

00381

20  
Lef



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

“EL CAMBIO GLOBAL  
DEL CLIMA EN EL  
GOLFO Y CARIBE  
MEXICANO Y SU  
INFLUENCIA EN  
DOCE PESQUERÍAS  
DE IMPORTANCIA  
COMERCIAL”.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

Doctora en Ciencias (Biología)

P R E S E N T A

M en C. Norma Leticia Sánchez Santillán

Directora: Dra. Guadalupe de la Lanza Espino

MÉXICO, D. F.

1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

272830



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.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo establecer el impacto de algunos fenómenos climáticos que se dan a nivel mundial, estrechamente ligados al concepto Cambio Global del Clima, sobre diferentes factores bióticos y abióticos presentes en una zona del Golfo del México y del Caribe que ha sido establecida como área de estudio desde hace ya 20 años.

El enfoque fundamental de esta investigación se da a partir de la información que proporciona la Climatología y se inscribe dentro de las nuevas tendencias del conocimiento científico que trata de hacer más fuertes y profundas las relaciones entre la Ecología y las Ciencias Físicas. Esto se manifiesta, de manera más explícita, en la importancia que el concepto Cambio Climático Global ha adquirido en los últimos tiempos y que ha servido para explicar algunas de las variaciones más drásticas que se han venido sucediendo en los diferentes componentes de los ecosistemas de nuestro planeta.

La investigación abordó, específicamente, el sistematizar y procesar una serie de registros que tienden a evidenciar la existencia de una fuerte relación entre las periodicidades de las variables climáticas, oceanográficas y biológicas, prevalecientes en la zona de estudio, con los ciclos de las manchas solares. En la mayor parte de los casos estas relaciones fueron establecidas.

Los aspectos climatológicos analizados fueron: la temperatura, la precipitación y la cobertura nubosa, la dirección y fuerza del viento y la presión barométrica, en escalas temporales seculares, anuales y por temporada climática; también se incluyeron los ciclones. En lo que se refiere a la Oceanografía, se analizó el comportamiento de las variables de salinidad y temperatura del agua en la capa superficial del mar, en la zona costera, como una respuesta a los elementos del clima y a las descargas de los ríos, las cuales a su vez son la resultante de las precipitaciones y del patrón del nivel medio del mar, en las zonas costeras del Golfo de México. En lo respecta a éste último, es importante hacer notar que, aunque el análisis de los registros apuntó hacia un incremento significativo de este nivel, esta conclusión no pudo ser sostenida debido a la poca confiabilidad de los registros obtenidos.

Con la finalidad de aportar pruebas que pudieran confirmar o no que la respuesta de la variabilidad y/o periodicidad en los volúmenes de captura de especies pesqueras se debe a los efectos de un posible Cambio Climático mundial que se reflejarían en el Golfo de México a partir de las teleconexiones de algunos eventos a escala global como lo son el ENSO (EL Niño-Oscilación del Sur), y La Oscilación del Atlántico Norte, se enfocó la información procesada, tanto en una escala temporal como espacial, de todas la variables analizadas de las disciplinas Biológicas, Oceanográficas y Climatológicas, como una probable consecuencia de la actividad solar, observada a través del número de manchas solares, (Índice de Zürich), en sus ciclos: secular o de Gleissberg (80 a 100 años); el doble ciclo o de Hale (22 años); el de Wolf (11 años), y también otros ciclos secundarios que corresponden, en orden descendente, a 8, 7, 5.4, 3.5 y 2.1 años. Un resultado sobresaliente en este apartado indica que la aparición de los eventos El Niño y La Niña es más frecuente en la fase descendente del ciclo solar.

Un aspecto primordial de este trabajo lo constituye el propósito, a lo largo de toda la investigación, de establecer los elementos que permitieran discernir y aplicar los conceptos climatológicos de variación y variabilidad climática, pues es a partir de éstos que se puede analizar el ingreso al sistema océano-atmósfera de una gran parte de la entropía existente y es precisamente su diferenciación lo que permite comprobar o no un posible cambio climático.

---

## ABSTRACT

The objective of the present research is to establish the degree of impact from some climatic phenomena -closely linked to the Climate Global Change concept- on different biotic and abiotic features of a zone located at the Gulf of Mexico and Caribbean Sea, that was established as the study area 20 years ago.

This research is based on information derived from Climatology and it is inserted into the new trends of scientific knowledge that search for a stronger and deeper link between Ecology and Physical Sciences. The concept of Global Change has thus acquired an increased and more explicit importance for the explanation of some of the most drastic changes that have occurred on different components of ecology systems around the world.

The present research was performed as a systematic processing of data series that display a strong relationship between the periodicity of climatic, oceanographic and biological variables patterns -those prevailing in the study area- and sunspot cycles. For most of the cases, the nature of these relationships was established.

The climatic features were: temperature, rainfall, and cloud cover, wind intensity and direction and barometric pressure, for secular, annual and climatic season scales, including cyclones. The oceanographic variables included were water salinity, and sea surface temperature at the coastal zone, as response of climate elements and river discharge volumes; these are the result of rainfall and mean sea surface level patterns at the coastal zone of the Gulf of Mexico. As concerns this latter, it is important to point out that, even though the analysis of records showed a significant increase, the validity of this conclusion could not be held to the lack of sufficient reliability of the records.

The purpose of the present research was to provide evidences that could maintain or deny that variability and/or periodicity of capture volumes for some fisheries resources are due to the effects of a possible Global Climatic Change, that would appear in the Gulf of Mexico derive from teleconnections from some climatic events at a global scale, such as ENSO (El Niño-Southern Oscillation) and the North Atlantic Oscillation. The information processed was focused -in spatial as well as in temporal scales of all the biological, oceanographic and climatic variables studied- on the possible effect of solar activity cycles, as determined from sunspot numbers (Zürich Index), for the secular of Gleissberg cycle (80 to 100 years), Hale's double cycle (22 years), Wolf's cycle (11 years), as well as for secondary cycles that arranged decreasing according to their periods are: 8, 7, 5.4, 3.5 and 2.1 years. A remarkable result concerning this was the finding that El Niño and La Niña events appearance are more frequent during descending phase of the solar cycle.

One of the basic points underlying the present research was the purpose to establish the elements that permit the distinction and the application of the climatic concepts of climatic variation and climatic variability, as it is from that the analysis of the entrance of a great part of the existing entropy into the ocean-atmosphere system and it is precisely through their differentiation that the existence of a possible climatic change can be confirmed

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo mi profundo agradecimiento a la Dra. Guadalupe de la Lanza por la dirección de esta tesis y la larga amistad que me ha dispensado y que ha permitido la conclusión de este trabajo.

Quisiera muy especialmente brindar esta tesis a la memoria de la Mtra. Enriqueta García Amaro, que a lo largo de 20 años me brindó no sólo su simpatía y aliento, sino que constituyó uno de los apoyos más importantes en el ejercicio de mi profesión al proporcionarme todos los elementos a su alcance en materia de Climatología.

A los miembros del Jurado, integrado por la Dra. Guadalupe de la Lanza, el Ph. Luis Arturo Soto González, el Dr. Alfonso Vázquez Botello, el Dr. David Alberto Salas de León, la Dra. Banca Mendoza Ortega, el Dr. Walter Ritter Ortiz y la Dra. Ma. Engracia Hernández Cerda, por haber depositado, toda su confianza en mí y por enriquecer este trabajo con sus valiosos comentarios y observaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico en el desarrollo de esta investigación.

Al M. en C. Alfonso Esquivel Herrera por su respaldo, orientación y discusión durante las diversas fases de la tesis y por la fraternidad indisoluble que me une a él desde hace ya 25 años.

De manera particular a la Dra. Artemisa Castro Felix, al Dr. David Salas de León, a la Dra. Adela Monreal y a la M. en C. Ma. Eugenia Zamurdio Reséndiz por su desinteresado apoyo en el uso y edición de los diversos softwares aquí empleados, por el tiempo dedicado a la interpretación de los resultados y por los hondos lazos de amistad que nos ligan.

Al Dr. José Luis Castro, el Dr. Hermilo Santoyo y la Dra. Martha Signoret por su orientación, no sólo en este trabajo sino a lo largo de 20 años de intrañable camaradería.

Al Dr. Martín Díaz Vieira del IIMAS de la UNAM, por facilitar y adecuar el programa de Análisis Espectral aquí empleado; al Sr. Salvador Hernández Pulido por la elaboración de diversos dibujos que se presentan en esta tesis, así como al resto de mis compañeros: el Dr. Javier Aldeco Ramírez y la M. en C. Ruth Luna del Instituto de Ciencias del Mar y el M. en C. Samuel Marañón de la UAM-Xochimilco.

Por último quisiera agradecer de manera muy particular al compañero de toda mi vida Eduardo Reyna, así como a mis dos hijos Daniela y Emilio, quienes me han acompañado en esta empresa.

---

**INDICE**

Introducción .....	1
a) Enfoque Holístico .....	2
b) Convergencia de cuatro sistemas de conocimiento: Climatología, Oceanografía, Biología y Estadística. ....	4
c) Los Ciclos de las Manchas Solares. ....	11
d) Teleconexiones .....	14
e) Las variaciones en el nivel medio del mar. ....	17
f) Recursos Pesqueros .....	20
Aspectos Biogeográficos de las Pesquerías .....	21
Aspectos Biológicos de las Pesquerías. ....	23
Objetivo General .....	27
a) Objetivos particulares .....	27
Descripción del Área de Estudio	
a) Localización Geográfica .....	28
b) Clima .....	29
c) Vegetación .....	30
d) Regiones Hidrológicas .....	31
e) Geología .....	34
f) Oceanografía .....	35
g) Recursos Pesqueros .....	37
Materiales y Métodos .....	40
Estructura de los Resultados y la Discusión .....	48
Capítulo I: Los ciclos solares y su efecto sobre las teleconexiones climáticas a nivel mundial .....	49
Conclusiones .....	78
Capítulo II: La temperatura del agua en el Golfo de México y Caribe Mexicano, sus modificadores ambientales y los ciclos de las manchas solares. .	81
Conclusiones .....	160

Capítulo III: La Salinidad del agua en el Golfo de México y Caribe Mexicano, sus modificadores y los Ciclos de Manchas Solares . . . . .	162
Conclusiones . . . . .	221
Capítulo IV: Cambios en el nivel medio del mar durante el periodo 1952-1990. . . . .	223
Conclusiones . . . . .	248
Capítulo V: El Comportamiento de los volúmenes de captura de doce especies pesqueras y su respuesta a distintas variables océano-atmósfera. . . . .	249
Conclusiones . . . . .	464
Conclusión General . . . . .	465
Literatura Citada . . . . .	467
Anexo 1 correspondiente al capítulo I. Figuras del comportamiento de la presión barométrica, la temperatura y la precipitación con el número de manchas solares en 300 estaciones del planeta . . . . .	503

## INTRODUCCIÓN

El enfoque fundamental de la presente investigación se da a partir de la información que proporciona la Climatología y se inscribe dentro de las nuevas tendencias del conocimiento científico que trata de hacer más fuertes y profundas las relaciones entre la Ecología y las Ciencias Físicas. Esto se manifiesta, de manera más explícita, en la importancia que el concepto Cambio Climático Global ha adquirido en los últimos tiempos y que ha servido para explicar algunas de las variaciones más drásticas que se han venido sucediendo en los diferentes componentes de los ecosistemas de nuestro planeta.

Esta investigación sistematiza y procesa información que tiende a evidenciar la existencia de una fuerte relación entre las periodicidades de las variables climáticas, oceanográficas y biológicas, prevalientes en la zona de estudio, con los ciclos de las manchas solares. En la mayor parte de los casos estas relaciones fueron establecidas.

El hacer converger a la Biología, la Climatología, la Oceanografía y la Estadística se hizo imprescindible al plantearse, como forma general de acercamiento al conocimiento, el principio holístico que concibe a los sistemas susceptibles de ser estudiados integralmente, no sólo por sus componentes, sino también por las interacciones que ponen en relación a unos elementos con otros. Se incursionó en esta tendencia holística de la Ecología al tratar de imaginar el comportamiento del sistema entero como el resultado de integrar un número elevado de relaciones elementales que son viables de combinarse o sumarse, con algún elemento lógico o matemático, para contemplar una gran cantidad de interacciones explicadas desde el punto de vista científico; ésto obliga a emplear no sólo pruebas estadísticas del tipo lineal, sino también las del tipo no lineal, ya que la ecología de las poblaciones no es posible analizarla únicamente a partir de modelos determinísticos que se basan en principios de crecimiento y declinación de una población homogénea bajo condiciones de un ambiente constante, sino que también se les puede entender a partir de los principios estocásticos, que hablan de un medio ambiente variable.

La importancia de la estocasticidad ambiental en este estudio se confirma al registrarse variaciones temporales de factores abióticos que afectan de manera directa los niveles poblacionales de peces y su consecuente respuesta potencial en la dinámica de sus poblaciones, que da como resultado un volumen de pesca también sujeto a una variabilidad. Cabe aclarar que no se pretende plantear un divorcio entre el uso y manejo de los procesos estadísticos, ya sean del tipo lineal o no lineal, sino más bien que el uso de ambos debe constituirse como una herramienta complementaria a partir de los datos y registros con los que se cuenta actualmente, particularmente en el caso de México, en donde existen una gran cantidad de irregularidades en la información existente como resultado de políticas de seguimiento inadecuadas por parte de las Instituciones responsables de las estaciones meteorológicas, mareográficas, hidrográficas y de registros pesqueros que se rigen bajo una política sexenal que regularmente ignora las necesidades, requerimientos, importancia y aplicación de las aportaciones científicas a una política de explotación y distribución adecuada de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables.

Con la finalidad de aportar pruebas que pudieran confirmar o no que la respuesta de la variabilidad o periodicidad en los volúmenes de captura de especies pesqueras se debe a los efectos de un posible Cambio Climático mundial que se reflejarían en el Golfo de México a partir de las teleconexiones de algunos eventos a escala global como lo son el ENSO (EL Niño-Oscilación del Sur), y La Oscilación del Atlántico Norte, se enfocó la información procesada, tanto en una escala temporal como espacial, de todas las variables analizadas de las disciplinas Biológicas, Oceanográficas y Climatológicas, como una probable consecuencia de la actividad solar, observada a través del número de manchas solares, (Índice de Zürich), en sus ciclos: secular o de Gleissberg (80 a 100 años); el doble ciclo o de Hale (22 años); el de Wolf (11 años), y también otros ciclos secundarios que corresponden, en orden descendente, a 8, 7, 5.4, 3.5 y 2.1 años. Un resultado sobresaliente en éste apartado indica que la aparición de los eventos El Niño y La Niña es más frecuente en la fase descendente del ciclo solar.

De entre las varias teorías que se han planteado hasta el momento para explicar el calentamiento o enfriamiento de la Tierra, se ha orientado la presente investigación solamente a la que se refiere a la variabilidad solar como la productora de estos cambios; esta elección se debió, principalmente, a dos factores: por un lado, se ha vislumbrado una relación importante de las respuestas de los ecosistemas costeros y



oceánicos a variabilidades cíclicas en el comportamiento climático que, en diversas ocasiones, pudo explicarse a partir del vínculo Sol-Clima; el otro factor que fue determinante en esta elección fue la viabilidad en el uso de los datos existentes de los ciclos solares debido a la escala temporal implicada, a diferencia de las escalas implícitas en las otras teorías, que, con mucho, desbordaban la posibilidad de obtener información suficiente y confiable para el área de estudio.

Finalmente, un aspecto primordial de este trabajo lo constituye el propósito, a lo largo de toda la investigación, de establecer los elementos que permitieran discernir y aplicar los importantes conceptos climatológicos de variación o variabilidad climática, pues es a partir de éstos que se puede analizar el ingreso al sistema océano-atmósfera de una gran parte de la entropía existente y es precisamente su diferenciación lo que permitiría comprobar o no un posible cambio climático.

### a) EL ENFOQUE HOLÍSTICO.

El conocimiento científico ha seguido dos caminos a través de la historia; por un lado la visión mecanicista del mundo la desarrollaron en el siglo XVII Galileo, Descartes, Bacon y Newton, entre otros. Descartes basaba su visión de la naturaleza en la división fundamental en dos reinos separados e independientes: el espíritu y la materia. El universo material, incluyendo el organismo humano, era una máquina que, en principio, podía entender completamente con sólo analizar separadamente sus partes más pequeñas (Capra, 1991).

Por otra parte Heráclito en el siglo VII a. C. planteó que el universo incluía a la armonía, pero esta armonía estaba ligada a la desarmonía, de ahí que en los principios planteados por él se basaban en la premisa: hay armonía en la desarmonía y viceversa. En esta otra visión del conocimiento se vislumbraba lo que posteriormente dio pie a la complejidad de la relación orden-desorden-organización que surgió cuando se constató empíricamente que los fenómenos desordenados del universo son necesarios en ciertas condiciones. En ciertos casos, para la producción de fenómenos organizados, los cuales contribuyen al incremento del orden (Boulad-Ayouh, 1988); ésto después se explicó a través de las leyes de la termodinámica y particularmente del segundo principio o ley que fue formulado por Carnot y Clausius en el siglo pasado y que se refiere al principio de la degradación de la energía a partir de un trabajo (Balandier, 1989).

El planteamiento de las tres leyes o principios de la termodinámica constituyeron el fundamento para comprender que la estabilidad de todos los sistemas dependen de dos factores: la entalpía y la entropía. La primera es la cantidad de energía del sistema, para cuyos valores pequeños se observan valores superiores de estabilidad, mientras que la segunda es el grado de desorden o equilibrio máximo en el cual pueden no existir más cambios físicos ni químicos, ni posibilidades de desarrollar trabajo alguno y donde la presión, la temperatura y la concentración son uniformes en todo el sistema (Ritter y Patiño, 1997).

Todas estas transferencias de energía entre los diferentes sistemas que integran el universo derivaron de alguna forma en que la comprensión del conocimiento se haga a partir del enfoque holístico, el cual trata de imaginar el comportamiento del sistema entero como el resultado de integrar un elevado número de relaciones elementales, además de aceptar en todo momento la posibilidad de combinarlas o sumarlas con algún artificio lógico o matemático y, con ello, la posibilidad de contemplar un gran número de interacciones desde el punto de vista estadístico (May, 1976).

De ahí que bajo la mirada de cualquier disciplina científica, la formulación de afirmaciones de validez muy general tiene necesariamente consecuencias importantes. Es así que para el enfoque holístico, (Hólos = todo), la naturaleza debe ser considerada como un todo si se desea conocerla en detalle, entendiendo a la sinérgica como la ciencia del comportamiento colectivo, ordenado y organizado, sometido a las leyes universales y cuya tarea es descubrir las normas en que se basa la autoorganización de sistemas en los más diversos campos científicos (Cesarman, 1984).

El holismo es entonces autocreador y sus estructuras finales son más holísticas que las estructuras iniciales. Estas totalidades y esas uniones dinámicas, evolutivas y creativas, tienden hacia niveles de complejidad e integración cada vez más elevados. La naturaleza no puede ser reducida a entidades fundamentales, ya que el mundo no puede ser comprendido como ensamblaje de entidades que no pueden desglosarse más. En la nueva visión del mundo, el universo está considerado como una trama dinámica de sucesos relacionados

entre sí. Ninguna de las propiedades de cualquier parte de esta trama es fundamental, todas ellas siguen el ejemplo de las propiedades de las demás partes, y la consistencia total de sus interrelaciones mutuas determinan la estructura de todo el entramado. (Bohm, 1980).

Cuando un elemento, o un subsistema, se combina con otros en el seno de un sistema, aparece cierta convergencia de comportamiento, en el sentido de que cada elemento influye sobre las posibles variaciones de los demás, y, como consecuencia, el número de posibilidades que, a priori podía aparecer muy grande, queda más o menos limitado. Puesto que cada acción movimiento depende de la constelación de influencias procedentes de los otros elementos inmediatos, las posibilidades de variación se reducen y la actividad del sistema parece guiada o regida. En sentido muy amplio, todo el sistema se puede calificar de cibernético, si por cibernética se entiende la especialidad científica que se ocupa de la regulación y del control de modelos (May, 1976).

Todos los ecosistemas son siempre más o menos abiertos y con ello surgen algunos problemas. De acuerdo a Gödel se pudiera decir que el estudio de cada ecosistema proporciona muchos conocimientos de detalle y cierta información más general que se puede usar para proponer un modelo. Pero, con frecuencia, el modelo es un juguete inútil. Es como un mecanismo de relojería que ha de conducir a una situación estacionaria ó determinística. En realidad raramente ocurre así y el sistema se mantiene más activo gracias a impulsos procedentes de su exterior, y que, por supuesto, no se pueden tomar en consideración en un modelo basado en un estudio local. No siempre es posible introducir tales impulsos o entradas como si fueran funciones estocásticas, (es decir de relaciones entre dos variables que sin ser una de ellas función de la otra tampoco son independientes por lo que se dice que esta relación es al azar o estocástica), que fuerzan al sistema. Paso a paso nos vemos obligados a ampliar el marco para acomodar dichas funciones estocásticas, es decir, para descubrir y expresar su distribución, y así, poco a poco, el modelo ha de crecer hasta que tenemos todo el Universo metido en él. No es exageración decirlo así, puesto que la expansión del Universo evita el estancamiento de su centro que está en cualquier parte y permite la persistencia de estructuras fuera de equilibrio, entre las que la vida constituye la más distinguida categoría (Margalef, 1973 y 1980). De ahí que en el desarrollo y conclusiones de este trabajo no se sugiera un modelo como tal, sino más bien el uso de las matemáticas (y particularmente la rama de la Estadística) como una herramienta para integrar los elementos cuantitativos de cada una de las disciplinas empleadas, ya que las fronteras o interfaces son muy importantes y la capacidad de acumular información se refleja en la riqueza de fronteras que se puedan reconocer, sobre todo en los sistemas biósfera-océano-atmósfera, los cuales ya poseen cierta estructura. Cualquier interacción entre la materia y la energía que signifique un aumento de la entropía, modificará la estructura de un posible modelo planteado y hace que los cambios futuros sean algo más predecibles que en un momento anterior.

Los ecosistemas son sistemas abiertos y Prigogine (1984) desarrolló una teoría de la termodinámica de ellos, que se encuentran alejados de un estado de equilibrio. La predicción de que un sistema de este tipo ha de evolucionar en el sentido de disminuir la cantidad de energía cambiada, por unidad de estructura mantenida, está de acuerdo con una teoría de la sucesión que tiene a su favor otros argumentos, que mencionaremos adelante (Margalef, 1968; Matzuno, 1978 y Boulad-Youh, 1988). Un sistema abierto, a través del cual fluye energía, forma estructuras disipativas progresivamente complicadas. Es interesante constatar como la física de los sistemas fuera de equilibrio predice o es compatible con la amplificación y concentración de la información cuya universalidad empieza a ser apreciada por los biólogos.

Dentro de los argumentos de la teoría de la sucesión se habla de que la biosfera está continuamente produciendo piezas de construcción en forma de bloques o entidades que se hallan en estado de tensión, en comparación con los que podríamos considerar un fondo más fluido y más continuo. Las fluctuaciones contribuyen a mantener el sistema lejos de un equilibrio y definen la naturaleza de la relación entre estructuras y función. La ecología ofrece continuamente ejemplos. El alejamiento del equilibrio y el significado que las fluctuaciones tienen para la evolución son más importantes si los bloques son mayores. Los individuos son discontinuos y jamás se ajustan perfectamente al ambiente, o siguen con demora sus cambios o intentan anticiparse a ellos. Las especies son conjuntos de individuos, y comparten la misma tensión, pues las poblaciones nunca están completamente adaptadas y continuamente se activan los mecanismos de selección genética y en cualquier momento puede aparecer la mutación como una amplificación, también fuera de equilibrio, de una fluctuación menor. La evolución surge de esta constante falta de equilibrio. Las especies se dispersan en torno a sus áreas de origen, con el conservadurismo mantenido por el flujo genético, y se apartan

mas en unos lugares que en otros, de los que se puede considerar una situación de tensión mínima (Margalef, 1968).

Muchas de las cuestiones debatidas son aplicables a la organización de los ecosistemas. A través de ellos se cambia mucha energía, se acumula información continuamente y a niveles distintos, y en todas partes son evidentes discontinuidades las que son explotadas por el proceso que conduce a aumentar la complejidad.

La descripción de la evolución biológica, considerada como un proceso, ha de compararse de alguna manera, la probabilidad de ocurrencia de lo que existía antes con lo que viene después. De manera que se puede anticipar cierta relación con la información y la termodinámica, puesto que la teoría de la información tiene su fundamento en la comparación de las probabilidades de un acontecimiento antes y después de ocurrir, y cualquier cambio se paga con un aumento de la entropía. Pero nuestros fundamentos no serán sólidos hasta que el paso del azar al orden se pueda armonizar con el cambio aparentemente opuesto expresado por la ley de entropía (Margalef, 1968).

La memoria contiene una porción selecta de la información generada y acumulada que se conserva, de manera que representa un gasto de energía muy pequeño, y que se puede activar, con lo que se generan motivos de relaciones espacio-temporales, como en el "imprinting" (impreso en el genoma) asociado a la migración, y en general, diversas formas de comportamiento. Esto sería una ventaja para la permanencia de los organismos en los ecosistemas, así como también lo sería el poder generar una anticipación de las consecuencias asociadas a cada una de las decisiones posibles (Margalef, 1980a).

Bajo un clima fluctuante son de esperar menos reliquias testigo de ecosistemas precedentes, y un número grande de especies cuyas temporadas de máximo desarrollo se escalonen a lo largo del año. Probablemente el número total de especies es menos diferente entre unos y otros climas, que la diversidad de sus respectivas poblaciones, en un momento determinado. En todos los casos, las poblaciones del área más fluctuante o sometidas a mayor estrés, término que en este caso indica a todas las fuerzas o estímulos del medio externo o interno que pueden inducir cambios y adaptaciones en el organismo para ayudarlo a ajustarse mejor al medio ambiente (Stoot, 1981), son de diversidad más baja (Margalef, 1980a).

Los seres vivos, como parte de sus procesos fisiológicos, continuamente tienen que afrontar los retos que representan los cambios en las condiciones ambientales externas e internas, que generan situaciones de estrés, agotamientos y adaptaciones que van desde el nivel subcelular hasta el nivel del organismo como un todo (Reeve, 1993). La naturaleza ha descubierto muchas maneras diferentes para resolver estos problemas; el éxito depende de tener la capacidad para cubrir una variedad inmensa de estresores (es decir los factores que producen el estrés definido anteriormente), y de mostrar una respuesta "apropiada" a cada situación en particular (Harbuz y Lightman, 1992 y Parcell, *et al.* 1993).

