  
PLEAMARES SUPERIORES  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
ENERO**



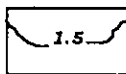
**SIMBOLOGÍA**



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.



COTA EN m.

**Escala**

1 : 24 500 000

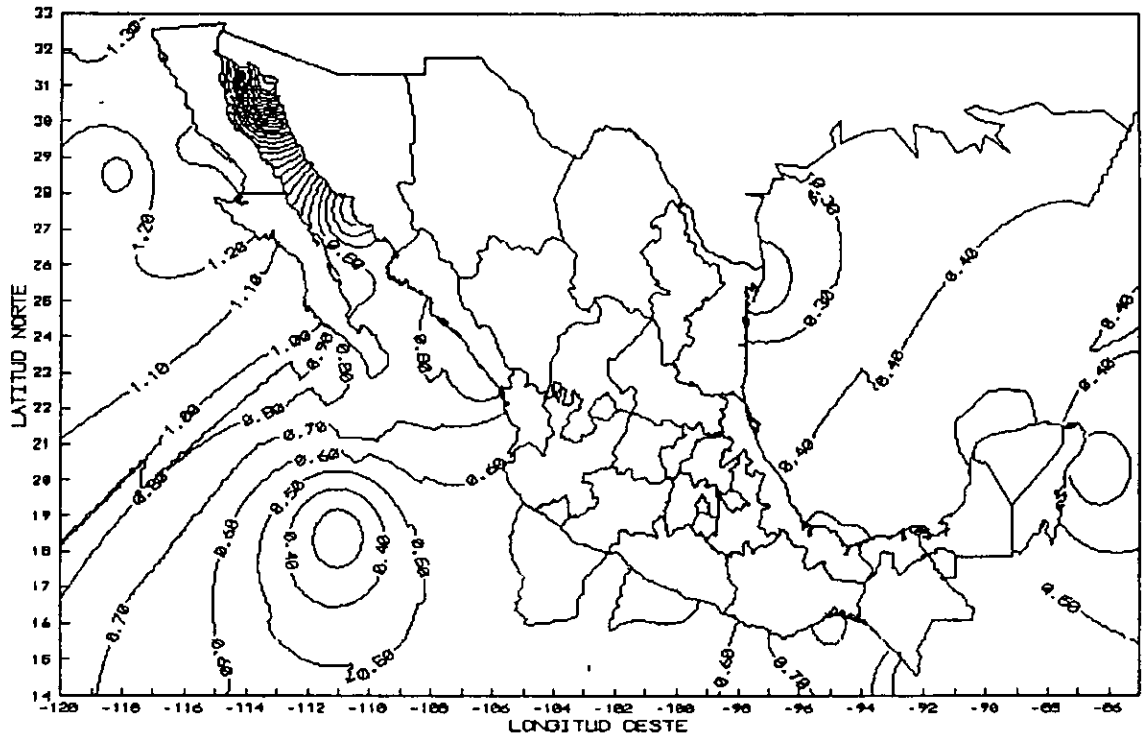


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREORÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.


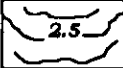
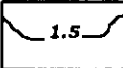
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO OÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.1

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES EN LOS LITORALES DE MÉXICO FEBRERO



## SIMBOLOGÍA

-  **ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**
-  **COTA EN m.**

## Escala

1 : 24 500 000

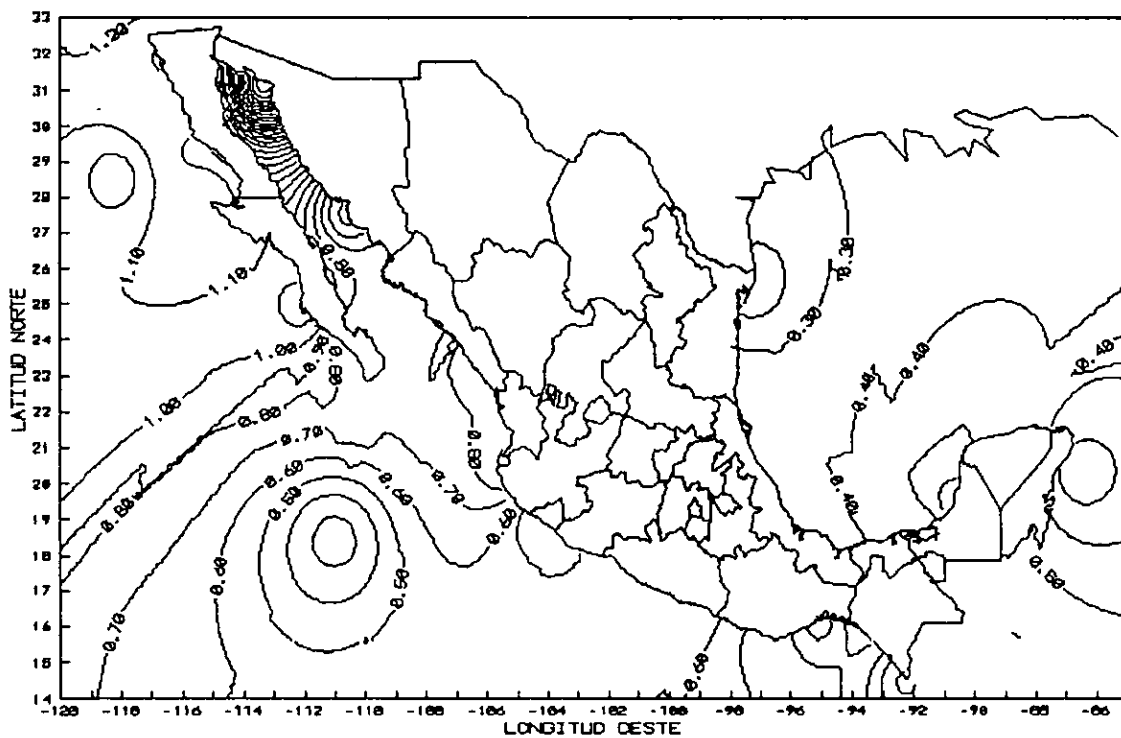


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAROGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEORFISICA, UNAM.

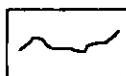
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.2**

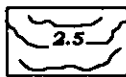
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES EN LOS LITORALES DE MÉXICO MARZO



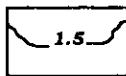
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES



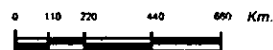
EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.



COTA EN m.

## Escala

1 : 24 500 000



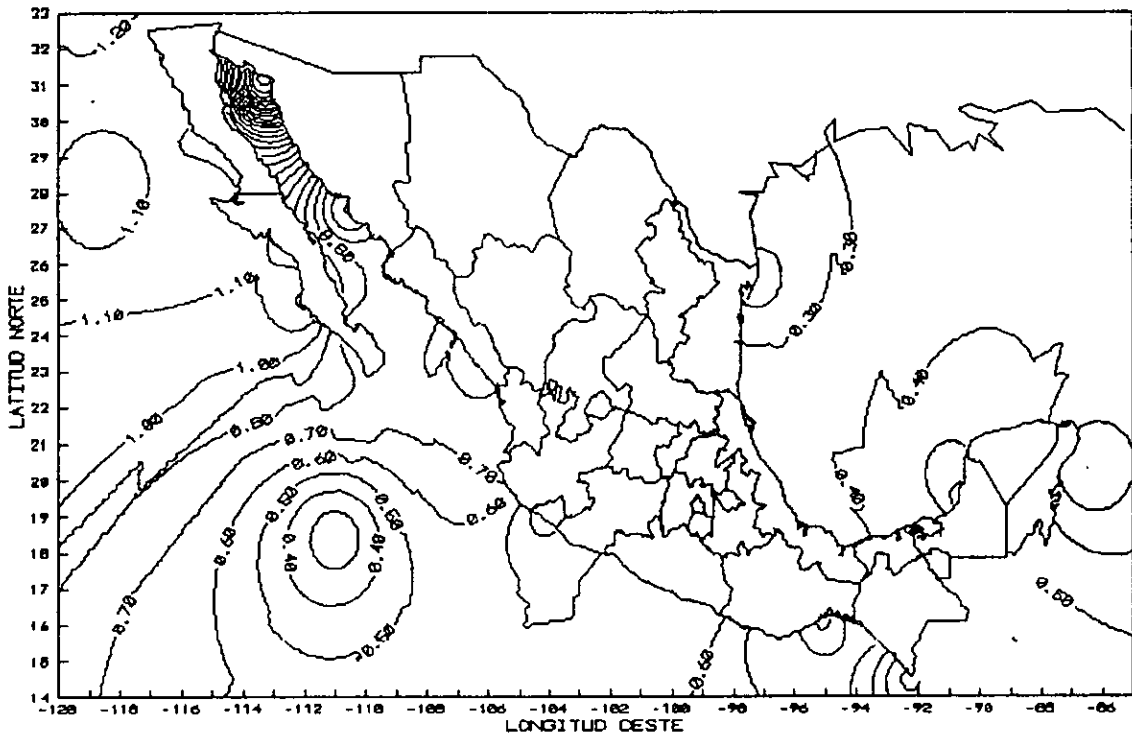
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFISICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.3



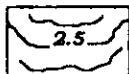
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE  
PLEAMARES SUPERIORES  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
ABRIL**



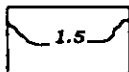
**SIMBOLOGÍA**



**ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES**



**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**



**COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000

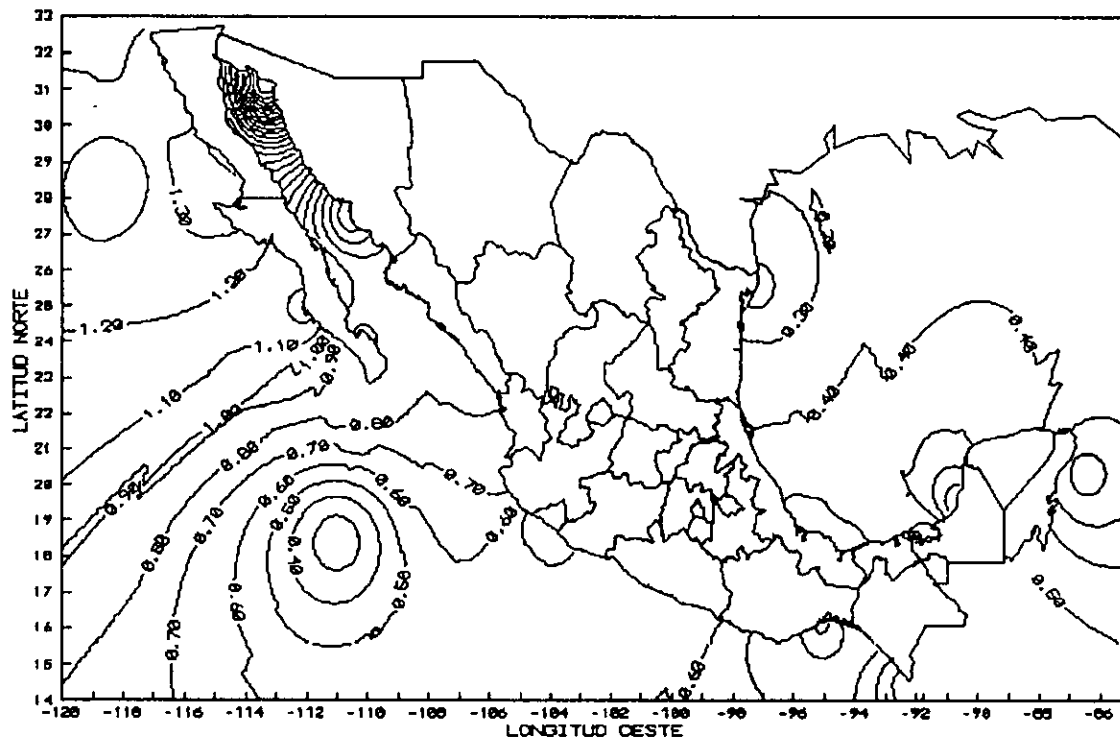


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFISICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.4**

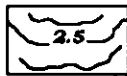
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES EN LOS LITORALES DE MÉXICO MAYO



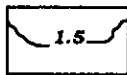
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.



COTA EN m.

## Escala

1 : 24 500 000

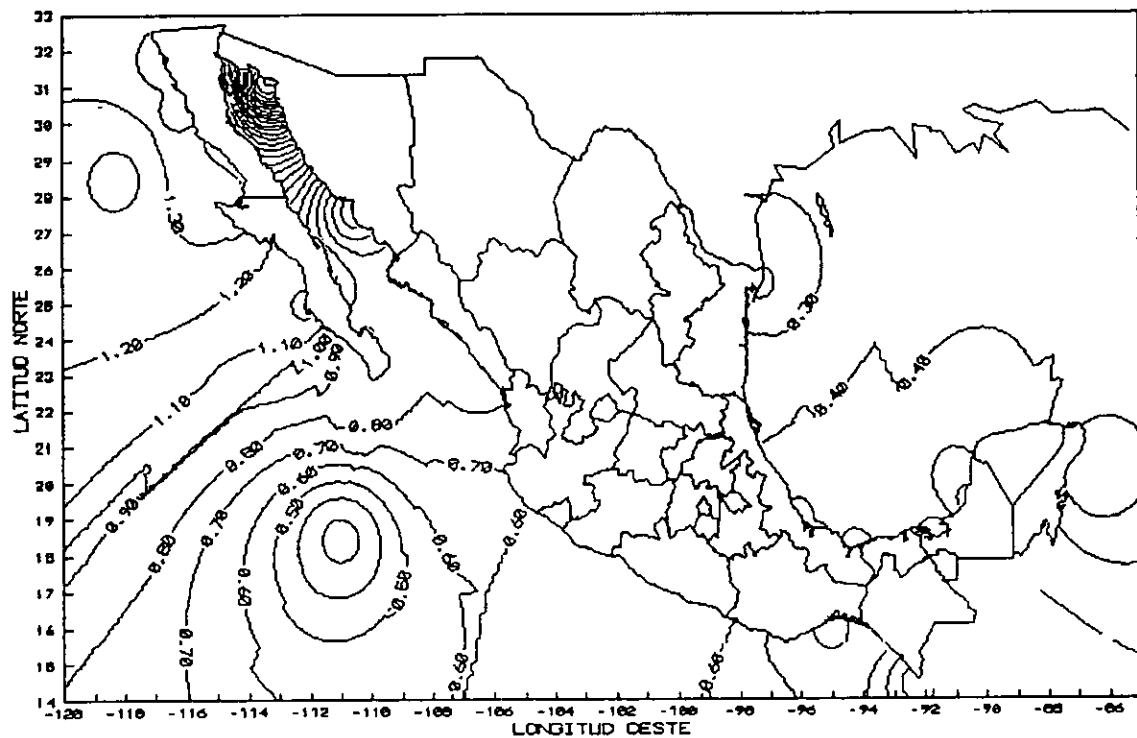


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO OJMES RAMÍREZ

Mapa 5.5

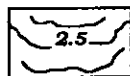
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES EN LOS LITORALES DE MÉXICO JUNIO



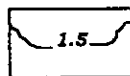
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES



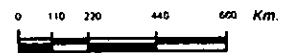
EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.



COTA EN m.

## Escala

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

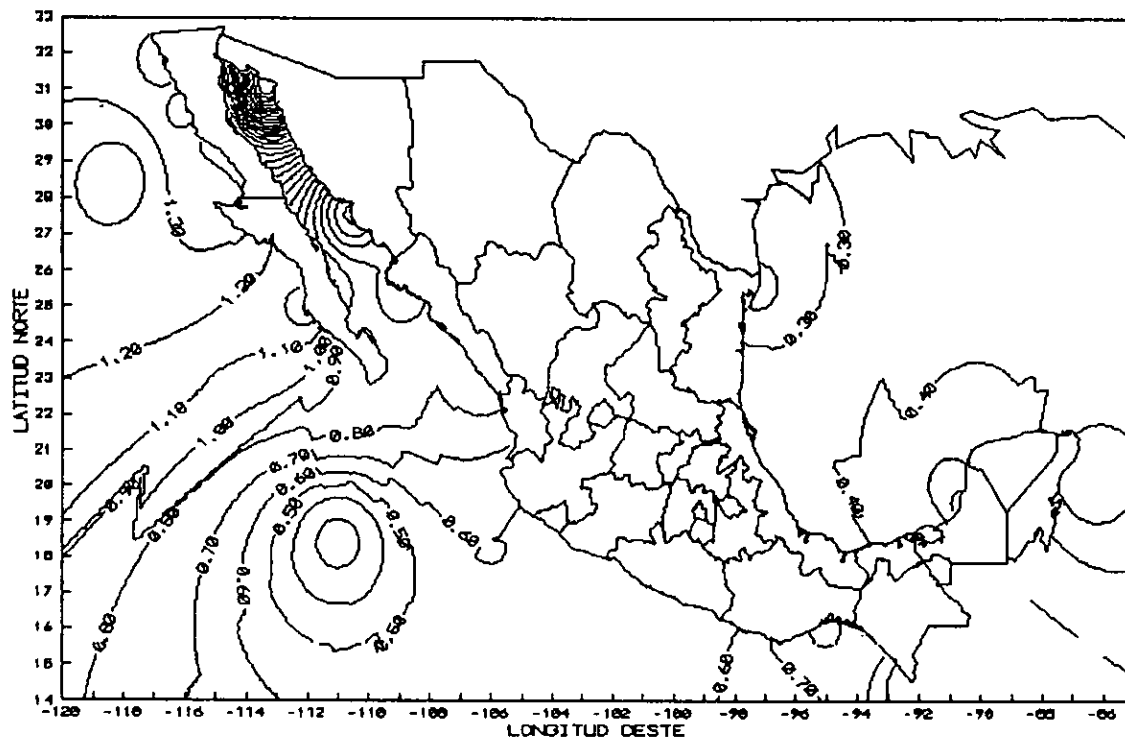
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.6**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES

EN LOS LITORALES DE MÉXICO

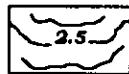
JULIO



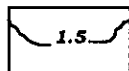
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.



COTA EN m.

Escala

1 : 24 500 000

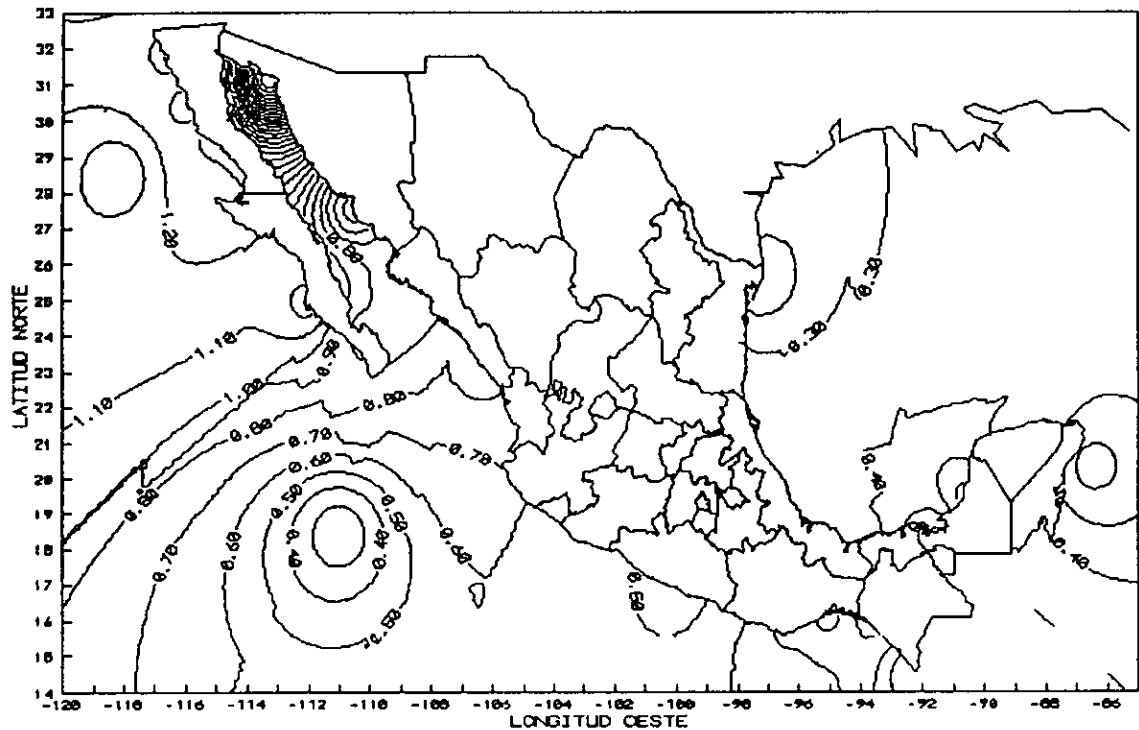


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFISICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.7

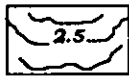
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE  
PLEAMARES SUPERIORES  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
AGOSTO**



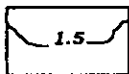
**SIMBOLOGÍA**



**ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES**



**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m**



**COTA EN m.**

**Escala**

1 : 2 500 000

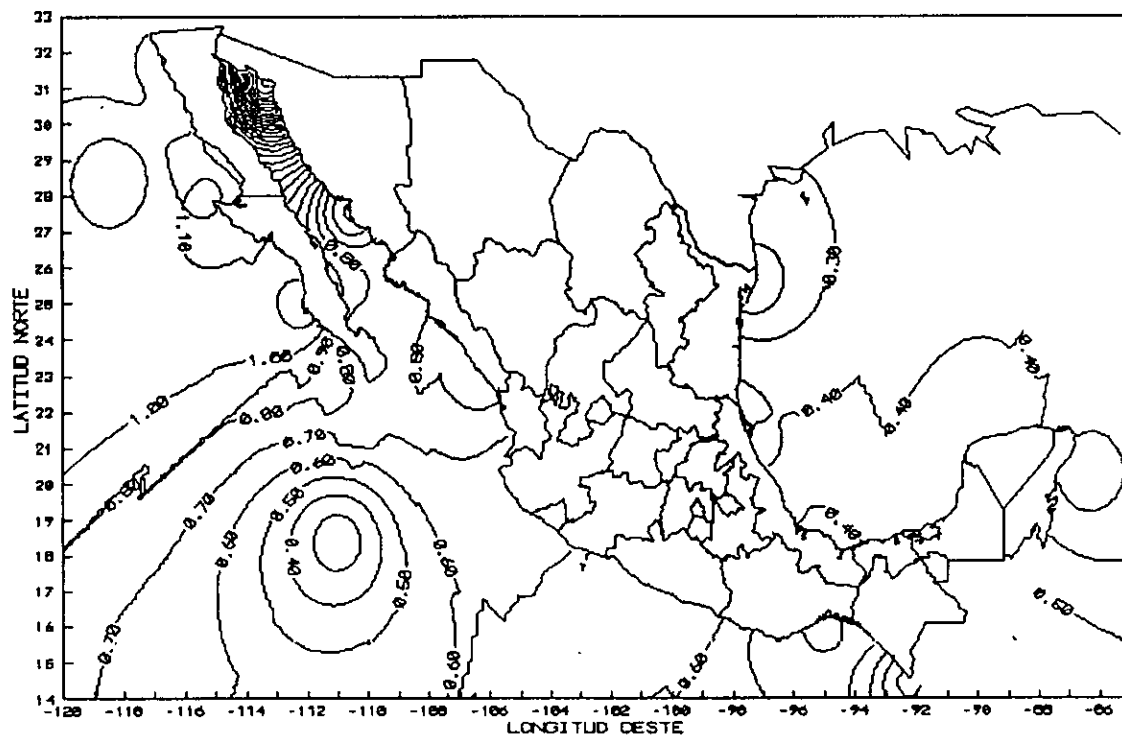


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.8**

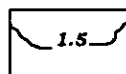
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES EN LOS LITORALES DE MÉXICO SEPTIEMBRE



## SIMBOLOGÍA

 **ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES**

 **EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**

 **COTA EN m.**

## Escala

1 : 24 500 000

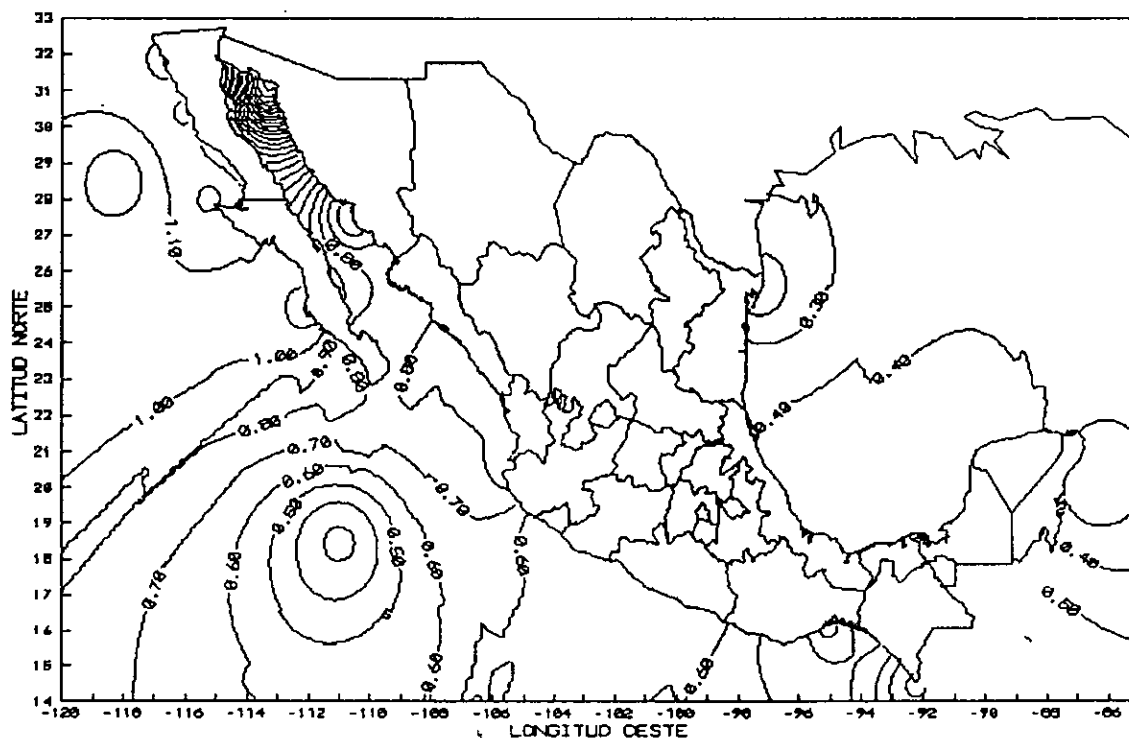


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.


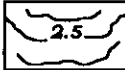
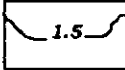
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.9**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES EN LOS LITORALES DE MÉXICO OCTUBRE



### SIMBOLOGÍA

- 
**ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES**
- 
**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**
- 
**COTA EN m.**

**Escala**

1:24 500 000

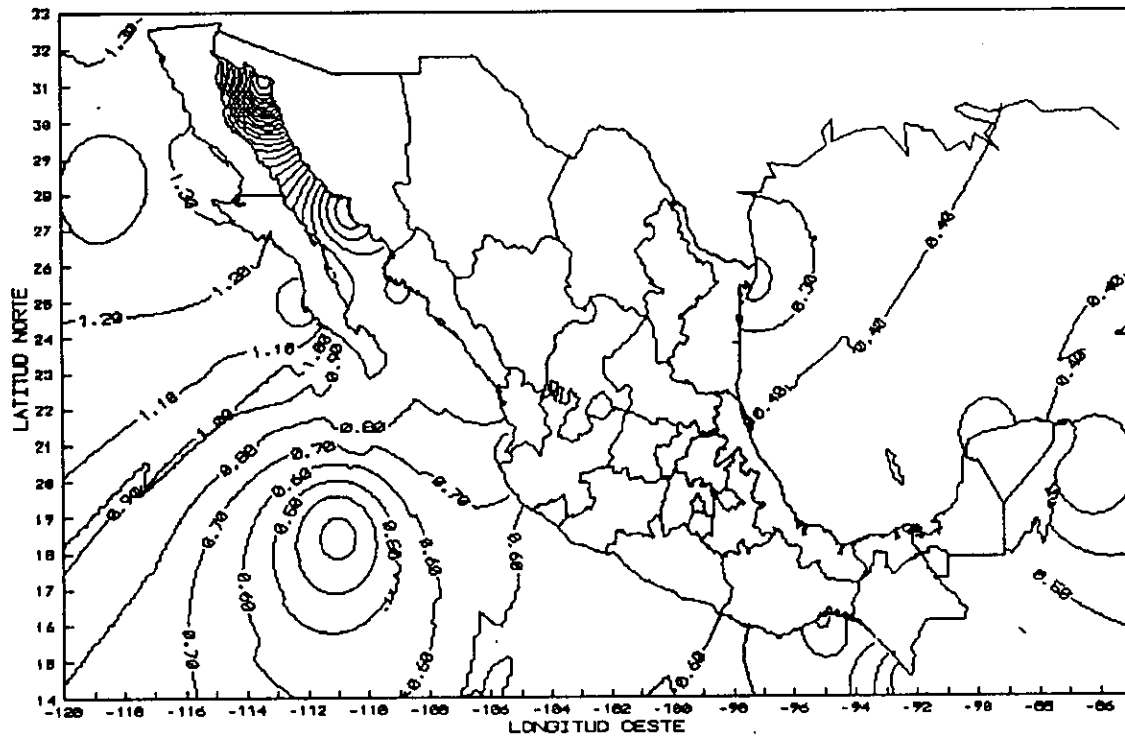


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.10**

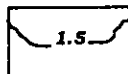
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES EN LOS LITORALES DE MÉXICO NOVIEMBRE



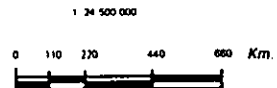
### SIMBOLOGÍA

 ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES

 EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.

 COTA EN m.

### Escala



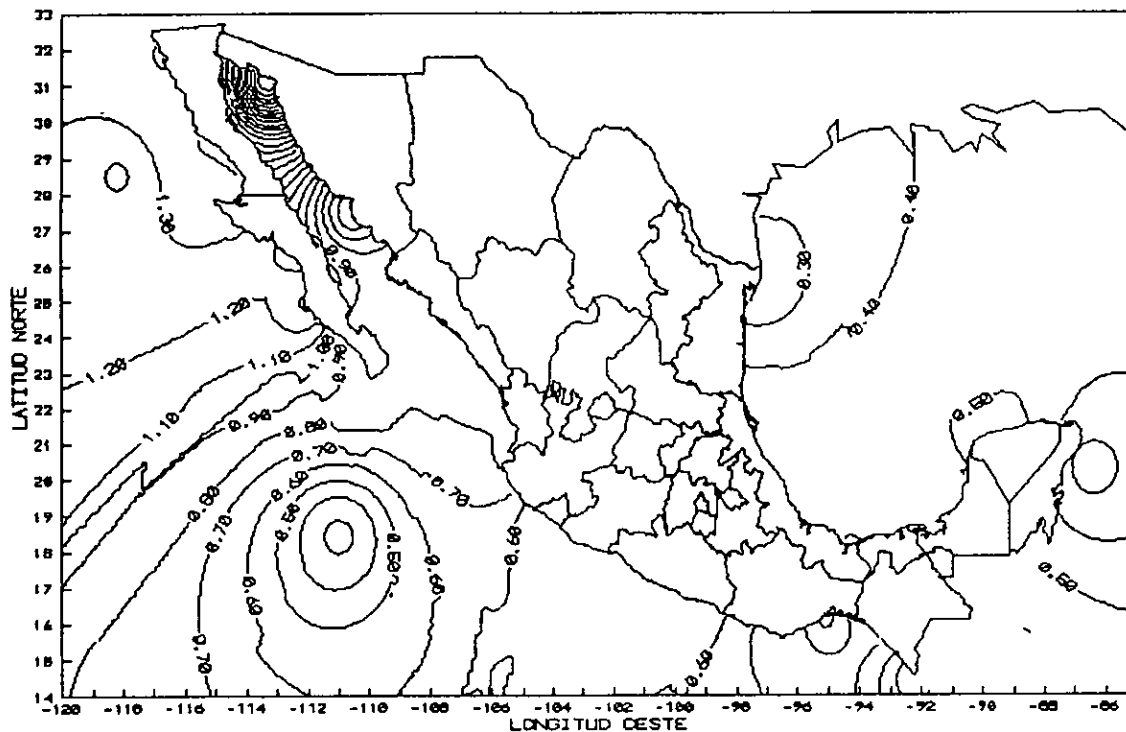
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MARIGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ


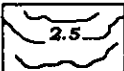
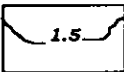
Mapa 5.11



# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES SUPERIORES EN LOS LITORALES DE MÉXICO DICIEMBRE



### SIMBOLOGÍA

-  **ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**
-  **COTA EN m.**

Escala

1 : 24 500 000

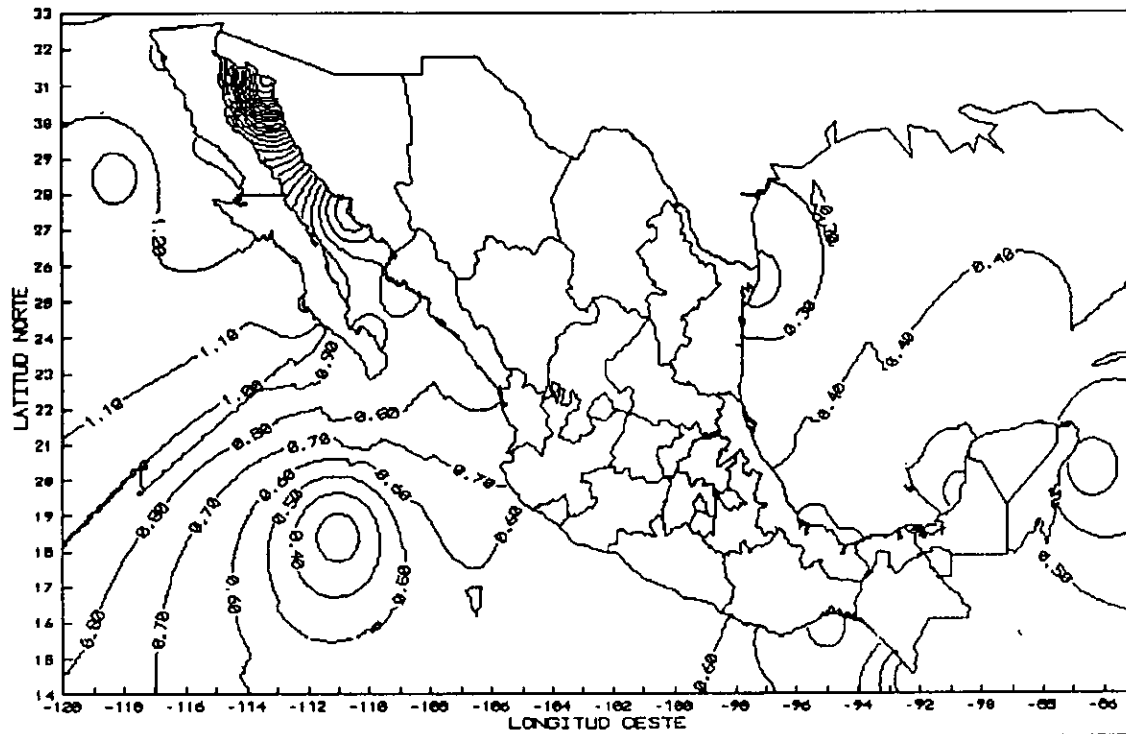


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MARCOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.12**

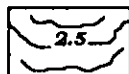
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS ANUALES DE PLEAMARES SUPERIORES EN LOS LITORALES DE MÉXICO



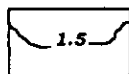
### SIMBOLOGÍA



**ISOLÍNEAS DE PLEAMARES SUPERIORES**



**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**



**COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.13

5.6.1.1 En la región del Océano Pacífico

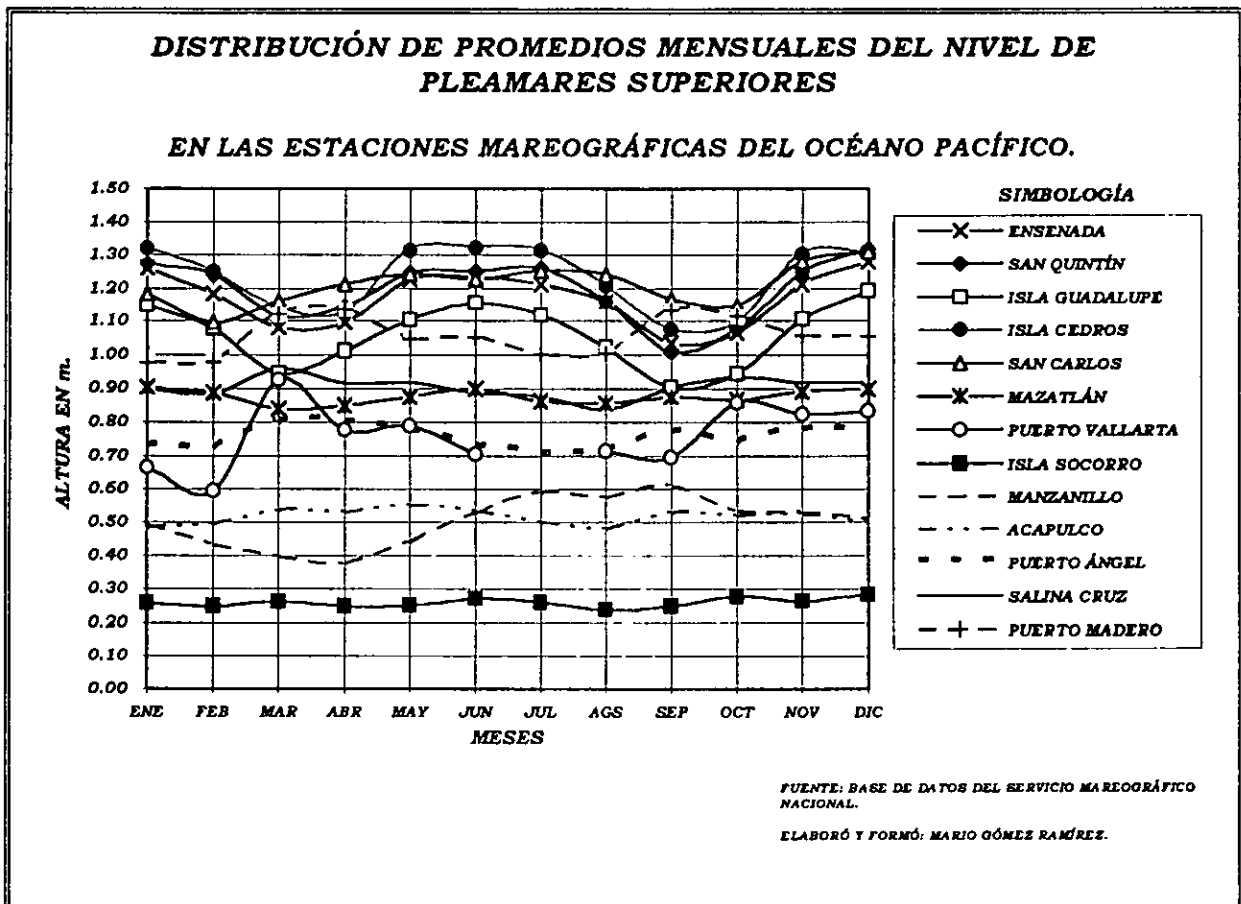
Las estaciones mareográficas localizadas sobre el litoral del Océano Pacífico en función al comportamiento de los promedios mensuales del nivel de pleamares superiores, se observó que la distribución mensual de las alturas alcanzaron los valores más altos en la vertiente occidental de la península de Baja California y fue la isla de Cedros la que destacó con los registros más significativos.

Mazatlán en la parte norte, así como Puerto Ángel y Salina Cruz en el sur, tuvieron un comportamiento con cierta similitud.

Las estaciones de Manzanillo y Acapulco, se acercan más a una distribución similar.

La isla Socorro no registró variaciones significativas y tuvo la altura menor de todo la vertiente del Pacífico.

La estación localizada en el extremo sur del Pacífico mexicano Puerto Madero, tuvo semejanza en la altura con los sitios de las aguas del occidente de la península bajacaliforniana. Sin embargo, el comportamiento en términos generales, se invierte (Véase Gráfica 5.247).

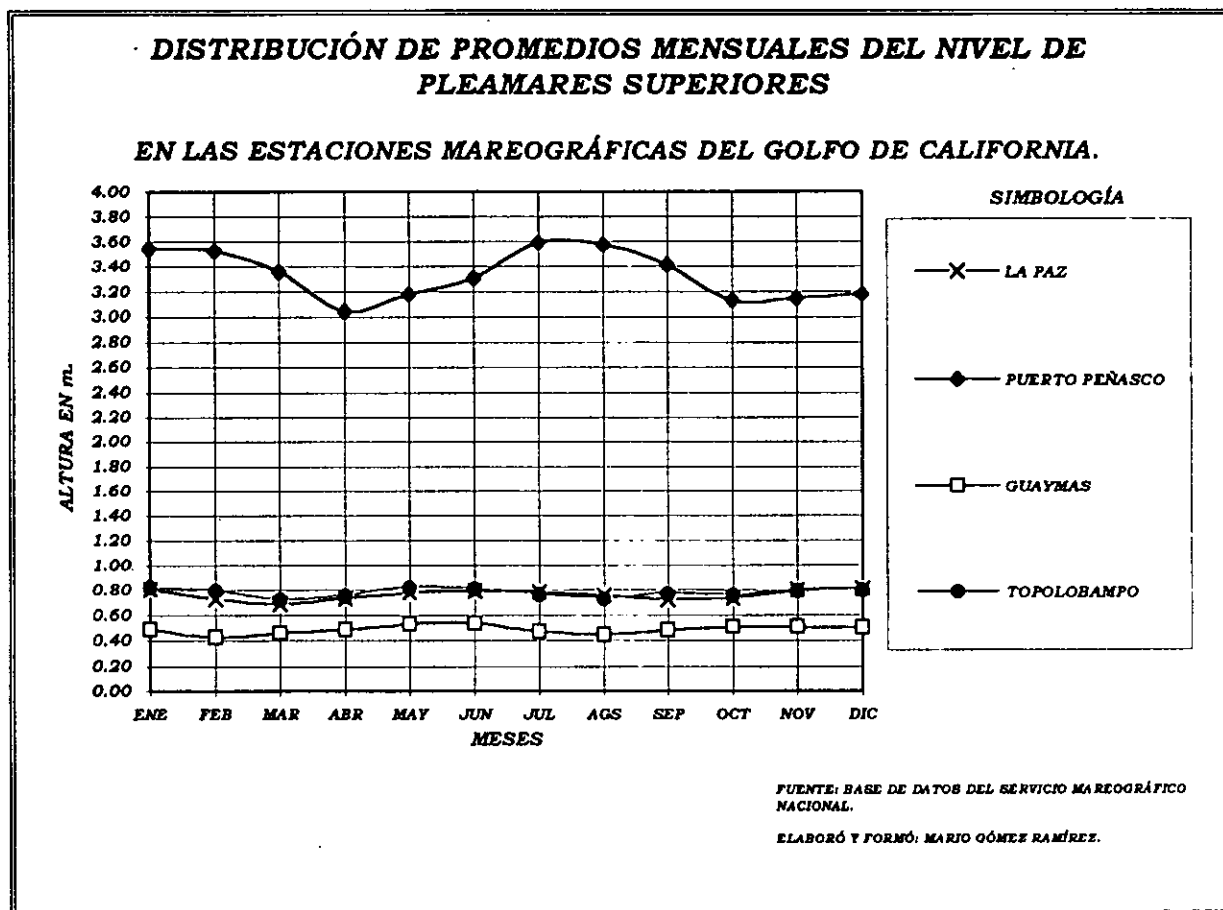


Gráfica 5.247

5.6.1.2 En la región del Golfo de California

En el Golfo de California, las estaciones mareográficas de La Paz y Topolobampo, presentaron cierta uniformidad en el comportamiento y altura de la marea. Guaymas alcanzó alturas menores con respecto a las dos anteriores, pero con una distribución similar.

En este espacio marino se localiza la estación que presentó las alturas mayores de los litorales nacionales y corresponde a Puerto Peñasco, que entre julio y agosto llega a 3.60 m (Véase Gráfica 5.248).



Gráfica 5.248

5.6.1.3 En la región del Golfo de México

En el Golfo de México, el nivel de pleamares superiores tuvo un comportamiento en general muy homogéneo, salvo en las estaciones de Progreso y Lerma que alcanzaron valores ligeramente superiores, esta última a pesar de tener interrupción en su serie, es significativa la altura.

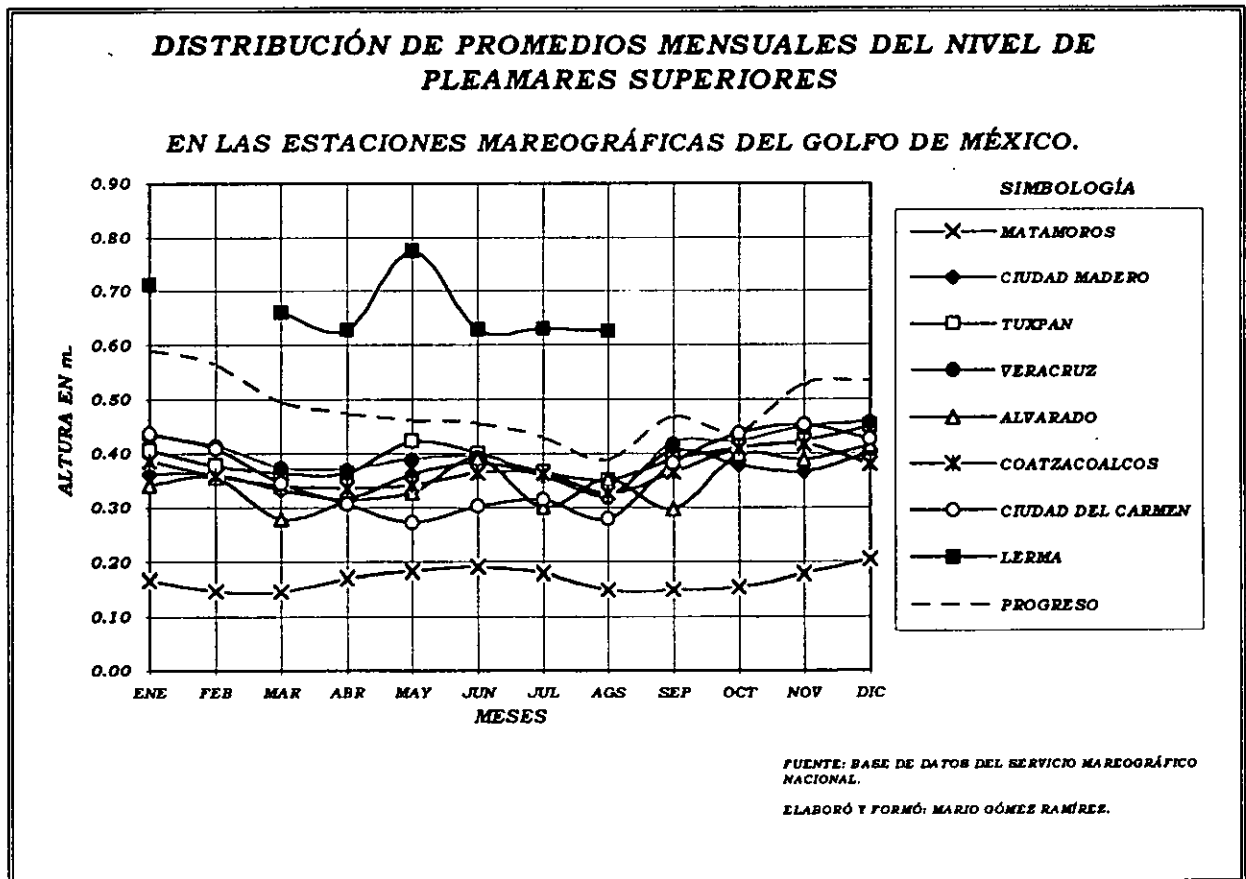
La marea en Matamoros tiene valores más bajos que en el resto de las estaciones.