La variabilidad del clima modifica la estructura y función de los ecosistemas y sus interacciones con la atmósfera y el tiempo (Cushing, 1982; McNaughton, 1983). La compleja estructura ecológica incluye, entre otros aspectos, la diversidad biológica, la cual integra no sólo la diversidad de las especies sino también la diversidad de los ecosistemas. Dentro de las funciones del ecosistema están los procesos de producción primaria y secundaria, distintos niveles tróficos, descomposición y reciclamiento de nutrientes y sus interacciones (De la Lanza, 1993; Naeem, *et al.*, 1994; Tielman y Downing, 1994). La hipótesis de diversidad-estabilidad sugiere que las perturbaciones en la atmósfera y por consecuencia en el tiempo y el clima, pueden ocasionar cambios en la función y estructura de los ecosistemas (Tielman y Downing, 1994), lo que acarrea impactos de distinta magnitud en los aspectos económicos de los recursos biológicos disponibles.

## **b) CONVERGENCIA DE CUATRO SISTEMAS DE CONOCIMIENTOS: CLIMATOLOGÍA, OCEANOGRAFÍA, BIOLOGÍA Y ESTADÍSTICA.**

El ejercicio de interrelacionar a tres sistemas de conocimientos como lo son la Climatología, la Oceanografía y la Biología, a través de un cuarto procedimiento que es la Estadística, necesariamente obligó a una jerarquización de los elementos que conformaron cada uno de los sistemas, así como el difícil ejercicio de esbozar sus fronteras comunes. Es así, que tanto estos factores, como la definición y problemática del Cambio Global fueron tomados como punto de partida de este trabajo.

Definir el concepto del Cambio Global del Clima, dentro del primer sistema que se abordará, el Climatológico, resulta fundamental para esta investigación, ya que es a partir de éste que se podrá afirmar o negar la evidencia de un suceso de esta magnitud en el Golfo de México. Para poder concretar este término se requiere en primer lugar de esclarecer el significado de lo que es el Clima. A continuación se describen varias definiciones elaboradas a lo largo de este siglo:

1. Clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan al estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre (Hann, 1908).
2. El clima es un estado medio de las variables condiciones dinámicas del aire que controlan el tiempo (López, 1922).
3. El clima es el estado medio de la atmósfera determinado a base de los datos correspondientes al intervalo de algunas décadas (de 30 a 50 años) (Flohn, 1968).
4. El clima es el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar determinado (García, 1978)
5. Clima es el estado medio de la atmósfera (Pagney, 1982).
6. El clima es la síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, caracterizada por estadísticas a largo plazo (valores medios, varianzas, probabilidades de valores extremos, etc.) de los elementos meteorológicos en dicho lugar (OMM, 1992).
7. El clima es el promedio temporal de las condiciones meteorológicas en períodos del orden de un mes o mayores (Garduño, 1994).
8. Clima es el promedio a largo plazo de las condiciones meteorológicas en un área determinada (Lincoln *et al.*, 1995).

Al analizar esta gama de definiciones con la finalidad de integrarlas en una sola, se aprecian dos conceptos implicados: por un lado las condiciones meteorológicas, también llamadas tiempo atmosférico, y que se refieren a la observación de la atmósfera en un momento corto de tiempo (horas), en el que se evalúan los elementos del tiempo (y del clima) y que corresponden a la temperatura, la presión barométrica, la humedad relativa del aire, la precipitación, la dirección e intensidad del viento, la heliofanía y la cobertura nubosa, entre otras, y que a su vez están determinadas por los factores del clima que son la latitud, la altitud, la distancia al mar, el relieve y las corrientes marinas; esto da como resultado una dinámica de las masas de aire que se desplazan en la tropósfera en relación con las diferencias de temperatura, presión y con el movimiento de rotación de la Tierra. El segundo concepto implicado es la amplitud de la escala temporal que se requiere considerar para calcular el valor promedio de las condiciones meteorológicas y poder así converger en una escala tal que represente el estado promedio más frecuente de la atmósfera. Resulta de lo anterior que la Climatología se apoya necesariamente en la Meteorología.

Se parte entonces de que existen relaciones intrínsecas e inseparables entre estas dos disciplinas; sin embargo, el criterio bajo el cual se estudien dará como resultado las dos definiciones que se plantearon al inicio, por un lado, la definición del Clima y por consecuencia la de Cambio Global del Clima.

Los tres criterios posibles de acuerdo a Pagney (1982) son: (1) el analítico (o separativo), (2) el sintético (o dinámico) y (3) la síntesis de los dos anteriores. El primero de ellos, denominado analítico, es la apreciación aislada de los elementos del tiempo, y es separativo porque consiste en descomponer un todo en sus partes, las que luego se estudian por separado; es así que este método aísla los elementos que la naturaleza mantiene vinculados y el resultado que se tiene es meramente descriptivo, más que explicativo. El segundo criterio es el sintético, que parte del estudio de los elementos del tiempo a través de método de mapas sinópticos, también llamados mapas meteorológicos, y que conducen a una explicación del tiempo atmosférico ya que identifican los mecanismos que lo provocan. Por último, existe una tercera opción, que a mi parecer es la más adecuada, y que se refiere a la síntesis de ambos criterios debido a que no son excluyentes entre sí:

mientras que el primero posee un valor descriptivo, el segundo lo es explicativo y por lo tanto son complementarios. Este último criterio tiene un carácter más holístico y por lo tanto más universal.

En este punto, con los elementos del tiempo, los factores del clima y los criterios antes mencionados, se puede intentar una primera definición de Clima. Esta sería: el conjunto de condiciones meteorológicas en un área determinada. Sin embargo queda pendiente el segundo concepto que debe incluirse en la definición y que se refiere a la escala temporal que debe emplearse para calcular el valor promedio del tiempo atmosférico.

La sugerencia de una escala temporal tiene necesariamente que contemplar un período tal que, involucre por un lado los valores medios o frecuentes y por otro, los extremos de los elementos del tiempo; sin embargo, la ocurrencia de valores extremos (denominados anomalías y que se establecen a partir del cálculo de las desviación estándar) debe tener un límite en el tiempo, en virtud de que el clima evoluciona a través del tiempo, como resultado de la influencia de factores externos e internos, según el criterio de Garduño (1994). Los externos se refieren a aquellos que cambian o varían sustancialmente al conjunto de sistemas Clima-Océano-Biósfera, entre los que se consideran como de mayor impacto: los ciclos de actividad solar; la deriva continental; la interacción de los movimientos de rotación, translación y precesión de la Tierra; la actividad volcánica; los impactos de cometas y asteroides; las variaciones del contenido de polvo, bióxido de carbono, ozono y otros componentes de la atmósfera; la cubierta de hielo y nieve y su relación con los océanos y continentes.

Este concepto implica una problemática de mayor envergadura, ya que el tiempo atmosférico no sólo es altamente dinámico sino que también evoluciona y es justo aquí que la escala de tiempo adecuada para establecer el promedio del estado del tiempo atmosférico debe abarcar sólo el intervalo temporal en el que se observe la parte dinámica más no la parte evolutiva, lo cual constituye uno de los ejercicios más difíciles dentro del conocimiento: la demarcación de las fronteras.

Sin embargo, para observar la parte dinámica del clima que es el resultado de la acción conjunta, simultánea, sucesiva o alternada de los elementos del clima y de los factores que lo determinan, se requieren de acuerdo a la OMM (Organización Meteorológica Mundial) un lapso de 30 años (al que se le denomina Normal Climatológica), intervalo que fue determinado en 1957 (año Geofísico Internacional). De ahí que, el promedio del tiempo atmosférico debe abarcar los últimos 30 años de registros meteorológicos, con lo que siempre se va traslapando este intervalo temporal.

Es hasta este momento y ya con todos los elementos considerados, que se puede concretar una definición completa para el término Clima. Esta es: el conjunto de condiciones meteorológicas en un área determinada en un tiempo no menor de 30 años.

Por otro lado el término Cambio Global fue adoptado por las disciplinas asociadas a las Ciencias Sociales durante los 70's, y se refirió principalmente a los cambios en los sistemas sociales, políticos y económicos y, en forma muy particular, a lo concerniente en la seguridad internacional y al decremento en la calidad de vida, es decir, que el uso que primero se le dio al término fue esencialmente antropogénico.

Durante los 80's el término fue adoptado por los científicos dedicados a las Ciencias de la Tierra, y englobaba los cambios observados en los sistemas biológicos, geológicos e hidrológicos; en el caso particular del clima el término Cambio Global del Clima implica una alteración del clima con duración del orden de décadas o mayor. Esta visión geocéntrica del cambio global involucró dos aspectos: el Sistemático y el Acumulativo.

Los cambios sistemáticos son aquellos que pueden ocurrir a través de un comportamiento global del sistema terrestre, como es el incremento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera, la elevación del nivel medio del mar y el "agujero de ozono".

Por otro lado los cambios acumulativos son aquellos que tienen lugar en una gran cantidad de localidades particulares alrededor del globo, que cuando se combinan alcanzan una importancia "global"; este es el caso de las lluvias ácidas, la deforestación, la desertificación y otros procesos que inducen cambios en la biósfera, la cual altera su capacidad para almacenar CO<sub>2</sub>. Un ejemplo costero de dichos cambios puede ser la

eutroficación, que induce cambios en el flujo de carbono, así como su entrapamiento, con los consecuentes efectos en el ciclo global de este elemento.

La separación de los llamados cambios sistemáticos, de los cambios acumulativos, es meramente temporal y en algunos casos es una instancia espacial que separa la causa-efecto. La retroalimentación de las perspectivas geocéntricas se mide sobre límites definidos de escalas temporales y espaciales. El decremento del ozono se considera actualmente como un cambio acumulativo y es la consecuencia de la liberación de cloro-fluoro-carbonos (CFC's) alrededor del planeta, pero su impacto sobre el sistema terrestre se observa en el comportamiento ambiental que corresponde a la estratosfera -dentro de un período corto de tiempo-, de aquí el propósito de la definición "sistemática".

El corto lapso de tiempo entre la causa y el efecto en este ejemplo refleja comparativamente la rápida mezcla y los procesos de difusión en la atmósfera (que van de horas a días), así como su uniformidad y homogeneidad. Esto se contrasta con el océano, el cual está altamente estratificado, dividido físicamente dentro de compartimientos a diferentes escalas (océanos, mares semicerrados, profundidades abisales y placas continentales, entre otros), en los que ocurren procesos de mezcla y difusión, que son mucho más lentos y oscilan entre años, décadas y siglos en función directa con su profundidad.

Se podría afirmar entonces que, el problema del Cambio Global del Clima radica en la escala espacio-temporal de que se hable y de dos conceptos involucrados: variabilidad climática y variación climática. La definición de estos dos conceptos de acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (1992) es:

- 1) Variabilidad climática: es la característica intrínseca del clima que se manifiesta por cambios del clima con el tiempo. El grado de variabilidad climática puede describirse por las diferencias entre estadísticas a largo plazo de elementos meteorológicos calculados para diferentes períodos. (En este sentido, la medición de la variabilidad climática es igual a la medición del cambio climático).
- 2) Variación del clima: fluctuación o componente de los elementos del clima, cuya escala de tiempo característica es suficientemente grande para dar una inconstancia apreciable de las medias (normales) sucesivas de la variación en 30 años. Se utiliza a menudo para designar las variaciones interanuales corrientes o los cambios de un decenio al siguiente.

Es muy importante hacer notar que la definición para variación climática es equivalente al término Cambio Climático Global con lo que se implica que de poder comprobar esta variación en la zona de estudio también se podría probar en ésta la ocurrencia de un Cambio Climático Global.

El Cambio Climático, en el sentido más general, es un término que abarca todas las formas de inconstancia climática (ésto es, todas las diferencias entre las estadísticas a largo plazo de los elementos meteorológicos calculados para distintos períodos en las mismas áreas), con independencia de su carácter estadístico o sus causas físicas. Los cambios climáticos pueden resultar de factores tales como los cambios de la emisión solar, los cambios a largo plazo de elementos de la órbita terrestre (excentricidad, oblicuidad de la eclíptica, precesión de los equinoccios), los procesos internos naturales del sistema climático o el forzamiento antropogénico (por ejemplo, aumento de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> o de otros gases de efecto invernadero (OMM, 1992).

Existe un vínculo muy estrecho entre los elementos y los factores del clima con las estructuras geomorfológicas (formas del relieve de la superficie terrestre), como consecuencia de procesos llamados morfoclimáticos, y que constituyen una expresión de lo que Engels en 1890 (1975) llamó la dialéctica de la naturaleza (estructura *versus* clima), Relación que sirve para introducir el análisis de segundo sistema de conocimiento aquí utilizado: la Oceanografía.

Este vínculo es particularmente dinámico en el ecotono entre los ecosistemas terrestres y los oceánicos. El ecotono es el área de transición entre estos dos ecosistemas y corresponde en la franja costera al área de transición conformada por varios elementos. Estos son: la línea de costa, que está constituida los detritos depositados por el descenso de la marea, (Lincon, *et al.*, 1995); las lagunas costeras que de acuerdo a Phleger (1969) son cuerpos de agua semicerrados, con una barrera arenosa como frontera hacia al mar, que puede c

no tener aporte de agua continental y cuyo eje principal es paralelo a la costa; los ríos y esteros, que normalmente tienen su eje perpendicular a la costa; el término "cabeza" del estero se puede definir como aquella región interior donde la superficie del río llega por primera vez al nivel del mar (Aldeco y Salas, 1994); los estuarios, que son cuerpos de agua costero que tienen libre conexión con el mar abierto y dentro del cual el agua de mar es mensurablemente diluida con el agua epicontinental, (Cameron y Pritchard, 1963); y por último las corrientes menores. La alta dinámica y el cambio que se da en estas morfoestructuras son consecuencia de los procesos de erosión, descargas fluviales, transporte y sedimentación de terrígenos, que desencadena una alta complejidad entre los elementos hidrológicos, edafológicos, fito y zoogeográficos.

En esta área de transición interaccionan los elementos del Sistema Climático con los elementos del Sistema Oceanográfico, particularmente con las corrientes, que son movimientos horizontales de las masas de agua, que pueden ser causadas por el viento o por diferencias en la densidad del agua. Cabe señalar que la densidad del agua cambia en relación directa con la salinidad e inversa con la temperatura. Si a lo anterior añadimos el efecto que las descargas fluviales provenientes de los ríos localizados en la planicie costera del Golfo de México ocasionan sobre las masas de agua oceánicas, que modifican la temperatura y la salinidad (este último concepto se refiere a la cantidad total, expresada en gramos, de material disuelto contenido en un kilo de agua de mar cuando todos los carbonatos han sido convertidos en óxidos, todos los bromuros y yoduros reemplazados por cloruros y toda la materia orgánica oxidada (Riley y Chester, 1989), lo que se traduce en movimientos de mezcla turbulenta que genera condiciones heterogéneas que se asocian a procesos de transferencia de alta energía, además de controlar el transporte y depositación del material en suspensión (Aldeco y Salas, 1994).

Es en el área de transición donde se observa la mayor dinámica entre los Sistemas Climático y Oceanográfico, básicamente porque lo somero de estos cuerpos ocasiona una respuesta inmediata de la temperatura, asociada a la cobertura nubosa y en consecuencia a la evaporación; por otra parte, el intercambio de masas de agua con diferente concentración salina derivan en patrones de circulación resultantes de la diferencia en densidad, que asociada a los ritmos de mareas constituyen una red sumamente compleja. Empero, los efectos de la zona costera o de transición también influyen en el comportamiento de las masas de agua de la plataforma continental (que es el fondo marino poco profundo de pendiente gradual que se encuentra alrededor de un margen continental, usualmente de una profundidad no mayor de 200 m, y de la zona oceánica (aguas oceánicas abiertas situadas más allá de la plataforma continental (Lincon, *et al.*, 1995)

La complejidad en los procesos de intercambio entre los sistemas Climático y Oceanográfico, involucran una gran cantidad de energía, con el consecuente aumento de entropía en ellos, al mismo tiempo que acumulan información (Margalef, 1968). Es así que la información adquirida persiste en forma de estructura, la que puede orientarse en un sentido de mayor o menor eficiencia y por lo tanto de menor o mayor gasto de energía. Se puede decir, entonces, que en el área de los ecotonos existe una mayor entropía con un gasto alto de energía, mientras que en la zona oceánica el gasto energético es menor y por lo tanto también lo es la entropía.

Existe un tercer sistema que comparte todos estos procesos de intercambio de energía: el Sistema Biológico, en el que se ubican los ecosistemas terrestres y acuáticos. En los ecosistemas terrestres los factores de control decisivos para las transformaciones metabólicas de los organismos que habitan en ellos son la temperatura, la humedad y el viento, que además influyen en la erosión y desertificación, así como en la morfología de la superficie de la Tierra, en escalas temporales de días, meses, estaciones, años, cientos, miles y millones de años. Por otro lado en los ecosistemas acuáticos estos factores son la temperatura del agua, la salinidad y el viento, y constituyen, en conjunto, el motor dinámico de las masas de agua.

Los elementos del clima son quienes regulan en ambos ecosistemas, en una escala temporal corta de horas y días, los procesos fisiológicos de desarrollo, crecimiento y metabolismo en la mayoría de los organismos y, en una escala temporal mayor, modifica las migraciones y dispersión de éstos (Gates, 1977; Margalef, 1980; Melillo, *et al.*, 1992); también es quien controla de forma importante la estructura del ecosistema, es decir, la composición de especies, ya sea directamente al aumentar la mortalidad en los grupos mal adaptadas, o indirectamente, cuando interviene en la competencia entre las especies del ecosistema.

Sin embargo, no son solo la temperatura, la humedad y el viento los elementos determinantes del clima, sino que existe además una conjugación con otros factores climáticos, como la evaporación, la cobertura nubosa y la presión barométrica, que también inciden de manera directa sobre los ecosistemas terrestres y como una función forzante en los elementos que constituyen el ecosistema acuático.

En los ecosistemas oceánicos y costeros, las poblaciones en condiciones naturales tienden a alcanzar un nivel óptimo de abundancia; pero la variabilidad de factores ambientales en distintas escalas de tiempo y espacio, tales como la temperatura, la actividad solar (Índice de Zürich), los flujos de onda corta y la irradianza solar (Gloersen *et al.*, 1980; Comish, 1982), la precipitación, el tiempo atmosférico severo, es decir, ciclones y tormentas tropicales (Engman, *et al.*, 1974), y la nubosidad (Foster y Ormsby, 1978), propician que esa abundancia presente variaciones en las poblaciones a través del desarrollo de sus ciclos de vida (Cloudsley, 1961). Estas poblaciones están sujetas a la influencia de factores ambientales fluctuantes, que en la mayoría de los casos modifican sus mecanismos biológicos que están relacionados con la variabilidad temporal y espacial de la salinidad, con la temperatura del agua (Servain *et al.*, 1985), con la incidencia lumínica, con el nivel medio del mar (Busalacchi y Cane, 1985) y con otros aspectos oceanográficos como lo son los giros ciclónicos y anticiclónicos y el fenómeno ENSO (Schopf, 1983; Picaut *et al.*, 1989; Springer *et al.*, 1990), entre otros.

No obstante, para poder establecer una evaluación, de los elementos de los sistemas Climáticos y Oceanográficos, en la reacción de los ecosistemas, es importante distinguir las respuestas instantáneas, las intermedias y las que se dan en un tiempo más prolongado, que de manera generalizada y de acuerdo a Bolin (1979) son:

- (a) Respuesta instantánea del Ecosistema: ésta define a cualquier cambio en un organismo o en un patrón de comportamiento como resultado de un estímulo en un período de tiempo corto, que va desde unas pocas horas y hasta unos cuantos días. Un ejemplo lo constituye el incremento en las tasas de asimilación y respiración que se desarrollan en los procesos de la producción primaria de los organismos autótrofos terrestres, en función de un aumento en la temperatura, la humedad, la concentración de nutrientes, el contenido de bióxido de carbono y la radiación solar (Mason, 1976)
- (b) Respuesta Intermedia del Ecosistema: la diferencia que existe con la respuesta instantánea es el únicamente el tiempo de reacción de los organismos que integran el ecosistema, como consecuencia de un clima cuyos intervalos se encuentran fuera de la normal o del promedio. En este caso los biomas se ajustan a las nuevas condiciones ambientales y desarrollan una estructura de acuerdo al nuevo clima modificado. Un ejemplo de esto es posible observarlo en la densidad de un bosque, que puede verse modificada en su estructura y composición de tallas para optimizar sus procesos fisiológicos bajo las nuevas condiciones ambientales, donde el proceso de cambio hacia la optimización implica una estabilidad inherente del bioma.
- (c) Respuesta Larga del Ecosistema: esta respuesta, al igual que en los casos anteriores, sólo se diferencia de las otras en el intervalo de tiempo implicado. Si ocurriera un cambio climático marcado y perdurara por un tiempo prolongado (un siglo o más, o bien que se supere el período de vida de los individuos que componen el bioma), se iniciaría un proceso de sucesión, y lo más probable es que esto sucedería en el área de los ecotonos entre dos biomas existentes.

Es importante entonces, que cuando se plantean estudios de carácter multidisciplinario, como es el caso de esta investigación, se definan claramente las escalas temporales de interacción de los procesos que se desencadenan entre los diferentes sistemas y no se deba perder de vista que las escalas de tiempo están en proporción directa con las escalas de espacio. En el caso particular de los ecosistemas marinos se observa una respuesta larga del ecosistema y a escala global en la circulación termohalina, que puede tomar un lapso de 1000 años en completar su circuito, mientras que en una respuesta intermedia y a una escala regional, se observan los giros del tipo ciclónico y anticiclónico, que requieren de varios años para completar su ciclo; por último, dentro de los de respuesta instantánea y en escala geográfica local se encuentran los remolinos y las pequeñas turbulencias que un período de duración que va de segundos a horas (Mann y Lazier, 1991).



Es así que los aspectos físicos de las interacciones entre los sistemas Climático y Oceanográfico determinan las escalas espaciales y temporales en los procesos ecológicos y son los organismos los que con su respuesta determinan las escalas de tiempo. Por ejemplo, los grandes mamíferos como las ballenas desarrollan sus procesos biológicos dentro de una escala temporal de 100 años, los peces entre 1 y 10 años, el zooplancton puede completar una generación entre unos pocos días o inclusive semanas mientras que el fitoplancton tiene una escala del orden de días y las bacterias de horas (Mann y Lazier, 1991).

El estudio de los impactos ambientales que ocasionan los factores abióticos, especialmente los climáticos, es relativamente nuevo y, por lo tanto, existen diversas incógnitas al respecto. No obstante, hay una tendencia en la investigación que supone que los cambios más profundos que se dan en las pesquerías se deben principalmente a éstos, de ahí que el propósito de esta investigación radique en el análisis conjunto de la influencia e interrelaciones entre los elementos de los sistemas Climático y Oceanográfico y su impacto en el Sistema Biológico que en este caso particular se refiere a algunas pesquerías de importancia comercial en el Golfo de México.

La estadística constituyó un gran herramienta utilizada como una herramienta en la elaboración de este trabajo, y su función fue la de establecer de manera cuantitativa las interrelaciones observadas empíricamente entre los tres primeros sistemas descritos; esta visión holística partió de integrar un número elevado de relaciones elementales que pueden combinarse o sumarse entre sí, con un artificio matemático, para mostrar también las relaciones sinérgicas que surgen de la acción combinada de dos o más elementos que al sumarse dan un resultado mayor al de la suma de sus componentes en sus relaciones elementales, pues en el caso de la naturaleza la totalidad es siempre distinta a la mera suma de sus parte (Martínez, 1993 y Morin, 1994).

En lo que se refiere al uso de la Estadística como herramienta cabe mencionar lo importante que es observar un cambio de lo racional a lo intuitivo, del análisis a la síntesis, del reduccionismo al holismo y del pensamiento lineal al pensamiento no lineal, ya que dentro del Universo no existe como tal una linealidad en las relaciones entre cualquier par de variables (Matsuno, 1978 y Capra, 1991); sin embargo hay que hacer hincapié en que en el presente caso el objetivo no es sustituir un pensamiento lineal por uno no lineal, sino más bien complementarlos de tal manera que se encuentre un equilibrio entre ambos a partir de las ventajas que cada uno de los métodos ofrece.

Los métodos de estadística no lineales son aquellos que describen cuantitativamente las características y el grado de relación entre un grupo de variables, y que además se pueden expresar de forma gráfica, ya sea, o bien a través de una línea recta, como es el caso de la regresión lineal, las correlaciones múltiples y las componentes principales, o bien a través de funciones cuadráticas que pueden tomar formas sinusoidales, lo cual sucede en los análisis polinomiales. Estos cuatro métodos fueron empleados en la presente investigación y pertenecen al grupo de los modelos multivariados de tipo descriptivo (Pielou, 1984 y Hewitt, 1992).

Las ventajas en los dos primeros métodos, que se refieren a la regresión lineal y a las correlaciones múltiples, es la facilidad en la interpretación que se obtiene a través de la expresión cuantitativa de una línea recta; con respecto al tercero, el de los componentes principales, su valor radica en que las variables se representan en diferentes dimensiones del espacio y pueden verse como nichos ecológicos, lo cual se asemeja más a la realidad, al contrario de su representación en un plano de dos ejes. El cuarto método, el del análisis polinomial, observa el uso distinto del espacio tridimensional por parte de las diferentes especies y ha sido empleado de manera particular, en el estudio de las pesquerías por Wise y Fox, 1970; Cushing, 1971; Rosenzweig, 1971 y Ayala, *et al.*, 1973) ya que muestra la capacidad que tiene un organismo para seleccionar su ambiente e introduce un proceso recursivo, de modo que cada decisión influye sobre las formas siguientes, lo cual es una propiedad general de todos los sistemas que acumulan información (Varley y Gradwell, 1968; Stubbs, 1977 y Margalef, 1973).

Por otro lado, los métodos de estadística no lineal son aquellos que buscan una periodicidad en cada variable. Para los enfoques particulares de este trabajo se utilizaron los análisis de Fourier, el de espectro de potencia y el de máxima entropía, que pertenecen a la clasificación del tipo determinístico complejo, es decir, que pueden definirse matemáticamente por una función de la variación del tiempo cuyo período se repite a intervalos regulares (Bath, 1974; Wei, 1990 y Brown y Rothery, 1993); como se pudo observar en el caso de las variables climáticas y oceanográficas; sin embargo, en el caso de los ecosistemas las periodicidades

observadas pueden ser el resultado de la combinación de ciclos externas de las variables abióticas con los ritmos endógenos de las diferentes especies que componen el ecosistema, y que han sido incorporados al través del tiempo como un proceso de adquisición de información, lo que se traduce en un ritmo interno que les permite anticipar la variabilidad del entorno y disminuir su calidad de sorpresa, es decir, que el impacto de las variabilidades ambientales sobre los organismos es menor (Keith, 1963 y Peterson, 1973).

### c) LOS CICLOS DE LAS MANCHAS SOLARES.

Las manchas solares son depresiones que se forman en la superficie del Sol y que señalan la posición de una región de intenso campo magnético. La superficie solar, llamada fotosfera, tiene un espesor de 300 km, una temperatura de, aproximadamente, 6000°C, y una apariencia granulada, cuya característica más sobresaliente es, precisamente, las manchas solares; éstas consisten fundamentalmente de dos partes: un núcleo oscuro y una frontera muy delgada que lo rodea. Normalmente las manchas solares se presentan en grupos complejos y en gran cantidad de formas. Son mucho más oscuras que las demás zonas del sol y también más frías, apenas 4,500 °C, contra 5,380 °C del resto de la fotosfera; pueden medir de 1 hasta 200,000 km (17 veces el tamaño de la tierra) y su promedio de vida es de entre dos semanas hasta dos meses (González, 1987).