La estación de ciudad del Carmen es la que mostró los mayores contrastes en comparación con el resto de los sitios del Golfo de México central y sur.

El puerto de Alvarado tuvo una variación mayor con respecto a otras estaciones localizadas sobre los ríos que drenan a la vertiente del Golfo de México.

Se observó que las mayores alturas se presentaron de septiembre a enero.

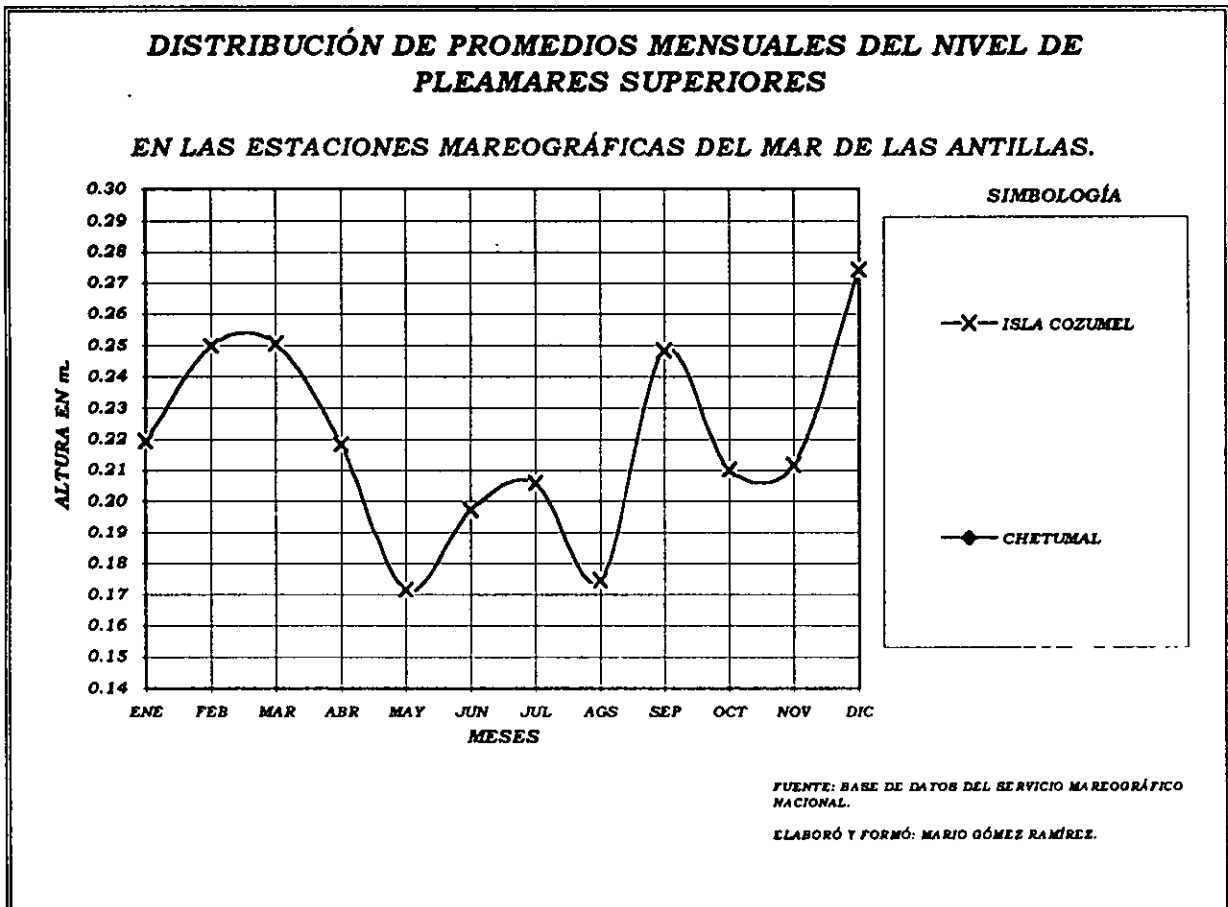
Las estaciones localizadas en el litoral de la península de Yucatán alcanzaron alturas mayores en comparación con las del resto de la vertiente del Golfo de México (Véase Gráfica 5.249).



Gráfica 5.249

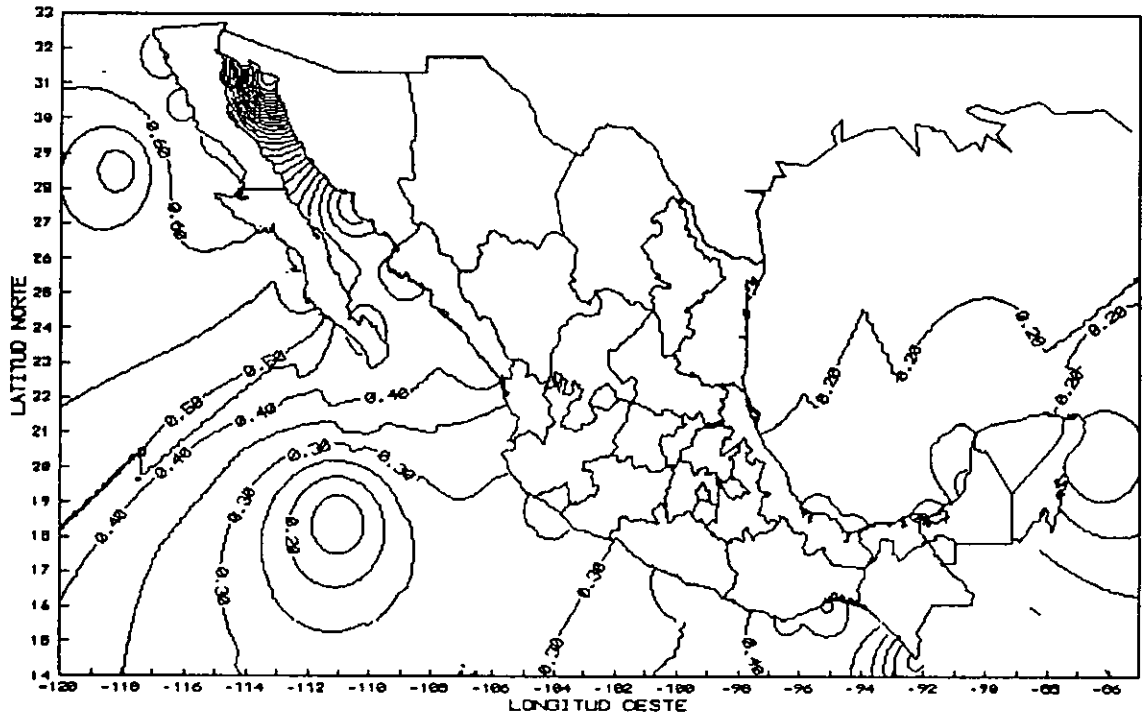
#### 5.6.1.4 En la región del mar de Las Antillas

En el mar de Las Antillas únicamente se obtuvieron registros de la estación de ultramar correspondiente a la isla de Cozumel y tuvo un comportamiento irregular. Sin embargo, se advierte que la variación de la altura de la marea a lo largo del año es pequeña. Esto puede deberse a la extensión de la bahía, disposición, forma, batimetría y a la desembocadura del río Hondo, entre otros que al parecer contribuyen en este hecho (Véase Gráfica 5.250).

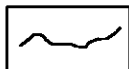
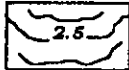
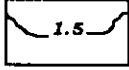


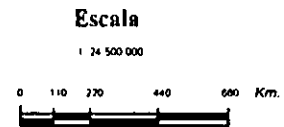
Gráfica 5.250

**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE  
PLEAMARES  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
ENERO**



**SIMBOLOGÍA**

-  ISOLÍNEAS DE PLEAMARES
-  EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.05 m.
-  COTA EN m.

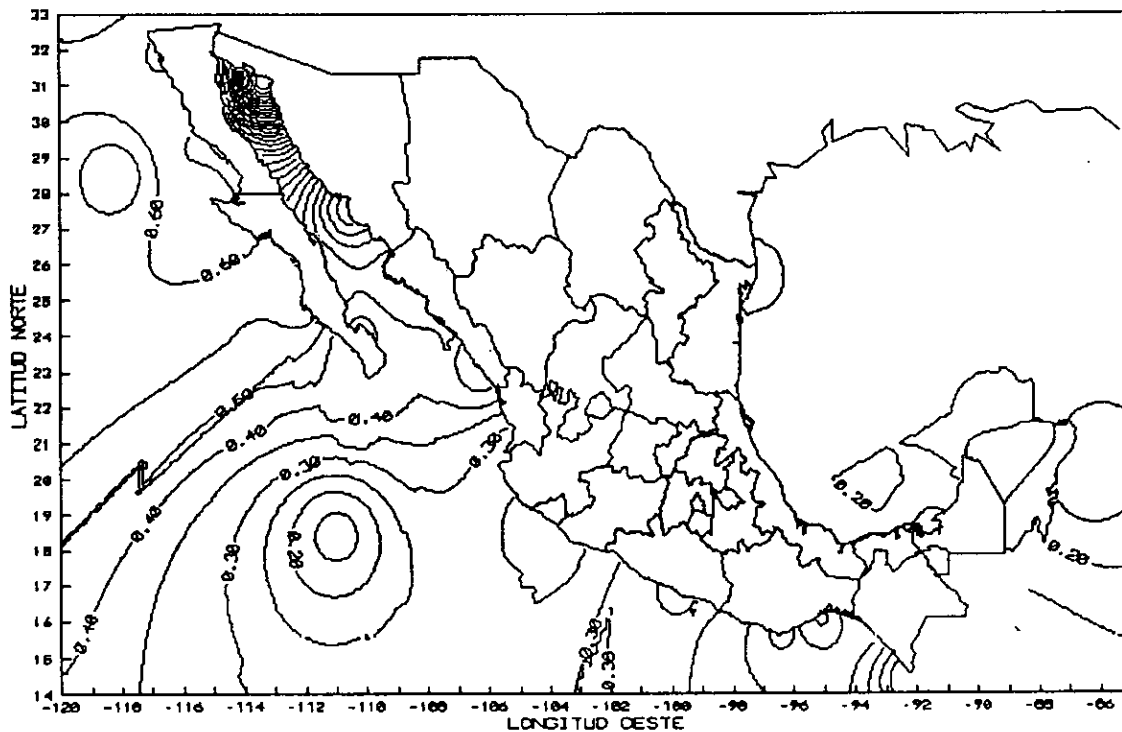


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.


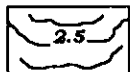
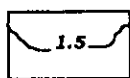
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.14

**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE  
PLEAMARES  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
FEBRERO**



**SIMBOLOGÍA**

-  **ISOLÍNEAS DE PLEAMARES**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.05 m.**
-  **COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

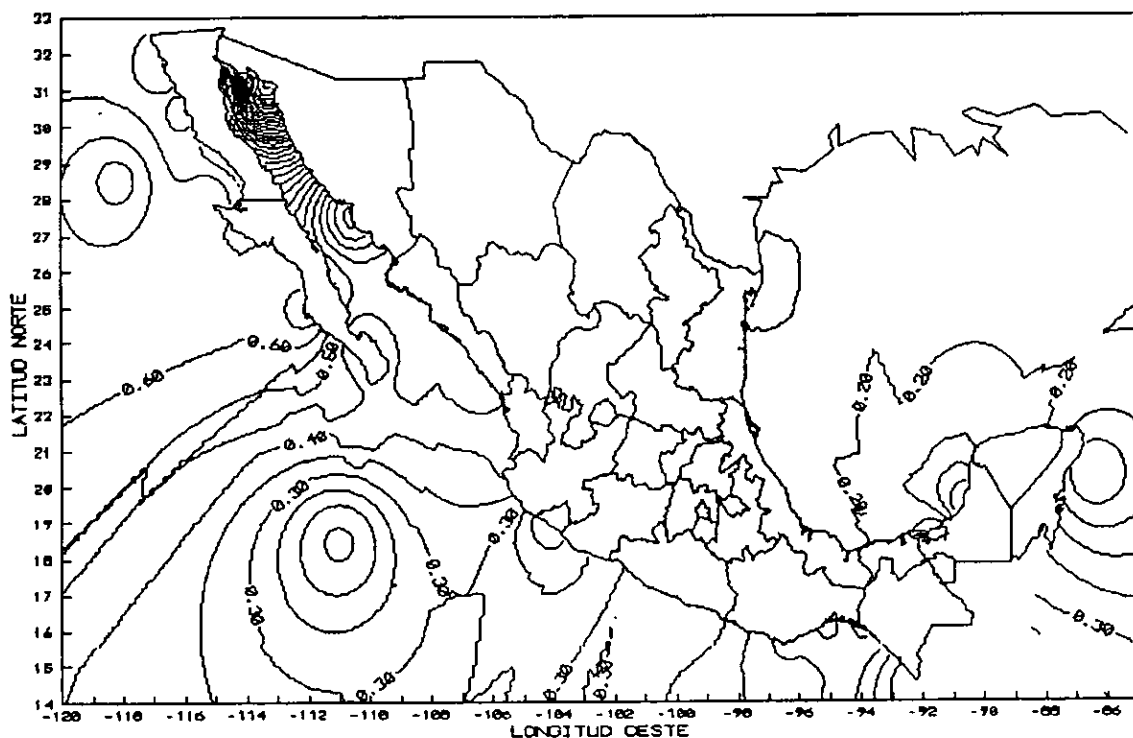
**Mapa 5.15**



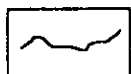
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

EN LOS LITORALES DE MÉXICO

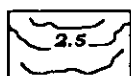
MARZO



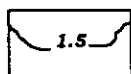
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES



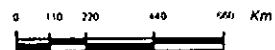
EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.05 m.



COTA EN m.

Escala

1 : 24 500 000

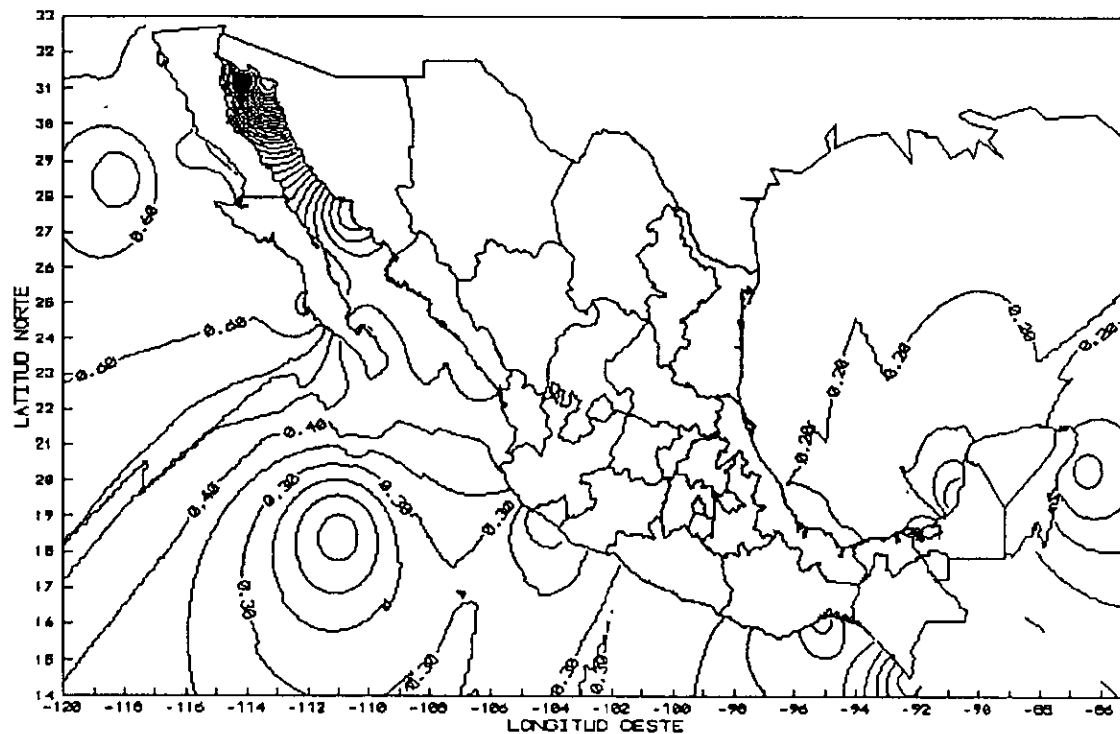


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.


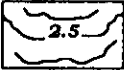
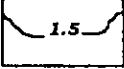
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.16

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES EN LOS LITORALES DE MÉXICO ABRIL



### SIMBOLOGÍA

-  **ISOLÍNEAS DE PLEAMARES**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.05 m.**
-  **COTA EN m.**

### Escala

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

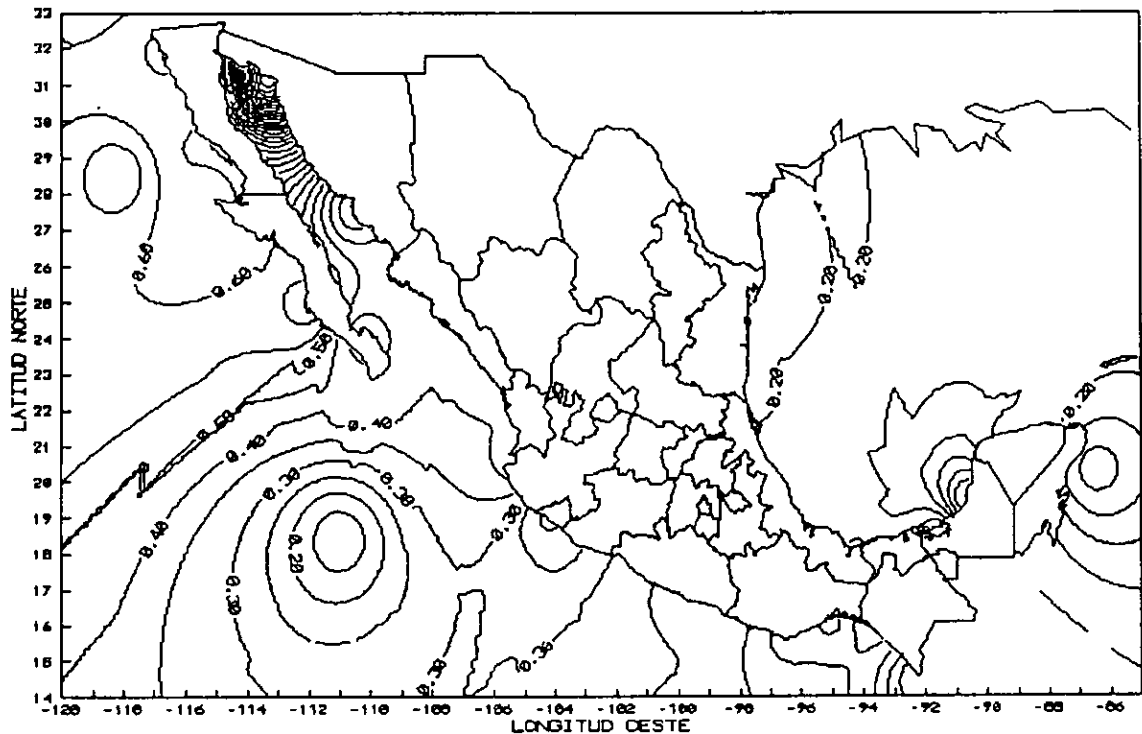
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.17

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

EN LOS LITORALES DE MÉXICO

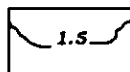
MAYO



### SIMBOLOGÍA

 **ISOLÍNEAS DE PLEAMARES**

 **EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.05 m.**

 **COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

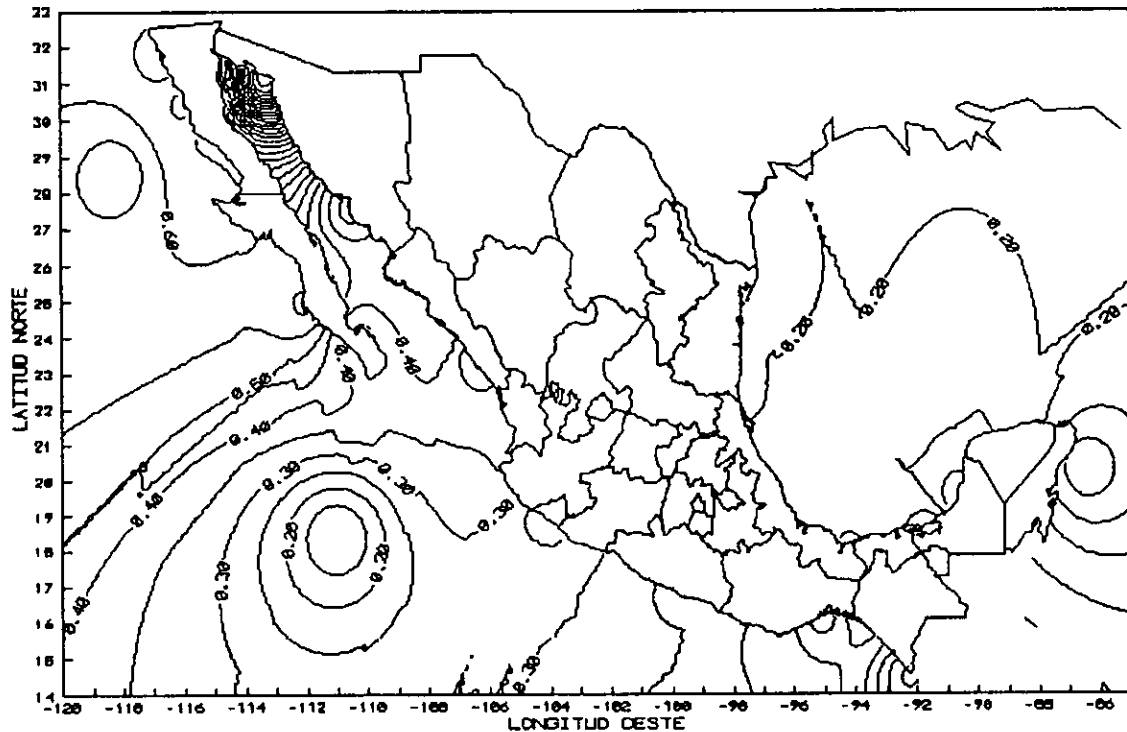
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.18**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

EN LOS LITORALES DE MÉXICO

JUNIO



## SIMBOLOGÍA



Escala

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

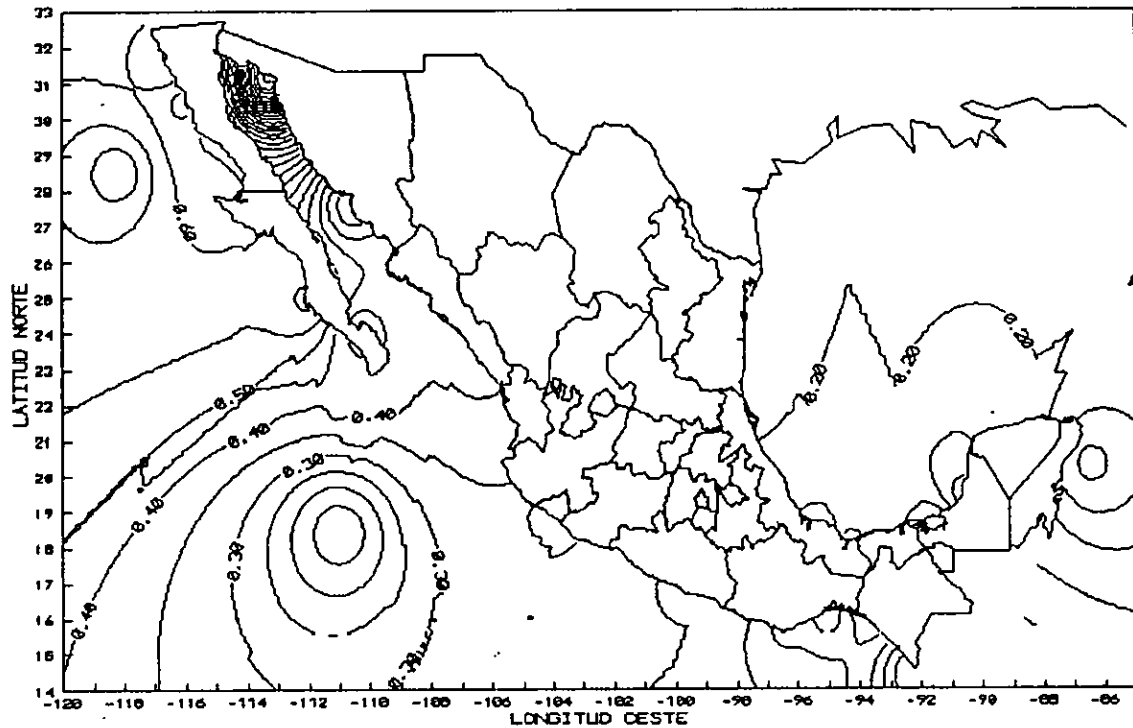
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.19

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

## EN LOS LITORALES DE MÉXICO

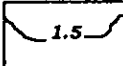
### JULIO



#### SIMBOLOGÍA

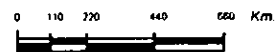
 ISOLÍNEAS DE PLEAMARES

 EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.05 m.