Una mancha solar aparece, al principio, en forma de un pequeño poro que apenas difiere de los espacios oscuros entre los gránulos de la fotosfera; en el lapso de un día este poro se desarrolla hasta formar una mancha redonda y oscura con bordes bien delimitados y su diámetro aumenta, gradualmente, hasta alcanzar decenas de miles de kilómetros; su diámetro típico es de 10 000 km. Generalmente, surgen dos grandes manchas muy próximas entre sí, acompañadas ocasionalmente, cada una de ellas, de un grupo de manchas más pequeñas. Conforme pasa el tiempo la superficie ocupada por el grupo de manchas aumenta progresivamente y alcanza su máximo en diez días; después de esto, las manchas empiezan a disminuir de tamaño hasta que, en forma gradual, desaparecen, primero las más pequeñas y después las más grandes. Se piensa que son causadas por el campo magnético del Sol y que la disminución en su temperatura, con respecto a la de la fotosfera, se debe a la influencia que ejerce el campo magnético de cada mancha sobre los movimientos de convección que ocurren debajo de la fotosfera, es decir, que debajo de cada mancha se da una interacción de su campo magnético con las partículas atómicas cargadas de la materia en movimiento; esto hace que disminuya esa movilidad y, en consecuencia, se frene la materia, lo que debilita el transporte de energía de las profundidades del Sol al exterior. Por ello la temperatura en las manchas solares es menor que la de la fotosfera no perturbada por el campo magnético (González, 1987).

Su número aumenta y disminuye de manera más ó menos regular y son estos ciclos, al igual que la ausencia ó presencia de auroras boreales, los más conocidos parámetros de la actividad solar. De acuerdo a Willet (1974) y Herman y Goldberg (1978), existen tres ciclos de actividad solar que deben considerarse, en relación a las fluctuaciones climáticas recientes: el ciclo de 11.1 años de manchas solares (Ciclo de Wolf o de Scwabe), el doble ciclo de manchas solares de 22 años (Ciclo de Hale), el de 35 años llamado ciclo Brückner y el más largo, el ciclo secular de 80 años (Ciclo de Gleissberg); Normad (1932) menciona dos ciclos que corresponden al de 35 años, denominado Ciclo de Brückner y el de 19 años, llamado ciclo de Russell; Otaola, *et al.*, (1993) refieren otros ciclos adicionales de 2.1, 3, 5.4, 7 y 8 años.

Las actuales observaciones del sol han demostrado que éste no gira como un cuerpo rígido, ya que su rotación es más lenta en las latitudes altas con respecto a la de su ecuador; en este último es de 27 días, mientras que en sus regiones polares es de 31. La moderna Teoría Solar sostiene que es esta rotación diferencial la que produce el ciclo de las manchas solares, debido a que el sol se comporta como un enorme dinamo, en el cual existe un campo magnético en sus profundidades que interaccionan con la rotación diferencial en su superficie para generar corrientes eléctricas que originan los campos magnéticos de las manchas solares; por consiguiente, si hubiera una marcada anomalía en el número de manchas solares, se podría esperar una situación irregular en las características del campo magnético solar ó en la rotación de su superficie. Esto último se pudo comprobar al compararse los dibujos del sol y sus manchas, elaborados entre 1642 y 1644 por el astrónomo alemán Hevelius, y en donde se observa que poco antes de la total desaparición de las manchas solares por un periodo que duró setenta años, el ecuador solar se había acelerado de tal modo, que para completar una rotación necesitaba un día menos que en 1625, es decir, que la velocidad del ecuador, comparada con la de sus latitudes mayores, se había acelerado en un factor de tres (Eddy, 1976).

Además de las informaciones que se obtienen de los registros directos sobre el número auroras boreales y manchas solares, también las descripciones del aspecto de la corona solar durante un eclipse total de sol proporcionan otro tipo de pruebas para verificar los niveles de actividad solar en el pasado. La forma de la corona, esa tenue atmósfera exterior del sol, es muy distinta cuando hay más manchas solares que cuando hay pocas. Estas manchas son focos de intensos campos magnéticos en la superficie del sol y estos campos magnéticos dan forma a las ráfagas coronales que se ven alrededor del sol durante un eclipse total; al hacer un recuento entre 1645 y 1715, hubo 63 oportunidades documentadas de ver el sol durante un eclipse total, sin embargo, en ninguna de ellas se hace referencia a la corona solar (Eddy, 1976).

A partir de las observaciones anteriores, se estableció que, tanto la ausencia de la corona que se observa durante un eclipse total de sol, como la disminución ó desaparición, tanto de auroras boreales, como de manchas solares, son indicios de una mínima actividad solar y, por el contrario, el aumento en la presencia de estos mismos factores confirman un máximo de actividad solar (Pérez, *et al.*, 1989).

Una de las técnicas con las que se cuenta actualmente para determinar las huellas que las alteraciones solares dejan sobre la Tierra, se basa en el análisis de los anillos de crecimiento anual de los árboles a través de la presencia del isótopo radiactivo carbono-14, el cual se forma en la alta atmósfera de la tierra por la acción de los rayos cósmicos galácticos. El flujo de estos rayos cósmicos esta modulado a su vez por la actividad solar, que altera el extenso campo magnético del sol. Cuando éste se halla en gran actividad, el campo magnético producido protege a la tierra de los rayos cósmicos y la cantidad de los que chocan con la alta atmósfera es menor, formándose menos carbono-14. Por el contrario, cuando el sol se halla en un estado de baja actividad, su campo magnético se equilibra, recibiendo la Tierra una dosis mayor de rayos cósmicos, con lo que aumenta la cantidad de carbono-14 en la atmósfera (Eddy, 1976).

El registro más veraz de las cantidades de carbono 14 que ha recibido la Tierra en el pasado, lo proporcionan los árboles, proporcionan por medio de sus anillos anuales de crecimiento. El carbono-14 formado en la alta atmósfera termina por penetraren los árboles a través de la asimilación de bióxido de carbono en la fotosíntesis. Al analizar la madera de cada anillo se puede medir la relación entre carbono-14 y carbono normal que existía en el bióxido de carbono en el momento de formarse dicho anillo (Eddy, 1976).

Y es así que, por ejemplo, se ha encontrado una sorprendente anomalía en la abundancia del carbono-14 en los anillos de árboles de la segunda mitad del siglo XVII y de principios del XVIII. En esos años aumentó bruscamente la abundancia de carbono-14, exactamente lo que debía ocurrir si el sol hubiera estado des acostumbradamente inactivo durante dicho periodo. Este descubrimiento coincide totalmente con una de las anomalías climáticas mas rigurosas de los últimos milenios, llamada "La pequeña glaciación", la cual, a su vez, está relacionada con otro singular periodo de anomalías en la actividad solar, denominado "El mínimo de Maunder" (Eddy, 1976); periodo durante el cual el diámetro solar fue más largo y la rotación del Sol más lenta (Ribes y Bartholot, 1987).

Se ha sugerido que, durante las etapas de mayor actividad solar, los máximos, se desencadenan incrementos en la temperatura terrestre y, por otro lado, en las etapas en que esta actividad disminuye, los mínimos, la temperatura de nuestro planeta decrece (Eddy, 1976).

El mínimo más conocido, el llamado Mínimo de Maunder, ocurrió entre los años de 1645 y 1715, lapso en que desaparecieron por completo las manchas solares, como se mencionó antes. Este fenómeno coincidió en la Tierra con un período de frío poco común que abarcó desde el siglo XVI hasta principios del XIX y que es conocido como "La Pequeña Glaciación". Durante esa etapa, la temperatura promedio fue 1°C menor que la actual, los glaciares alpinos avanzaron más de lo que lo habían hecho durante la última glaciación hace 15,000 años, y las bajas temperaturas ocasionaron incluso la desaparición de la última colonia escandinava establecida en el Suroeste de Groenlandia, separada del resto del mundo por hielo flotante que año tras año permanecía sin fundirse (Eddy, 1976).

Por otro lado, un ejemplo de lo que es un máximo, lo constituye, precisamente, la actividad solar que se ha desarrollado a lo largo del siglo XX, sobre todo en su segunda mitad.

El ciclo solar de 11 años inicia con un mínimo de manchas solares el cual va ascendiendo en número hasta llegar a su cúspide para luego descender nuevamente. En el año de 1749 se inició el registro sistematizado de los ciclos y desde esa fecha hasta la actualidad se han contabilizado 23, siendo este último el que se vive actualmente y que ahora se encuentra en su fase ascendente. Es en la ciudad de Bruselas, Bélgica, donde se calcula el valor promedio mensual del número de manchas que se observan desde todo el mundo y al que se conoce como Índice de Zürich (Herman y Goldberg, 1978).

Los primeros 10 ciclos reportaron valores mínimos de manchas solares en sus fases descendentes de, entre cero manchas en 1810 (fines del ciclo 5° e inicios del 6°), hasta once manchas en 1766, (que corresponde al valor mínimo entre el ciclo solar 1° y 2°). Los valores máximos han oscilado entre 132 manchas, en 1787 (cúspide del ciclo 3°) y 45.8 en 1816 (durante el ciclo 6°) (Eddy, 1976).

Se ha observado que a partir del ciclo 15°, (a principios de este siglo), es cuando los ciclos solares han alcanzado un mayor número de manchas con respecto a ciclos anteriores, particularmente en el año de 1957, que es cuando se reportó el máximo registrado hasta el momento y que es de 190.2 manchas solares. Estos números se han conservado cercanos en los ciclos anteriores y posteriores a 1957 e, inclusive, se llegó a pensar que el año de 1989-1990 podría haber alcanzado un nuevo récord de manchas solares, aunque finalmente no fue así (McIntosh, 1991).

El ciclo de las manchas solares ha sido empleado por diversos autores al correlacionarlo, principalmente, con la temperatura ambiental, a través del número de aquéllas que establece el Índice de Zürich (valor promedio mensual del número de manchas solares que se registran en los observatorios de todo el mundo (Herman y Goldberg, 1978). Los resultados obtenidos muestran correlaciones significativas. Por su parte Willett (1974), ha demostrado que existen cambios básicos de la circulación atmosférica y de características climáticas asociadas con el doble ciclo solar. Existen múltiples autores que han encontrado altas correlaciones entre el clima terrestre y la actividad solar medida a través del Índice de Zürich (Gerety *et al.*, 1977; Bates, 1981; Cole, 1984 y Pérez *et al.*, 1989). Estos autores señalan que dicha actividad medida a través de diversos patrones, entre ellos los ciclos de manchas solares, la actividad del viento solar o la actividad geomagnética del sol, ocasionan en la tropósfera incrementos de temperatura de 2 a 10°C y también de la presión barométrica al nivel de los 500 mb. Lo anterior podría constituir un disparador en el mecanismo de las alteraciones climáticas, como el fenómeno de las auroras boreales o el ENSO; se ha sugerido que ambos eventos están enlazados a través de la interfase de ondas planetarias (Herman y Goldberg, 1978; Heath, 1980; Mustel, *et al.*, 1980; Wu, *et al.*, 1984 y Labitzke y Loon 1989).

Actualmente se ha podido registrar, gracias a las técnicas del Carbono-14, al menos doce eventos, entre máximos y mínimos, tan importantes como los ya mencionados y que han ocurrido en los últimos 5,000 años. Cada uno dura entre 50 años y varios siglos. Algunos apuntan a una actividad solar muy reducida como es el mismo mínimo de Maunder. Entre ellos se cuentan el mínimo Egipcio, ocurrido entre 1,500 y 1,000 a.C., seguido del Mínimo Griego, entre los años 500 a.C.; el Mínimo Medieval entre 500 y 600 años d.C.; el mínimo de Spörer que abarca alrededor de 1400 a 1510 d.C., época en que se tiene otra vez poca información de auroras y manchas solares observadas a simple vista y en la que no hay referencias acerca de una estructura coronal del sol, que pudiese haber sido registrado por algún observador de un eclipse solar total; y, finalmente, el ya mencionado Mínimo de Maunder. Otras variaciones apuntan en dirección opuesta, y corresponden a eras de actividad anormalmente alta, tal vez más alta, incluso, que la que hemos conocido en tiempos modernos. Estas variaciones son: la denominada Máximo Sumerio, entre 3,000 y el 2,500 a.C., seguido del Máximo Piramidal ubicado entre 2,500 y 2,000 a.C.; le sigue el Máximo de Stonehenge, entre 2,000 y 1,500 a.C.; el Máximo Romano, ubicado entre las postrimerías de la era precristiana y los albores de la cristiana; el Máximo Medieval, entre el 1,000 y el 1,300 d.C.; y finalmente, el Máximo Moderno, es el que se vive actualmente y está caracterizada por la elevación del nivel de actividad solar que siguió al mínimo de Maunder (Eddy, 1976).

Por otro lado, la intensidad del ciclo de las manchas solares podría ser modulada por la acción de un dínamo solar, cuando cambios lentos en el flujo de energía del sol alteran la estructura de su zona convectiva, y por consiguiente, el modelo de circulación en su superficie. La cantidad de radiación emitida por el sol en estas circunstancias, podría ser independiente de la fase del ciclo undecenal de manchas solares. Tal mecanismo podría explicar porqué, en las investigaciones acerca de la conexión entre el Sol y el tiempo atmosférico, han surgido tantos contratiempos cuando se han tratado de hallar correlaciones con el ciclo undecenal de las

manchas solares, que podría ser sólo la frecuencia de la onda portadora (Garduño, *et al.*, 1997 y Mendoza, 1997).

Recientemente se ha impulsado el desarrollo de modelos físico-matemáticos y su aplicación al estudio de las fluctuaciones climáticas. Algunos modelos muy simplificados se han aplicado al estudio del efecto de las variaciones de la irradiación solar en el clima terrestre (Adem, 1962 y 1970).

#### d) TELECONEXIONES CLIMÁTICAS.

Entre los cálculos más conocidos del efecto de la variación de la irradiación solar en el clima, merecen una particular atención los de Budyko (1969), quien empleó un modelo con promedios por zonas altamente simplificado y encontró que pequeños cambios en la radiación de sólo 1.0 a 1.5% son suficientes para inducir una cubierta de hielo, que se extiende hasta las latitudes medias. Además demostró que, cuando la radiación decrece en 1.6%, la cubierta de hielo llega a las latitudes medias de hasta 50°N y después empieza a moverse hacia latitudes bajas hacia el ecuador por efectos de la teleconexión, es decir, del enlace a grandes distancias de anomalías climáticas aparentemente desconectadas (Glantz, *et al.*, 1991). Al mismo tiempo, la temperatura planetaria baja drásticamente y alcanza un valor de varios grados abajo de cero.

Por otro lado, Sellers (1969), usa un modelo similar al de Budyko (1969) y encuentra que una disminución de 2 a 5% es suficiente para iniciar otra edad glacial. Schatten y Orsz (1990) también han llevado a cabo cálculos para evaluar el efecto de los cambios en la irradiación solar, usando un modelo simplificado de circulación general, donde encontraron que, contrariamente a los resultados de Budyko (1969), una disminución del 4% es aún insuficiente para inducir la inestabilidad de la capa de hielo.

Las diferencias térmicas terrestres son, básicamente, el resultado de la interacción de los siguientes factores: la variación en la irradianza solar; la modificación de la oblicuidad en la llegada de los rayos del sol, según la latitud; y, por último, el tipo de sustrato, debido a su variedad en capacidad calorífica. A partir de todos ellos se conforman las zonas térmicas, donde provocan modificaciones en la presión barométrica, que desencadenan, por efectos de convección, las corrientes de viento; éstas, a su vez, responden a las diferencias en la velocidad de la Tierra, la cual es mayor en las latitudes bajas y menor en las altas. Este fenómeno ocasiona que la masa gaseosa de la atmósfera se vaya quedando rezagada en estas últimas y, en consecuencia, registre una desviación hacia el oeste, producida por la, así llamada, aceleración de Coriolis, cuyo valor es directamente proporcional al seno de la latitud, por un lado, y a la fuerza centrífuga, por el otro, de tal manera que se generan zonas de baja presión en latitudes altas (regiones polares y subpolares), y de alta presión en las latitudes de los trópicos de Cáncer y Capricornio, (donde se generan los vientos alisios y contralisios, respectivamente). Se establece, entonces, que la velocidad del viento depende del gradiente barométrico: cuanto más grande sea éste, mayor será la velocidad de aquél (Pagney, 1982; Medina, 1986 y García, 1989).

Sin embargo, todo este, aparentemente, sencillo esquema de circulación del viento se complica año con año, durante las diferentes estaciones, por la intensa dinámica de la distribución zonal de las temperaturas en el planeta, en donde se generan potentes corrientes de chorro, tanto en las latitudes altas como en las medias, las cuales se consideran una parte del motor de la circulación en la ya clásica, aunque antigua, Teoría de la Chimenea Ecuatorial, propuesta por Rossby (1956), que implica una ascendencia térmica en el ecuador, resultando entonces altas presiones, en altitud, de donde emanaban los vientos contralisios, encajados éstos en los trópicos por causa de la rotación terrestre dando lugar a los anticiclones y distribuyendo alisios y vientos del oeste. Esta teoría llevó a Pagney (1982), a plantear que la corriente de chorro circumpolar es, al mismo tiempo, la causa y la consecuencia de las presiones, lo que deriva en el dilema de conocer hasta que punto los vientos proceden de las presiones, o bien, contribuyen a su construcción. Actualmente, se piensa que la ascendencia intertropical de los vientos contribuye, regionalmente, al mantenimiento de las altas presiones subtropicales de altitud, a partir de las cuales la corriente de chorro puede ser reforzada.

Por otro lado, el rezago en la circulación del viento, mencionado en el párrafo anterior, genera las vaguadas, (áreas de baja presión); si se incrementa su número y tamaño, dan lugar a un índice de circulación zonal bajo, mientras que si éstos decrecen, se conforma un índice de circulación alto (Pagney, 1982 y Medina, 1986). Cuando se registra un índice de circulación zonal bajo, en el que se observa la presencia de vaguadas, se desencadena, durante el invierno, una Oscilación del Norte, también llamada "seesaw", en cualquiera de sus

cuatro tipos: (a) severas temperaturas bajas en Groenlandia, inviernos menos drásticos en Escandinavia; (b) severas temperaturas bajas en Escandinavia, inviernos menos drásticos en Groenlandia; (c) en ambas regiones los inviernos son severos; y (d) en ambas regiones los inviernos son menos intensos (van Loon, H. y J. C. Rogers, 1978).

En lo que corresponde a los eventos ENSO (El Niño-Southern Oscillation), se utiliza este término para referir al sistema general que comprende los dos extremos en la temperatura superficial del agua durante la Oscilación del Sur (denominación propuesta por Walker en 1923), que son: el evento caliente (la fase El Niño) y el frío (episodio llamado La Niña). La diferencia entre la presión barométrica entre Tahiti y puerto Darwin, Australia, denominado Índice de Oscilación de Sur (SOI), es el elemento que se emplea para determinar la ocurrencia de una o de otra fase; en la fase caliente, cuando ocurre un evento El Niño el  $SOI = SOI < 0$ , es decir es negativo, ya que, la presión en Tahiti  $<$  Puerto Darwin, mientras que en durante los eventos La Niña el  $SOI > 0$ , es decir es positivo, donde la presión en Tahiti  $>$  Puerto Darwin. Las señales discutidas aquí están basadas, primeramente, en diversos estudios realizados por Rasmusson y Carpenter (1982); Ropelewsky y Harper (1989); Kiladis y Van Loon (1988) y Kiladis y Díaz (1989).

Sin embargo, cabe resaltar que cada evento ENSO individual puede diferir marcadamente de un patrón promedio; así de acuerdo a la intensidad de los eventos, Quinn (1978), los clasifica en: fuertes, con un valor numérico de (4); moderados con (3); débiles con (2) y muy débiles con (1). Los fuertes involucran una anomalía positiva en la temperatura superficial del océano que excede los  $3^{\circ}\text{C}$ , en donde las pesquerías de la anchoveta en las costas del Perú se ven severamente afectadas; los moderados registran una anomalía de entre  $2^{\circ}\text{C}$  y  $3.5^{\circ}\text{C}$ , con fuertes pérdidas en las pesquerías; los débiles, con un intervalo anómalo en la temperatura del agua superficial de entre  $1^{\circ}\text{C}$  y  $2.5^{\circ}\text{C}$ , afectan poco a las pesquerías; finalmente, los muy débiles, registran una anomalía menor de  $1^{\circ}\text{C}$  y poca alteración en las pesquerías.

Actualmente existe otra clasificación basada en la extensión geográfica de la anomalía térmica que se registra sobre la temperatura del agua superficial, en donde se contemplan cuatro áreas:

Niño 1+2	Niño 3	Niño 3 a 4	Niño 4
$0^{\circ}$ a $10^{\circ}$ S	$5^{\circ}$ N a $5^{\circ}$ S	$5^{\circ}$ N a $5^{\circ}$ S	$5^{\circ}$ N a $5^{\circ}$ S
$90^{\circ}$ W a $80^{\circ}$ W	$150^{\circ}$ W a $90^{\circ}$ W	$170^{\circ}$ W a $120^{\circ}$ W	$160^{\circ}$ E a $150^{\circ}$ W

De tal manera que ambas clasificaciones son complementarias entre sí.

Con mucho, la característica más sobresaliente de las teleconexiones del ENSO, es decir, el enlace a grandes distancias de anomalías climáticas aparentemente desconectadas, (Glantz, *et al.*, 1991), es que están asociadas con la presión al nivel del mar (SLP -sea level pressure-), y ésta fue la señal que permitió a Hildebrandsson (1897), Lockyer (1906) y Walker (1923), detectar y definir la Oscilación del Sur. Esencialmente, la señal de la presión se observa como un subibaja entre la región sureste del Pacífico tropical y la región de Indonesia, así que, cuando la presión está por debajo de la normal en una de las regiones, en la otra tiende a estar por arriba de la normal en una escala de tiempo cuyo intervalo abarca desde unos meses hasta un año. La medida del estado de la Oscilación del Sur es actualmente definida como el Índice de Oscilación del Sur (SOI), el cual se basa en las diferencias de presión estandarizadas a nivel del mar entre Tahiti y Puerto Darwin, Australia. Localizadas cerca del núcleo de las regiones de la Oscilación del Sur, dichas estaciones cuentan con registros de períodos relativamente largos, así que el SOI puede calcularse tiempo atrás desde el año de 1882 (Ropelewsky y Jones, 1987).

Los primeros investigadores de la Oscilación del Sur estaban enterados de que los extremos de la presión en este subibaja estaban asociados con una marcada anomalía climática tanto en las regiones de los trópicos como en los subtropicos. Por ejemplo, Walker (1923), estableció que las altas presiones sobre la región australiana estaban acompañados de una sequía sobre la India y Australia e inviernos fríos y lluviosos en la porción sureste de Estados Unidos.

Mientras que la oscilación de la presión asociada con la Oscilación del Sur se conoce desde hace alrededor de un siglo, no fue sino hasta finales de los 50's y principios de los 60's que la conexión entre la Oscilación del Sur y la temperatura superficial del océano fue demostrada por Berlage (1957); Ichiye y Petersen, (1963);

Bjerknes, (1966 y 1969). Generalmente, la temperatura superficial del océano a lo largo de la costa oeste de Sudamérica y a lo largo del ecuador y en el centro y este del Pacífico está anormalmente frías para esas latitudes. Esto es debido a una fuerte surgencia oceánica asociada con los vientos alisios a lo largo de las regiones ecuatoriales y por el flujo hacia el ecuador de corrientes marinas a lo largo de la costa de Sudamérica (Enfield, 1989). Esta temperatura superficial fría del océano estabiliza la atmósfera baja, inhibe las precipitaciones y da como resultado un clima hiperárido en las costas de Perú. Esta aridez se extiende hasta el Pacífico Central, y ocupa la región en forma de cuña que se extiende al oeste tan lejos como la línea general de cambio de fecha. Esta vecindad continúa hasta la latitud de Santiago de Chile, a lo largo de la costa de Sudamérica, y a la región se conoce como la zona seca del Pacífico.

Cada pocos años esta aridez se rompe por fuertes episodios periódicos de lluvia que perduran por varios meses, asociados a un incremento dramático de la temperatura superficial del océano en el Pacífico Ecuatorial. A lo largo de las costas de Perú este fenómeno ha sido llamado El Niño, debido a que su ocurrencia se encuentra cerca de las fechas navideñas (Wyrki, 1975; Enfield, 1989 y Chang y Lau, 1990). Las áreas costeras de Ecuador y norte de Perú son particularmente susceptibles de inundaciones durante el Niño, aunque regiones más hacia el sur y en las islas a través de la zona de la surgencia ecuatorial puedan tener también, un incremento espectacular en la lluvia. En esencia la celda de alta presión del Pacífico Sur disminuye y está acompañada por un decremento en la fuerza de los Vientos Alisios, que debilita la surgencia oceánica, y causa un incremento en la temperatura superficial del océano. El calentamiento de la superficie del océano provoca un aumento en la evaporación así como un calentamiento en la tropósfera y un decremento en la estabilidad atmosférica, que crea condiciones favorables para la convección y las lluvias convectivas. Este proceso tiende a automantenerse porque el desarrollo de áreas organizadas de convección cerca del ecuador tienden a fomentar el debilitamiento de los vientos alisios dentro y al oeste del área convectiva, de tal modo que causa una temperatura superficial del océano en que el agua se encuentra anómalamente caliente. Así, los mecanismos forzantes de éste son llamados eventos calientes o ENSO y son debidos a una complejidad de la inestabilidad océano-atmósfera que depende del acoplamiento de dos medios (el medio atmosférico y el medio oceánico). (Rasmusson y Wallace, 1983; Philander, 1990).

El incremento de la precipitación sobre el este del Pacífico tropical durante los eventos calientes ENSO actualmente representa una parte de una mayor organización de los patrones de lluvia tropicales. En promedio, la parte lluviosa de los trópicos se extiende de las regiones ecuatoriales de Indonesia al este de Nueva Guinea que se extiende hasta el Pacífico oeste, donde la lluvia prevalece a través del año. Durante el verano del hemisferio norte, estas regiones permanecen secas, mientras que las lluvias del monzón migran hacia el sur lo que ocasiona en el norte de Australia y en el SW del Pacífico Tropical la estación lluviosa. En general, estas regiones monzónicas experimentan condiciones de sequía por arriba de lo normal durante los eventos calientes; en este sentido, estos eventos representan un cambio en los vientos del este en las regiones principales de convección del este de India y en el Océano Pacífico oeste al este del Pacífico tropical central. Debe enfatizarse que los eventos calientes no están acompañados de una falta total de las lluvias durante el monzón, sino más bien en una reducción de las fuertes lluvias, que son requeridas en estas regiones por una economía basada en su agricultura intensiva (Kilandis y Sinha, 1991).

Un hecho fascinante del ENSO es su "trabamiento" a las estaciones del año. Ambos eventos el caliente y el frío muestran predisposición a desarrollarse durante el periodo de marzo a mayo, y duran, al menos, hasta un año, pero frecuentemente se extienden por un periodo más largo (Rasmusson y Carpenter, 1982 y Bradley *et al.*, 1987). A la etapa inicial de un evento caliente (El Niño) se le denomina como año "cero" del evento. Las anomalías de la temperatura superficial del océano en el Pacífico ecuatorial tienden a crecer hasta alcanzar su máximo durante el verano del hemisferio Norte para posteriormente decaer en el mismo año; a menudo se observa en las costas del Perú un pico secundario que corresponde a la "fase madura" del evento en el invierno del hemisferio Norte (Rasmusson y Carpenter, 1982). Por otro lado, entre el final de año "cero" y el inicio del año "uno" cuando el evento llega a durar dos años, son más evidentes las teleconexiones del ENSO en las áreas extratropicales.

Otro aspecto del ENSO que ha sido pasado por alto por la mayoría de los investigadores de los 80's, es el estado opuesto a El Niño, llamado La Niña o evento frío (van Loon y Shea, 1985 y Philander, 1990). Durante esta fase de la Oscilación del Sur, las condiciones climatológicas de fuertes lluvias sobre las regiones monzónicas y las relativamente frías temperaturas del agua superficial sobre el este del Océano Pacífico

ecuatorial parecen estar amplificadas. Más aún, las anomalías climáticas a escala global durante los eventos fríos son en su mayor parte opuestas respecto al signo que se observa durante los eventos calientes (van Loon y Shea, 1985; Yarnal y Díaz, 1986; Bradley *et al.*, 1987; Lau y Sheu, 1988; Kiladis y Díaz, 1989 y Ropelewsky y Halpert, 1989).

Ahora parece quedar claro que los eventos caliente y frío representan los dos polos del "ciclo" del ENSO hacia una tendencia pronunciada del sistema a ir de un extremo al otro en años adyacentes (van Loon y Shea, 1985; Meehl, 1987; Kiladis y Díaz, 1989 y Rasmusson *et al.*, 1990). Así, un extremo de la Oscilación del Sur parece preparar las condiciones del sistema océano/atmósfera hacia la transición a un extremo opuesto en el siguiente año. Esto se refleja en el hecho de que los eventos calientes y los fríos parecen seguirse uno del otro.

Como se describió anteriormente, las lluvias están enlazadas fuertemente sobre las áreas tropicales durante el evento frío de la fase de la Oscilación del Norte y disminuye durante la fase caliente. Resulta interesante que, en las grandes áreas continentales de ambos hemisferios, los patrones de eventos calientes y fríos están invertidos, particularmente sobre el Hemisferio Sur.

Durante cualesquiera de las dos fases del ENSO, existe un vínculo indivisible entre las variables climatológicas, que se genera a partir de la retroalimentación entre el comportamiento de la presión barométrica, la temperatura y la precipitación; por un lado, la relación entre la presión barométrica y la precipitación es inversa: altas presiones equivalen a lluvias deficitarias y bajas presiones condicionan lluvias abundantes; por otro lado, la temperatura y la precipitación mantienen una relación directa; finalmente, la relación entre la temperatura y la presión funciona en ambos sentidos, es decir, puede ser directa o inversa.

#### **e) LAS VARIACIONES EN EL NIVEL MEDIO DEL MAR.**

El cambio del nivel del mar que se observa actualmente, es muy pequeño si es que existe, y se debe al desgaste de la cubierta glaciaria de Groenlandia (en estado estable o ligeramente positivo de balance de masa); la cubierta glaciaria antártica, probablemente se está incrementando, es decir, está tomando agua del océano. Sin embargo, los glaciares y los pequeños casquetes de hielo en todo el mundo, excepto Groenlandia y la Antártida, se han reducido durante los últimos 100 años (Meier, 1984). Actualmente se piensa que el nivel del mar está ascendiendo a una velocidad de 1 a 3 mm por año, si bien este cambio está lejos de ser uniforme en todo el mundo. El ascenso en el nivel del mar que se observa en la actualidad podría atribuirse parcialmente al desgaste de los glaciares alpinos situados en las cadenas montañosas a lo largo del Golfo de Alaska y en Asia Central, y de los casquetes de hielo de la Patagonia. También contribuyen al ascenso en el nivel de los mares, los procesos de expansión térmica del agua o los efectos tectónicos, los movimientos isostáticos, la erosión y la Sedimentación, Woo (1989).

Por su parte Schneider (1997), sugiere que el ascenso del nivel del mar podría llegar por varios caminos, todos ligados al calentamiento de la superficie de la Tierra; la mayoría de los investigadores consideraban ese calentamiento una consecuencia inevitable de la creciente emisión de bióxido de carbono y otros gases de invernadero, capaces de absorber el calor.

En primer término, el calentamiento de la atmósfera resultante del efecto de invernadero terminaría por inducir un aumento de la temperatura de los océanos. Ahora bien, el agua del mar, al igual que la mayoría de las sustancias, se dilata al calentarse; por ello, podría bastar la dilatación térmica del océano para elevar el nivel del mar unos 30 cm (Schneider, 1997).

El segundo motivo de se refiere a lo observado en muchos valles alpinos. A lo largo del último siglo, si no es que desde antes, los glaciares de montaña se han venido contrayendo; su agua, que alimenta arroyos y ríos, ha ido a engrosar el mar. Tales aguas de fusión del hielo pueden haber incrementado el océano hasta cinco centímetros en los últimos 100 años; con toda probabilidad, semejante flujo continuo elevará el nivel del mar más rápidamente en el futuro (Schneider, 1997).

El tercer aspecto es el que más preocupa, y refiere que hace más de 30 años algunos investigadores empezaron a pronosticar que el calentamiento global podría provocar la fusión de la reserva helada de la



Antártida, la cual es muy inestable, lo que conduciría a una importante elevación del nivel del mar, incluso tal vez hasta cinco o seis metros.

Por su parte Mercer (1978) afirma que la espesa plataforma de hielo que cubre gran parte de la Antártida Occidental descansa sobre un lecho rocoso muy por debajo de la superficie del mar, y que esta plataforma era, por su propia naturaleza, inestable y sugiere que si se diera un incremento del efecto de invernadero y se llegase a calentar la región polar austral en solo cinco grados centígrados, las plataformas de hielos flotantes que rodean la capa de hielo de la Antártida Occidental comenzarían a desaparecer. Desprovista de esos contrafuertes, esta capa de hielos terrestres -vestigio de la última glaciación- se desintegraría muy pronto, inundando en el proceso las costas bajas del planeta.

Aunque el marco inferido por Mercer (1978) era totalmente teórico, ofrecía algunas pruebas de que la capa de hielo de la Antártida Occidental pudo realmente haberse fundido ya con anterioridad al menos una vez. Hace entre 110,000 y 130 000 años, cuando los últimos antepasados comunes de los humanos se dispersaron probablemente desde África hasta Asia y Europa, la Tierra experimentó una historia climática de sorprendente semejanza con lo que parece haber sucedido a lo largo de los últimos 20,000 años, en que se calentó de una forma brusca después de los postreros fríos de una gran glaciación.

Este antiguo calentamiento pudo haber producido condiciones un poco más suaves que las actuales. El archivo geológico de esa época (la fase interglacial 5e) resulta poco claro, pero muchos geólogos creen que el nivel del mar alcanzó unos cinco metros por encima del presente, casualmente, la masa adicional que proporcionaría la fusión de la capa de hielo de la Antártida Occidental. Si tal desplome se hubiera producido en la Antártida durante una fase ligeramente más cálida del pasado, infieren algunos, la actual tendencia al calentamiento podría presagiar una repetición de éste patrón de comportamiento.

Fue durante 1990 que se inició un programa coordinado de investigación denominado SeaRISE que significa Respuesta del nivel del mar a la evolución de las capas de hielo. En el informe de su primera reunión de trabajo se concluyó que en la Antártida existían cinco torrentes de hielo provenientes de Antártida Occidental para depositarlo en las inmediaciones del Mar de Ross. Tales canales abiertos en la capa gélida de la Antártida Occidental, por donde los hielo fluyen hacia el océano, pueden ser, manifestaciones de un desplome en proceso.

Sin embargo en una investigación posterior se frenaron las afirmaciones de carácter catastrófico. A comienzos de los 90's, estuvieron en boga los modelos de circulación global: unos programas informáticas, muy complejos, para predecir el clima futuro calculando el comportamiento de la atmósfera y el océano. Y se aplicaron al estudio de la posible incidencia de un clima más cálido y húmedo, que depositaría allí su humedad en forma de nieve. Podría, pues, incrementarse incluso la cuantía de hielo marino que rodea al continente.

Dicho de otro modo, justamente cuando los expertos del SeaRISE preparaban su campaña para proseguir su investigación basada en la fusión de la plataforma helada de la Antártida Occidental, los modelos informáticos mostraban la posibilidad de que dicha capa creciera, con el consiguiente descenso del nivel del mar: los hielos continentales retendrían el agua robada al mar. Razón por la cual dejaron sin fundamento la campaña del grupo SeaRISE.

Otras observaciones han obligado a cuestionar también la idea de que una fusión brusca de los hielo de la Antártida conllevara a la subida del nivel del mar varios metros, en un futuro previsible. Los geólogos comprobaron que, de las cinco grandes corrientes de hielo que alimentan el mar de Roos designadas como A, B, C, D y E, no todas arrojan su contenido al océano. Una de las mayores, la C, cesó de operar hace unos 130 años, quizá porque perdió lubricación en su base.

La verdad es que la vinculación del calentamiento climático con movimiento de las corrientes de hielo en la Antártida Occidental se ha hecho cada vez más tenue, y presentan un comportamiento que parece arrancar y detenerse sin que se sepa la razón. Es más, de acuerdo con sus propias mediciones de la velocidad de acumulación de nieve en la vecindad del polo Sur, las nevadas han aumentado bastante en los últimos decenios, intervalo a lo largo del cual la temperatura global ha ascendido poco a poco; las observaciones realizadas en otros lugares de la Antártida han producido resultados similares.

Lo cierto es que las zonas de la Antártida sometidas a tan estricto seguimiento son pocas y se encuentran alejadas entre sí; sin embargo, aunque diversos investigadores reconocen que la actividad humana ha contribuido al calentamiento global, nadie puede decir con certeza si el casquete antártico se está contrayendo o extendiendo en respuesta a éste.

La opción científica mayoritaria afirma que el nivel del mar está subiendo, sin embargo, los caminos a través de los cuales se ha llegado a dicha conclusión no tienen una certeza del 100%, ya que, aunque se cuenta con múltiples puertos que cuentan con mareógrafos que operan desde hace decenios, existe una dificultad común: el suelo sobre el cual se asientan los instrumentos puede oscilar hacia arriba o hacia abajo. Algunas regiones como Escandinavia, se encuentran todavía recuperando su nivel, tras haber permanecido hundidas bajo enormes glaciares durante el último período glacial. Tal recuperación postglacial explica por qué el nivel del mar medido en Estocolmo parece estar cayendo a razón de unos cuantos milímetros por año, mientras que está ascendiendo a razón de un 1.5 mm anuales en Honolulu, lugar muy estable (Schneider, 1997).

En principio, podría determinarse el ascenso real del nivel del mar si se descartaran los resultados de los mareógrafos instalados en los puertos donde las masas terrestres se están moviendo. Pero esa estrategia implica prescindir de un plumazo de la mayoría de los datos disponibles. Casi toda la costa oriental de Norteamérica por ejemplo, está todavía reacomodándose desde su anterior posición elevada en una "protuberancia periférica", borde elevado que rodeaba la depresión creada por la gran capa de hielo que cubría Canadá hace 20, 000 años. Y lo que reviste mayor interés son efectos locales, tales como los abombamientos que se producen en los bordes de las placas tectónicas o la subsidencia que se sigue cuando se extrae agua o petróleo del suelo sobre todo en los países localizados en los trópicos. En Bangkok, donde los habitantes no cesan de extraer agua del subsuelo a un ritmo creciente, el fenómeno de la subsidencia podría inducir a creer que el nivel del mar hubiera subido casi un metro en los últimos 30 años.

Por su parte los geofísicos han ideado métodos para superar esta dificultad; uno de ellos, se basa en el siguiente principio: se calculan los movimientos esperados de la recuperación postglacial, para restarlos de los resultados de las mediciones tomadas en los mareógrafos, valiéndose de esta argucia se ha concluido que el nivel del mar global ha subido a una razón de 2.0 mm por año durante los últimos decenios. Esto se ha podido comprobar con el satélite TOPEX/Poseidón, el cual se ha encargado de realizar mediciones con dos radares altimétricos que apuntan hacia el océano. Puesto que se conoce con exactitud la posición del satélite, las mediciones radáricas de su distancia del mar pueden servir como mareógrafo espacial. Aunque al TOPEX/Poseidón se le ha asignado la misión central de medir la circulación del agua en el océano siguiendo las ondulaciones superficiales causadas por las corrientes, se ha demostrado también capaz de registrar los cambios generales en el nivel del mar (Anderson, 1992).

Cuando se promedia la altura del nivel del mar, se extrae mucha menos variabilidad que la aportada por un mareógrafo sólo. Los resultados que se han publicado el altímetro TOPEX/Poseidón indican que el nivel global del mar subía a razón de casi 4 mm por año, el doble de lo determinado con anterioridad; más tarde se descubrió que los datos se resentían de un defecto en la programación empleada para procesar los datos del satélite. Un análisis más reciente parece confirmar la estima, fundada en instrumentos de superficie, de 2 mm anuales de ascenso en el nivel del mar.

A todo esto surge la incógnita de si esta subida se mantendrá en la misma proporción constante ó si o se acelerará con el calentamiento climático. Los geólogos, al estudiar las fluctuaciones en el pasado del nivel del mar como respuesta a los cambios climáticos anteriores, señalan que, existen corales que crecen cerca de la superficie, sobre todo en los mares Caribe y aledaños, de los cuales por medio de perforaciones profundas; se puede deducir información acerca del ascenso del nivel del mar desde finales de la última era glacial, cuando había enormes cantidades de agua todavía aprisionada en los casquetes polares y los océanos estaban unos 120 m por debajo del nivel actual.

Aunque los registros del coral muestran episodios en los que el mar subió hasta 2 y 3 cm por año (Fairbanks, 1989), observa que dichas velocidades corresponden a un mundo muy diferente. En aquel entonces, hace de 10,000 a 20,000 años, las grandes capas de hielo que antaño cubrían gran parte de Norteamérica y Europa están a la mitad de su fusión y el océano recibía cantidades ingentes de agua. La fracción más reciente del

registro del nivel del mar indica una **disminución** progresiva de la velocidad de ascenso, hasta que la altura del océano se estancó, tal parece, **en los últimos milenios**. En coherencia con ello, el régimen actual parece inclinado hacia un nivel del mar **bastante estable**.

Por su parte Anderson (1992) afirma que los datos presentados por Fairbanks (1989) no cuentan con la precisión requerida para descubrir la clase de sucesos pronosticados por los modelos glaciológicos; ya que hubo según Anderson tres episodios de brusco ascenso del nivel del mar en los últimos 10,000 años, que las muestras coralinas no detectan por la sencilla razón de que existe una barra de error de cinco metros asociada a tal método.

Asimismo Anderson (1992) recabó pruebas de la bahía de Galveston, en el Golfo de México, donde los testigos de sedimentos y los sondeos sísmicos revelan el comportamiento del estuario ante el ascenso del nivel del mar desde la última era **glacial**. Un aumento continuo del nivel del mar habría hecho que los entornos submarinos que caracterizan diferentes partes del estuario se moviesen gradualmente hacia la tierra. Pero el archivo geológico de la bahía de Galveston muestra características particulares que evidencian una brusca inundación de esa antigua ribera.

El episodio más antiguo de brusca **subida** del nivel del mar que Anderson percibe aconteció 2000 años antes de Cristo, cuando el clima se **parecía** bastante a las condiciones actuales. De acuerdo con sus resultados, el nivel del mar pudo haber subido **notablemente** en sólo unos siglos, aunque no se tiene el registro preciso de la tasa de ascenso.

En análisis realizados en el Mar **Mediterráneo** en los últimos 2000 años, se sabe que el nivel del mar ha ascendido un promedio de sólo **dos décimas** de milímetro por año. Pero tales trabajos no aportan información acerca de si el océano pudo haber **ascendido** bruscamente hace 4000 años.

## f) RECURSO PESQUEROS.

El mundo cuenta con 14 áreas **pesqueras** marinas: dos en el Océano Índico, cinco en el Pacífico, seis en el Atlántico y una en el **Mediterráneo y el Mar Negro**. En el Océano Pacífico se captura el 53% del total mundial y 43% en el Atlántico; el 70% se **hace** en las aguas frías y templadas, alejadas de los trópicos, y el 30% restante en las zonas cálidas (Christy y Scott, 1967 ; Firth, 1969 y Pesca, 1977-1982).

Las pesquerías mexicanas se **suscriben** a dos áreas: (1) la del Pacífico Central Oriental, a la que pertenecen las costas occidentales y las del **Golfo** de California; y (2) la del Atlántico Central Occidental, que incluye al Golfo de México y al Caribe **Mexicano**; el total de captura en ambas es de sólo el 3.7% (70 millones de toneladas) del total mundial. Es **así** que los mares de México se caracterizan, en su mayoría, por ser de aguas cálidas, con una gran diversidad de especies pero con pocos individuos por cada una de ellas (Firth, 1969 y Secretaría de Pesca, 1977-1982).

La República Mexicana tiene 11,600 km de litoral; el 72.3% corresponde al Pacífico, el 20.4% al Golfo de México y el 7.2% al Caribe **Mexicano**. También se disponen de 232,000 km<sup>2</sup> de mar territorial y de una Zona Económica Exclusiva de tres millones de km<sup>2</sup>, además de casi tres millones de hectáreas de aguas epicontinentales. Sin embargo, a **pesar** de la gran cantidad de recursos disponibles, éstos no son explotados plenamente. El potencial teórico de aprovechamiento para México en 1987 fue fijado en entre 6.3 y 10 millones de toneladas anuales; el **aprovechamiento** real en ese año fue de, únicamente, entre el 14% y el 24% de ese potencial (Firth, 1969; Carranza, 1978 ; Laguarda, 1987 y Secretaría de Pesca, 1977-1982).

En 1985 la producción pesquera **mundial** fue de 84 millones de toneladas, de las cuales el 13.7% correspondió a Japón, el 12% a la Unión **Soviética** (actualmente Comunidad de Estados Independientes), el 7.1% a la República Popular China, el 5.9% a los Estados Unidos y el 5.7% a Chile, que en conjunto sumaron el 44.7% de la captura total del planeta. El **porcentaje** restante se dividió entre 217 países, entre los que se encuentra México, que en ese año ocupó el **lugar** 18 con el 1.5% de la captura total (Anónimo, 1970 y Secretaría de Pesca, 1977-1982).

En 1987 la producción pesquera de México fue de 1,486,800 toneladas. El 75.7% correspondió a los estados del litoral del Pacífico, entre los que se destacan Sonora, Baja California y Sinaloa con el 31.2%, el 20.4% y 9.4%, respectivamente del total nacional; los estados de la región del Golfo de México y del Caribe Mexicano aportaron el 21%, con Veracruz como el primer estado productor de la zona con el 6.7% del total nacional; finalmente el 3.2% restante se generó en los estados sin litoral (Secretaría de Pesca, 1977-1982 y Bellot, 1978).

También en 1987 las actividades pesqueras del país generaron 274 mil empleos de los que dependían unas cuatro millones de personas, aproximadamente el 5% del total de la población mexicana en ese año, repartidas en 1500 comunidades, con 300 barcos, 62,000 lanchas y 500 plantas industriales (Cifuentes, 1978 ; Secretaría de Pesca, 1977-1982 y Basabe, 1978).

Las doce especies que se seleccionaron para su estudio en la presente investigación, son aquellas que reportaron el valor comercial más alto en el Golfo de México y Caribe Mexicano, con respecto a las 60 que existen en toda la región y que son susceptibles de pesca. En lo que se refiere al volumen total en toneladas de peso fresco aportan en conjunto el 15.2% del total nacional y el 32.67% del total regional; dentro de este último la distribución de las cantidades capturadas por especie es la siguiente: el camarón (*Penaeus spp.*), con el 11.19%; la mojarra, de la familia Gerreidae (*Eugerres, spp.*) con 8.8%; el cazón, de la familia Carcharinidae (*Rhizoprionodon, spp.*), con el 3.6%; el mero, de la familia Serranidae (*Epinephelus, spp.*), con el 3.4%; la sierra de la familia Scombridae (*Scomberomorus, spp.*), con el 2.1%; la lisa, de la familia Mugilidae (*Mugil, spp.*), con el 1.06%; el robalo, de la familia Centropomidae (*Centropomus, spp.*), con 1.0%; la corvina, de la familia Scianidae (*Cynoscion, spp.*), con 0.55%; el huachinango, de la familia Lutjanidae (*Lutjanus*), con el 0.52%; el pargo, de la familia Lutjanidae (*Lutjanus, spp.*), con el 0.3% y el bonito, de la familia Scombridae (*Euthynnus, spp.*) con el 0.15% (Castro-Aguirre, 1978 y Secretaría de Pesca, 1977-1982).

#### g) ASPECTOS BIOGEOGRÁFICOS DE LAS PESQUERÍAS.

Los peces marinos representan una importante fuente de alimento para el consumo humano y constituyen un recurso natural renovable con un potencial de explotación importante, sobre todo si se considera que éstos organismos cohabitan en un ambiente que abarca el 71% de la superficie terrestre. A través de los siglos la actividad pesquera ha evolucionado, tanto en la forma, es decir, las artes de pesca, las embarcaciones y la infraestructura portuaria, como en el espacio que abarca esta actividad socioeconómica, ya que actualmente ésta no sólo se limita a las regiones costeras, sino que también abarca la plataforma continental y las regiones oceánicas.

Como consecuencia de la magnitud e irregularidad del ambiente marino, se le circunscribió en tres grandes clasificaciones. La primera de ellas, de acuerdo a Heezen y Menard (1963), está basada en sus características topográficas y en su ubicación con respecto a la costa; la segunda, lo hace con respecto a la profundidad y sigue el criterio de Allee (1965); y la tercera, hace referencia al concepto zoogeográfico, el cual corresponde al nicho ecológico de cada especie dentro del ecosistema, de acuerdo a Hedgpeth (1957).

La primera clasificación divide al ambiente marino en tres regiones: (1) el margen continental, que es una prolongación de los continentes y que comprende, tanto a la plataforma continental o zona de descenso suave, que va de los 0 a los 200, como al talud continental, donde se presenta una ruptura violenta con la plataforma y se localiza, en promedio, en la isobata de los 200 m; (2) la cuenca oceánica, que incluye, tanto a las formaciones denominadas abisales, es decir, planicies que continúan, por lo general, al talud, como a grandes levantamientos y enormes picos; y, (3) la cresta o cordillera central, en donde se encuentran, además de la formación que le da el nombre, grandes surcos y ocupa, aproximadamente, un tercio del fondo oceánico.

La segunda, se refiere al ambiente pelágico, que es la división vertical de las masas de agua en cuatro provincias principales: (1) la eulitoral, hasta los 50 m de profundidad, donde termina la acción de las mareas y de las olas; (2) la sublitoral, de los 50 a los 200 m, es decir, hasta donde termina la plataforma continental; (3) la archibéntica, hasta los 2000 m y (4) la abisal, de los 2000 m en adelante.

La tercera de estas clasificaciones divide a los organismos en planctónicos, nectónicos y bentónicos. El plancton está constituido por organismos autótrofos (fitoplancton) y heterótrofos (zooplancton, donde se

incluye al ictioplancton, que son las formas larvianas de los peces); los organismos que constituyen este conjunto son incapaces de mantener su posición o distribución de manera independiente, con respecto al movimiento de las masas de agua, y son, prácticamente, arrastrados por las corrientes (Hedgpeth, 1957). El necton lo conforman organismos de nado activo que son capaces de moverse independientemente de las corrientes de agua; se les conoce también como pelágicos, es decir, que cohabitan en la columna de agua (Lincon, *et al.*, 1995); dentro de esta clasificación se incluyen los peces (óseos) y los elasmobranquios (cartilaginosos); su talla, dependiendo de la especie, oscila entre 20 mm y 20 m. En el bentos se localizan las especies que viven en relación íntima con el fondo, ya sea para fijarse en él, para excavarlo, para desplazarse sobre éste o para nadar en sus vecindades sin alejarse de él (Vegas, 1971); dentro de esta clasificación se incluyen los organismos demersales (Lincon, *et al.*, 1995).

La zona costera pertenece al margen continental y es allí donde se localizan la línea de costa, las lagunas costeras, los estuarios y los esteros; también se le conoce como región supralitoral y las pesquerías que se realizan en esta área son, en su mayoría, de tipo artesanal, mientras que las que se practican, tanto en la zona que va hasta la isobata de los 200 m, como en las áreas insulares y en las zonas pelágicas, que abarcan la plataforma continental y la zona oceánica, emplean, por un lado, flotas pesqueras con una infraestructura portuaria, y, por otro, artes de pesca específicas, en función del tipo de pesquería.

El desarrollo de las actividades pesqueras en el planeta se revolucionó a partir de la Segunda Guerra Mundial, con el uso de dos instrumentos: el batitermógrafo y la ecosonda para la localización de cardúmenes. También contribuyó, de manera fundamental el estudio de la Biología Pesquera enfocado, particularmente, a la dinámica de las poblaciones en los peces (Traung, 1955).

Los estudios de la dinámica de poblaciones en peces, se basan en el análisis de una población; ésta se define como una entidad viviente formada por grupos de peces de una misma especie, que ocupan un lugar común, con un nivel de organización y estructura biológica propia, que se renuevan y reproducen aisladamente de otras poblaciones y que son susceptible de explotarse (Csirke, 1989). Las primeras investigaciones, reportadas hacia 1714, informan de una escasez en el volumen de pesca y corresponden a las pesquerías de Noruega; posteriormente, durante el período de 1799-1801, Bush (*op. cit.* Hjort, 1911) advierte una abundancia en las capturas de la misma región. Una de las conclusiones más importantes a las que llega Hjort (1911), respecto a las fluctuaciones en los volúmenes de captura en esta zona, después de diversos estudios de dinámica poblacional en el área, es la de una posible relación entre las variaciones estacionales y la respuesta biológica a éstas, en función de sus diferentes estadios biológicos, de los arenques y bacalaos.