 COTA EN m.

Escala

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

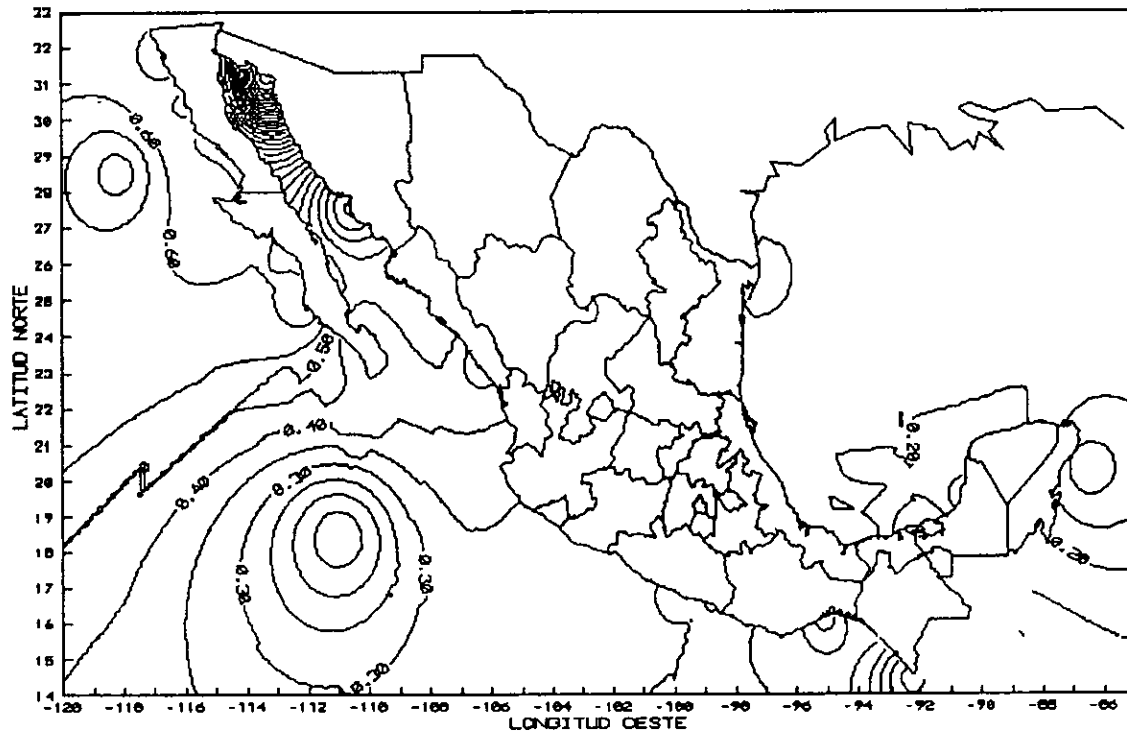
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.20

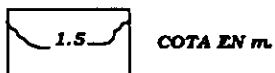
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

EN LOS LITORALES DE MÉXICO

AGOSTO

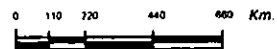


## SIMBOLOGÍA



**Escala**

1 : 4 500 000

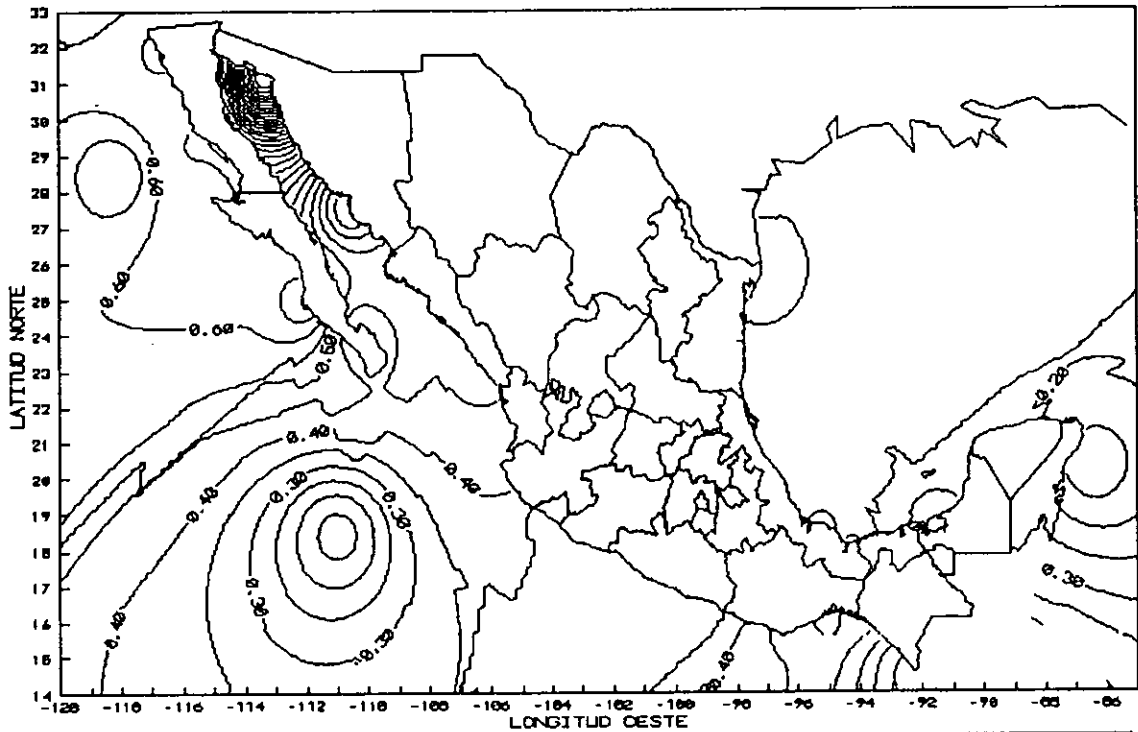


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOGRAFICA, UNAM

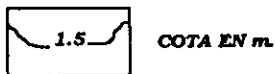
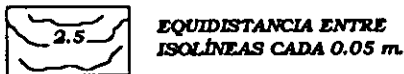
FORMÓ Y ELABORÓ: MARJO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.21

**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE  
PLEAMARES  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
SEPTIEMBRE**



**SIMBOLOGÍA**



**Escala**

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

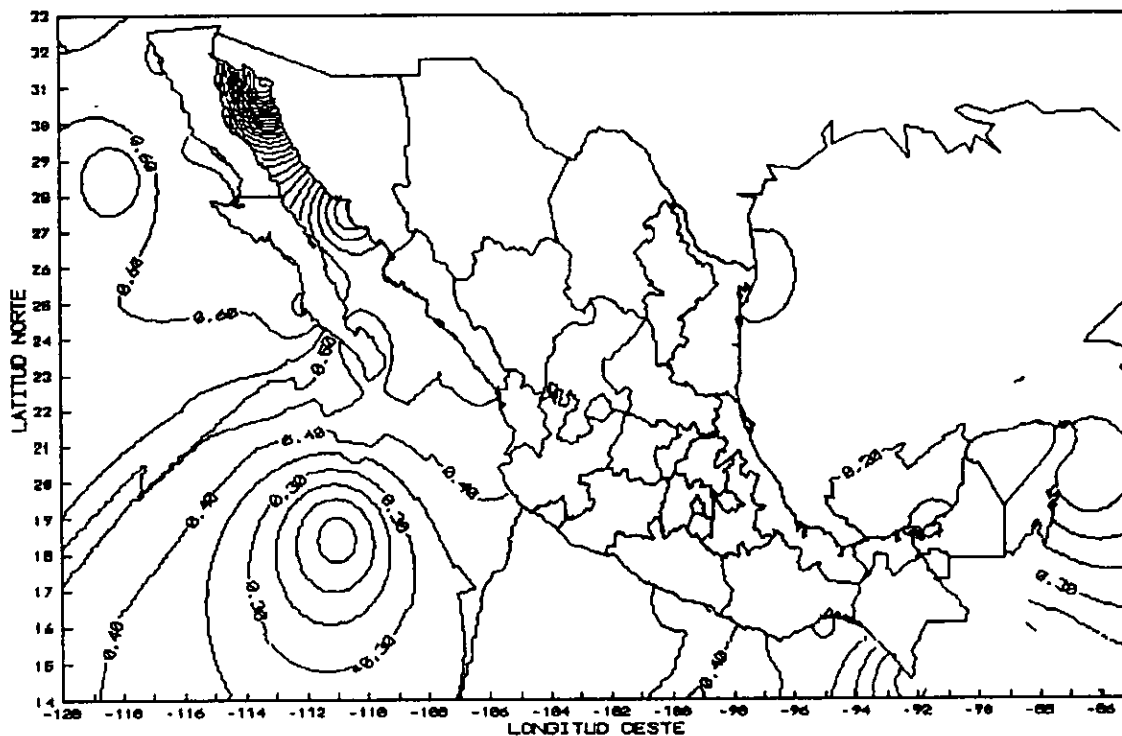
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.22**

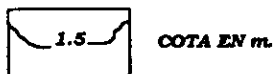
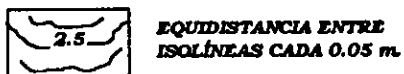
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

## EN LOS LITORALES DE MÉXICO

### OCTUBRE



#### SIMBOLOGÍA



Escala

1:24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

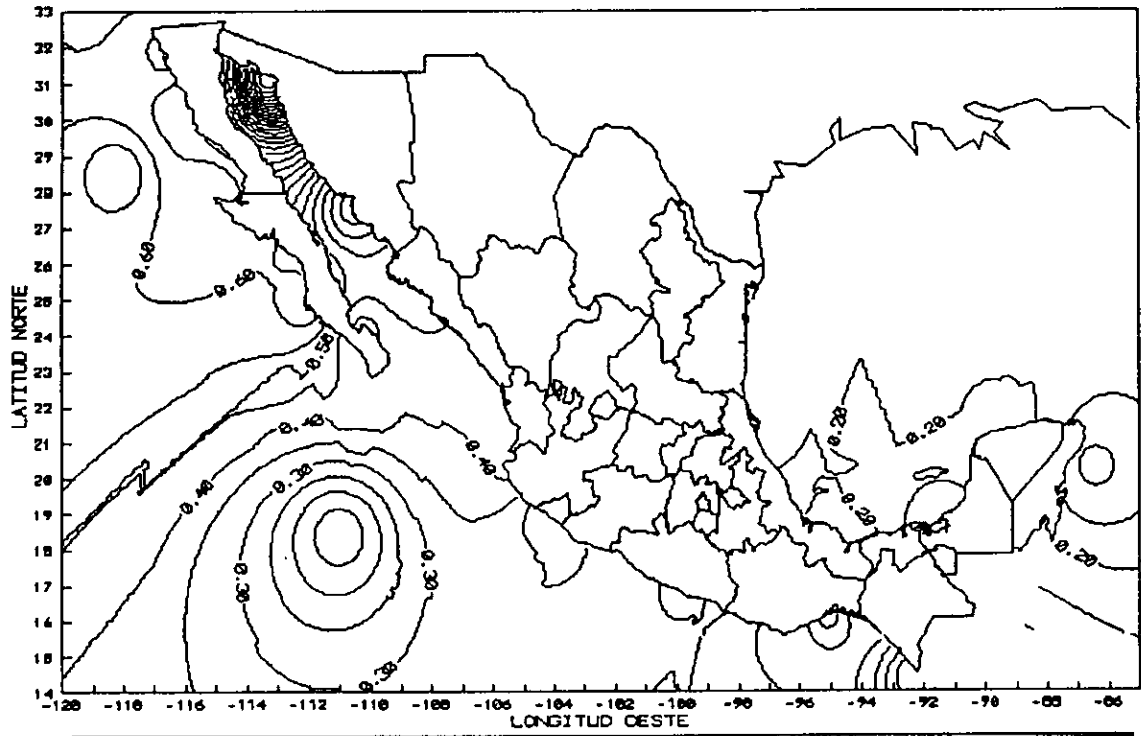
Mapa 5.23




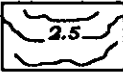
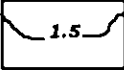
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

## EN LOS LITORALES DE MÉXICO

### NOVIEMBRE

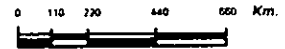


#### SIMBOLOGÍA

-  **ISOLÍNEAS DE PLEAMARES**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.05 m.**
-  **COTA EN m.**

#### Escala

1 : 24 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM

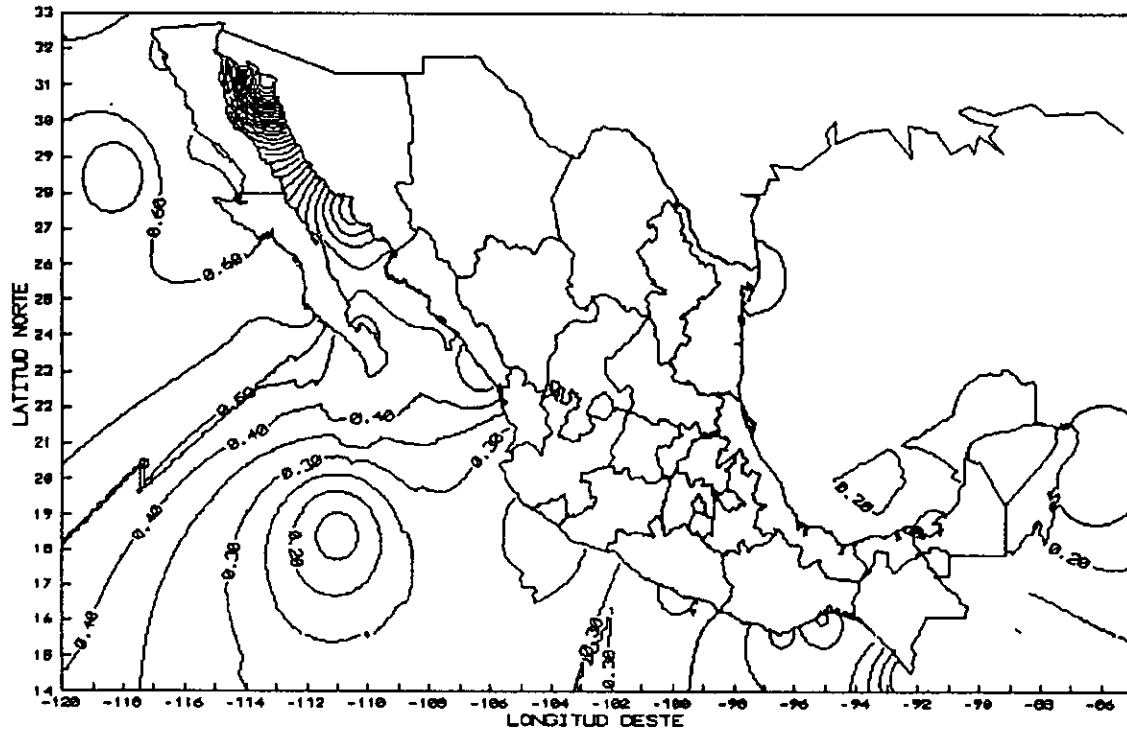
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO OÓMES RAMÍRES

**Mapa 5.24**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DE PLEAMARES

EN LOS LITORALES DE MÉXICO

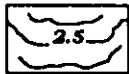
DICIEMBRE



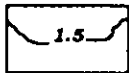
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DE PLEAMARES



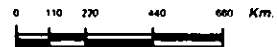
EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.05 m.



COTA EN m.

## Escala

1 : 24 500 000

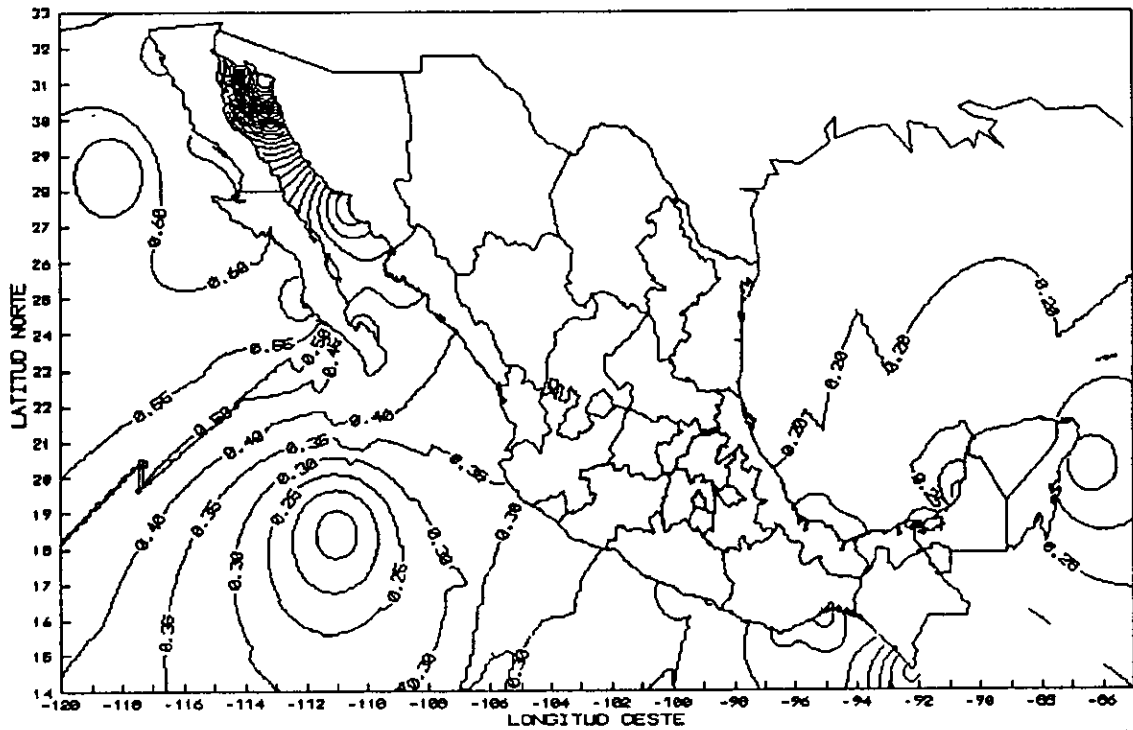


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.


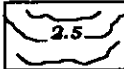
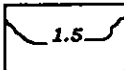
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO OÓMES RAMÍRES

Mapa 5.25

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS ANUALES DE PLEAMARES EN LOS LITORALES DE MÉXICO

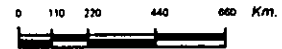


### SIMBOLOGÍA

-  **ISOLÍNEAS DE PLEAMARES**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**
-  **COTA EN m.**

### Escala

1 : 4 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO OÓMES RAMÍRES

**Mapa 5.26**

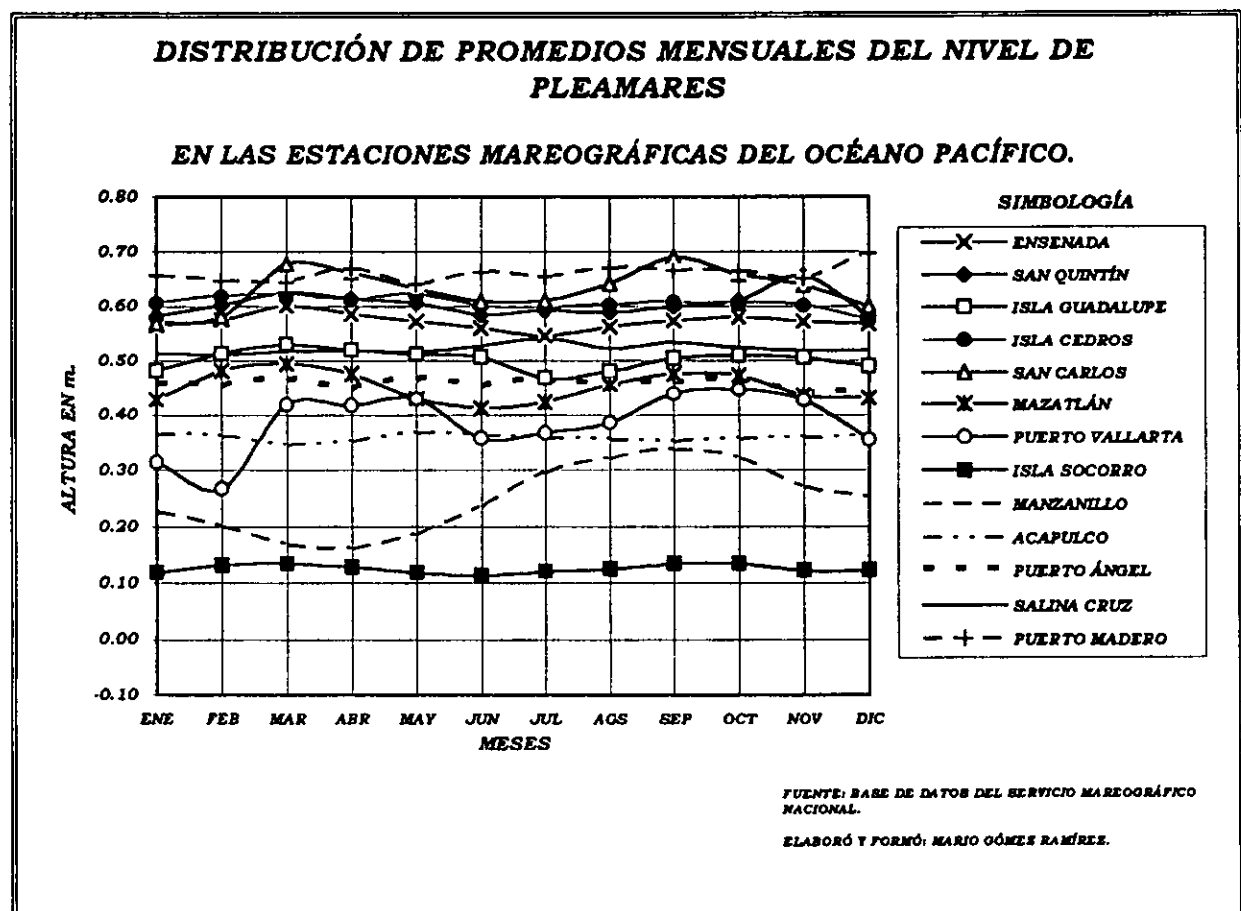
### 5.6.2.1 En la región del Océano Pacífico

En el comportamiento de los promedios mensuales del nivel de pleamares la estación localizada en la parte norte del Océano Pacífico que alcanzó la mayor altura fue San Carlos, y en el sur correspondió a Puerto Madero.