Este complejo planteamiento ha dado pie, a través de la historia de la biología pesquera, a dos preguntas elementales que, de acuerdo a Cushing (1996), son: 1) ¿Por qué se autorregulan las poblaciones de peces? y 2) ¿Por qué algunos stocks de éstos tienen una etapa de florecimiento, para luego decaer drásticamente?. Sin embargo, éstas preguntas no han tenido una respuesta definitiva y contundente, como resultado del enfoque que, hasta hace unos cuantos años, dominó la disciplina de las pesquerías, y en el cual la investigación de la dinámica de las poblaciones de peces se ha restringido sólo al estudio de los organismos a partir de que pueden ser reclutadas, es decir, de que se incorporan a la población susceptible de ser pescada (Csirke, 1989), sin considerar que, desde los procesos de fecundidad en los adultos, en las etapas de huevo y, posteriormente, durante las fases larvianas, e inclusive, antes de la fase prerrecluta, existe una interacción con cuatro funciones forzantes del entorno, que son: el clima, la geología, la hidrología y las interacciones biológicas (van der Spoel, 1994). Es por este motivo que la disciplina de la biología pesquera requiere de nuevos enfoques para resolver estas preguntas, ya que, además, las condiciones actuales de los ecosistemas están muy lejos de ser naturales, al ser impactados, en diferentes niveles, por las actividades antropogénicas: por una parte, la incidencia de las pesquerías y de la contaminación marina que interfieren con las interacciones biológicas normales; por otro lado, la contaminación del aire, que modifica, aparentemente, las condiciones climáticas; y, por último, los grandes proyectos de ingeniería costera así como el manejo de los ríos en la zona, que afectan las relaciones abióticas y geomorfológicas naturales de la región.

Una nueva manera de analizar la biología pesquera tendrá como objetivo el resolver éstos huecos del conocimiento y su resultado deberá ser la optimización de la explotación de los recursos pesqueros; para esto se requieren de dos tareas, que, de acuerdo a van der Spoel (1994) son: 1) el conocimiento de los ciclos

biológicos naturales de los diferentes organismos y su relación con la ecología marina y, 2) determinar las desviaciones de los patrones normales de estos ciclos, como respuesta a la influencia del entorno ambiental.

Para poder desarrollar estas acciones se requiere de un replanteamiento, a partir de un enfoque estocástico, de los modelos de producción empleados hasta la fecha en la ecología cuantitativa, en el que se analice el efecto del ambiente desde las fases de desove y fecundidad de las poblaciones; de acuerdo a Ritter (1996), una de las principales causas de fluctuación en el número de individuos de un ecosistema es, precisamente, la inestabilidad o estocasticidad ambiental.

Una reorientación en los modelos de la biología pesquera tendría que partir de un nuevo análisis de la biogeografía pelágica, en las que se considere al clima, la geología, la hidrología, las interacciones biológicas y al efecto conjunto de todos estos factores sobre las corrientes y la dispersión de los organismos, en una escala espacio-temporal acorde con la persistencia de las masas de agua, los efectos del clima, los eventos geológicos y la vicarianza; ésta última se refiere a la existencia de taxones estrechamente relacionados en áreas geográficas diferentes, que han sido separadas por la formación de una barrera natural (Briggs, 1974 y Mayr, 1976), y que, en diversos casos, corresponden a áreas con características ambientales particulares.

Ritter (1996), analiza la mayoría de los modelos de producción empleados en ecología cuantitativa, en los que se hace la consideración de que el ambiente ejerce un efecto constante en la fase de acumulación o crecimiento de los recursos naturales renovables (animales o vegetales); a partir de ese factor, y si su tasa intrínseca de crecimiento es positiva, el recurso tiende a alcanzar, tarde o temprano, la fase de clímax, también llamada, máxima capacidad de sostén del ecosistema. Sin embargo, en la realidad, ambas fases presentan cambios como respuesta a las fluctuaciones ambientales, lo que produce diferentes tasas de biomasa que, algunas veces se encuentran por arriba y, otras, por debajo de las capacidades de sostén del ecosistema.

#### **h) ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LAS PESQUERÍAS.**

Las respuestas biológicas de las que se habla dentro de estas nuevas tendencias de investigación en ecología se refieren, básicamente, a las que producen en los organismos marinos los siguientes cinco factores abióticos: la salinidad, la temperatura del agua, el oxígeno disuelto, las corrientes y la luz (Nikolsky, 1963). Estas respuestas han desencadenado en los sistemas circulatorio y respiratorio de los organismos neotónicos una complejidad mayor, desde el punto de vista evolutivo, además de que han inducido el desarrollo muscular que se requiere para la captación de alimento a través de su desplazamiento por la columna de agua (Vermeij, 1996). Las actividades motoras han resultado entonces, determinantes en el desarrollo del sistema endócrino-metabólico que aún prevalece en las especies actuales, ya que, el aumento de las necesidades energéticas intrínsecas al desplazamiento, la exigencia en los movimientos de captura, el almacenamiento y la distribución de los sustratos energéticos, son coordinados, de manera eficiente, por los sistemas hormonales (Kobayashi, 1987), y éstos se desencadenan, fundamentalmente, por la temperatura del medio que los rodea. Inclusive Kerr, (1997) considera que el medio ambiente y, especialmente, los cambios de clima, parecen haber dirigido la evolución durante breves períodos y que han sido éstos, puntos de cambio de dirección en la historia de todos los organismos, aunque la evolución, en el sentido de la adaptación a la estocasticidad ambiental, se da en largos intervalos de tiempo. Por su parte, Lornitz (1997), considera que el número de especies existentes ha sido el factor determinante en la evolución, ya que es más probable que se formen otras nuevas cuando los nichos están desocupados, como ocurrió después de la catástrofe producida por el impacto de un meteorito en la zona de Chicxulub, Yucatán, que ocasionó una extinción masiva hace 65 millones de años.

Tanto las pesquerías marinas, como muchas otras poblaciones biológicas, experimentan drásticas fluctuaciones interanuales en su abundancia; la importancia de estos vaivenes deriva en dos situaciones: la primera es la variabilidad, en sí misma, y la segunda, la impredecibilidad de la variabilidad. La estructura de los ecosistemas puede alterarse, ya sea temporal o permanentemente, lo que da por resultado una redistribución de las especies o cambios en su abundancia. Aunque los ecosistemas marinos se ven influenciados por estas modificaciones estructurales, el impacto mayor sobre éstos podría estar dado por las actividades antropogénicas, sobre todo en las áreas costeras; por otro lado, una importante consecuencia de este mismo fenómeno, es el hecho de que las modificaciones en la abundancia de las pesquerías determinan la estabilidad económica de las comunidades costeras que explotan estos recursos.

En párrafos anteriores se mencionó la importancia de la temperatura como un disparador de los procesos metabólicos; cuando ésta ha sobrepasado ciertos intervalos, los organismos han desarrollado, desde el inicio de la vida, hace más de 3 800 millones de años, un conjunto de proteínas que cumplen la función de soportar temperaturas extremas y que se han conservado en, prácticamente, todos los organismos vivientes, desde las bacterias hasta los vertebrados, incluyendo a los diferentes taxones vegetales; lo único que varía entre ellos es el nivel de su síntesis. Estas proteínas reciben el nombre de chaperonas moleculares, proteínas de estrés o proteínas de choque calórico (comúnmente se les conoce como hsp, por sus siglas en inglés). Dentro del grupo de las hsp, las que se sintetizan para soportar la hipertemia corresponden a las de la familia de 70 kDa; en consecuencia, se espera que un organismo, cuya historia evolutiva reciente se haya dado bajo condiciones ambientales en las que el calor actúe como un factor estresante, sintetice estas proteínas a una velocidad y cantidad mayor que otro cuyo medio ambiente evolutivo no tuviera al calor como uno de sus principales estresores. Este tipo de proteínas son ubícuas, es decir, se expresan en una respuesta genéticamente programada y están filogenéticamente muy conservadas, lo que sugiere una función ancestral esencial para la supervivencia a lo largo de la evolución (Dantzer y Mormede, 1983; Pelham, 1986; Zeilstra-Ryalls, *et al.*, 1991; Gupa y Golding, 1993; Parcel, *et al.*, 1993; Sanders, 1993; Hartl, *et al.*, 1994; Morimoto, *et al.*, 1994; Parcell, *et al.*, 1994; Wu, 1995 y Bucher, 1996).

En este contexto, el concepto estrés se refiere la respuesta inespecífica del cuerpo ante cualquier demanda hecha sobre él. Las respuestas adaptativas inespecíficas del organismo a cualquier agente o situación son siempre las mismas, independientemente del estímulo particular; lo que varía es el grado de la respuesta, la cual, por otro lado, depende sólo de la intensidad de la demanda para el ajuste (Brown, 1962 y Seyle, 1983). Para Stott, (1981), el término estrés indica todas las fuerzas o estímulos del medio externo o interno, que pueden inducir cambios y adaptaciones en el organismo para ayudarlo a ajustarse mejor a su medio ambiente. Los fisiólogos, en cambio, lo definen como la magnitud de las fuerzas externas que actúan sobre el sistema corporal, tendiendo a desplazarlo de su estado basal o de reposo. Es así que el término estrés puede abarcar estados problemáticos que involucren, tanto alteraciones del comportamiento como alteraciones en las funciones fisiológicas, o incluso, el colapso (Seyle, 1955 y Fraser, *et al.*, 1975).

Las hsps, conducen al desarrollo de un fenómeno conocido como termotolerancia, en el cual, una exposición primaria a temperaturas subletales, permite a los organismos sobrevivir a una exposición posterior con temperaturas que de otra forma serían letales (Parsell, *et al.*, 1993a). Es por todo esto que las relaciones de los organismos con la temperatura han sido, históricamente, una de las áreas de estudio más desarrolladas en la fisiología comparativa asociada con el medio ambiente (Somero, 1995).

La concentración del oxígeno disuelto juega un papel determinante dentro de los organismos marinos, ya que desde el punto de vista termodinámico, los seres vivos son sistemas abiertos que no están en equilibrio y en los que la energía liberada en las oxidaciones fluye y se transforma en alguna forma química, como el ATP o en un polímero de moléculas orgánicas, antes de que sea degradada gradualmente en calor. La célula usa la energía del ATP, principalmente, para mantenerse alejada de un estado de equilibrio, para lo cual dirige procesos como la síntesis química, el transporte de iones y el ejercicio mecánico. Esto requiere de un flujo constante de energía, ya que si el suministro de nutrientes o de oxígeno cesa, no podrá contrarrestarse la tendencia natural hacia el equilibrio y éste se alcanzará, sobreviniendo la muerte (Welch, 1991).

La evolución de la biósfera y la fisiología de los organismos ha sido influida, de manera severa, por las fluctuaciones en la concentración atmosférica del oxígeno y del bióxido de carbono, cambios que han afectado, significativamente, la evolución de todos los grupos taxonómicos y que han determinado la concentración de la biomasa en muchos habitats (Graham, *et al.*, 1995).

Varios procesos biológicos se han visto afectados por los cambios atmosféricos en la densidad del aire y en la capacidad calórica, ya que en las plantas y los animales, la respiración está limitada completamente por la difusión; debido a ello, la disponibilidad del oxígeno determina la composición de los tejidos, la demanda metabólica y la apariencia y el espesor del cuerpo (Graham, *et al.*, 1995). Por otro lado, la concentración de los gases disueltos (entre ellos el oxígeno) está casi siempre cercana a su saturación en las aguas superficiales del mar; sin embargo, la temperatura y la salinidad son dos de los factores más importantes que regulan su concentración dentro del agua. Desde otra perspectiva, se observa que los procesos competitivos

de la fotosíntesis y la respiración son las causas principales de los cambios *in situ* de la concentración del oxígeno y del bióxido de carbono disueltos en el mar y que están disponibles para los procesos biológicos de respiración y fotosíntesis (Riley y Chester, 1989).

Las fluctuaciones en la salinidad son posiblemente el eslabón entre los procesos hidrológicos y los atmosféricos que desencadena en los organismos la respuesta biológica denominada osmorregulación, la cual se refiere al control del volumen y de la composición de los fluidos corporales con respecto al medio que lo rodea; al igual que en el caso de la temperatura, se incrementa la síntesis de proteínas en una situación de estrés ambiental, ya que, los organismos cuentan con un conjunto de éstas que pertenecen a las kDa y que se reportan en todos los grupos taxonómicos. Estos osmolitos compatibles son unos potentes osmoprotectores que juegan un papel determinante durante la función de la osmoregulación y se encuentran localizados en loci QTLs del genotipo (Ahmad, *et al.*, 1997; Medina, 1997; Mojika, *et al.*, 1997; Rajendrakumar, *et al.*, 1997 y Yoshida, *et al.*, 1997); existen otros procesos biológicos asociados con la osmoregulación, entre los cuales se encuentran la alimentación y la reproducción; éste se da típicamente en los organismos que migran de las aguas marinas hacia las aguas netamente epicontinentales, como lo son los ríos (Margalef, 1980). Por otro lado, la velocidad y dirección del viento genera corrientes oceánicas y surgencias que constituyen medios acuáticos con diferentes concentraciones de salinidad y que desencadenan respuestas fisiológicas de osmoregulación entre las poblaciones marinas que ocupan la gran diversidad de nichos ecológicos existentes (Turekian, 1968 y Margalef, 1980).

El desarrollo reciente de las ciencias pesquero-ambientales, ha podido concluir que los organismos tienden a adaptarse más a las condiciones promedio de su entorno, que a las extremas (Bakun, 1996).

Los métodos no lineales introducidos a la ecología marina y aplicados, particularmente, a las ciencias pesqueras, además de los estudios realizados en poblaciones de sardinas y anchovetas de diversas localidades del mundo, muestran que la mayor tasa reproductiva se reporta con una intensidad del viento intermedia y que dicha tasa decrece cuando la intensidad del viento se registra en los extremos (Mendelssohn y Cury, 1987; Mendelssohn y Mendo, 1987; y Cury, *et al.*, 1995).

Por otra parte, Ware y Thompson (1991) reportan que los máximos volúmenes de reclutamiento corresponden al nivel intermedio de la velocidad del viento que prevalecía durante el período larvario. Para este último período se plantean dos hipótesis, complementarias entre sí, concernientes a la variabilidad en la supervivencia de los organismos: (1) que el transporte y desplazamiento excesivo del ictioplancton lejos de la costa provoca una pérdida de larvas pelágicas al encontrarse lejos de su ambiente favorable (Parrish, *et al.*, 1981 y Sinclair, 1988); y (2) que la intensa mezcla de partículas generada por la turbulencia, también denominada transporte de Eckman, dispersa la concentración de las partículas alimenticias requeridas por el ictioplancton (Lasker, 1975 y 1978), además de que se presenta una inhibición de la fotosíntesis por parte del fitoplancton (Sverdrup, 1953 y Steele, 1974), todo esto aunado a que las turbulencias intensas disminuyen la habilidad física de las larvas de peces para capturar a sus presas.

La organización de la vida en la Tierra corresponde a la de un sistema disipativo de energía, con una fuente energética constituida, básicamente, por el Sol; la radiación emitida por este último está compuesta de un espectro que abarca longitudes de onda larga (de color rojo) y de onda corta (violeta y ultravioleta); es a partir de la energía lumínica que llega a la Tierra, en forma de radiaciones electromagnéticas a través de fotones, que se desencadenan los procesos de producción primaria por los organismos autótrofos y, particularmente, los fotosintetizadores; este proceso biológico de la fotosíntesis se efectúa a partir de la absorción de la longitud de onda que se distribuye entre el intervalo de los 430 a los 680 nm; dichos organismos conforman el primer eslabón de la gran red trófica, tanto terrestre como acuática, y, en el caso particular de los océanos, por el fitoplancton, para luego transferirse al zooplancton y de allí a otros niveles dentro de la misma red trófica (Margalef, 1980). De aquí se desprende la importancia que representa la luz dentro de los procesos biológicos y de intercambio (de gases), entre el océano y la atmósfera; sin embargo, la distribución de la luz no es homogénea dentro de los diferentes niveles batimétricos, ya que, existen procesos de absorción y dispersión por parte de las partículas en suspensión, dependiendo además del tipo de longitud de onda del que se trate. La luz es, entonces, un factor ecológico de suma importancia, y, según la forma en que se utilice, las relaciones a las que da lugar se pueden agrupar en los siguientes procesos: de fotosíntesis, de visión, y, finalmente, de producción de luz por los propios organismos.



Los seres vivos, como parte de sus procesos fisiológicos, continuamente tienen que afrontar los retos que representan los cambios en las condiciones ambientales externas e internas, que les generan situaciones de estrés, agotamientos y adaptaciones que van, desde el nivel sub-celular, hasta el nivel del organismo, como un todo (Reeve, 1993). La naturaleza ha descubierto muchas maneras diferentes de resolver estos problemas; el éxito depende de tener la capacidad para cubrir una variedad inmensa de estresores y de contar con la respuesta apropiada a cada situación particular (Aschoff, 1964; Harbuz y Lightman, 1992 y Parcell, *et al.*, 1993a).

Desde el siglo pasado, la adaptación ha sido discutida por diversos personajes de la Biología, la filosofía y la historia de la Ciencia. Sin embargo, aunque existen muchas definiciones, éstas a menudo tienen puntos de conflicto y no logran el consenso sobre los criterios operacionales que deben usarse para identificar un rasgo fenotípico como una adaptación (Reeve, 1993).

Las adaptaciones son ajustes realizados mediante diversos mecanismos que se manifiestan con el mantenimiento de la homeostasis, y que, aunque son esenciales para la supervivencia animal y vegetal, pueden ser favorables o desfavorables para los intereses económicos los grupos humanos que viven de explotación (Stott, 1981).

Estos cambios que reducen el esfuerzo fisiológico realizado para enfrentar un factor estresante del medio ambiente, pueden ser condiciones fijadas genéticamente en una especie, subespecie, o en alguna de sus evoluciones, como tipos, razas y variedades (adaptaciones genotípicas); o bien, pueden ocurrir dentro de la vida del organismo (adaptaciones fenotípicas) (Yousef, 1987), aumentando la probabilidad de que éste contribuya con sus genes al banco genético futuro (Maddox, 1991). Reeve (1993), considera que, en un medio ambiente definido, una adaptación es aquella variante fenotípica que resulta en una habilidad mayor dentro de un conjunto específico de variables. Esta definición incluye tres componentes, cuya inadecuada apreciación o caracterización puede acarrear problemas de interpretación; éstas son: (1) un conjunto de fenotipos, (2) una medición de la adaptación y (3) una definición clara del contexto medioambiental.

Para los evolucionistas, la adaptación es una medida de ajuste o concordancia del individuo con su ambiente, relacionada con el número de descendientes que el organismo hubiera producido (Maddox, 1991), por lo que se le considera como la mayor eficiencia ecológica-fisiológica alcanzada por los miembros de una población (Reeve, 1993).

En el estudio de la adaptación, hay otras definiciones que deben considerarse y que son: (1) la aclimatación o aclimatización, que se refiere a los cambios fisiológicos (adaptaciones fenotípicas) que ocurren dentro del período de vida de un organismo y que reducen el esfuerzo ocasionado por cambios climáticos que resultan particularmente estresantes (Yousef, 1987); (2) La habituación, que es una reducción en la percepción o en las respuestas dadas a una estimulación repetida (Yousef, 1987); y (3) La plasticidad, propiedad del sistema nervioso que le permite modificar su respuesta a un estímulo alterado, modificando en el largo plazo el fenotipo (Nedivi, *et al.*, 1993).

No obstante que la biología evolutiva ha alcanzado un gran poder para predecir el curso de la evolución (como oposición a explicar lo que ya sucedió), existen controversias en las que la gran mayoría de las posturas argumenta que para predecir la evolución es suficiente con entender la selección natural, mientras que, una minoría sostiene que el curso de la evolución está lleno de detalles y, frecuentemente, depende de matices de la biología, más que de la selección natural (Ellington, *et al.*, 1997).

De acuerdo al primer enfoque, para que un carácter constituya una adaptación, debe mostrar que su papel biológico actual proporciona una utilidad para el organismo y que se ha generado históricamente a través de la acción de la selección natural (Baum y Larson, 1991 y Reeve, 1993). De esta forma, mientras que, la selección natural favorece las mayores capacidades fisiológicas que pueden ser requeridas en un grado mínimo, es el genoma quien determina la cantidad de capacidades fisiológicas excedentes (Hayflick, 1995). De aquí se desprende que la supervivencia de los individuos depende de: (1) su genoma, quien determina las características de la especie en cuanto al alcance de su madurez y de su longevidad y (2) de la velocidad con

que pierdan su entropía, un proceso caracterizado por un incremento en la vulnerabilidad a las enfermedades, a la depredación y a los eventos estocásticos ocasionales (Hayflick, 1995).

Darwin propuso que la selección natural puede operar a más de un nivel en la herencia biológica, de modo que, los grupos pueden evolucionar en unidades de adaptación, si el proceso de selección del grupo es lo suficientemente fuerte en relación con el proceso de selección individual (Wilson, 1997).

En los campos de la ecología y la genética evolutivas, existe un gran interés por entender la forma en que la selección natural interactúa con el genoma para determinar una respuesta que habilite a una población ante diferentes gradientes de factores (Lynch y Gabriel, 1987), ya que, de una manera general, la distribución de una especie indica su grado de adaptación (Boza, 1990).

A la propiedad de una población para equilibrar su composición genética y su existencia ante los cambios súbitos, Newman (1994), la denomina homeostasis genética; la habilidad para mantenerla conduce a un balance óptimo con relación al medio ambiente en que vive la población.

La disponibilidad de recursos parece ser crucial para la homeostasis de la especie, por lo que Gallagar (1970), propuso un modelo de dinámica de poblaciones que relaciona las tasas reproductivas de los organismos individuales con la densidad de otros de su misma especie y de especies competidoras, argumentando que en la teoría de la competencia ecológica, el número de individuos en una población está regulada por la disponibilidad limitada de un recurso del medio ambiente que les sea indispensable para la supervivencia y la reproducción.

En la variación regional de la riqueza de las especies, además de la disponibilidad de energía, los factores que se discuten como los más determinantes son: los climáticos, la estabilidad del medio ambiente, el área de terreno, lo heterogéneo del hábitat y, las influencias históricas, como es el caso de las glaciaciones (Kerr y Packer, 1997). Aquí se podría mencionar que, en función de las escalas temporales de la estocasticidad ambiental en la que quedan incluidas la variación y la variabilidad ambiental, existen ciclos que responden a estas oscilaciones y que los seres vivos han incorporado dentro diversos procesos biológicos (Margalef, 1980).

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el Cambio Global del Clima a partir de la caracterización del concepto climático variación ó variabilidad, tanto en las interacciones océano-atmósfera a nivel del globo terráqueo en un período secular, como en su repercusión en los volúmenes de captura de doce especies pesqueras y de los efectos que provoca el ciclo de las manchas solares en la región del Golfo de México y Caribe Mexicano.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar el concepto climático, variación ó variabilidad, que definen las teleconexiones a escala mundial derivadas de los eventos ENSO y Oscilación del Atlántico Norte, a partir de su desencadenamiento por la acción conjunta de la presión barométrica, la precipitación y la temperatura y la subordinación de estas variables climáticas a los ciclos de las manchas solares durante el período 1869-1977.
- Determinar, por un lado, a que concepto climático, variación ó variabilidad, corresponden las modificaciones de la temperatura del agua en la llanura costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano, durante las temporadas climáticas Anuales, de Nortes, de Secas y de Lluvias, a partir de su interacción con la temperatura del aire, la cobertura nubosa, los vientos dominantes, la precipitación pluvial, las descargas fluviales y la incidencia de ciclones y eventos El Niño, a escala regional; y por otro lado, el efecto que sobre estas variables provocaron los ciclos de las manchas solares en el período 1920-1990.
- Determinar el concepto climático, variación ó variabilidad, que establecen las oscilaciones en la salinidad del agua en la llanura costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano, durante las temporadas climáticas Anuales, de Nortes, de Secas y de Lluvias, a partir de su interacción con la temperatura del aire, la cobertura nubosa, los vientos dominantes, la precipitación pluvial, las descargas fluviales y la incidencia de

que pierdan su entropía, un proceso caracterizado por un incremento en la vulnerabilidad a las enfermedades, a la depredación y a los eventos estocásticos ocasionales (Hayflick, 1995).

Darwin propuso que la selección natural puede operar a más de un nivel en la herencia biológica, de modo que, los grupos pueden evolucionar en unidades de adaptación, si el proceso de selección del grupo es lo suficientemente fuerte en relación con el proceso de selección individual (Wilson, 1997).

En los campos de la ecología y la genética evolutivas, existe un gran interés por entender la forma en que la selección natural interactúa con el genoma para determinar una respuesta que habilite a una población ante diferentes gradientes de factores (Lynch y Gabriel, 1987), ya que, de una manera general, la distribución de una especie indica su grado de adaptación (Boza, 1990).

A la propiedad de una población para equilibrar su composición genética y su existencia ante los cambios súbitos, Newman (1994), la denomina homeostasis genética; la habilidad para mantenerla conduce a un balance óptimo con relación al medio ambiente en que vive la población.

La disponibilidad de recursos parece ser crucial para la homeostasis de la especie, por lo que Gallagar (1970), propuso un modelo de dinámica de poblaciones que relaciona las tasas reproductivas de los organismos individuales con la densidad de otros de su misma especie y de especies competidoras, argumentando que en la teoría de la competencia ecológica, el número de individuos en una población está regulada por la disponibilidad limitada de un recurso del medio ambiente que les sea indispensable para la supervivencia y la reproducción.

En la variación regional de la riqueza de las especies, además de la disponibilidad de energía, los factores que se discuten como los más determinantes son: los climáticos, la estabilidad del medio ambiente, el área de terreno, lo heterogéneo del hábitat y, las influencias históricas, como es el caso de las glaciaciones (Kerr y Packer, 1997). Aquí se podría mencionar que, en función de las escalas temporales de la estocasticidad ambiental en la que quedan incluidas la variación y la variabilidad ambiental, existen ciclos que responden a estas oscilaciones y que los seres vivos han incorporado dentro diversos procesos biológicos (Margalef, 1980).

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el Cambio Global del Clima a partir de la caracterización del concepto climático variación ó variabilidad, tanto en las interacciones océano-atmósfera a nivel del globo terráqueo en un período secular, como en su repercusión en los volúmenes de captura de doce especies pesqueras y de los efectos que provoca el ciclo de las manchas solares en la región del Golfo de México y Caribe Mexicano.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar el concepto climático, variación ó variabilidad, que definen las teleconexiones a escala mundial derivadas de los eventos ENSO y Oscilación del Atlántico Norte, a partir de su desencadenamiento por la acción conjunta de la presión barométrica, la precipitación y la temperatura y la subordinación de estas variables climáticas a los ciclos de las manchas solares durante el período 1869-1977.
- Determinar, por un lado, a que concepto climático, variación ó variabilidad, corresponden las modificaciones de la temperatura del agua en la llanura costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano, durante las temporadas climáticas Anuales, de Nortes, de Secas y de Lluvias, a partir de su interacción con la temperatura del aire, la cobertura nubosa, los vientos dominantes, la precipitación pluvial, las descargas fluviales y la incidencia de ciclones y eventos El Niño, a escala regional; y por otro lado, el efecto que sobre estas variables provocaron los ciclos de las manchas solares en el período 1920-1990.
- Determinar el concepto climático, variación ó variabilidad, que establecen las oscilaciones en la salinidad del agua en la llanura costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano, durante las temporadas climáticas Anuales, de Nortes, de Secas y de Lluvias, a partir de su interacción con la temperatura del aire, la cobertura nubosa, los vientos dominantes, la precipitación pluvial, las descargas fluviales y la incidencia de

ciclones y eventos El Niño, a escala regional; por otra parte, discernir los efectos que sobre estas variables tuvieron los ciclos de las manchas solares a lo largo del período 1920-1990.

- Determinar si las oscilaciones observadas en el nivel medio del mar de la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano durante el período 1950-1990, corresponden a una variación ó a una variabilidad climática.
- Ponderar las alteraciones en los volúmenes de captura de doce pesquerías comerciales en la plataforma continental, el talud y la llanura costera del Golfo de México y Caribe Mexicano, a partir de los resultados obtenidos de los objetivos anteriores, tanto del sistema océano-atmósfera como del comportamiento de los ciclos de las manchas solares en el período 1950-1990.

## DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### a) LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

El área de estudio de la presente investigación comprende la llanura costera mexicana, el Golfo de México y el Caribe Mexicano; esta región está localizada entre los 19° y los 26° N y los 87° y 98° W. La llanura costera colinda al norte con el área noroeste del Golfo que incluye el contorno de las costas de Texas-Louisiana, y el área noreste, que abarca básicamente la Península de Florida en Estados Unidos; en la porción sur colinda con Belice y tiene una longitud, en su línea de costa, de 2059 km en el Golfo de México y de 697 km en el Mar de las Antillas. La altitud de la planicie costera se encuentra en el intervalo de los 0 a los 200 msnm (García y Falcón, 1977) y está constituida por los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

El Golfo de México es una cuenca aislada del Mar Caribe por un umbral que tiene una profundidad aproximada de 2500 m; se extiende en un área total de 1 768 000 km<sup>2</sup> (Pica, *et al*, 1991). Aproximadamente la mitad del área del Golfo de México pertenece a la zona económica exclusiva mexicana, y su frontera con la porción estadounidense se ubica hacia el paralelo 26°N (Cserna, 1984).

La plataforma continental, que corresponde a la zona plana ligeramente inclinada hacia el mar, posee una anchura promedio de 80 km y unos 200 m de profundidad, como máximo (Foucault y Raoult, 1985); tiene gran desarrollo frente a las costas de los Estados Unidos, especialmente frente a Florida. En el territorio mexicano es considerablemente más estrecha con excepción de la de la Península de Yucatán (Lugo, 1986).

En la desembocadura del Río Bravo (paralelo 26°N), la plataforma continental tiene una amplitud de 72 a 80 km. Gradualmente se estrecha hacia el sur y en el paralelo 23°N se reduce a un intervalo de 33 a 37 km; frente al Puerto de Tampico alcanza 45 km. En esta primera porción, el borde de la plataforma continental sigue una dirección suroeste, y a partir del paralelo 22°30' N cambia a dirección sur-sureste con lo que se extiende hasta la zona volcánica de San Andrés Tuxtla, Veracruz. En esta porción, su amplitud es entre 6 y 16 km, lo que equivale a la mayor reducción en todo el Golfo. A partir de San Andrés Tuxtla, la plataforma continental se amplía gradualmente en dirección a la península de Yucatán, y alcanza 110 km y unos 130 frente a la Isla del Carmen; 160 y 170 km frente a Campeche y 220 y 260 en el extremo norte de la Península de Yucatán (Lugo, 1986).

La plataforma continental es una extensión de la tierra firme bajo el nivel del mar y en consecuencia es normal que su amplitud esté en relación con el tipo de estructuras geomorfológicas de aquélla, de tal manera que la plataforma continental adquiere su mayor amplitud frente a las planicies continentales del Golfo y de la península de Yucatán. Su menor amplitud se registra frente al relieve volcánico de San Andrés Tuxtla. Estas relaciones son claras en el Golfo de México, lo que no sucede al oriente de la península de Yucatán, en el Caribe (Lugo, 1986).

El talud continental corresponde a la región sumergida del borde de un continente que hace conexión con los fondos marinos y con una profundidad que oscila entre los 200 y los 4000 m (Foucault y Raoult, 1985); en el Golfo de México este talud tiene un considerable desarrollo en amplitud (Lugo, 1985).

El Mar Caribe se extiende en un área total de 2 640 000 km<sup>2</sup> y tiene una profundidad media de 4000 m, superior a la del Golfo del México. Los taludes de la Península de Yucatán y Cuba se aproximan entre sí a través de una depresión estrecha que se conoce como Canal de Yucatán y se considera, por su menor profundidad, como una división entre las cuencas del Golfo de México y Mar Caribe (Pica, *et al.*, 1991).

## b) CLIMA.

México se encuentra ubicado entre los 14° y los 33° N, que corresponde a la zona de transición de las zonas tropical y subtropical del Hemisferio septentrional; su porción suriana queda dentro de la faja de los vientos alisios y por lo tanto presenta características barotrópicas, es decir, que se orienta o modifica de acuerdo a la presión que recibe; la parte norte se localiza dentro de la faja subtropical de alta presión, a lo largo de la cual se encuentran los anticiclones oceánicos del Atlántico y del Pacífico del Norte, que corresponden a regiones de alta presión atmosférica en donde el viento que gira a su alrededor lo hace en el sentido de las manecillas del reloj (García, 1978 y Lincon, *et al.*, 1995).

Durante la mitad caliente del año, con el desplazamiento hacia el norte de la zona subtropical de alta presión, la zona de los alisios aumenta en intensidad, latitud y altura por lo que prácticamente todo el país queda bajo la influencia de estos vientos que soplan con una dirección de NE a SW en superficie, y de E a W en las alturas; recogen humedad, que introducen en las alturas a su paso por las aguas relativamente cálidas del Golfo de México y posteriormente la descargan en forma de lluvia sobre las pendientes montañosas que se inclinan hacia el Golfo y que se encuentran directamente expuestas a los vientos húmedos del mar, asociados con los Alisios, los "nortes" y los ciclones tropicales (Arroyo, *et al.*, 1976). La parte más austral (sur) de la República queda bajo la influencia de la zona intertropical de convergencia (ITC), que se desplaza también hacia el norte en ésta época (García, 1965 y 1978).

El patrón anterior de circulación general de la atmósfera en la República Mexicana se ve modificado en la región de la planicie costera del Golfo de México por algunos factores del clima, que son: la altitud, su cercanía con las aguas cálidas del Golfo de México y la latitud.

La altitud ocasiona un efecto de embalse o represamiento del viento, que implica el impedimento del paso de las corrientes de viento hacia la porción interior del país por la presencia de la Sierra Madre Oriental, sobre todo en la temporada invernal, cuando se registran masas de aire polar (también llamadas ó "nortes"), provenientes del sur de Canadá y Estados Unidos que soplan violentamente durante varios días y que se modifican al recoger humedad en su paso por las aguas cálidas del Golfo de México, para posteriormente descargarla en forma de lluvia sobre las laderas de barlovento, es decir, de la parte que queda expuesta al viento en la planicie costera; la cercanía de las aguas cálidas del Golfo de México proporciona, por una parte, humedad a los "nortes", y por otra, actúa como un amortiguador de los cambios térmicos de la temperatura debido a la alta capacidad calórica del agua, lo que se refleja en una disminución de esas oscilaciones a lo largo del año (García, 1978 y Mosiño, 1988).

La planicie costera del Golfo de México abarca desde los 18° hasta los 26° N, determina el tipo de circulación atmosférica que domina en cada región y por lo tanto el tipo de clima que la caracteriza; en esta zona la clasificación climática, de acuerdo a García (1988), corresponde a una amplia gama de los climas del tipo cálido subhúmedo; éstos son: Tampico, el  $Aw_0(e)w''$ , con una temperatura promedio anual de 24.2°C y una precipitación total anual de 988.7 mm; Tuxpam de Rodríguez Cano el  $Ax'(w_1)(e)w''$ , con una temperatura promedio anual de 24.8°C y una precipitación total anual de 1352 mm; Alvarado, el  $Aw_2(i)''$ , con una temperatura media anual de 26.1°C y una precipitación total anual del 1828 mm; el Puerto de Veracruz, el  $Aw_2(w)(i)''$ , con una temperatura promedio anual de 25.2°C y una precipitación total anual de 1675.6 mm; Coatzacoalcos, el  $Am(i)gw''$  con una temperatura promedio anual de 25.4°C y una precipitación total anual de 2780.1 mm; Cd. del Carmen, el  $Ax'(w_2)(i)g''$  con una temperatura promedio anual de 26.7°C y una precipitación total anual de 1540.4 mm; Cozumel, el  $Am(f)iw''$  con una temperatura promedio anual de 25.5°C y una precipitación total anual de 1607 mm. El clima de tipo seco sólo se registró en Progreso y corresponde al

tipo BS<sub>0</sub>(h')w(x')iw" con una temperatura promedio anual de 25.5°C y una precipitación total anual de 437.8 mm.

Existen ocho regiones en el mundo en las que se originan los ciclones, también conocidos como huracanes o tifones; las ocho regiones se encuentran localizadas entre la franja tropical de los 20° N y S; y se distribuyen de acuerdo a Gray (1968) en: (I) el Pacífico NE, que corresponde a las costas mexicanas, con 10 eventos en promedio por año; (II) el Pacífico NW, en Indonesia, con 22 eventos por año; (III) la Bahía de Bengala con 6 eventos el año; (IV) El Mar Arábigo con 2 eventos por año; (V) en el sur del Océano Indico, frente a las costas de África, con 6 eventos por año; (VI) la porción norte de las costas de Australia con 2 eventos por año; (VII) la del Pacífico sur, localizada hacia el este de Australia con 7 eventos por año y, por último la región (VIII) localizada en el Atlántico NW, donde se incluyen el Golfo de México y El Mar Caribe con 7 eventos por año.

En el ecuador térmico, localizado entre los 8° y los 15° N, se produce una enorme área de baja presión atmosférica de 930 a 950 milibarios, debido a las grandes evaporaciones de agua marina, ya que durante su caldeoamiento la temperatura puede subir hasta los 34°C. Durante el proceso de condensación se liberan 590 calorías por cada cm<sup>3</sup> de agua, lo que proporciona una energía cinética de 10<sup>10</sup> kilowatts-hora, equivalente a una bomba de hidrógeno. Esta energía se va incrementando conforme crece el huracán, pues se dice que durante su promedio de vida puede gastar tanta energía como la que corresponde a 10,000 bombas atómicas (Morales, 1989).

Cabe señalar que una gran parte de las tormentas tropicales que se forman cada año no sobrepasan esta etapa, para después debilitarse y disolverse. Sin embargo, en los pocos casos, en los que la tormenta tropical evoluciona, se debe a que, por una parte en la porción alta de la tormenta, a uno 10 km de altura, pasa y casualmente se acopla un remolino anticiclónico, área donde el viento gira en el sentido de las manecillas del reloj y con una dirección del centro hacia afuera; este mecanismo acelera la formación de del llamado ojo del huracán, que se caracteriza por un área circular de aire en calma y desprovista de nubes puesto que ahí el aire, en vez de ascender, como en el perímetro del vórtice, desciende y consecuentemente se calienta por compresión de los niveles bajos; dentro de este vórtice central existe una calma absoluta y es frecuente que en dicha área no existan nubes en el cielo y que el sol sea de una brillantez antinatural debido a que la atmósfera en este punto es de un brumoso color amarillo-verdoso. Si este aire tibio del ojo del huracán sube la temperatura por arriba de los 6°C con respecto al aire exterior de la tormenta, en ese momento se crean las condiciones para que la tormenta continúe su desarrollo y se convierta en un huracán o ciclón. En este punto la intensidad del viento puede alcanzar velocidades huracanadas de 110 a 118 km/h en unas cuantas horas.

La frecuencia de ciclones que tocan las costas del Golfo de México es de nueve por año y de acuerdo a Jauregui (1989), el riesgo de incidencia ciclónica en las costas mexicanas es del doble en el Pacífico, en comparación al Golfo de México y el Caribe; la distribución proporcional de éstos, durante el período de 1962 a 1984 fue de trece en Tamaulipas, tres en Veracruz, tres en Tabasco, seis en Campeche, once en Yucatán y 19 en Quintana Roo.

### c) VEGETACIÓN.

La distribución de la vegetación constituye uno de los indicadores biológicos más importantes para la determinación de los climas, y constituye un elemento para definir tanto las perturbaciones locales como posibles cambios o variaciones climáticas. La vegetación en la vertiente del Golfo se divide en dos grandes grupos, de acuerdo a (Leopold, 1950 y Sarukán, 1968), corresponden al bosque tropical perennifolio y al bosque subtropical caducifolio; el primero abarca a los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche y Quintana Roo; el segundo incluye a Tamaulipas y Yucatán. El bosque tropical perennifolio es un tipo de vegetación densa, de 30 a 60 m de altura, altitudinalmente se le encuentra desde el nivel del mar hasta la cota de 900 m. La temperatura media anual de las regiones donde habita es de 20°C a 24°C; nunca se registran heladas y la precipitación oscila entre 1800 y 2600 mm anuales. Las fórmulas climáticas para dicha región incluyen a los climas Af, Am y Aw (García, 1988) y entre las especies reportadas por Sarukán (1968) y Miranda (1959) se incluyen a *Andira galeottiana*, *Brosium alicastrum*, *Calophyllum brasiliense*, *Dialium guianense*, *Pseudolmedia oxphyllaria*, *Swietenia macrophylla*, *Tebebuia guayacan*, *Terminalia amazonia*, *Vatairea lundellii* y *Vochysia*

amazonia; de manera particular para la región de Los Tuxtlas se reporta la presencia de: *Bernollia flammea*, *Brosium alicastrum*, *Caiba pentadra*, *Ficus tecolutensis*, *Lonchocarpus cruentus*, *Mortoniendendron guatemalense* y *Vochysia hondurensis*.

El bosque subtropical caducifolio es una comunidad que en su desarrollo óptimo suele alcanzar hasta los 30 m de altura. Durante la temporada de sequía, un gran porcentaje de la vegetación, (del orden del 50%), se despoja de su follaje. La temperatura media anual es de 22°C a 24°C y la precipitación pluvial no rebasa los 1200 mm anuales, o sea que ocupa las áreas más húmedas dentro de las regiones subtropicales; lo anterior se puede sintetizar en la fórmula climática Am y preferentemente la Aw (García, 1988); las especies registradas por Miranda (1959) para la Península de Yucatán y Quintana Roo son: *Achras sapota*, *Caesalpinia Gaumeri*, *Coccoloba spicata*, *Lucuma capechiana*, *Sideroxylon Gaumeri*, *Vitex Gaumeri* y *Thrinax parviflora*.

En lo que se refiere a las comunidades de vegetación acuática y subacuática se distinguen siete grupos de acuerdo a Contreras, *et al.*, (1988) que corresponden a:

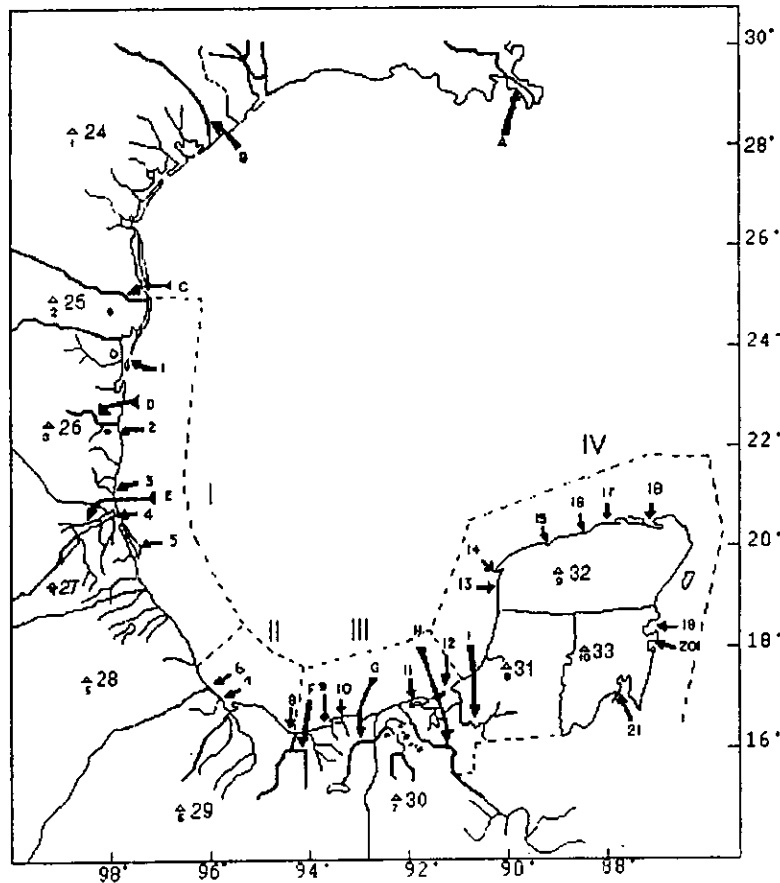
- La vegetación marina del litoral, constituida principalmente por algas fijas en las rocas o en el sustrato, como *Chaetomorpha antennina*, que crece sobre rocas del litoral en la franja afectada por las mareas en algunos lugares de Veracruz.
- El manglar, que alcanza alturas de hasta 25 m y se localiza principalmente en las orillas de lagunas costeras, bahías protegidas y desembocaduras de ríos con aportes de aguas marinas. se observa una asociación notable por la constancia en su composición de: *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erecta*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia nitida* (Sánchez, 1963).
- El popal cubre grandes extensiones pantanosas y aguas poco profundas del sur de Veracruz y Tabasco. Consiste generalmente de una asociación de tulares e hidrófitas dominadas por lo géneros *Thalia*, *Cyperus*, *Calathea* y *Heliconia*.
- El tular y el carrizal crecen en ambientes lacustres o en las orillas de ríos con fondos fangosos y aguas tranquilas. Es común observarlos en pantanos, incluso en aquellos de influencia marina.
- La vegetación flotante está constituida por diversas especies que sobrenadan libremente como, *Eichornia crassipes*, *Pistia stratiotes* y *Salvinia auriculata*; otras se arraigan en el fondo y sus hojas y flores flotan, como los géneros *Thypha*, *Nymphoides*, *Cyperus* y *Ludwigia*.
- La vegetación sumergida se integra con plantas que pueden estar arraigadas o no en el fondo, pero que normalmente se mantienen bajo la superficie.
- Bosque de galería o vegetación riparia denota la agrupación de árboles que crecen en las márgenes de los ríos. Se integra por una gran variedad de especies como *Taxodium mucronatum*, *Astianthus viminalis*, *Pachira aquatica*, *Pterocarpus*, *Andira galeottiana*, *Lonchocarpus* spp. y *Bactrix* y su distribución responde a las condiciones climáticas

#### d) REGIONES HIDROLÓGICAS.

La vertiente del Golfo de México y el Mar Caribe están constituidas por diez regiones hidrológicas que corresponden a la 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33, de acuerdo a los criterios empleados para su división por la Secretaría de Recursos Hidráulicos (1951, 1962, 1963, 1969a, 1969b y 1969c), las diez regiones quedan comprendidas dentro las cuencas exorreicas de Soto la Marina, con una extensión de 23,500 km<sup>2</sup>; la del Pánuco con 84,956 km<sup>2</sup> y con un escurrimiento medio anual de 18,860 millones de m<sup>3</sup>; la del Río Nautla; la del Río Papaloapan, que abarca una extensión de 46,517 km<sup>2</sup> y con un escurrimiento de 41,135 millones de m<sup>3</sup>; Coatzacoalcos, con una cobertura de 29,802 km<sup>2</sup> y un escurrimiento medio anual de 22, 394 millones de m<sup>3</sup>; la del Río Tonalá; la del Río Grijalva, con un área de 63,492 km<sup>2</sup> y un escurrimiento medio anual de

46,300 millones de m<sup>3</sup> y la del Río Usumacinta con un área de 64,156 km<sup>2</sup> y un escurrimiento de 58,900 millones de m<sup>3</sup>. Es importante señalar que la mayor parte del volumen de escurrimiento de los ríos se da en el Golfo de México, ya que, del volumen medio anual que escurre superficialmente por los ríos de la República Mexicana, y que es de 360,000 millones de m<sup>3</sup>, 187,589 millones de m<sup>3</sup> son aportados por cinco de las cuencas exorreicas antes descritas, lo que equivale a un 52.10% (Sánchez, 1931; Blasquez, 1957 ; García y Falcón, 1977). (Fig. 1).

Figura 1. Unidades morfotectónicas, regiones hidrográficas, ríos y lagunas costeras del Golfo de México y Caribe Mexicano, modificado de (Carranza et al., (1975).



Las depresiones costeras y los ríos marcados en la figura 1 según Contreras (1985) corresponden a:

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Laguna Madre           | 17. Estero Lagartos       |
| 2. Laguna Morales         | 18. Laguna Yalahán        |
| 3. Laguna de San Andrés   | 19. Bahía de la Ascensión |
| 4. Laguna de Pueblo Viejo | 20. Bahía Espíritu Santo  |
| 5. Laguna de Tamiahua     | 21. Bahía de Chetumal     |
| 6. Laguna de Mandinga     |                           |
| 7. Laguna de Alvarado     |                           |
| 8. Laguna del Ostión      | A. Río Mississippi        |
| 9. Laguna del Carman      | B. Río Colorado           |
| 10. Laguna Machona        | C. Río Bravo              |
| 11. Laguna Pom-Atasta     | D. Río Purificación       |
| 12. Laguna de Términos    | E. Río Tecolutla          |



- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 13. Estero Yaltón    | F. Río Papaloapan    |
| 14. Laguna Celestum  | G. Río Grijalva      |
| 15. Estero Progreso  | H. Río Coatzacoalcos |
| 16. Estero El Islote | I. Río Candelaria    |

La Región Hidrológica 24 está comprendida entre los 22°00' y los 25°40' N y los 100°50' y los 97°40' W, aproximadamente, y abarca los ríos que desembocan en el Golfo de México, en la parte más alta de nuestro territorio, a excepción del Río Bravo. Los principales ríos que integran esta región son el Río San Fernando, el Soto la Marina y el Río Támesis, además de algunos otros conjuntos de menor importancia que descargan directamente al Golfo. También debe mencionarse que queda incluida en esta zona una pequeña parte de la región conocida con el nombre de El Salado, porción arreica y de baja precipitación por encontrarse al otro lado de la Sierra Madre Oriental (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1951) lo que se traduce en un área con sombra pluviométrica.

Las Regiones Hidrológicas 25 y 26 constituyen la región hidrológica Golfo-Centro y el Valle Oriental, la Libre y la del Seco, y están comprendidas entre los paralelos 18°45' y 22°15' N y los meridianos 96°00' y 98°30' W. La forma de esta zona es alargada y de orientación sureste-noreste. Se desarrolla en fracciones de los estados de: Tamaulipas, Veracruz, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla y ocupa una superficie total aproximada de 40 000 km<sup>2</sup>; colinda con las siguientes cuencas: al noroeste con la del Río Pánuco, al este con las del Valle de México y el Río Metztlán y al sur con la del Río Papaloapan (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1963).

La Región Hidrológica 27 se localiza en la parte central del Golfo de México y está limitada por la región 26 al norte y al NW, respectivamente. La hidrografía de la región está integrada por ríos, lagunas, esteros, estuarios y corrientes menores. Entre los primeros se encuentran los ríos Tuxpan, Cazonas, Tecolutla, Nautla, Misantla y Colipa; las lagunas costeras más importantes son: Tamiahua, Laguna Chica, Laguna Grande, San Agustín y Tampamachoco, las cuales son alimentadas por muchas de las corrientes pequeñas que forman grupos de arroyos paralelos entre un río y otro. Todas las corrientes comprendidas en la región pertenecen a la vertiente del Golfo de México y se localizan en la porción situada entre los 18°57' y 22°10' N y los 19°25' y 98°30' W. (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1969a).

La Región Hidrológica 28 se localiza en la porción suroccidental del Golfo de México y está limitada al norte por la Región 27, al occidente por la región No. 18 y al sur por la cuenca del Río Papaloapan. Las cuencas de las principales corrientes comprendidas en esta región pertenecen a la vertiente del Golfo de México y se localizan entre los 18°45', 19°45' N y los 95°55'20" W. Las vertientes de estos ríos se desarrollan principalmente en el estado de Veracruz, aún cuando una pequeña parte de ellas se ubica hacia el occidente, dentro del estado de Puebla en la cuenca alta del Río de la Antigua. La hidrología de la región tiene una disposición radial y paralela controlada por las elevaciones de la Sierra Madre Oriental y el Pico de Orizaba, que es parte del Eje Neovolcánico de México; está integrada por los ríos Actopan, La Antigua y Jamapa, así como por corrientes menores, lagunas, esteros y estuarios. Entre la región hidrológica 27 y los límites de la cuenca del Río Pajaritos, existe una zona que cubre un área de 252 km<sup>2</sup> en la que se forman pequeñas corrientes que desembocan en el Golfo de México y en lagunas existentes a lo largo de la costa. Entre las corrientes antes mencionadas destacan el Río Paso Limón y el Arroyo Baños Calientes; el primero desemboca directamente al mar y el segundo en la laguna del Camarón; ésta última y la Laguna Farallón son las más sobresalientes en la zona mencionada (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1969c)

Las Regiones Hidrológicas 29, 31, 32 y 33 corresponden a la zona de nuestro país comprendida entre las cuencas de los Ríos Tehuantepec y Coatzacoalcos hacia el oriente, quedando incluidos totalmente los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán, Territorio de Quintana Roo y parte de los estados de Veracruz y Oaxaca. Esta región se divide en cuatro zonas (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1962):

- Zona de la Vertiente del Golfo: abarca al sureste del estado de Veracruz, Tabasco y parte de los estados de Chiapas y Oaxaca. En esta zona se localizan los ríos más caudalosos del país, como son el Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta, cuyo escurrimiento en conjunto es del orden de la tercera parte del escurrimiento de todos los ríos de la República Mexicana.

- b) Zona Norte: corresponde al norte de la Península de Yucatán y comprende el estado de Yucatán, parte de Campeche y de Quintana Roo. Esta zona por ser plana y cársica prácticamente no tiene corrientes superficiales, a pesar de la magnitud de las lluvias.
- c) Zona Media: comprende al sur de Campeche y Quintana Roo. En esta zona se encuentran algunos ríos, como el Candelaria, el Champotón y el Hondo y varias lagunas costeras, entre ellas la de Términos.
- d) Zona de la Vertiente del Pacífico: está formada por parte de los estados de Chiapas y Oaxaca y existen numerosas corrientes que a pesar de su reducida cuenca y longitud llevan escurrimientos de importancia. En la parte de Chiapas se tienen los ríos Suchiate, Cahuacán, Coatán y Huixtla entre otros. En la de Oaxaca destacan los ríos Tehuantepec, los Perros, Chicapa y Ostuta.