Las estaciones de la isla de Guadalupe y Mazatlán tuvieron semejanza en el comportamiento.

Puerto Vallarta y Manzanillo presentaron una variación marcada, en cambio la isla Socorro y Acapulco tienden a una distribución homogénea.

En el Golfo de Tehuantepec fue similar la situación entre Salina Cruz y Puerto Ángel, sin embargo, la primera alcanzó mayor altura (Véase Gráfica 5.251).

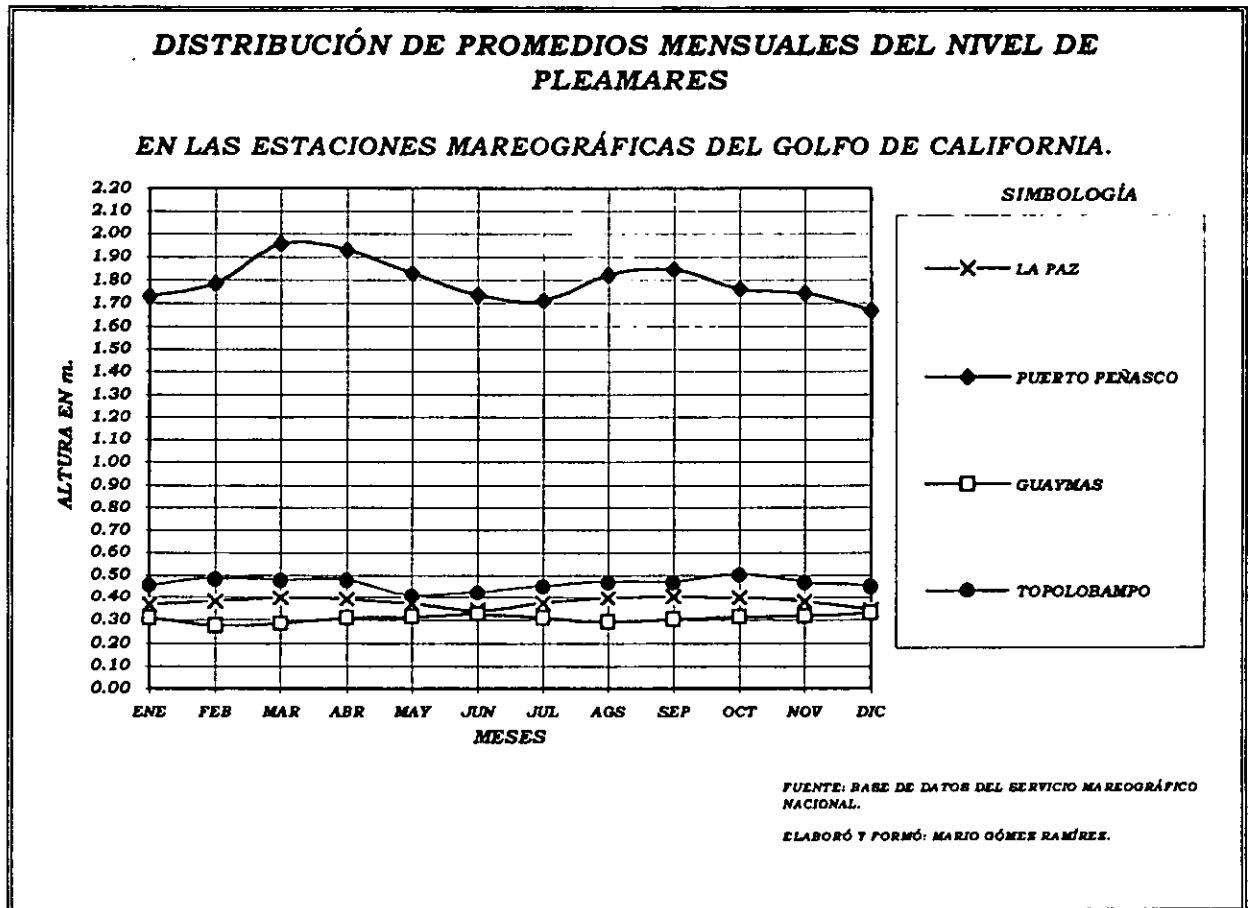


Gráfica 5.251

### 5.6.2.2 En el Golfo de California

En el Golfo de California, las estaciones mareográficas de La Paz y Topolobampo en términos generales, siguieron un comportamiento muy similar a través del año. Guaymas tuvo una ligera diferencia en la distribución y alcanzó una variación pequeña con respecto a las estaciones anteriormente señaladas.

Puerto Peñasco fue la estación más significativa en la elevación de la marea sobre el espacio marino del mar de Cortés, con una variación máxima de 0.30 m a través del año (Véase Gráfica 5.252).



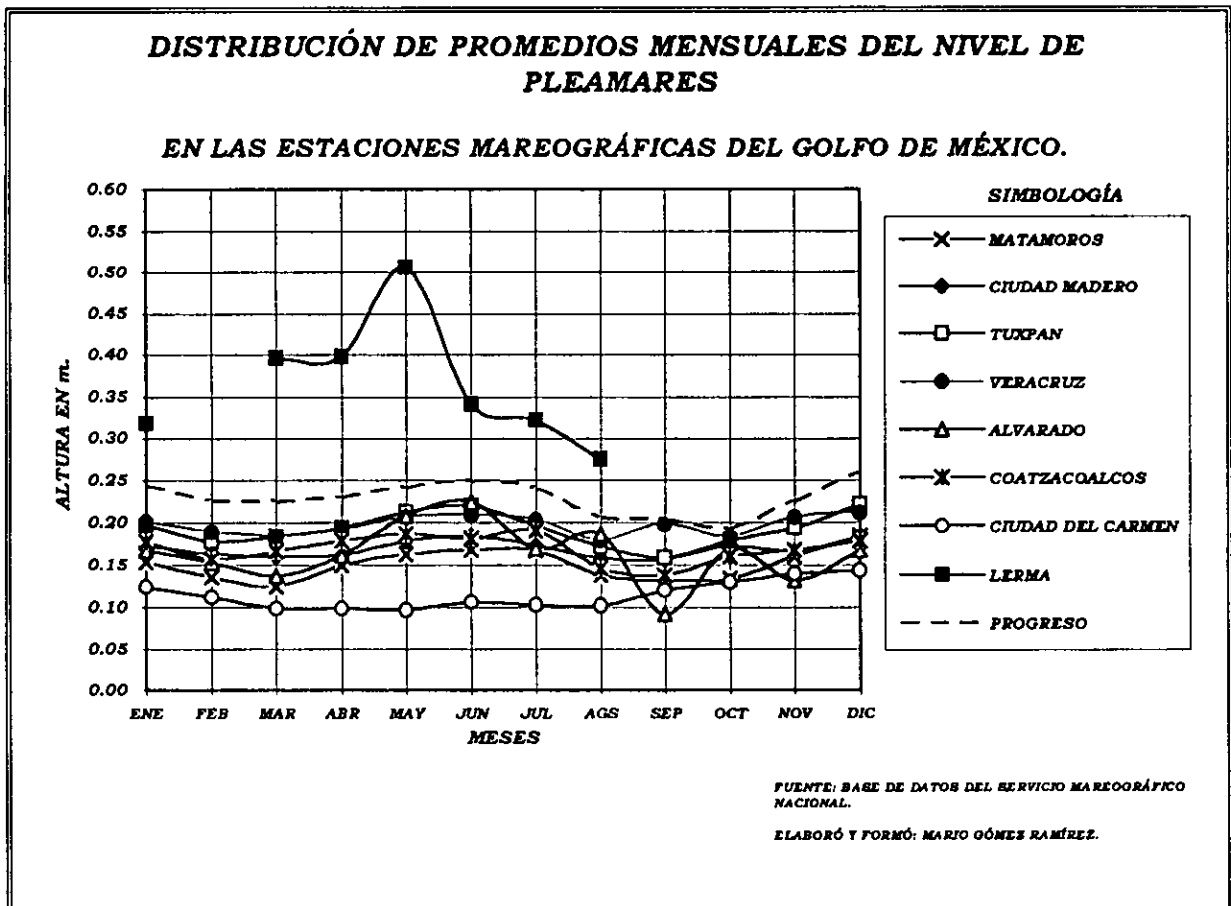
Gráfica 5.252

### 5.6.2.3 En el Golfo de México

En el Golfo de México, las pleamares corresponden en la mayor parte a registros de marea propiamente sobre el comportamiento que tienen los ríos al escurrir hacia dicha vertiente. Sin embargo, al compararlas con el puerto de Veracruz que mide la marea sobre el litoral, en general, no se observaron variaciones significativas en la mayoría de los casos, solamente Alvarado durante el verano y otoño contrastó.

Lerma en la Sonda de Campeche alcanzó los mayores registros de la marea, en comparación con las demás estaciones emplazadas en el litoral del Golfo de México.

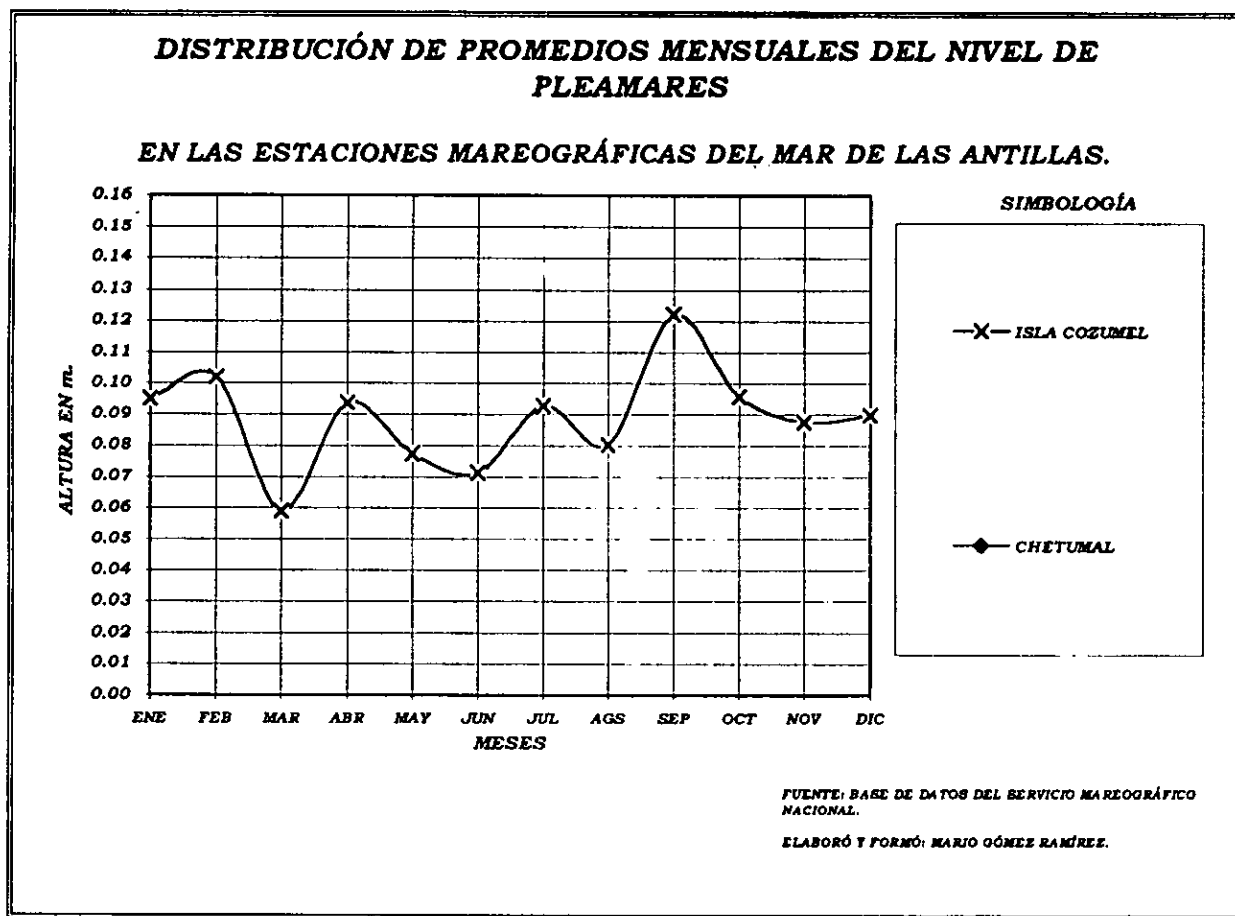
Puerto Progreso en la parte norte de la península de Yucatán, tiene un comportamiento similar con las demás estaciones de la región del Golfo, con la diferencia que mostró registros ligeramente más altos; en cambio ciudad del Carmen tuvo los menores (Véase Gráfica 5.253).



Gráfica 5.253

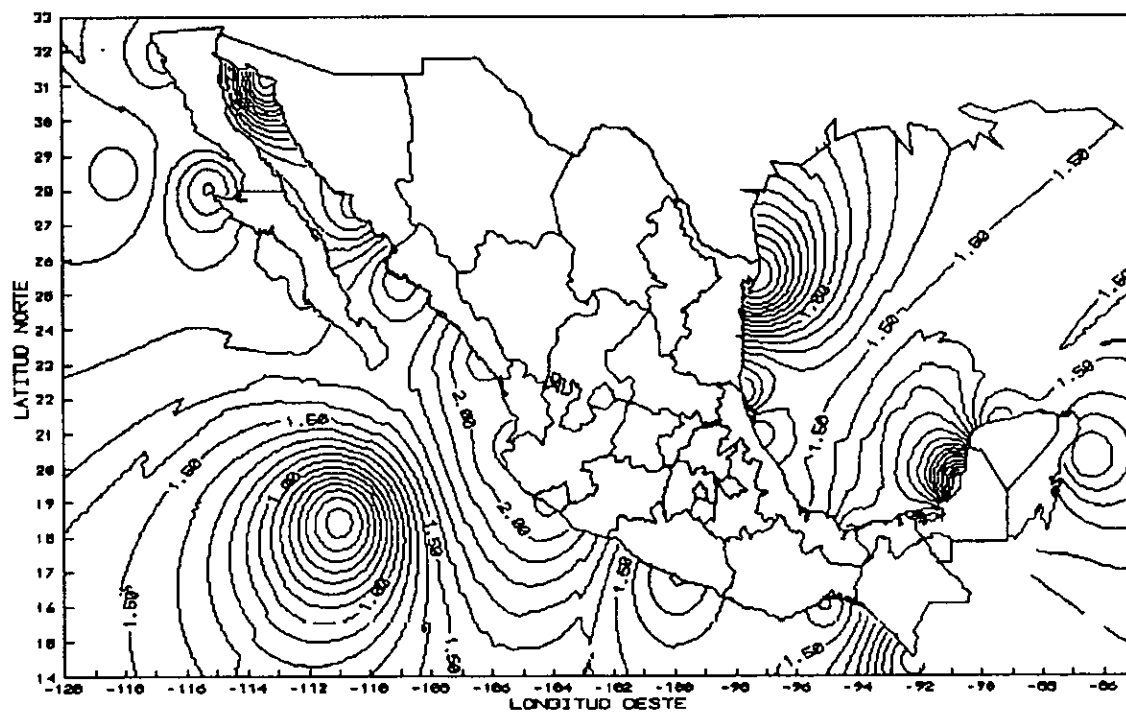
### 5.6.2.4 En la región del mar de Las Antillas

En el mar de Las Antillas, en el entorno de la isla de Cozumel la variación del comportamiento de la marea resultó mínima. En el otoño mostró la mayor altura (Véase Gráfica 5.254).



Gráfica 5.254

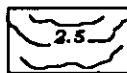
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN LOS LITORALES DE MÉXICO ENERO



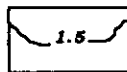
### SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR



EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.



COTA EN m.

Escala

1 : 24 500 000



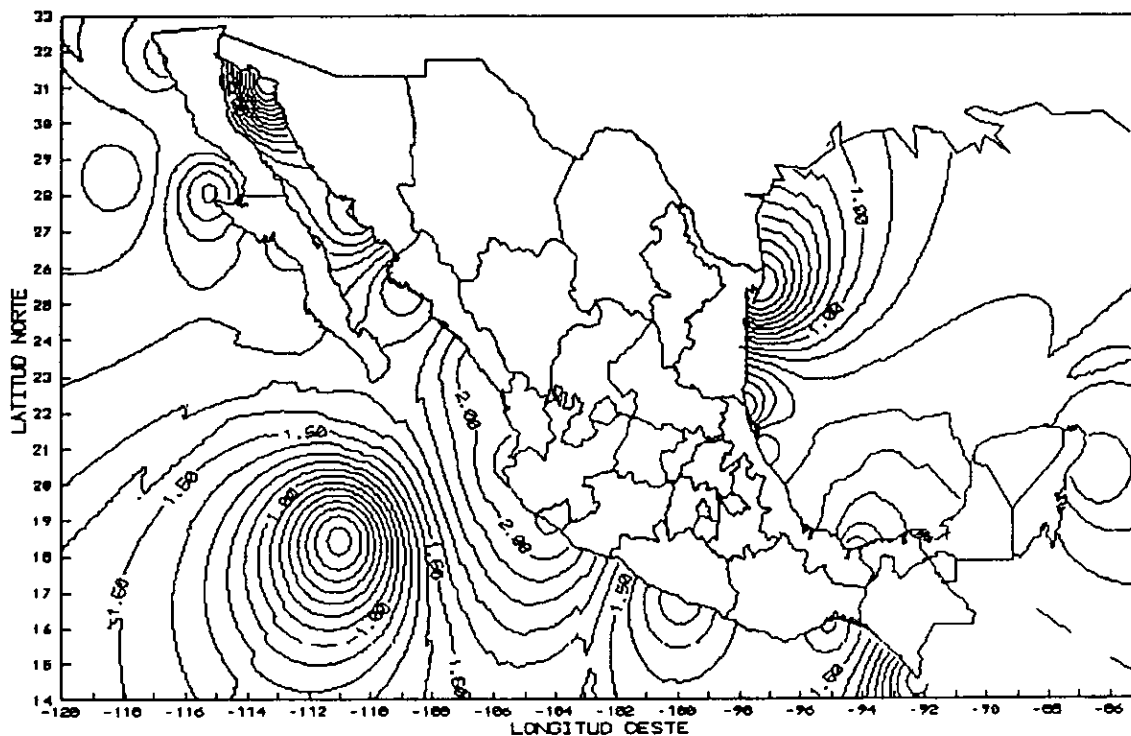
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.27



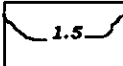
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL MEDIO DEL MAR  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
FEBRERO**



**SIMBOLOGÍA**

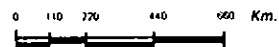
 **ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR**

 **EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m**

 **COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000



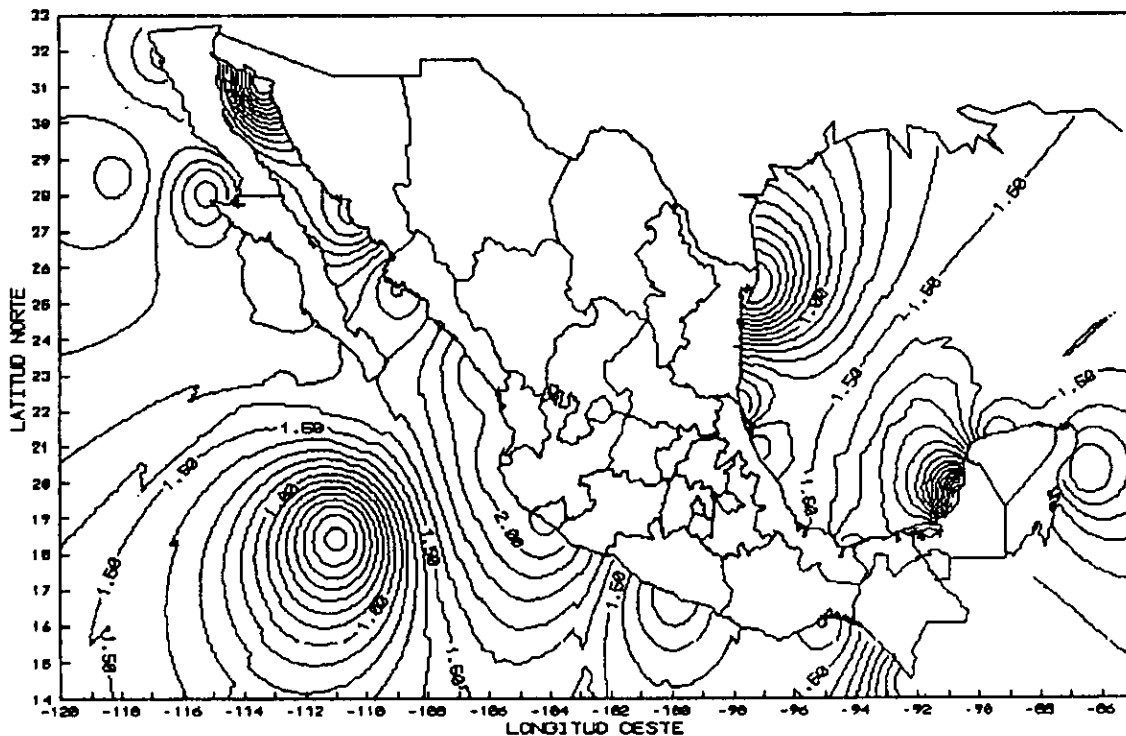
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

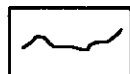
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.28**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN LOS LITORALES DE MÉXICO MARZO



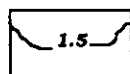
## SIMBOLOGÍA



**ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR**



**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**



**COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000

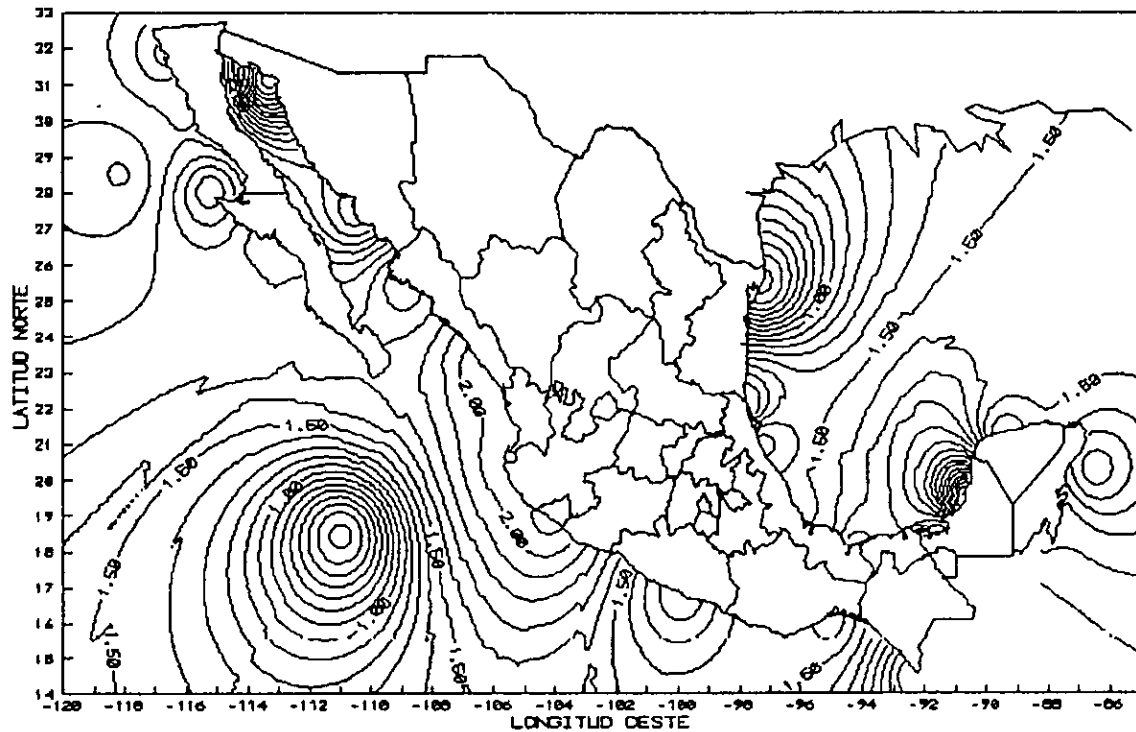


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.


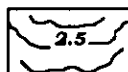
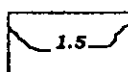
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.29

**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL MEDIO DEL MAR  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
ABRIL**



**SIMBOLOGÍA**

-  **ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m**
-  **COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000



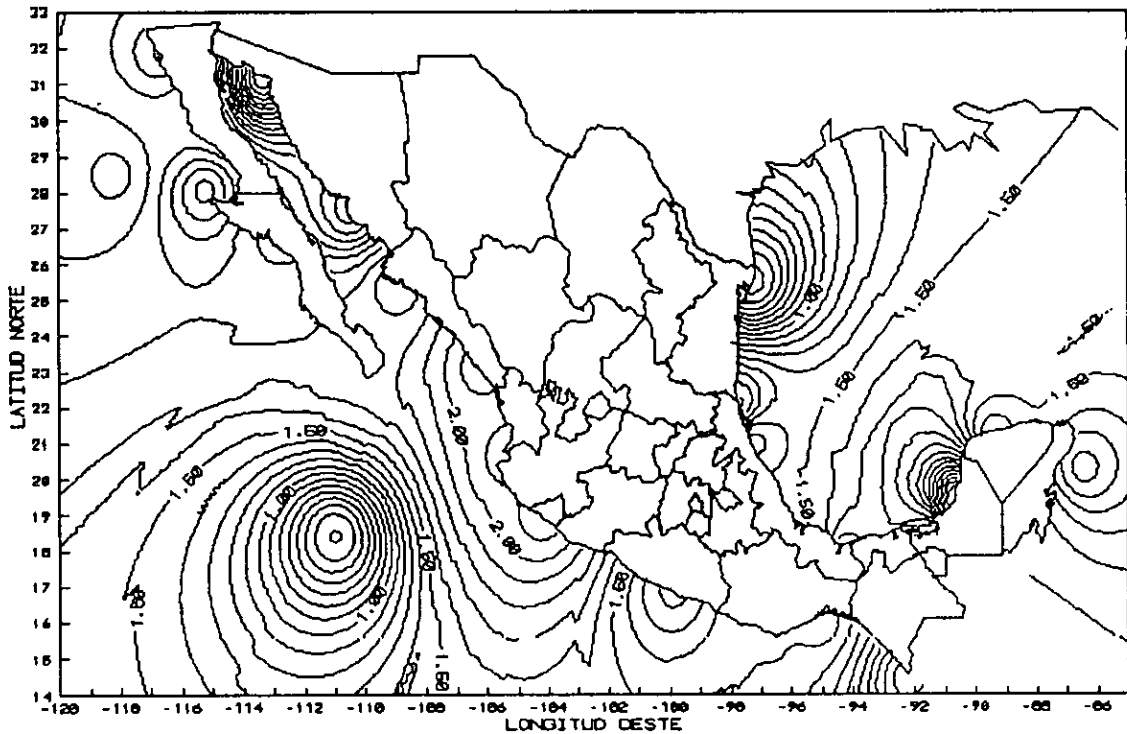
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.30**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN LOS LITORALES DE MÉXICO

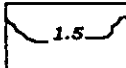
MAYO



### SIMBOLOGÍA

 **ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR**

 **EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**

 **COTA EN m.**

Escala

1 : 24 500 000

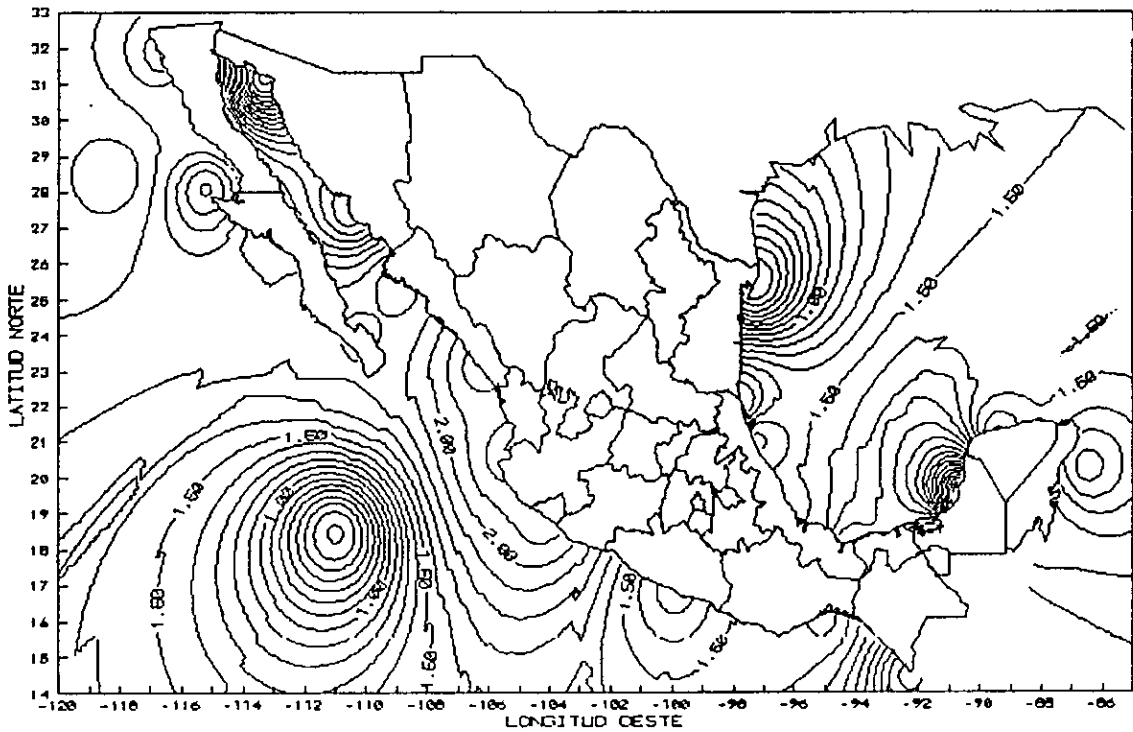


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.


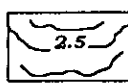
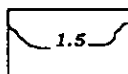
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.31

**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL MEDIO DEL MAR  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
JUNIO**

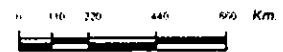


**SIMBOLOGÍA**

-  **ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**
-  **COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000

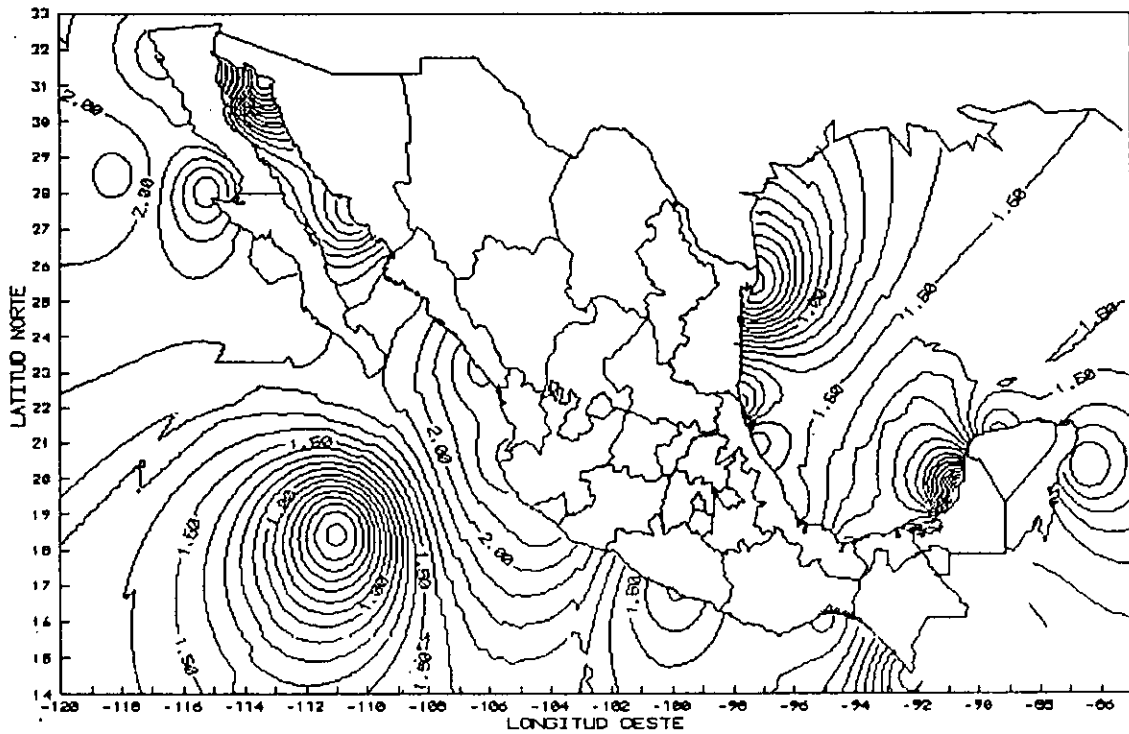


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.


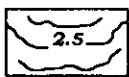
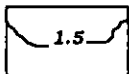
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.32**

**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL MEDIO DEL MAR  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
JULIO**

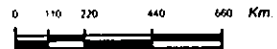


**SIMBOLOGÍA**

-  **ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**
-  **COTA EN m.**

Escala

1 : 24 500 000

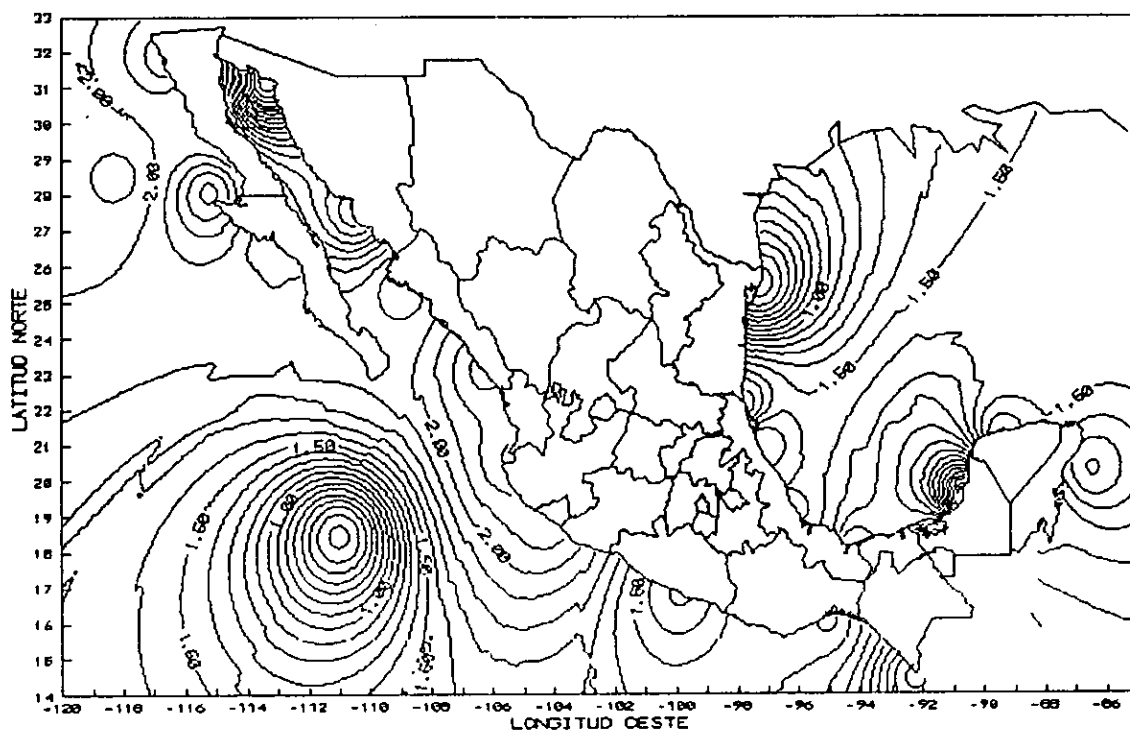


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOPÍSICA, UNAM.


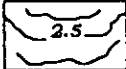
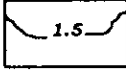
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO OÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.33

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN LOS LITORALES DE MÉXICO AGOSTO

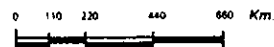


### SIMBOLOGÍA

-  ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR
-  EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.
-  COTA EN m.

### Escala

1 : 24 500 000

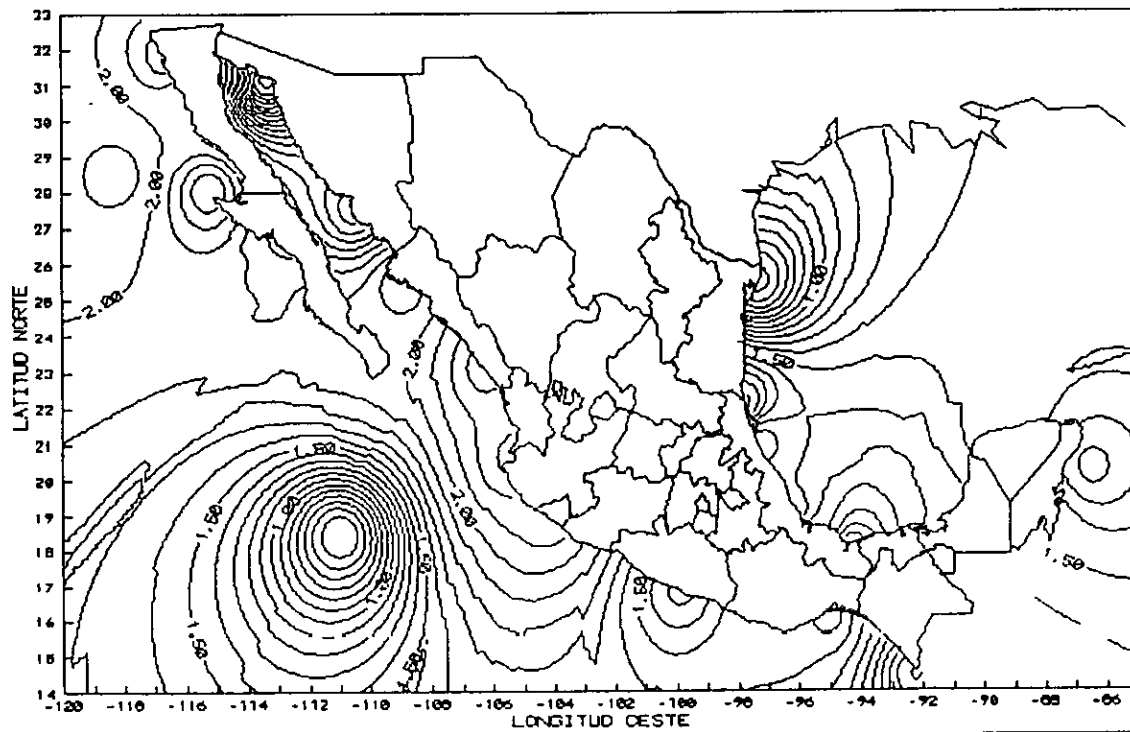


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.34

**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL MEDIO DEL MAR  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
SEPTIEMBRE**



**SIMBOLOGÍA**

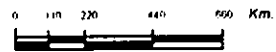
 ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR

 EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.

 COTA EN m.

**Escala**

1 : 24 500 000



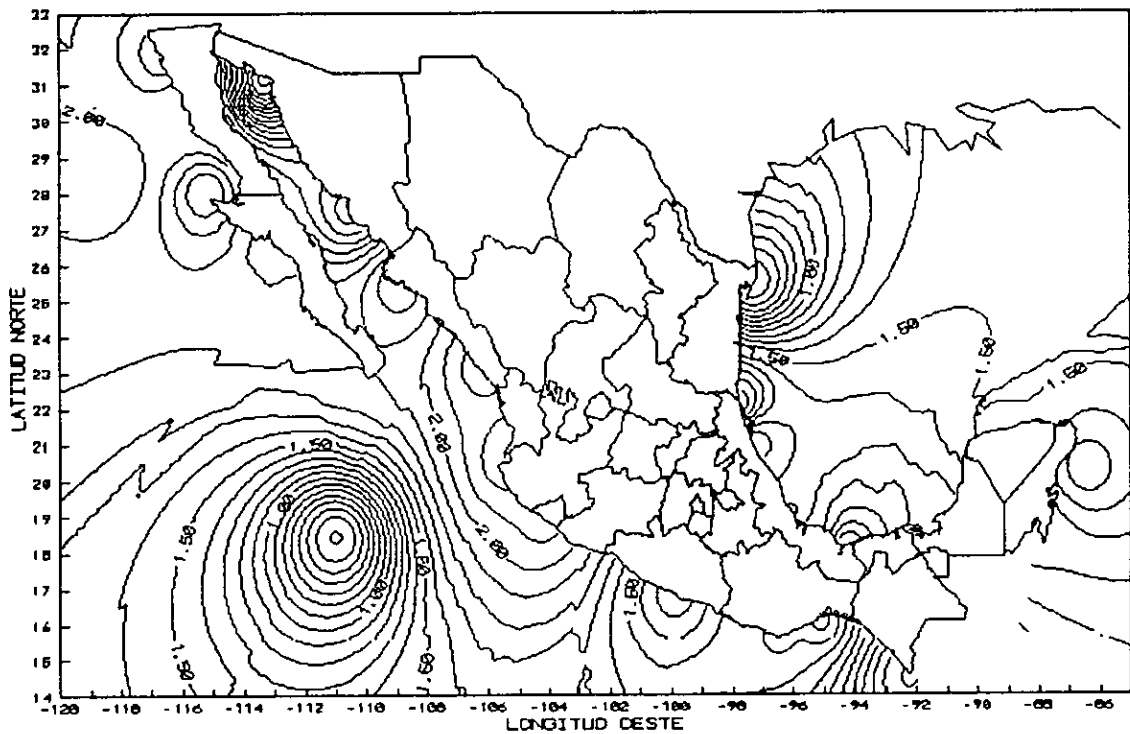
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO OJAMES RAMÍREZ


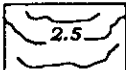
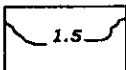
**Mapa 5.35**



**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL MEDIO DEL MAR  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
OCTUBRE**



**SIMBOLOGÍA**

-  **ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**
-  **COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 400 000

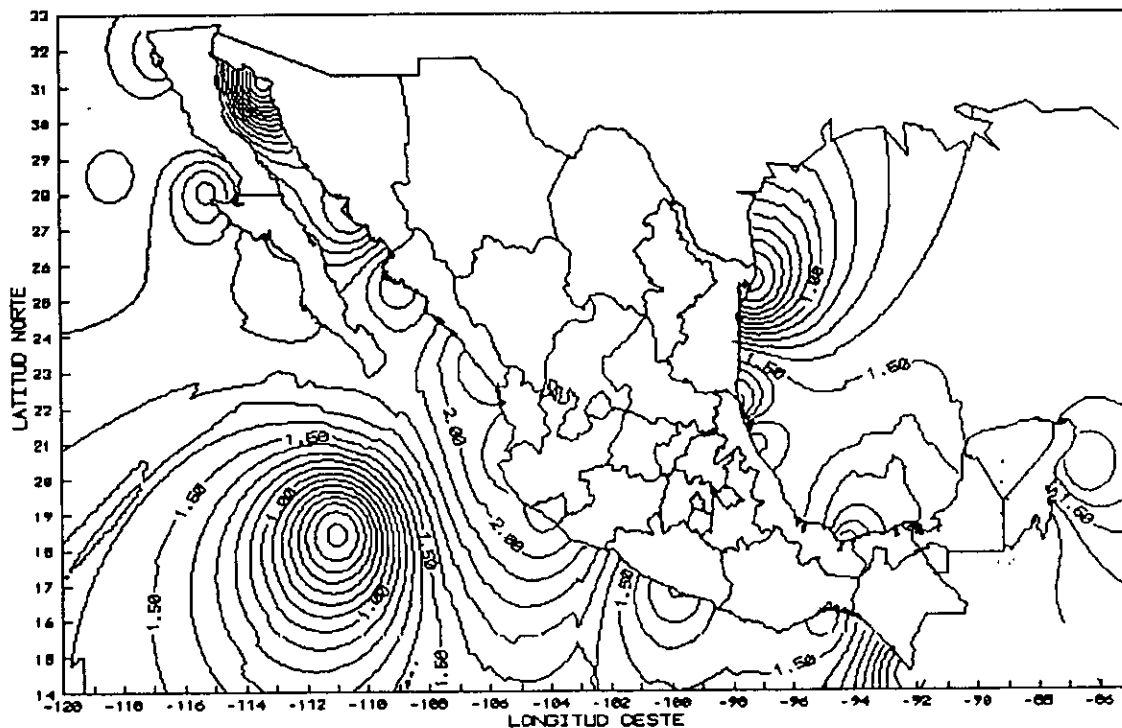


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOPÍSICA, UNAM.


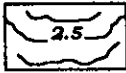
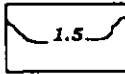
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.36**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN LOS LITORALES DE MÉXICO NOVIEMBRE



## SIMBOLOGÍA

-  **ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**
-  **COTA EN m.**

### Escala

1 : 24 500 000

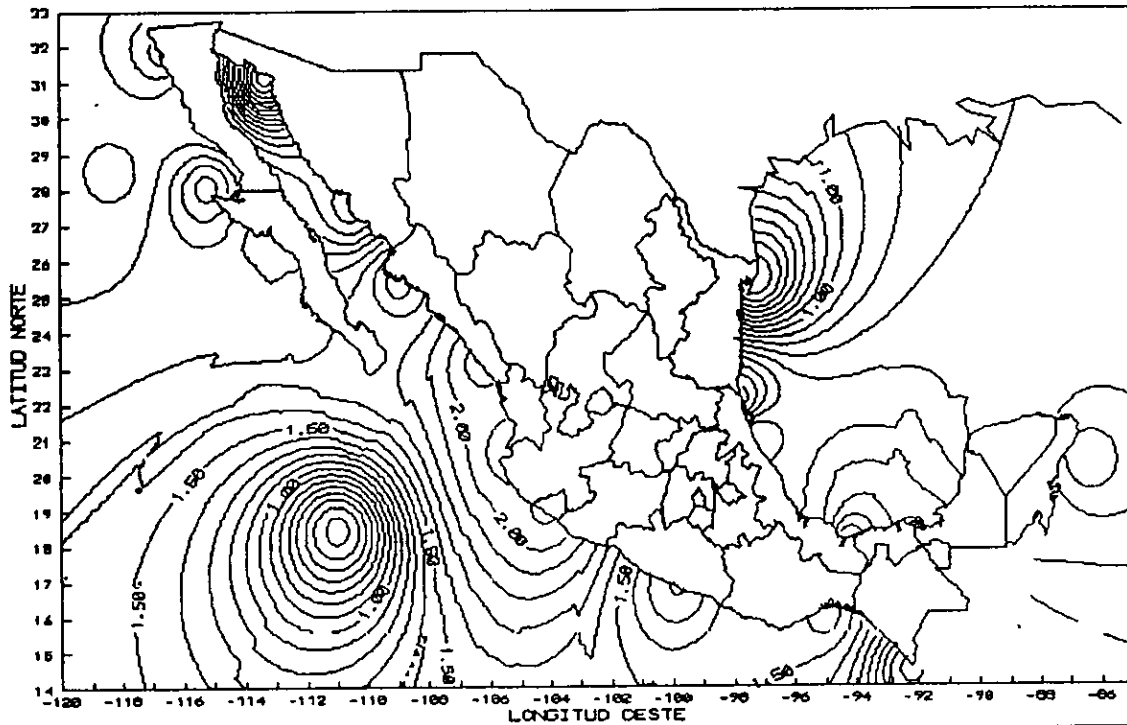


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.37**

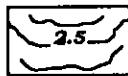
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL MEDIO DEL MAR  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
DICIEMBRE**



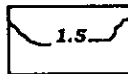
**SIMBOLOGÍA**



ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR



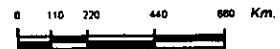
EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.