La Región 30 constituye una de las más importantes del país, está localizada hacia la zona que genéricamente se conoce como sureste y corresponde a la vertiente del Golfo de México; propiamente se encuentra constituida por el Sistema Grijalva-Usumacinta, adicionado con el Río Santa Ana (en Tabasco), hacia el occidente y el Río Palizada (Campeche), hacia el oriente; el área total es de 128 098 km<sup>2</sup>, de los cuales 44 885 km<sup>2</sup> quedan dentro de Guatemala y 83 213 km<sup>2</sup> en México. En su mayor anchura, en sentido este-oeste, abarca 563 km y, en sentido de la latitud, su máxima dimensión es de 467 km. La disposición de los ríos de la región es muy particular, ya que no corresponde a ninguno de los casos de otras corrientes del país y queda definida por la orientación y la posición relativa de las cadenas montañosas existentes en el estado del Chiapas. Así la Sierra Madre de Chiapas y la Sierra del Soconusco, que pueden considerarse como prolongación una de la otra, están orientadas aproximadamente de suroeste a noreste y en sus orígenes se tiene el volcán de Tacaná, en los límites con Guatemala, cuya altitud sobre el nivel del mar es de 4 026 m y que puede considerarse como origen de la Región Hidrológica No. 30 (máxima altitud dentro de ella). En forma aproximadamente paralela existe otra cadena montañosa llamada Meseta Central de Chiapas, cuyas máximas altitudes se encuentran también dentro de Guatemala. Ambas sierras originan cuatro vertientes (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1969b) :

- a) La exterior de la Sierra Madre de Chiapas y del Sierra del Soconusco que vierten al Océano Pacífico.
- b) La interior de estas mismas sierras, que con motivo de las ramificaciones con que cuenta, dan lugar a la formación de numerosas corrientes que fluyen, en general, de suroeste a noreste y originan los afluentes izquierdos del Río Grijalva.
- c) La vertiente interior de la Meseta Central de Chiapas, cuyas ramificaciones, en general menos vigorosas, dan lugar a corrientes que fluyen en sentido contrario a las mencionadas en el párrafo anterior, es decir, de noreste a suroeste y que forman los afluentes del Río Grijalva.
- d) La vertiente exterior de la Meseta Central de Chiapas, ocasiona corrientes que, en forma irregular, acaban por desembocar en el Golfo de México.

La llanura costera del Golfo de México está conformada por materiales de acarreo y se encuentra interrumpida por sierras aisladas y pequeñas elevaciones, entre las que se pueden mencionar las siguientes sierras: Pamoranés, San Carlos, Tamaulipas, Tantima u Otontepec y Los Tuxtlas. Hacia sus vertientes descienden numerosos ríos, de los cuales los del sur son los más caudalosos por estar situados en una región de mayor humedad; también existen varias lagunas litorales y todos los ríos desembocan en forma de barra (García y Falcón, 1977).

#### e) GEOLOGÍA.

La distribución de los sedimentos que constituyen el piso del Golfo de México, el tipo dominante de éstos y su posible origen, se relaciona con las características intrínsecas de la cuenca, como son la orientación de la plataforma, y que, de acuerdo a Pica, *et al.*, (1991) se han dividido en siete provincias de las cuales sólo tres pertenecen a México. La primera abarca desde la región de Tamaulipas hasta la localidad de Coatzacoalcos

con sedimentos de lodo terrígenos combinados con limos arenosos terrígenos; la segunda comprende desde Coatzacoalcos hasta antes de Ciudad del Carmen con arenas limosas terrígenas, arenas gruesas terrígenas y lodos terrígenos; la última se extiende desde la Laguna de Términos hasta Puerto Juárez en la Península de Yucatán con sedimentos limo-carbonatados, arenas carbonatadas y arenas limosas carbonatadas. La porción ubicada frente Quintana Roo está conformada por arenas carbonatadas. En la parte central del Golfo de México se encuentran lodos azules y oozes de *Globigerina* sp.

Las costas, tanto del Golfo de México como del Mar Caribe, fueron divididas en cuatro unidades o regiones morfotectónicas por Carranza *et al.*, (1975), a partir de la integración de los criterios de clasificación sugeridos por Inman y Nordstrom (1971) y Shepard (1973) (Fig.1):

1. Primera Unidad. Está comprendida desde la desembocadura del Río Bravo, Tamaulipas, hasta Punta Delgada, Veracruz, con una longitud aproximada de 700 km. Es considerada una costa de mar marginal protegida por los arcos insulares del Caribe y Cuba. Geomorfológicamente, presenta costas primarias por depositación subaérea, como en el caso de la Laguna Madre (Tamaulipas), y costas secundarias por depositación marina que dan origen a la formación de costas de barrera ejemplificadas por la Laguna de Tamiahua, Veracruz (Cruz, 1966).
2. Segunda Unidad. Se extiende desde Punta Delgada hasta Coatzacoalcos, Veracruz, con 300 km de longitud y es también una costa de mar marginal Geomorfológicamente caracterizada por costas primarias de origen volcánico producidas el por flujo de lava y de tefra (Los Tuxtlas, Veracruz) y de depositación subaérea por viento, que origina costas con dunas como en el norte de Veracruz. Las costas secundarias, están formadas por arrecifes coralinos como las que se encuentran frente a Veracruz.
3. Tercera Unidad. Se localiza entre Coatzacoalcos, Veracruz y la región oriental de la Laguna de Términos, Campeche con 179 km de extensión. Tectónicamente es una costa de mar marginal y genéticamente son costas primarias de depositación subaérea, principalmente por la depositación de ríos y presencia de deltas. Ejemplos de éstas son las costas aledañas a la desembocadura de los ríos Grijalba, San Pedro y San Pablo.
4. Cuarta Unidad. Se limita desde las proximidades de Isla Aguada, Campeche, hasta Chetumal, Quintana Roo, con 1 100 km de longitud; es también una costa de mar marginal con costas primarias de erosión terrestre y numerosos cañones y sumideros. Comprende costas secundarias por depositación marina que originan playas e islas de barrera y costas secundarias por organismos marinos que favorecen la formación de arrecifes coralinos y zonas de arrecifes bordeantes (Cozumel, Quintana Roo).

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

De acuerdo a Lankford (1977), se define a una laguna costera como una depresión de la zona costera la cual mantiene comunicación permanente o efímera con el mar y presenta una barrera. Dichas lagunas tuvieron su origen hace 180 mil años durante la elevación del nivel del mar que invadió depresiones costeras, valles y deltas de ríos, a partir de lo cual se conformó la actual línea costera que incluye bahías y entrantes de mar (Pica, *et al.* 1991).

## f) OCEANOGRAFÍA.

Desde el punto de vista de los rasgos batimétricos y topográficos, El Golfo de México y el Mar Caribe están conformadas por dos cuencas, separadas entre sí por un umbral con una profundidad aproximada de 2500 m; la primera de ellas abarca un total de 1 768 000 km<sup>2</sup>, con regiones muy profundas mayores a 3 400 m; la segunda se extiende en un área total de 2 640 000 km<sup>2</sup> y una profundidad media superior a la del Golfo de México de 4 000 m (Pica, *et al.*, 1991).

La capa superficial del mar abarca los primeros 100 a 150 m de profundidad, por lo que se ve afectada en sus características físicas y su circulación principalmente por los vientos, así como también por el flujo de aguas

cálidas y salinas que constituyen la Corriente de Lazo, la cual penetra al Golfo de México por el Canal de Yucatán (Pica y Pineda, 1991). La fluctuación estacional del viento provoca cambios en las características físicas de esta primer capa en la que se aprecian los patrones más extremos de circulación superficial durante los meses de invierno y verano; durante los primeros, se registran las temperaturas más bajas del ciclo anual a consecuencia de los "nortes" o masas de aire polar, por lo cual la influencia cálida de la Corriente de Lazo, puede observarse fácilmente a través de las isotermas superficiales, fuera de esta corriente la corriente sigue un gradiente latitudinal y es en la parte norte del golfo, sobre la plataforma continental de Estados Unidos, donde las temperaturas descienden hasta los 19 ó 20°C, lo que muestra un contraste con los 26°C de las aguas caribeñas. Estas diferencias pueden estar determinadas por la influencia invernal del norte del continente donde el agua del golfo pierde calor y los ríos con temperaturas bajas descargan en esta zona (Nowlin y McLellan, 1967).

En lo que respecta a sus características oceanográficas, la circulación del Golfo de México está relacionada con la influencia de las aguas cálidas y salinas que penetran al Golfo a través del Estrecho de Yucatán y salen por el de Florida (Pica y Pineda, 1991); las velocidades son máximas durante julio, agosto y septiembre y mínimas durante enero y febrero; el eje de la corriente es más angosto cuando la corriente es máxima, y se ensancha a medida que la velocidad de la corriente disminuye (Secretaría de Marina, 1974). Parte del agua que penetra al Golfo por dicho canal se devuelve por contracorrientes (Armstrong y Grady, 1967). Durante el invierno, los fuertes vientos del Norte intensifican dichas contracorrientes que ocurren frecuentemente en la parte Occidental y Meridional del Golfo y pueden causar una corriente que se dirige hacia el Sur en toda el área del Golfo (Secretaría de Marina, 1974).

La circulación en el oeste del Golfo de México está dominado por giros anticiclónicos, es decir, anillos cálidos que se localizan entre los 22° y los 27° N; existen fuertes evidencias de que estos anillos provienen de la Corriente de Lazo (Cochrane, 1972; Vázquez de la Cerda, 1993; Elliot, 1982; Molinari, 1976; Kirwan *et al.*, 1984; Vuckovich, 1986). Estos giros abarcan una extensión de 300 km de diámetro y existen en el tiempo más de uno a la vez (Elliot, 1982) su duración es de alrededor de 8.5 meses (Sturges y Blaha, 1976). Se ha observado que los procesos de desprendimiento de estas masas de alto geopotencial que, mediante giros anticiclónicos se desplazan hacia el oeste del golfo de a partir de la Corriente de Lazo (Leipper, 1970 y Cochrane, 1972). Por su parte la Secretaría de Marina en 1971 y 1972, realizó estudios a mayor detalle y definió una corriente de intrusión sobre el Cañón de Campeche, un remolino anticiclónico al noroeste de la Laguna de Tamiahua y el remolino ciclónico de la bahía de Campeche. La velocidad de los giros ciclónicos y anticiclónicos registrada en estos últimos excede a 1 nudo, mientras que los ciclónicos no son mayores de 0.5 nudos (Emilson, 1976).

A su paso por la cuenca del golfo, un volumen de las aguas de la corriente, forman anillos que se desplazan hacia el interior, los cuales tienen una circulación anticiclónica e influyen en las aguas adyacentes generando movimientos en sentido opuesto, constituyéndose remolinos ciclónicos. El resto de las aguas continúan su viaje hacia el Estrecho de Florida formando un meandro. Este comportamiento configura una franja ligeramente plegada hacia el este a manera de un cordón o lazo, de donde proviene su nombre: "Corriente de Lazo" (Pica y Pineda, 1991). Cabe resaltar que esta corriente presenta una intrusión dentro del golfo que varía estacionalmente, dichas variaciones se han detectado mediante patrones de temperatura por debajo de la superficie (Leiper, 1970 y Behringer, *et al.*, 1977).

El patrón de salinidad durante el invierno se asemeja al de temperaturas. Las salinidades menores se presentan en el norte del golfo, donde a pesar de ser una zona somera, la época y la influencia de los ríos disminuyen la concentración de salinidad hasta niveles de 32.16‰ (Nowlin y MacLellan, 1967). La zona del Banco de Campeche mantiene salinidades de 36.4‰ a 36.6‰, superiores a los del resto del golfo y de la Corriente del Caribe (Pica y Pineda, 1991).

Hacia la región del noroeste del Golfo de México, que abarca las costas de Lousiana y Texas se ha registrado un giro anticiclónico permanente, el cual se modifica a través de las distintas épocas del año (Cochrane, 1972).

Las mareas en el Golfo de México son de tipo diurno y reportan componentes semidiurnos para la Sonda de Campeche (Zettler y Hansen, 1972; Secretaría de Marina, 1974 y Grijalba, 1975). Por otro lados los cambios

en el viento y en la presión barométrica pueden causar desviaciones en los niveles del mar diarios predichos; vientos hacia la costa de carácter prolongado y/o de baja presión barométrica tienden a levantar el nivel del mar y vientos hacia el mar y/o de alta presión barométrica tienden a bajarlo. En el Golfo de México, al igual que en otras regiones tropicales, los huracanes y las tormentas tropicales pueden ocasionar que el nivel del mar llegue a ser varias veces mayor que el nivel predicho de marea (Secretaría de Marina, 1974).

#### g) RECURSOS PESQUEROS.

México cuenta aproximadamente con 500 especies de peces agrupados en 47 familias distribuidas en aguas epicontinentales, eurihalinas y marinas. Dentro de las 15 familias eurihalinas se encuentran las Atherinidae con 19 especies; así como con 15 especies vicarias que incluyen 22 géneros. Las ocho familias marinas que cuentan con el mayor número de géneros se encuentran Cyprinodontidae, con 18 especies; Poecillidae con 19; y Cichlidae con 40 (Castro-Aguirre, 1978).

Existen en el mundo numerosos ejemplos de alteraciones en la abundancia o escasez de poblaciones de peces, la mayoría de ellas pelágicas (bacalao, sardina, eglefino, merlango, anchoveta, solla y algunas especies de camarón, por citar algunas), directamente relacionadas con la variabilidad climática (Castro-Aguirre, 1982 y 1986; Castro-Aguirre y Mora-Pérez, 1984; Castro-Aguirre, *et al.*, 1984; Castro-Aguirre y Romero, 1988; Cushing, 1982; Rodríguez, 1988; De la Lanza, 1992). Estos cambios pueden ser a escala corta, mediana o larga (mensuales, anuales, seculares o aún mayores) y pueden manifestarse en cambio en la temperatura, salinidad, velocidad del viento, incremento de las perturbaciones atmosféricas, entre otros (Laevastu y Hela, 1970; Cushing, 1975 y 1982). Biológicamente uno de los procesos más importantes en la continuidad de las pesquerías es el reclutamiento (número de individuos de una especie que cada año se agrega al área total de pesca (Ricker, 1958). Durante la etapa juvenil del organismo, éste es afectado tanto por los factores oceanográficos, como por los climáticos y los bióticos. Dentro de éstos últimos, se puede citar la disponibilidad del alimento, el incremento de depredadores y las enfermedades. Se han planteado varias hipótesis para explicar las fuertes variaciones en las pesquerías. Las cinco principales son las siguientes:

- Que la mortalidad de larvas y juveniles depende en gran parte de la densidad de ellos mismos (Beverton y Holt, 1957).
- Que la mortalidad depende de la ausencia de alimentos oportunos (Beverton y Holt, 1957).
- Que la densidad de la población depende de la mortalidad causada por una agregación de depredadores (Ricker, 1958).
- Que la densidad de la población depende del crecimiento (Cushing, 1980).
- Factores de ajuste y desajuste (Match/mismatch) (Cushing, 1975).

Esta última hipótesis se refiere al funcionamiento de los factores ambientales como un disparador de algunas funciones biológicas, algunas de las cuales son: el efecto de la temperatura en los procesos metabólicos, el atraso en el índice de la madurez sexual, la reproducción o desove y la solubilidad de los gases (More, 1962; Laevastu y Hela, 1970). Las variaciones en salinidad afectan el peso específico de los organismos, así como las variaciones en su presión osmótica (Sevilla, 1977; Cushing, 1975 y 1982). Y fue esta hipótesis la que se empleó como punto de partida para explicar el comportamiento en las oscilaciones en los volúmenes de captura de las diferentes poblaciones analizadas en la presente investigación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para cubrir el primer objetivo se recopilaron registros mensuales del número promedio de manchas solares observadas en toda la Tierra (conocido como Índice de Zürich) durante 25 períodos lustrales a partir de 1869 a 1984 (Clayton, 1927, 1934 y 1959 y Solar-Geophysical Data, 1990), y se consideró como media solar a 44

en el viento y en la presión barométrica pueden causar desviaciones en los niveles del mar diarios predichos; vientos hacia la costa de carácter prolongado y/o de baja presión barométrica tienden a levantar el nivel del mar y vientos hacia el mar y/o de alta presión barométrica tienden a bajarlo. En el Golfo de México, al igual que en otras regiones tropicales, los huracanes y las tormentas tropicales pueden ocasionar que el nivel del mar llegue a ser varias veces mayor que el nivel predicho de marea (Secretaría de Marina, 1974).

#### g) RECURSOS PESQUEROS.

México cuenta aproximadamente con 500 especies de peces agrupados en 47 familias distribuidas en aguas epicontinentales, eurihalinas y marinas. Dentro de las 15 familias eurihalinas se encuentran las Atherinidae con 19 especies; así como con 15 especies vicarias que incluyen 22 géneros. Las ocho familias marinas que cuentan con el mayor número de géneros se encuentran Cyprinodontidae, con 18 especies; Poecillidae con 19; y Cichlidae con 40 (Castro-Aguirre, 1978).

Existen en el mundo numerosos ejemplos de alteraciones en la abundancia o escasez de poblaciones de peces, la mayoría de ellas pelágicas (bacalao, sardina, eglefino, merlango, anchoveta, solla y algunas especies de camarón, por citar algunas), directamente relacionadas con la variabilidad climática (Castro-Aguirre, 1982 y 1986; Castro-Aguirre y Mora-Pérez, 1984; Castro-Aguirre, *et al.*, 1984; Castro-Aguirre y Romero, 1988; Cushing, 1982; Rodríguez, 1988; De la Lanza, 1992). Estos cambios pueden ser a escala corta, mediana o larga (mensuales, anuales, seculares o aún mayores) y pueden manifestarse en cambio en la temperatura, salinidad, velocidad del viento, incremento de las perturbaciones atmosféricas, entre otros (Laevastu y Hela, 1970; Cushing, 1975 y 1982). Biológicamente uno de los procesos más importantes en la continuidad de las pesquerías es el reclutamiento (número de individuos de una especie que cada año se agrega al área total de pesca (Ricker, 1958). Durante la etapa juvenil del organismo, éste es afectado tanto por los factores oceanográficos, como por los climáticos y los bióticos. Dentro de éstos últimos, se puede citar la disponibilidad del alimento, el incremento de depredadores y las enfermedades. Se han planteado varias hipótesis para explicar las fuertes variaciones en las pesquerías. Las cinco principales son las siguientes:

- Que la mortalidad de larvas y juveniles depende en gran parte de la densidad de ellos mismos (Beverton y Holt, 1957).
- Que la mortalidad depende de la ausencia de alimentos oportunos (Beverton y Holt, 1957).
- Que la densidad de la población depende de la mortalidad causada por una agregación de depredadores (Ricker, 1958).
- Que la densidad de la población depende del crecimiento (Cushing, 1980).
- Factores de ajuste y desajuste (Match/mismatch) (Cushing, 1975).

Esta última hipótesis se refiere al funcionamiento de los factores ambientales como un disparador de algunas funciones biológicas, algunas de las cuales son: el efecto de la temperatura en los procesos metabólicos, el atraso en el índice de la madurez sexual, la reproducción o desove y la solubilidad de los gases (More, 1962; Laevastu y Hela, 1970). Las variaciones en salinidad afectan el peso específico de los organismos, así como las variaciones en su presión osmótica (Sevilla, 1977; Cushing, 1975 y 1982). Y fue esta hipótesis la que se empleó como punto de partida para explicar el comportamiento en las oscilaciones en los volúmenes de captura de las diferentes poblaciones analizadas en la presente investigación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para cubrir el primer objetivo se recopilaron registros mensuales del número promedio de manchas solares observadas en toda la Tierra (conocido como Índice de Zürich) durante 25 períodos lustrales a partir de 1869 a 1984 (Clayton, 1927, 1934 y 1959 y Solar-Geophysical Data, 1990), y se consideró como media solar a 44

manchas según los criterios de Herman y Goldberg (1978), Mendoza *et al.*, (1991) a partir de lo cual se agruparon los años que quedaron por arriba y por abajo de dicho valor, resultando los siguientes periodos de cinco años periodos lustrales Tabla 1:

Tabla 1. Periodos lustrales tomando como límite a 44 manchas solares.

Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo
1869 a 1873	1893 a 1898	1916 a 1920	1936 a 1941	1956 a 1961
1876 a 1881	1899 a 1904	1921 a 1925	1942 a 1945	1962 a 1965
1882 a 1887	1905 a 1910	1926 a 1929	1946 a 1951	1966 a 1972
1888 a 1892	1911 a 1915	1930 a 1935	1952 a 1955	1973 a 1977

Se seleccionaron 100 estaciones meteorológicas distribuidas alrededor del mundo cuyos registros climáticos anuales de presión barométrica, temperatura y precipitación total, abarcaran el periodo de 1869 a 1977, (Clayton, 1927, 1934 y 1959). Posteriormente se calcularon los promedios lustrales de estas tres variables en correspondencia con los mismos intervalos de los calculados para el número de manchas solares (Tabla 1), y se determinó el coeficiente de correlación de Pearson entre los valores promedio climáticos de las tres variables con el número de manchas solares ó Índice de Zürich durante los mismos intervalos lustrales.

Los promedios lustrales de las tres variables climáticas con el número de manchas solares se graficaron y se observó una mayor fluctuación entre los periodos de 1869 a 1925 y de 1926 a 1977, por lo que se decidió analizar el comportamiento climático durante estos dos periodos

A partir de los coeficientes de correlación obtenidos para presión barométrica vs Índice de Zürich, temperatura vs Índice de Zürich, y Precipitación vs Índice de Zürich, se trazaron isocorrelatas con el método de Kriging, el cual incorpora diversos factores como son: el Modelo de Variograma, el tipo Drift y el efecto Nugget, basados en puntos octantes, sobre un Mapamundi de proyección Mercator escala 1: 4 000 000, con la finalidad de delimitar las áreas de acuerdo a su grado de correlación lo que coadyuva en la determinación de las teleconexiones climáticas a escala mundial o global y su efecto sobre el Golfo de México. Cabe señalar que se trazaron dos juegos de mapas por variable climática mostrando el comportamiento durante los dos periodos citados. Para lo anterior se empleó el Paquete Surfer versión 5.0 y el análisis estadístico se calculó con el paquete Statistica versión 4.5.

Por otro lado se emplearon los registros del número de manchas solares a nivel mensual. También se calculó y graficó un análisis de series de tiempo, que incluyó la Serie Original, la Serie sin Tendencia, la Transformada de Fourier (FFT), el Espectro de Fase y el Espectro de Potencia; éstos dos últimos se representaron en el Espectro Normalizado, y sobre éstos se marcaron tanto los eventos El Niño como La Niña, con la finalidad de calcular la mayor frecuencia de dicho fenómeno en fase de crecimiento solar, decremento solar, máximo solar ó mínimo solar; asimismo, se calculó mediante un análisis de series de tiempo (Transformada de Fourier, Espectro de Fase y Espectro de Potencia), la periodicidad del fenómeno ENSO. Los paquetes empleados fueron el ANDIS V.1 (Análisis Digital) y el Sigma Plot V.2.0.

Por último, y con el objeto de establecer el grado de asociación entre el ENSO y la Oscilación del Norte (Seesaw), se recopilaron los registros de Quinn *et al.* (1978); los registros de la Oscilación del Norte fueron tomados de van Loon y Rogers (1978), considerando a esta última en sus dos fases: cuando prevalecen bajas temperaturas en Groenlandia con respecto a la Península Escandinava y cuando ambas regiones registran ya sea temperaturas altas o bajas. Dichos investigadores agruparon las temperaturas de los meses invernales correspondientes a noviembre, diciembre, enero y febrero para el periodo de 1840 a 1975. A estos datos se les aplicó una prueba de independencia no paramétrica "T" (Conover, 1971) basada en la siguiente fórmula:

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (O_{ij} - E_{ij})^2 / E_{ij} \dots \dots \dots (1)$$

donde  $E_{ij} = \frac{R_i C_j}{N}$

y los valores de  $O_{ij}$  observados en el  $i$ -ésimo renglón y  $j$ -ésima columna;  
 $R_i$  = renglones totales  
 $C_j$  = columnas totales  
 $N$  = Total de observaciones

los cuales se distribuyen como  $\chi^2$  con  $(n-1)(m-1)$  grados de libertad. Posteriormente el grado de asociación se calculó a través del coeficiente de contingencia de Pearson basado en la siguiente fórmula (Daniel, 1996):

$$C = \left[ \frac{T}{N + T} \right]^{1/2} \dots \dots \dots (2)$$

donde  $T = \chi^2_{(n-1)(m-1)}$   
 $N$  = total de observaciones.

Para cubrir el segundo objetivo, referente a la interacción entre la temperatura del aire y la del agua en la zona costera del Golfo de México, como consecuencia de las temporadas climáticas, se seleccionaron ocho estaciones ubicadas en la planicie costera del Golfo de México y Caribe Mexicano, que correspondieron a:

Tampico, Tamaulipas	Tuxpam, Veracruz	Alvarado, Veracruz	Puerto de Veracruz
Coatzacoalcos, Veracruz	Cd. del Carmen, Campeche	Progreso, Yucatán	Cozumel, Quintana Roo

Se buscó que las estaciones contaran con registros, meteorológicos, oceanográficos y de estadísticas pesqueras de largo período (más de 30 años). Las variables atmosféricas fueron la temperatura del aire media mensual, la cobertura nubosa mensual (número de días despejados y número de días nublados), la evaporación total mensual, la incidencia ciclónica (en verano), la velocidad y dirección de los vientos dominantes; los registros se obtuvieron del Servicio Meteorológico Nacional (SMN 1900-1990), de la Comisión Federal de Electricidad (1950 y 1990) y de la Comisión Nacional del Agua (1920 a 1990). Se agruparon tanto en promedios anuales como por temporadas climáticas en tres periodos: Nortes (de noviembre a febrero), Secas (marzo y abril) y Lluvias (de mayo a octubre).

La salinidad fue de la capa superficial y con una periodicidad mensual. Posteriormente se agrupó tanto en promedios anuales como en temporadas climáticas de Nortes, Secas y Lluvias; esta variable fue compilada de las estaciones oceanográficas ubicadas en los mareógrafos de las mismas localidades mencionadas anteriormente (Grivel y Grivel, 1991).

Para establecer el grado de interacción entre los tres grupos de variables se calculó un análisis de regresión, basado en la siguiente fórmula (Daniel, 1996):

$$y = \alpha + \beta x + e \dots \dots \dots (3)$$

donde  $y$  es un valor típico de una las subpoblaciones de  $Y$ ,  $\alpha$  y  $\beta$  se conocen como coeficientes de regresión de la población. Geométricamente,  $\alpha$  y  $\beta$  representan la ordenada al origen y la pendiente de la recta, respectivamente, en la que se supone que están todas las medias.



Posteriormente, se calcularon pruebas de correlación múltiple de Pearson (Daniel, 1996), para establecer la intensidad de las tres variables cuya ecuación corresponde a:

$$y_j = \beta_0 + \beta_1 x_{1j} + \beta_2 x_{2j} + \dots + \beta_k x_{kj} + e_j \dots \dots \dots (4)$$

donde  $y_j$  es un valor representativo de una de las subpoblaciones de los valores de Y, las  $\beta_y$  se conocen como coeficientes de regresión,  $x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{kj}$  son, respectivamente, los valores particulares de las variables independientes  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , y  $e_j$  es una variable aleatoria como media de 0 y variancia de  $\sigma^2$ , que es la variancia común de las subpoblaciones de los valores de Y.