COTA EN m.

**Escala**

1 : 24 500 000



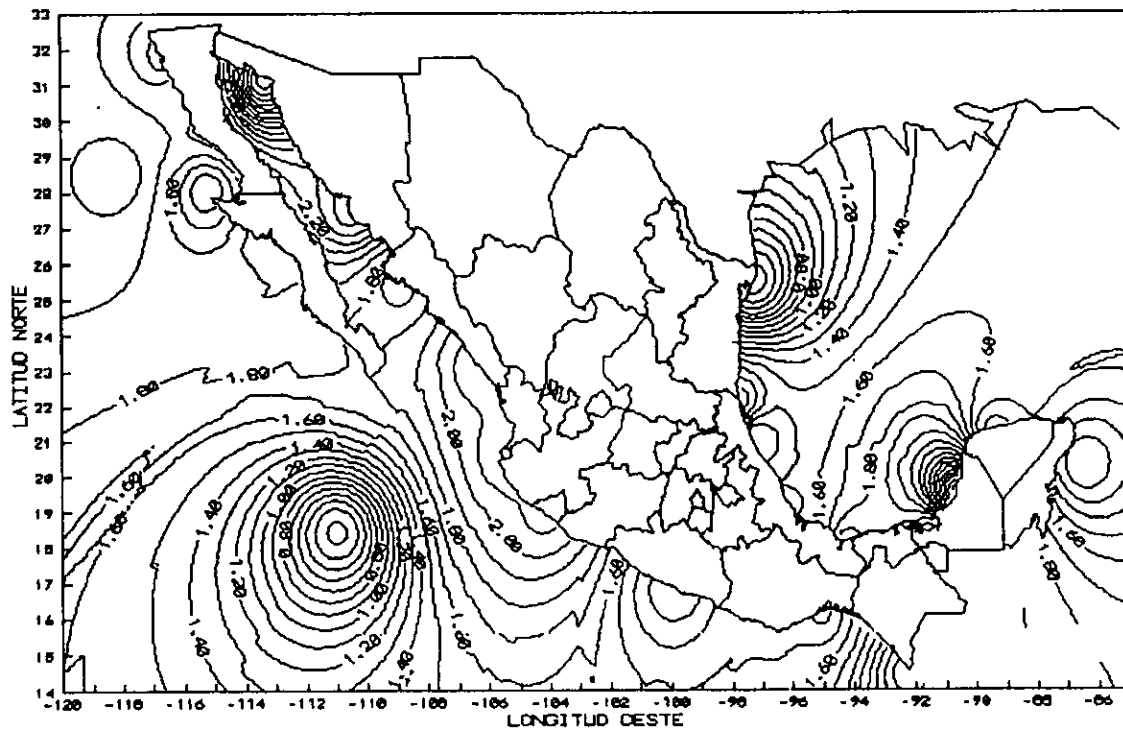
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.

INSTITUTO DE GEOPÍSICA, UNAM.


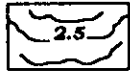
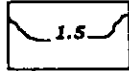
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.38**

# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS ANUALES DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN LOS LITORALES DE MÉXICO



### SIMBOLOGÍA

-  **ISOLÍNEAS DEL NIVEL MEDIO DEL MAR**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.10 m.**
-  **COTA EN m.**

### Escala

1 : 24 500 000



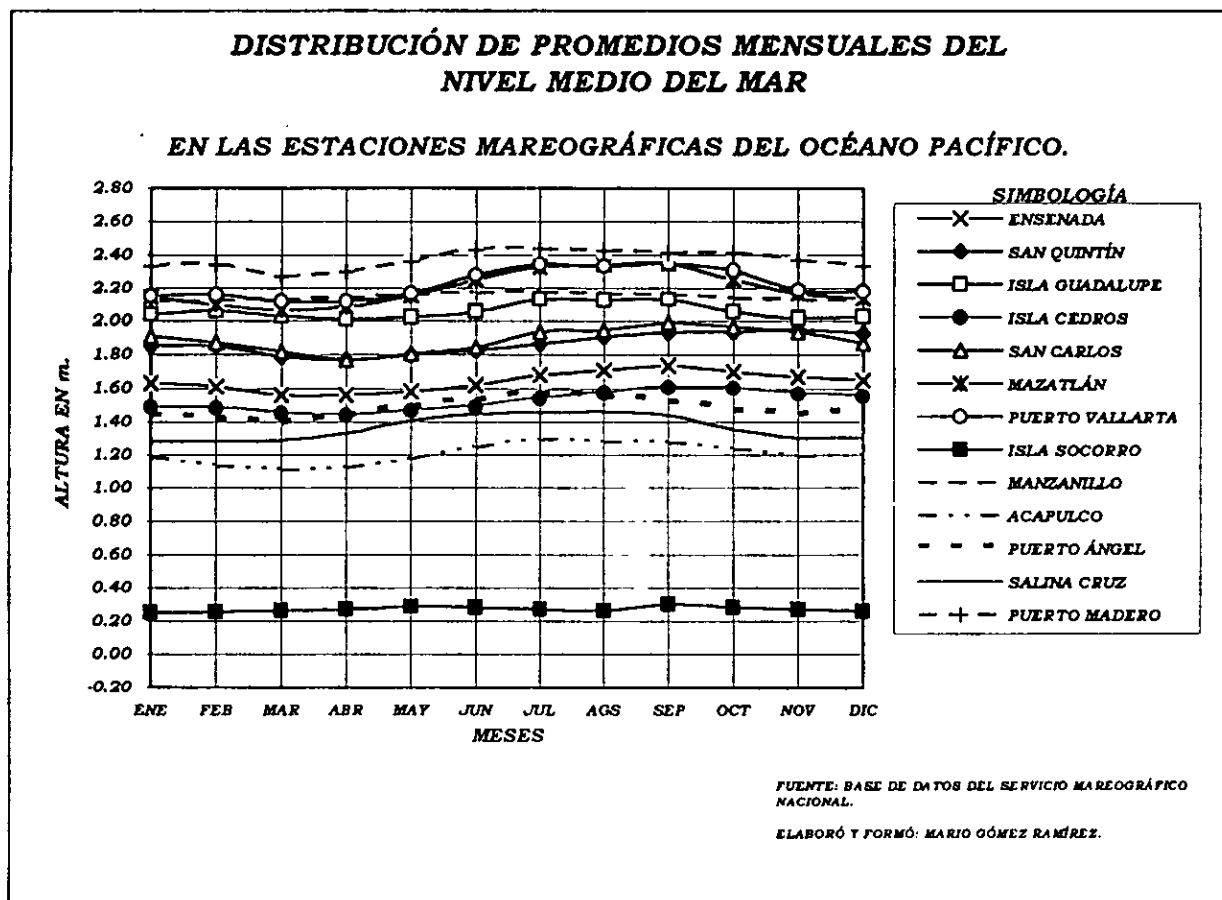
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.39**

### 5.6.3.1 En la región del Océano Pacífico

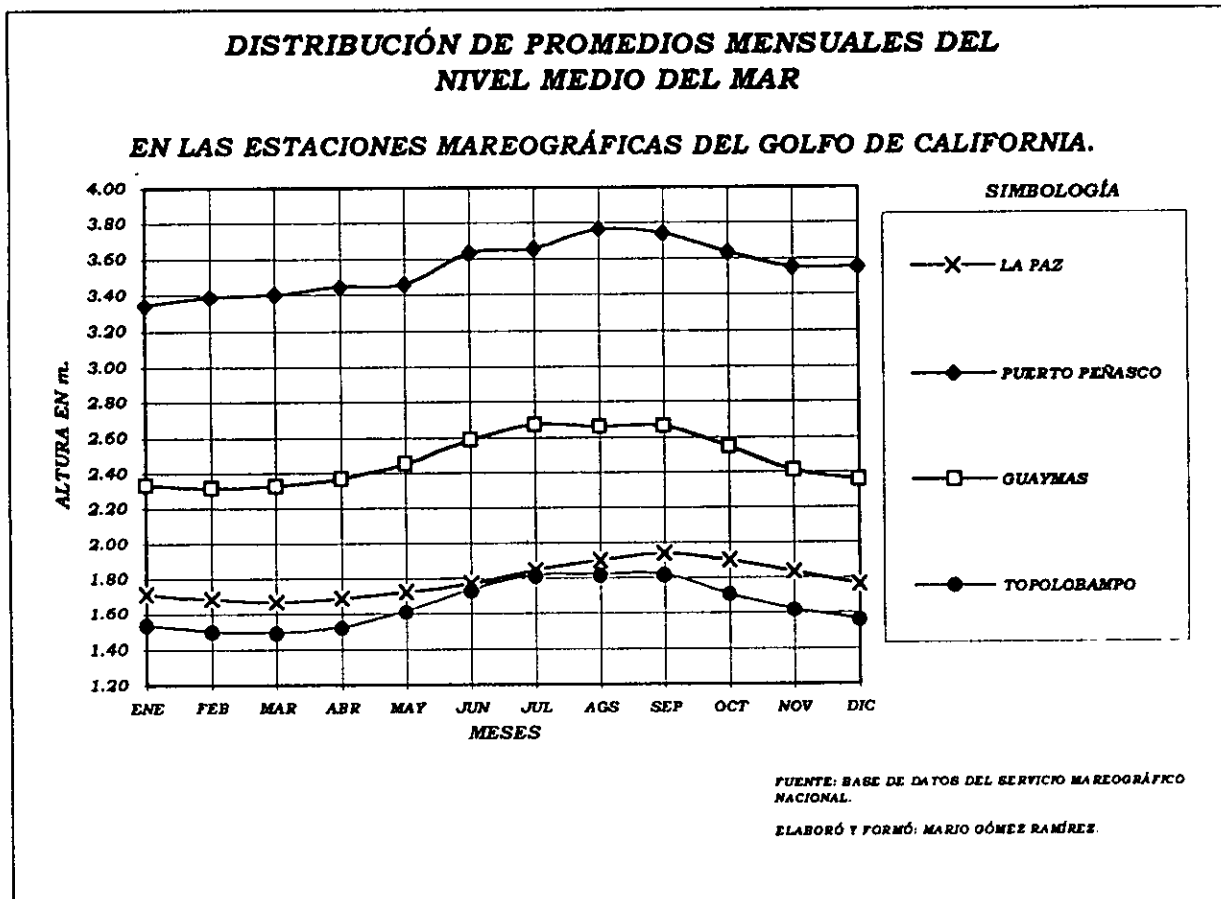
En la región del Océano Pacífico, el comportamiento de los promedios del nivel medio del mar de las estaciones en general, resultaron con un desarrollo de la curva de la marea muy homogénea. A partir de la mitad del año, la altura se incrementa y en noviembre disminuye ligeramente. En la estación de isla Socorro no se observó este tipo de comportamiento (Véase Gráfica 5.255).



Gráfica 5.255

### 5.6.3.2 En la región del Golfo de California

En el Golfo de California se observó la tendencia en el comportamiento de la curva de marea del nivel medio del mar de una distribución sin discrepancias. A partir de mayo, el nivel de las estaciones localizadas en el mar de Cortés comenzaron el ascenso y disminuyó durante noviembre (Véase Gráfica 5.256).

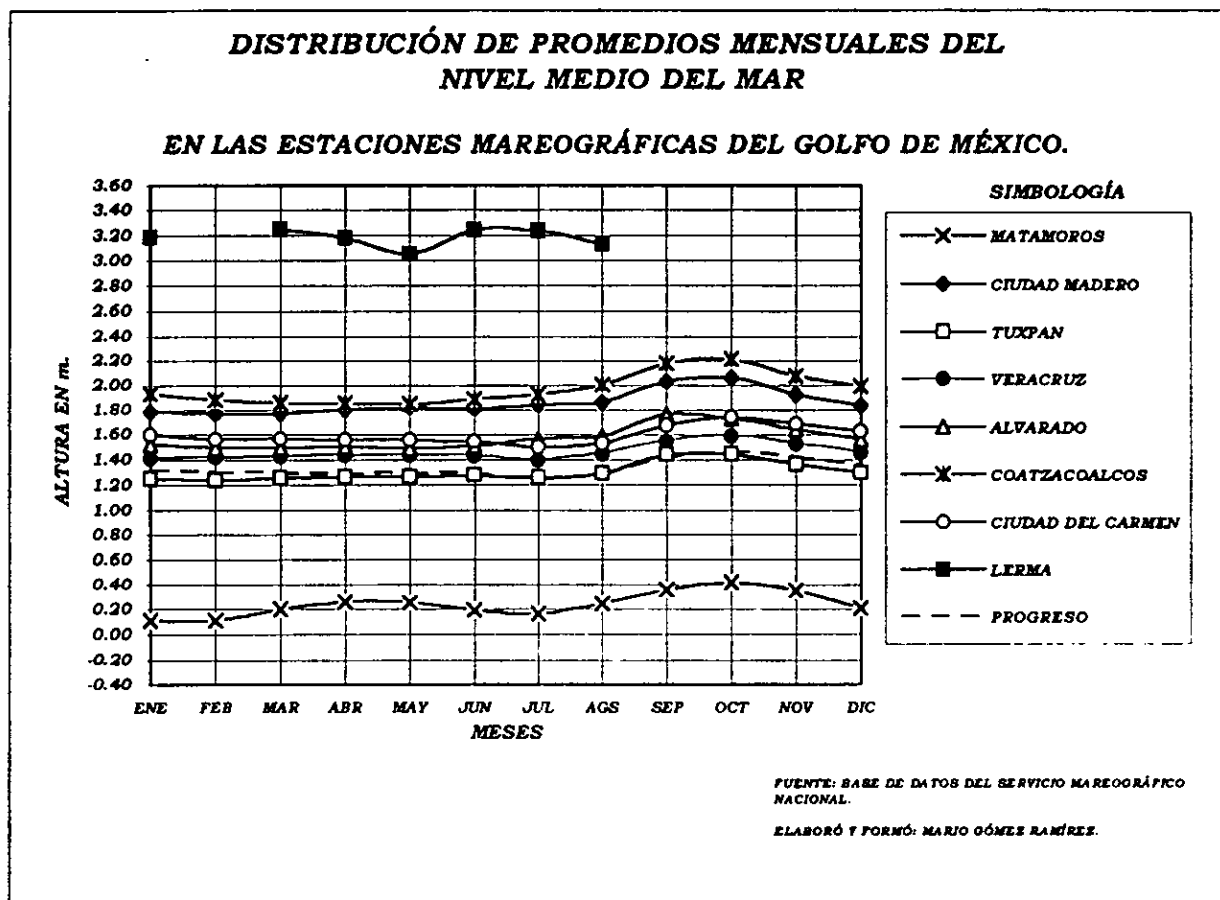


Gráfica 5.256

### 5.6.3.3 En la región del Golfo de México

En el Golfo de México, la distribución del nivel medio del mar resultó muy similar en buena parte de las estaciones. En agosto, la curva tiende a incrementarse y en noviembre nuevamente decrece.

En las estaciones de Matamoros y Lerma se observó un comportamiento que mostró dos ascensos e igual cantidad de descensos a través del año y fueron las que contrastaron en la altura en comparación con las demás (Véase Gráfica 5.257).

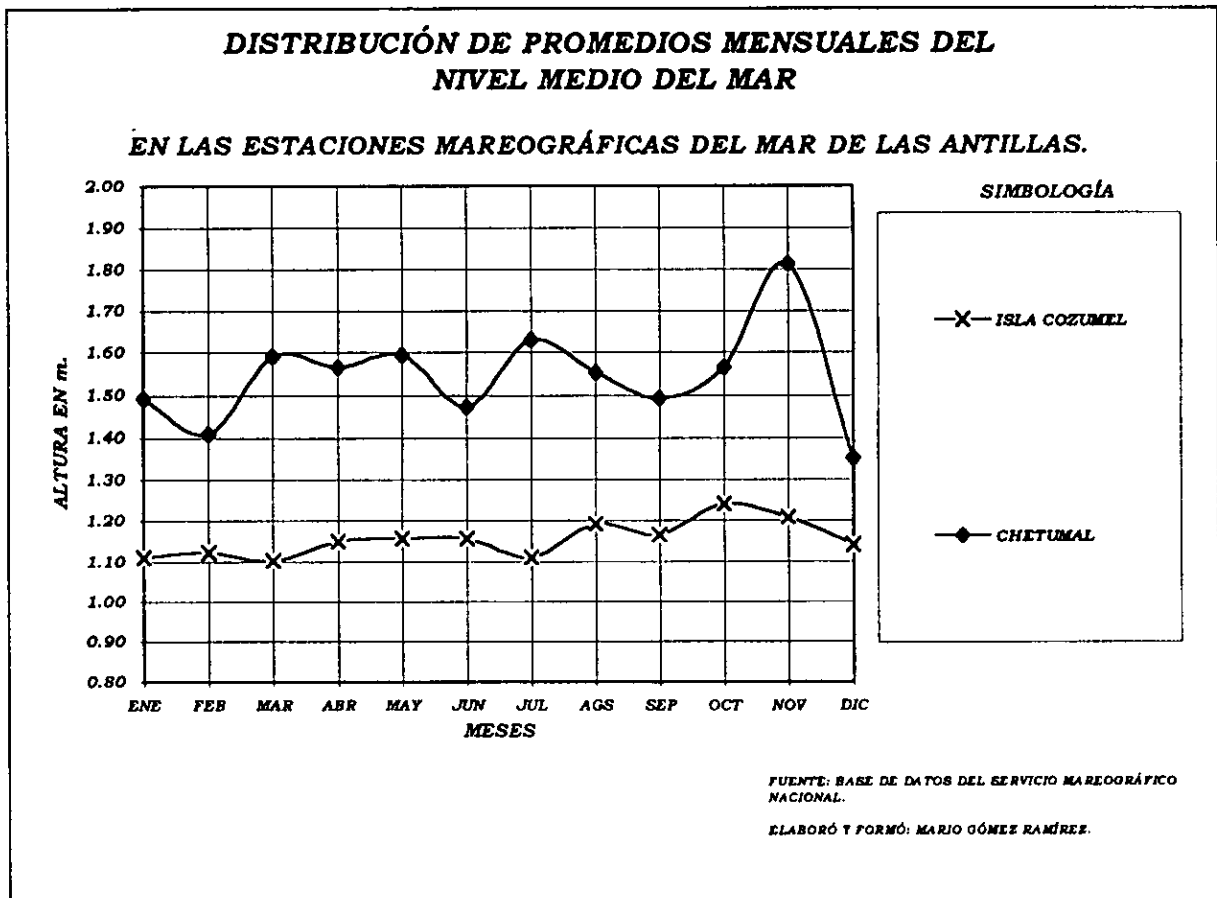


Gráfica 5.257

#### 5.6.3.4 En la región del mar de Las Antillas

En el mar de Las Antillas, la isla de Cozumel mostró una variación importante a lo largo del año. A partir de julio ascendió y en noviembre comenzó a descender.

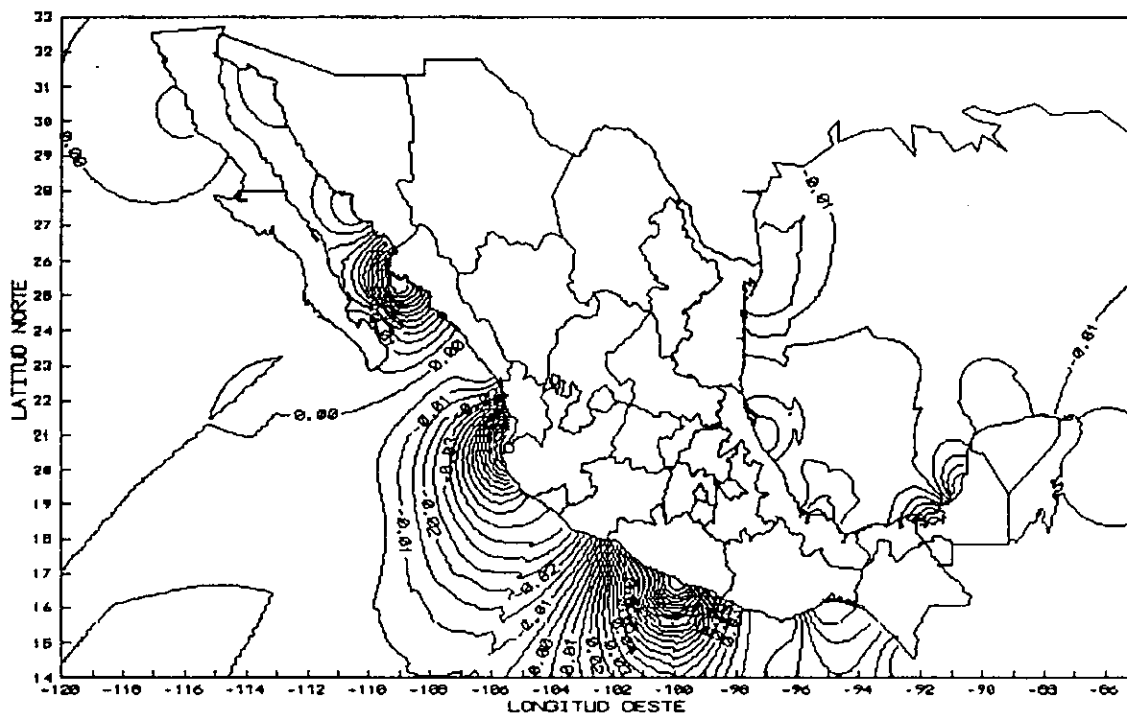
La estación Chetumal tuvo un comportamiento distinto en cada uno de los meses del año. En noviembre alcanzó la mayor altura y posteriormente descendió en forma significativa (Véase Gráfica 5.258).



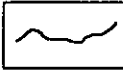
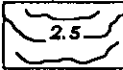
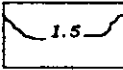
Gráfica 5.258



# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL DE MEDIA MAREA EN LOS LITORALES DE MÉXICO ENERO



### SIMBOLOGÍA

-  ISOLÍNEAS DEL NIVEL DE MEDIA MAREA
-  EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.005 m.
-  COTA EN m.

### Escala

1 : 24 500 000

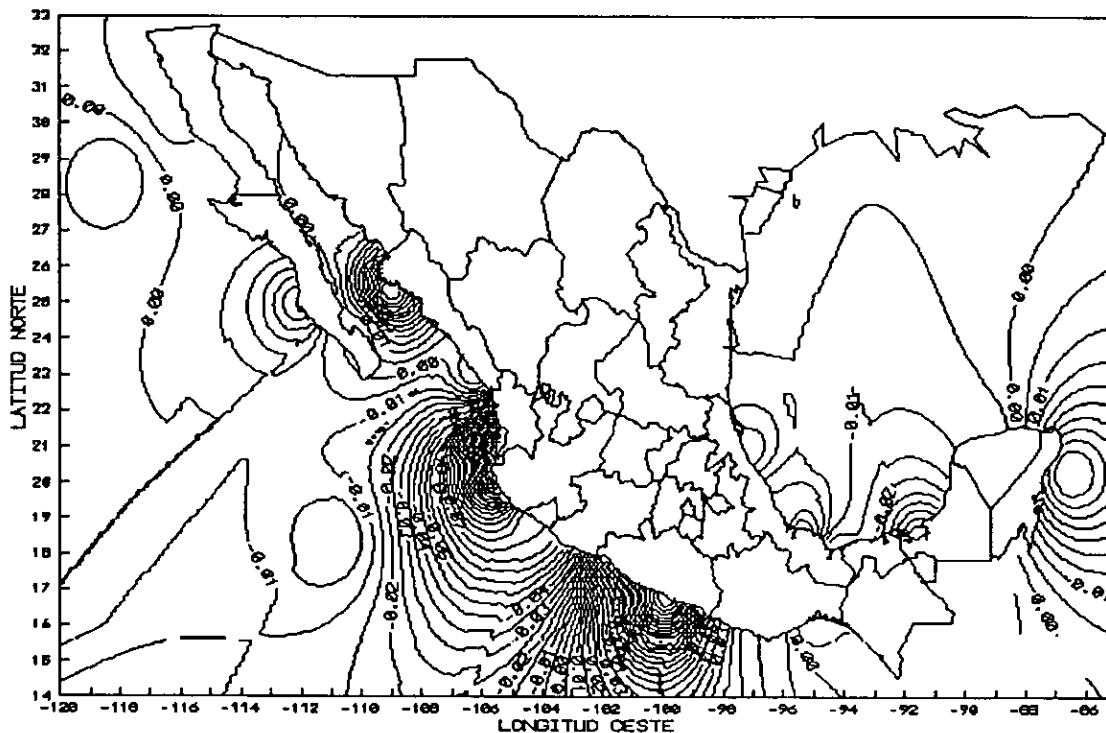


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

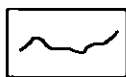
FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.40

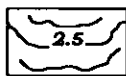
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL DE MEDIA MAREA  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
FEBRERO**



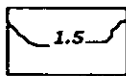
**SIMBOLOGÍA**



ISOLÍNEAS DEL NIVEL DE MEDIA MAREA



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.005 m.



COTA EN m.

Escala

1 : 24 500 000



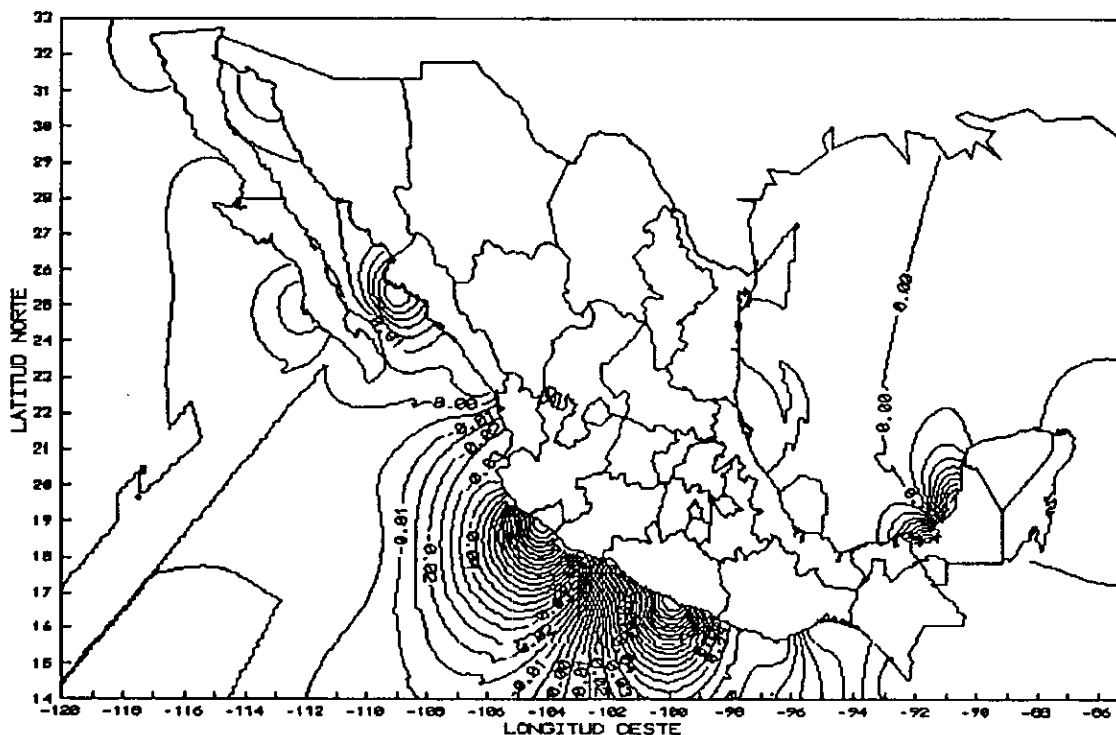
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRÁFICO NACIONAL.

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Mapa 5.41

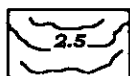
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL DE MEDIA MAREA  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
MARZO**



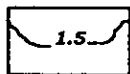
**SIMBOLOGÍA**



**ISOLÍNEAS DEL NIVEL DE MEDIA MAREA**



**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.005 m.**



**COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000

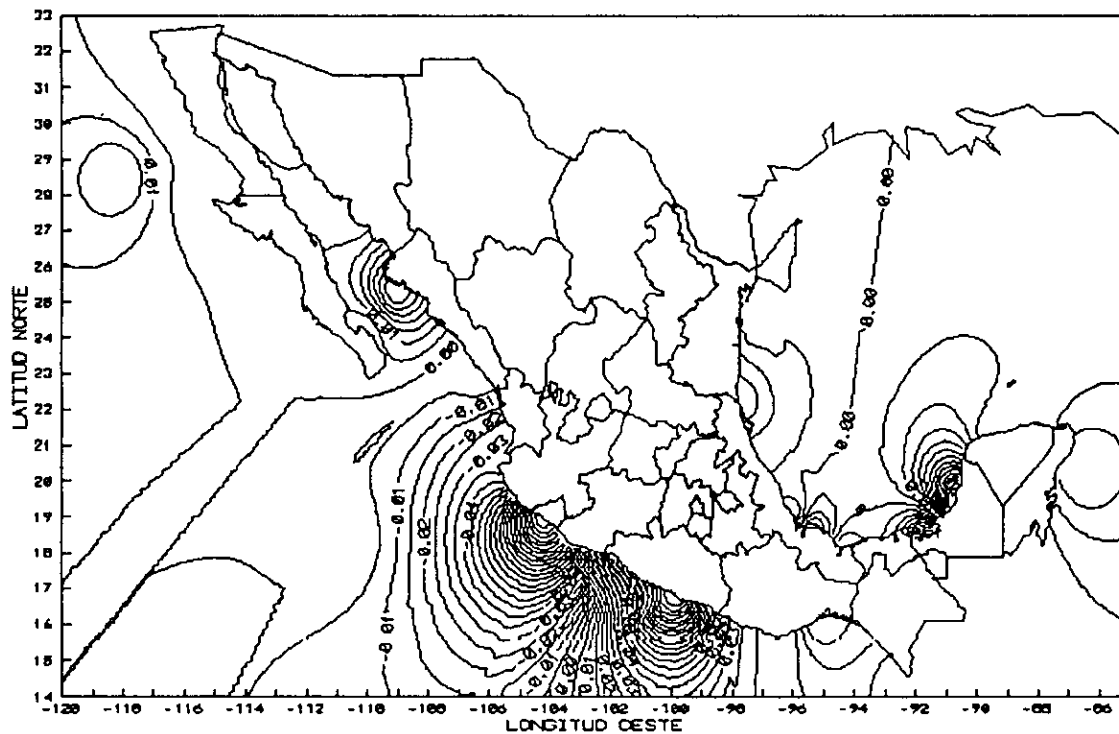


**FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFISICA, UNAM.**

**FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ**

**Mapa 5.42**

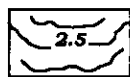
# DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL NIVEL DE MEDIA MAREA EN LOS LITORALES DE MÉXICO ABRIL



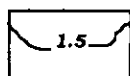
## SIMBOLOGÍA



ISOLÍNEAS DEL NIVEL DE MEDIA MAREA



EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.005 m.



COTA EN m.

Escala

1 : 24 500 000



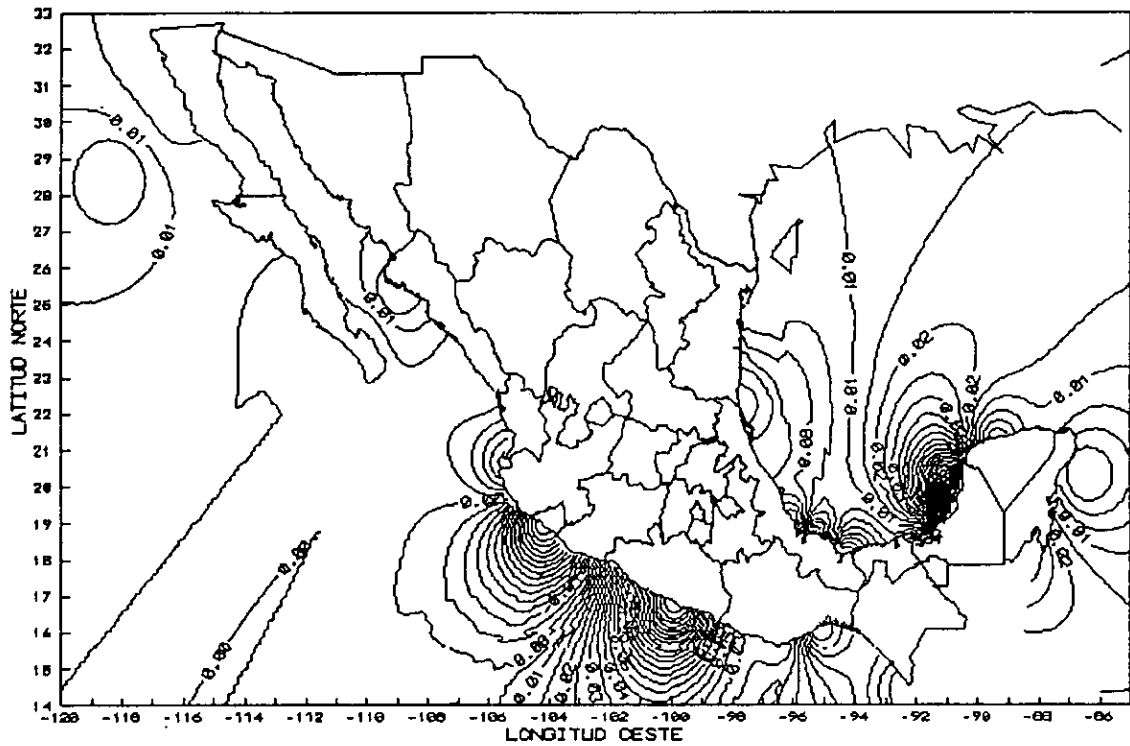
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.

INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM.

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO OONES RAMÍREZ

Mapa 5.43

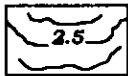
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL DE MEDIA MAREA  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
MAYO**



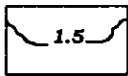
**SIMBOLOGÍA**



**ISOLÍNEAS DEL NIVEL DE MEDIA MAREA**



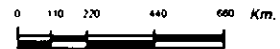
**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.005 m.**



**COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000

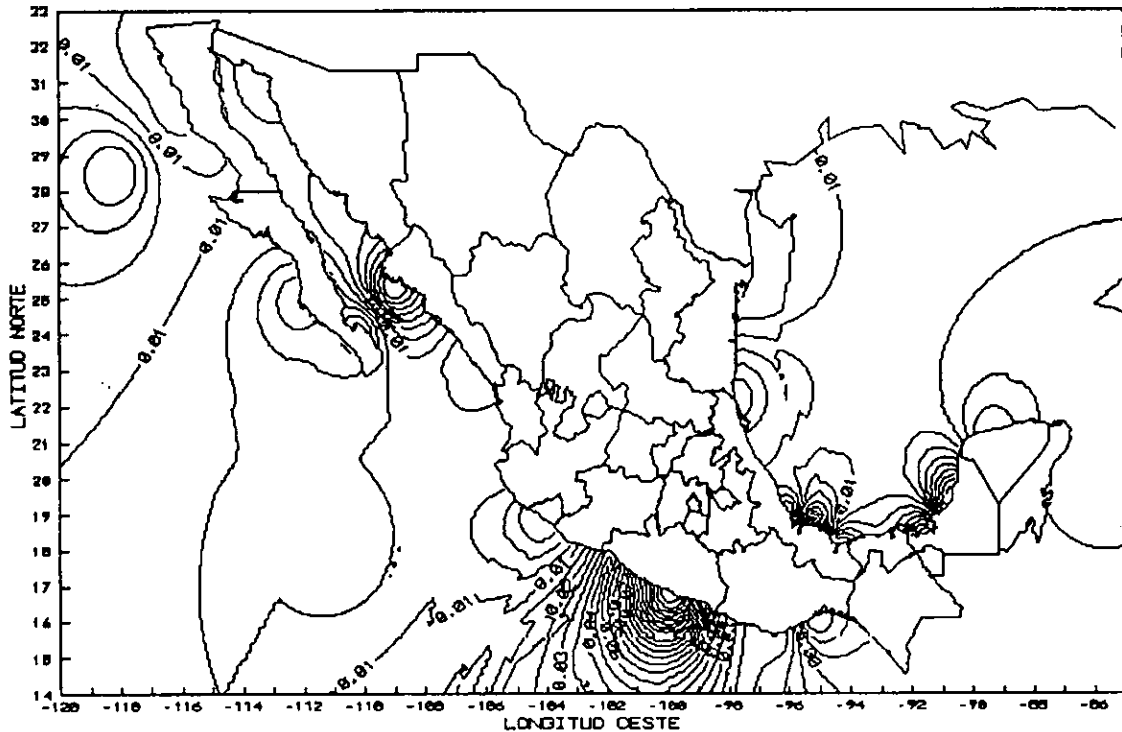


**FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREGRÁFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM**

**FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ**

**Mapa 5.44**

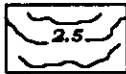
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL DE MEDIA MAREA  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
JUNIO**



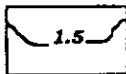
**SIMBOLOGÍA**



**ISOLÍNEAS DEL NIVEL DE MEDIA MAREA**



**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.005 m.**



**COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000

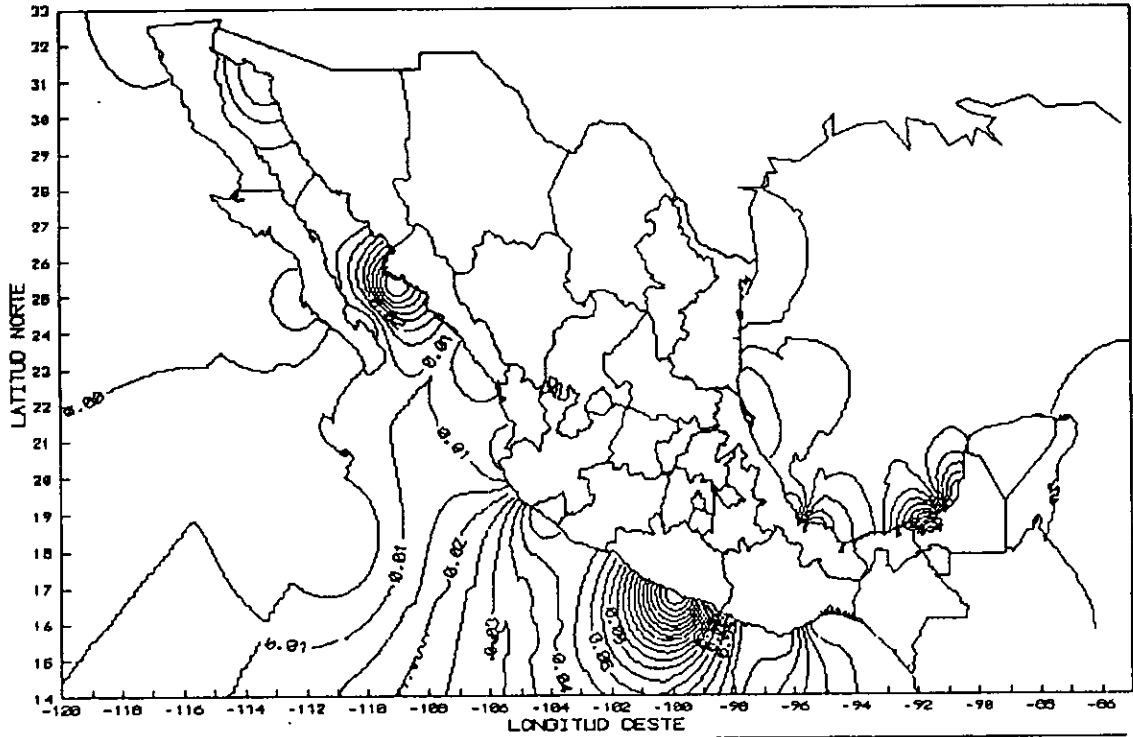


FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MARZOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.45**

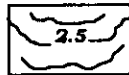
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL DE MEDIA MAREA  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
JULIO**



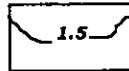
**SIMBOLOGÍA**



**ISOLÍNEAS DEL NIVEL DE MEDIA MAREA**



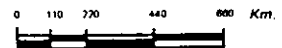
**EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.005 m.**



**COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000

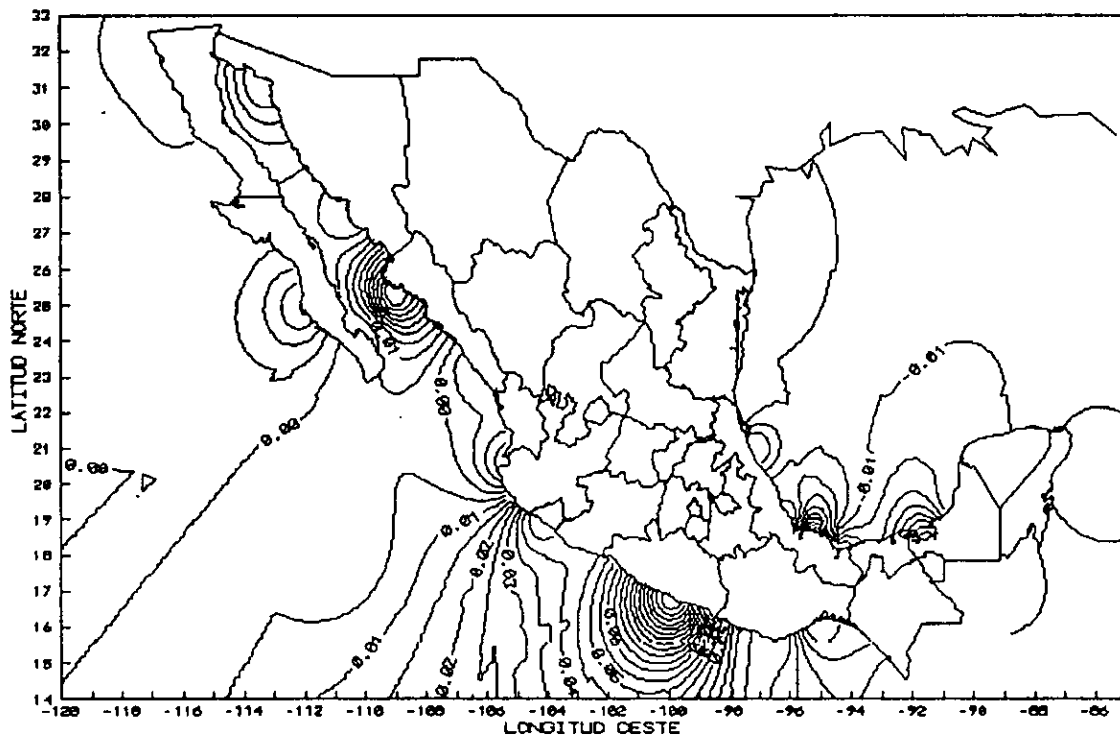


**FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREGRÁFICO NACIONAL  
INSTITUTO DE GEODÉSICA, UNAM**


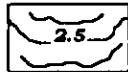
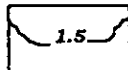
**FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ**

**Mapa 5.46**

**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL DE MEDIA MAREA  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
AGOSTO**

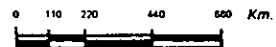


**SIMBOLOGÍA**

-  **ISOLÍNEAS DEL NIVEL DE MEDIA MAREA**
-  **EQUIDISTANCIA ENTRE ISOLÍNEAS CADA 0.005 m.**
-  **COTA EN m.**

**Escala**

1 : 24 500 000



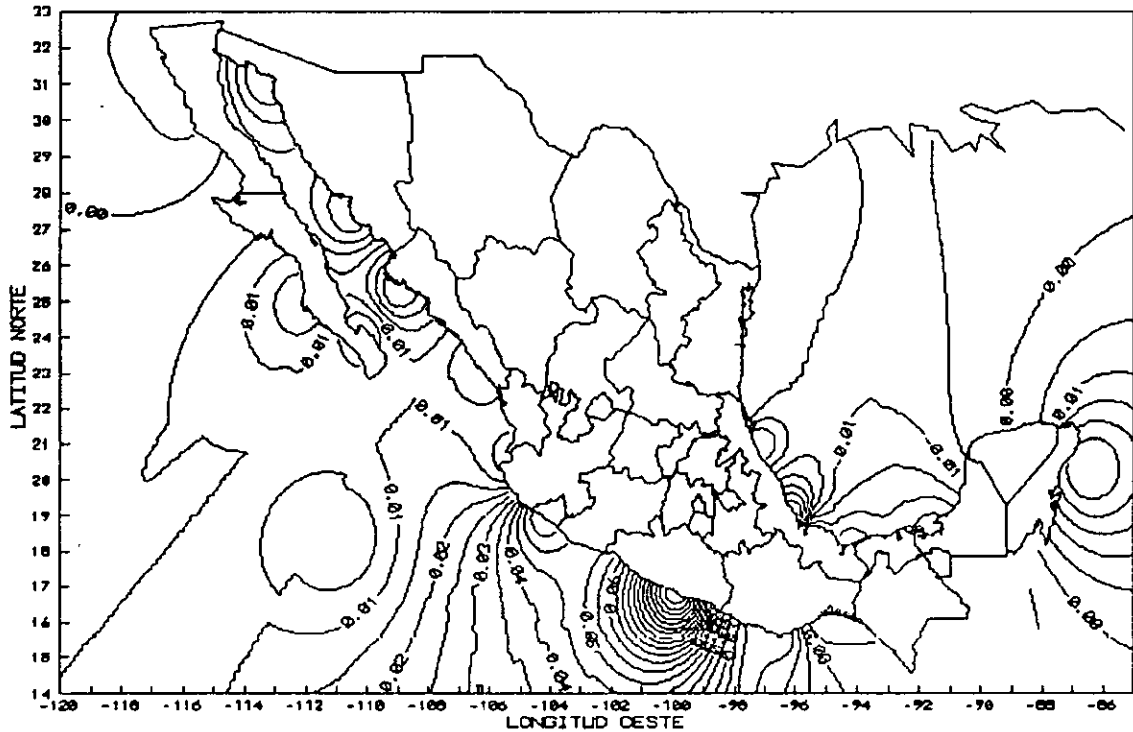
FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO MAREOGRAFICO NACIONAL.  
INSTITUTO DE GEOFISICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.47**



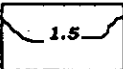
**DISTRIBUCIÓN DE PROMEDIOS MENSUALES DEL  
NIVEL DE MEDIA MAREA  
EN LOS LITORALES DE MÉXICO  
SEPTIEMBRE**



**SIMBOLOGÍA**

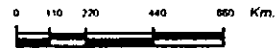
 **ISOLÍNEAS DEL NIVEL DE MEDIA MAREA**

 **EQUIDISTANCIA ENTRE  
ISOLÍNEAS CADA 0.005 m.**

 **COTA EN m.**

**Escala**

1 : 74 500 000



FUENTE: BASE DE DATOS DEL ARCHIVO DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL.

INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM

FORMÓ Y ELABORÓ: MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

**Mapa 5.48**