Por último se aplicaron pruebas de series de tiempo para establecer su periodicidad y recurrencia, dichas pruebas incluyeron: la Serie Original, la Serie sin Tendencia, el Análisis de Fourier, Espectro de Potencia y Espectro de Fase, éstos dos últimos se representaron como Espectro Normalizado en virtud de que son análisis complementarios; es decir, en la Transformada de Fourier la resolución en la amplitud es muy alta, mientras que, en el Espectro de Máxima Entropía es alta la resolución de las frecuencias.

El análisis de Fourier es una descomposición de la serie de los datos en una suma de componentes sinusoidales cuyos coeficientes son la transformada de Fourier discreta de la serie (Bloomfield, 1976 y Wei, 1990). Sin embargo, el término es usado en un sentido más amplio para describir cualquier procedimiento de análisis de datos que se desarrolla para medir las fluctuaciones en una serie de tiempo comparándolas con sinusoides. Por lo tanto las oscilaciones en una serie de tiempo pueden ser descritas en términos sinusoidales a través del análisis espectral, que es un método que describe la tendencia de las oscilaciones para ciertas frecuencias que aparecen en los datos, en lugar de las oscilaciones mismas.

La propiedad fundamental de las sinusoides es que las hace generalmente adecuadas para el análisis de una serie de tiempo, es su comportamiento simple bajo un cambio en la escala de tiempo. Una senoide de frecuencia angular  $\omega$  (radianes por unidad de tiempo) ó período  $2\pi/\omega$  puede ser escrita como:

$$f(t) = R \cos(\omega t + \phi) \dots \dots \dots (5)$$

donde  $R$  es la amplitud y  $\phi$  es la fase. Si se cambia la variable tiempo por  $u = (t-a)/b$ , la cual incorpora un cambio de origen y de escala, resulta entonces:

$$g(u) = f(a + bu) = R \cos(\omega bu + \phi + \omega a) \dots \dots \dots (6)$$

$$g(u) = R' \cos(\omega' u + \phi')$$

donde:  $R' = R$ ,  $\omega' = \omega b$  y  $\phi' = \phi + \omega a$

Esto es, la amplitud no cambia, la frecuencia es multiplicada por  $b$  y la fase es alterada por una cantidad que involucra el cambio de origen del tiempo y la frecuencia de la senoide. Aunque el origen del tiempo asociado con un grupo de datos es generalmente arbitrario, estas relaciones son, no obstante, útiles para el análisis.

Otra de las características importantes de las sinusoides es su comportamiento bajo muestreo, es decir si el intervalo de tiempo en el muestreo es  $\Delta$ , las sinusoides donde:  $R \cos(\omega_1 t + \phi)$  y  $R \cos(\omega_2 t + \phi)$  son indistinguibles si  $\omega_1 - \omega_2$  es un múltiplo de  $2\pi/\Delta$ .

Para la estimación de las amplitudes y fases asociadas con una senoide se empleó la siguiente ecuación, la cual se considera como el modelo simple de dos parámetros (Bloomfield, 1976 y Wei, 1990):

$$X_t = A \cos \omega t + B \sen \omega t + \varepsilon_t, t = 0, \dots, n-1. \dots \dots \dots (7)$$

donde:

$X_t$  = valor del t-ésimo dato  
 $A$  = constante a estimar  
 $B$  = constante a estimar  
 $w$  = frecuencia angular asociada  
 $\varepsilon_t$  = t-ésimo residual  
 $t$  = tiempo

El modelo anterior es la forma reducida de:

$$X_t = \mu + R \cos (wt + \phi) + \varepsilon_t$$

donde  $\mu$  es una constante agregada y se considera cero en este método,  $A = R \cos \phi$  y  $B = -R \sin \phi$ , por lo tanto para cualquier valor de  $A$  y  $B$  se puede resolver para  $R$  y  $\phi$  mediante la ecuación:

$$R = (A^2 + B^2)^{1/2} \text{ y } \phi = \arctan (-B/a) \dots\dots\dots(8)$$

El método consiste en considerar  $w$  conocida y fija para mejorar el ajuste. El principio de mínimos cuadrados conduce a minimizar la suma de cuadrados residuales a partir de la siguiente ecuación:

$$T(A, B) = \sum_{t=0}^{n-1} (X_t - A \cos wt - B \sin wt)^2 \dots\dots\dots(9)$$

por lo tanto:

$$\frac{\partial T}{\partial A} = -2 \sum_{t=0}^{n-1} \cos wt (x_t - A \cos wt - B \sin wt) \dots\dots\dots(10)$$

$$\frac{\partial T}{\partial B} = -2 \sum_{t=0}^{n-1} \sin wt (x_t - A \cos wt - B \sin wt) \dots\dots\dots(11)$$

donde las ecuaciones que resultan de igualar éstas a cero, tienen la siguiente solución:

$$\hat{A} = \frac{1}{\varphi} \left[ \sum_{t=0}^{n-1} X_t \cos wt \sum_{t=0}^{n-1} (\sin wt)^2 - \sum_{t=0}^{n-1} X_t \sin wt \sum_{t=0}^{n-1} \cos wt \sin wt \right] \dots\dots\dots(12)$$

$$\hat{B} = \frac{1}{\varphi} \left[ \sum_{t=0}^{n-1} X_t \sin wt \sum_{t=0}^{n-1} (\cos wt)^2 - \sum_{t=0}^{n-1} X_t \cos wt \sum_{t=0}^{n-1} \cos wt \cos wt \right] \dots\dots\dots(13)$$

donde:

$$\varphi = \sum_{t=0}^{n-1} (\cos wt)^2 \sum_{t=0}^{n-1} (\sin wt)^2 - \left( \sum_{t=0}^{n-1} \cos wt \sin wt \right)^2 \dots\dots\dots(14)$$

La amplitud  $R$  y la fase  $\phi$  se calculan a través de la ecuación (8), que utiliza los valores estimados de  $A$  y  $B$ , que son  $\hat{A}$  y  $\hat{B}$  respectivamente. La estimación para  $\phi = \arctan (-B/A)$ , a pesar de ser una relación básica, es incorrecta, ya que se obtiene el mismo valor de  $\phi$  para  $-A$  y  $-B$ , que para  $A$  y  $B$ . Es por lo tanto, la solución más correcta se basa en el siguiente criterio:

$$\begin{aligned} \phi &= \arctan (-B/A) \quad \text{si } A > 0 \\ \phi &= \arctan (-B/A) - \pi \quad \text{si } A < 0 \text{ y } B > 0 \\ \phi &= \arctan (-B/A) + \pi \quad \text{si } A < 0 \text{ y } B \leq 0 \\ \phi &= -\frac{\pi}{2} \quad \text{si } A = 0 \text{ y } B > 0 \\ \phi &= \frac{\pi}{2} \quad \text{si } A = 0 \text{ y } B < 0 \\ \phi &= \text{arbitrario} \quad \text{si } A = 0 \text{ y } B = 0 \end{aligned}$$

En la ecuación (8) y sus sustituciones, se aportan las relaciones entre  $R$ ,  $\phi$ ,  $A$  y  $B$ , por lo tanto la precisión en la estimación de la amplitud  $R$  y la fase  $\phi$  se encuentra en función del método empleado para estimar  $A$  y  $B$ .

Para precisar alguna frecuencia en los datos existen diversos métodos, entre los cuales está el que se utiliza el modelo de tres parámetros (Sinusoide + Constante) (Bloomfield, 1976 y Wei, 1990); este modelo establece:

$$X_t = \mu + A \cos \omega t + B \sin \omega t + \varepsilon_t \dots \dots \dots (15)$$

en donde la suma de cuadrados residuales se puede expresar de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} T(\mu, A, B) &= T(\mu, A, B, \omega) \\ &= \sum (X_t - \mu - A \cos \omega t - B \sin \omega t)^2 \dots \dots \dots (16) \end{aligned}$$

para un  $\omega$  fijo.

En virtud de que las series de variables climatológicas poseen más de una frecuencia, tal como lo sugirió el análisis previo de autocorrelación desplazada, fue necesario establecer que las series de tiempo se representaran por el modelo general de componentes periódicas (Bloomfield, 1976 y Wei 1990) cuya ecuación se representa como:

$$y_t = \mu + \sum_{j=1}^m (A_j \cos \omega_j t + B_j \sin \omega_j t) + \varepsilon_t \dots \dots \dots (17)$$

donde:

$t$  = variable tiempo

- $X_t$  = valor del t-ésimo dato
- $\mu$  = constante a estimar
- $A_j$  = constante a estimar

$B_j$  = constante a estimar

$\omega_j$  = frecuencia asociada a estimar

$\varepsilon_t$  = residual t-ésimo

$m$  = número de frecuencias asociadas

Este modelo se trabajó empleando el método de mínimos cuadrados y el método de descendencia cíclica para la estimación de cada uno de sus parámetros.

El primer paso fue desarrollar la minimización con respecto a  $\mu$  para valores fijos de los otros parámetros, donde el valor óptimo es  $\hat{\mu}$  es justamente la medida de la serie corregida cuya ecuación se representa:

$$X_t - \sum_{j=1}^m (A_j \cos \omega_j t + B_j \text{sen } \omega_j t), \quad t = 0, 1, 2, \dots, n-1 \dots \dots \dots (18)$$

El siguiente paso fue variar  $\omega_k$ ,  $A_k$  y  $B_k$  manteniendo los otros parámetros fijos, por lo tanto el problema fue minimizar a partir de la siguiente ecuación:

$$\sum_{t=0}^{n-1} [ X_t - \mu - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^m (A_j \cos \omega_j t + B_j \text{sen } \omega_j t) - A_k \cos \omega_k t - B_k \text{sen } \omega_k t ]^2 \dots \dots \dots (19)$$

$$= \sum_{t=0}^{n-1} ( Y_t - A_k \cos \omega_k t - B_k \text{sen } \omega_k t )^2$$

donde  $Y_t = X_t - \mu - \sum ( A_j \cos \omega_j t + B_j \text{sen } \omega_j t )$

La optimización con respecto a  $\omega_k$ ,  $A_k$  y  $B_k$  puede hacerse si se considera que el mejor valor de  $\omega_k$  según el método de mínimos cuadrados es aquel que maximiza a:

$$R(\omega)_2 = \hat{A}(\omega)_2 + B(\omega)_2 \dots \dots \dots (20)$$

Así, un ciclo del método de descendencia cíclica consiste de dos pasos:

- a) Corregir los datos para todas las componentes periódicas y estimar  $\mu$  por la media de las series corregidas.
- b) Para  $k$  que varía de 1 a  $m$ , corregir las series para la media  $\mu$  y las otras componentes; entonces se estima  $\omega_k$ ,  $A_k$  y  $B_k$  de las series corregidas.

Para los cálculos estadísticos de regresión y correlación se empleó el Paquete Statistical Versión. 4.5; las series de tiempo se calcularon a través del ANDIS (Análisis Digital), Versión 1.0 y se editaron a través del Sigma Plot Version 2.0.

Respecto a las periodicidades de las variables atmosféricas, calculadas en asociación con la incidencia ciclónica, se recopilaron registros para un período de 70 años (Comisión Nacional del Agua, 1920-1990, Comisión Federal de Electricidad, 1950 a 1970 y Servicio Meteorológico Nacional, 1920 a 1990); el Índice de Zürich (Promedio Mensual del Número de Manchas Solares) se obtuvo a escala mensual de Clayton

(1927, 1934 y 1959) y de los compendios del Monthly Weather Review para el periodo de 1960 a 1996. La relación histórica de los eventos El Niño se obtuvieron de Quinn *et al.*, (1978).

En el caso del tercer objetivo, referente al análisis de las variaciones de largo periodo (1960-1990) de los gastos de los afluentes que drenan a la Vertiente del Golfo de México y su influencia en la conformación de las plumas estuarinas de gradientes salinos por efecto de las precipitaciones, la temperatura ambiental, la cobertura nubosa, los vientos dominantes y la incidencia ciclónica, se seleccionaron los ríos que confluyeran en las mismas áreas en las que se cuenta con los registros oceanográficos y atmosféricos de la zona costera. Los afluentes correspondieron al Río Pánuco ubicado en la región hidrológica 25; el Río Tuxpam, en la región 27; los Ríos La Antigua, Jamapa y Papaloapan correspondientes a la región 28; el Río Coatzacoalcos en la región 29; los Ríos San Pedro, San Pablo, Usumacinta, Palizada y Candelaria en la región 31 y el Río Hondo en la región 33; los registros se obtuvieron de la Comisión Nacional del Agua (1960 a 1990). Los datos se agruparon a nivel mensual y posteriormente por temporadas climáticas de Nortes: de noviembre a febrero; Secas: marzo y abril y Lluvias: de mayo a octubre; lo anterior basado en el criterio de Sánchez-Santillán (1994). Los valores de los gastos máximos de los ríos se correlacionaron tanto anual como estacionalmente con las variables climatológicas y de manera paralela se graficaron los registros del volumen mensual de los afluentes en hidrogramas mensuales y por último se calculó y graficó su tendencia a partir de un análisis de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados, los registros se obtuvieron de la Comisión Nacional del Agua durante el periodo de 1951 a 1990.

Para cubrir el objetivo referente a las variaciones del nivel medio del mar durante el periodo de 1950 a 1990, se recopilaron registros del nivel medio del mar en las estaciones mareográficas de: Tampico (Tamaulipas), Tuxpam (Veracruz), Alvarado (Veracruz), Puerto de Veracruz, Coatzacoalcos (Veracruz), Cd. del Carmen (Campeche), Progreso (Yucatán) y Cozumel (Quintana Roo), sin embargo los registros no son continuos, por lo que para completar las series, se siguió el criterio propuesto por Warrick *et al.* (1993), el cual se basa en el empleo de los valores de predicción así como su georeferencia a partir de los bancos de nivel y del plano de referencia, se siguieron en los siguientes pasos:

Los niveles de pleamar y bajamar fueron tomados de aquellos descritos en las tablas de predicción de mareas Geofísica (1950 a 1990) posteriormente se calculó la sumatoria algebraica de bajamar, debido a que en muchos casos los valores de bajamar fueron negativos; a continuación se calculó la sumatoria aritmética de la pleamar. A partir de ambos valores se determinó el promedio y se sustituyó en la ecuación:  $(P - B)/2$ . El siguiente paso fue promediar los bancos de referencia de la estación a calcular (cabe mencionar que resultó determinante considerar este valor promedio debido a que en cada año existen variaciones por cambios en la ubicación de los bancos de referencia en los diferentes puertos del Golfo como consecuencia de las políticas sexenales de administración, lo que trae consecuencia un grado de error variable); dicho valor se sustituyó en la ecuación:

$$\text{Nivel medio del mar} = \frac{\text{promedio pleamar} + \text{promedio bajamar}}{2} + \text{promedio de los bancos} + \text{nivel de referencia}$$

Con base en los cálculos anteriores se completaron las series del nivel medio del mar y se graficaron a partir de un análisis de regresión para determinar la pendiente; la oscilación en los registros del nivel medio del mar durante el periodo estudiado que abarcó de 1962 a 1990 se estableció a partir de un análisis de Series de Tiempo que incluyó la transformada de Fourier, el Espectro de Potencia y la Máxima Entropía, representados estos últimos en un Espectro Normalizado.

Para el ultimo objetivo de esta investigación, que se refiere al análisis de las capturas de doce pesquerías de importancia comercial como resultado de la variación o variabilidad climática, se emplearon los registros de captura de las pesquerías comerciales que, incluyeron a cuatro especies de camarón (*Penaeus, setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*), la corvina (*Sciaenops*, spp.), la lisa (*Mugil*, spp.), el robalo (*Centropomus*, spp.), el huachinango (*Lutjanus*, spp.), la sierra (*Scomberomorus*, spp.), el bonito (*Euthynnus*, spp.), el mero (*Epinephelus*, spp.) y la mojarra (*Eugerres*, spp.), se recopilaron de los Anuarios Estadísticos de Pesca (1963 a 1990) reportados como peso fresco desembarcado por entidad federativa y no fue posible determinar la

captura por unidad de esfuerzo debido a que no se reportan en dichos anuarios el número de barcos o el número de viajes o número de lances.

En el caso de las pesquerías de camarón (*P. setiferus*, *duorarum* y *aztecus*) de Cd. del Carmen, los registros de captura se obtuvieron de las Bitácoras de desembarque del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras, por lo que fue factible calcular tanto la captura total como la captura por unidad de esfuerzo en kg/viaje, durante el período de 1973 a 1990.

A los valores de captura por unidad de esfuerzo en el caso de las tres especies de camarón de Cd. del Carmen y las capturas totales en las pesquerías de escama entre las que se incluyeron a las capturas de camarón de los otros Estados costeros, se les sometió a un análisis de Componentes Principales con las variables de temperatura ambiental, temperatura del agua, salinidad, precipitación, días nublados, días despejados, índice de Zürich, incidencia ciclónica y eventos El Niño. Este Método es probablemente uno de los mejores modelos del análisis multivariado y, ciertamente, constituye uno de los caminos más simples para examinar las correlaciones existentes entre variables separadas, así como su reducción en dos dimensiones básicas que continúan expresando la esencia de los muestreos individuales, a un número menor de dimensiones significativas; al mismo tiempo se eliminan variables cuya contribución es baja dentro de la explicación del estudio, ya que otorga un peso mayor a aquellas cuyo valor explicativo es significativo, lo que se obtiene a través de la construcción de índices de variación. Este tipo de estadístico es uno de los más usados dentro del terreno de la ecología por su alta resolución y su principio se basa en la extracción de los eigenvalores y los eigenvectores de la matriz de los coeficientes de correlación de las variables originales. Los eigenvalores y los eigenvectores resultantes definen los componentes de la variabilidad total descrita por las variables originales como una función lineal de estas variables con coeficientes cuyas funciones seleccionadas son, ó matemáticamente independientes, ú ortogonales una de la otra. Cabe señalar que previo al análisis de componentes principales, todas las variables involucradas fueron normalizadas o estandarizadas debido a la diversidad de unidades de cada una de las variables empleadas.

El primer paso fue estandarizar la matriz de datos en donde la  $S$  fueron los casos y  $N$  las variables. La notación de la matriz se escribe como:  $X_{S \times N}$ , donde  $x_{ij}$  correspondieron a las variables en los  $i$ th renglones y  $j$ th columnas. El primer paso en la estrategia de Orloci (1966) es estandarizar la matriz  $X$  por el reemplazo de cada

uno de los elementos  $x_{ij}$  con:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i}{F_i} \dots \dots \dots (21)$$

donde  $x_i$  es el valor promedio de cada una de las variables y  $F_i$  es la función de estandarización. A estos productos se les denomina renglones centrales, esto es, hay un movimiento del origen respecto al sistema original de coordenadas a un centroide (conocido como centro de gravedad) del espacio de las variables que fueron seleccionadas dentro de la función de estandarización como:

$$F_i = \sqrt{\sum_{j=y}^n (X_{ij} - x_i)^2} \dots \dots \dots (22)$$

esto es, la raíz cuadrada de la suma de las desviaciones cuadradas alrededor de cada renglón promedio. Posteriormente se calcula una correlación de Pearson entre todos los pares de variables  $y, j$  y  $A^i$ ; que son la transposición entre columnas y renglones de  $A$ .

Por último se estimaron los eigenvalores también conocidos como raíces latentes y los eigenvectores o cargas de factores los cuales se graficaron en dos dimensiones (Ludwig y Reynolds, 1988).

Es importante mencionar que no necesariamente este análisis valida cualquier interpretación ecológica, sin embargo, las experiencias prácticas desarrolladas por diversos autores sugieren que las interpretaciones establecidas son usualmente válidas para explicar el total de una variación, lo que implica una interpretación más globalizada del estudio en cuestión, sobre todo en el caso de investigaciones acerca del impacto o influencia del ambiente sobre las poblaciones (Pielou, 1984).

Posteriormente se estimaron regresiones polinomiales de diversos grados para lo que se emplearon las capturas por unidad de esfuerzo en cada una de las tres especies de camarón de Cd. del Carmen y las capturas totales de peso fresco desembarcado, por entidad federativa, en el caso de las capturas de escama, con aquellas variables cuyo valor a partir del análisis de componentes principales, resultó mayormente significativo. El paquete empleado fue el Statistica V.4.5 y las figuras se editaron en Sigma Plot V.2.0.

El Análisis polinomial explica la relación que existe entre dos variables cualesquiera, con la frecuencia que se desea expresar matemáticamente. El primer paso es tratar de encontrar la curva de ajuste, donde sea posible gráficamente observar el tipo de relación que pueda existir entre ambas variables, para determinar dicha relación, se representan los puntos en un sistema de coordenadas rectangulares en donde se pueda apreciar una curva que se aproxime a los datos. Esta curva de aproximación puede ser una línea recta, por lo que se dice que existe una relación lineal entre ambas variables.

Es de particular interés en este estudio, determinar el comportamiento de las capturas como respuesta a la condiciones de variación o variabilidad océano-atmósfera, por lo se efectuó un análisis estadístico con modelos de regresión lineal, método que permite obtener una ecuación de predicción que relacione Y con X. La ecuación de una línea recta, que expresa la relación lineal que existe entre las dos variables en cuestión, es:

$$Y = a_0 + a_1 X \dots\dots\dots (23)$$

donde  $a_0$  es la intercepción (u ordenada al origen), es decir, el valor de Y cuando  $X = 0$ , y  $a_1$  es la pendiente de la recta el cambio de Y por unidad de cambio en X.

El propósito de la regresión lineal es llevar a cabo un análisis de la relación que guarda una variable independiente o variable predictora y una dependiente o de criterio (capturas); todo esto con el propósito de describir la extensión y dirección de las relaciones entre las diferentes variables independientes y la de respuesta, motivo por el se le cual se utilizó en el análisis de la variación y la dependencia del recurso y con su captura.

Los modelos de regresión lineal exigen que se cumplan una serie de supuestos: 1) Homostadidad (varianzas homogéneas), 2) Multicolinealidad o no dependencia de los datos (matrices asimétricas), 3) Independencia de los datos, y 4) Que los errores (residuos) tengan un comportamiento normal.

Con frecuencia se observa que dicha relación no es lineal; se dice entonces que existe una relación no lineal.

Las variables X e Y se conocen a menudo como la variable independiente y dependiente, respectivamente. Estas variables pueden tener relaciones muy diferentes, las cuales están representadas matemáticamente por distintas ecuaciones. Dichas ecuaciones se denominan polinomiales; así existen polinomiales de primero, segundo, tercero, cuarto, y n grados, las cuales tienen funciones bien definidas

$$\begin{aligned}
 Y &= a_0 + a_1X \\
 Y &= a_0 + a_1X + a_2X^2 \\
 Y &= a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 \\
 Y &= a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 + a_4X^4 \\
 Y &= a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 + \dots\dots\dots + a_nX^n \dots\dots\dots (24)
 \end{aligned}$$

Las funciones definidas por las cuatro primeras de estas ecuaciones se llaman a veces funciones lineal, cuadrática, cúbica y cuártica, respectivamente.

Existen varios métodos de ajuste de curvas que permiten establecer el tipo de relación guardada entre las variables. Para el caso de las relaciones no lineales, uno de los métodos más comunes es el de mínimos cuadrados. Este método utiliza un criterio de bondad que se conoce como principio de mínimos cuadrados y que puede establecerse como sigue: escoger como la curva de mejor ajuste la que minimice la suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores observados de Y respecto de los calculados. Otra propiedad de este método es que la suma de las desviaciones siempre será igual a cero. Dicha diferencia se conoce como desviación, error o residuo, y puede ser positivo, negativo o cero. La medida de bondad del ajuste de la curva C a los datos dados viene suministrada por la cantidad  $D^2_1 + D^2_2 + \dots + D^2_N$ . Si esto es pequeño, el ajuste es bueno, si es grande, el ajuste es malo; por lo que da la siguiente definición:

"De todas las curvas de aproximación a una serie de datos puntuales la curva que tiene la propiedad de que  $D^2_1 + D^2_2 + \dots + D^2_N$  es mínimo, se conoce como la mejor curva de ajuste".

Una curva que presente esta propiedad se dice se ajusta a los datos por mínimos cuadrados y se llama curva de mínimos cuadrados.

La curva de aproximación de mínimos cuadrados a la serie de puntos  $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_N, Y_N)$  tiene la ecuación:

$$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_NX^N \dots\dots\dots (25)$$

donde las constantes  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_N$ , se determinan resolviendo el sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned} \sum Y &= a_0N + a_1\sum X + a_2\sum X^2 \\ \sum XY &= a_0\sum X + a_1\sum X^2 + a_2\sum X^3 \\ \sum X^2Y &= a_0\sum X^2 + a_1\sum X^3 + a_2\sum X^4 \dots\dots\dots \end{aligned} (26)$$

que son las ecuaciones normales para una curva de mínimos cuadrados.

Si se desea estimar el valor de una variable Y correspondiente a un valor dado de una variable X, puede conseguirse estimando el valor de Y de la curva de mínimos cuadrados que ajusta a los datos muestrales. La curva resultante se llama curva de regresión de Y sobre X, puesto que Y se estima a partir de X (Spiegel, 1969).

Por otro lado se calculó un análisis de Series de Tiempo que incluyó la Transformada de Fourier, el Espectro de Potencia y la Máxima Entropía a los volúmenes de captura tanto de las especies de escama, como a las especies de camarones del género *Penaeus*, con la finalidad de determinar las posibles periodicidades observadas en las capturas.



## ESTRUCTURA GENERAL DE LA TESIS

El desarrollo de la investigación, cuyos resultados se encuentran vertidos en este documento, se dividió en cinco partes, que constituyen los cinco capítulos de la presente tesis.

En el primero se analizó en dos fases diferentes, íntimamente relacionadas entre sí, el comportamiento climático regional del Golfo de México como consecuencia del patrón climático global. El análisis de la fase inicial se dio a partir de la relación de los ciclos solares con la precipitación, la temperatura y la presión barométrica en 300 estaciones del planeta durante el período de 1869 a 1977; el segundo análisis se basó en el efecto de las teleconexiones climáticas de los eventos El Niño-La Oscilación del Sur y la Oscilación del Atlántico Norte a escala global, enfatizando su efecto en la región del Golfo de México.

En el segundo capítulo se determinó y comparó a escala regional en el Golfo de México y Caribe Mexicano, el efecto combinado de las variables (temperatura ambiental, precipitación, evaporación, cobertura nubosa, incidencia ciclónica, descargas fluviales, eventos El Niño y número de manchas solares) con la temperatura del agua superficial la región costera del Golfo de México, durante los períodos climáticos Anuales, de Nortes (noviembre a febrero), de Secas (marzo y abril) y de Lluvias (mayo a octubre), durante el período de 1920 a 1990. Por otro lado, se determinó la tendencia y periodicidad de la temperatura, tanto del aire como del agua, para definir su variación o variabilidad, conceptos que contribuyen a comprobar o no, la hipótesis del calentamiento global.

En el tercer capítulo se calculó y comparó a escala regional en el Golfo de México y Caribe Mexicano, el efecto combinado de las variables (temperatura ambiental, precipitación, evaporación, cobertura nubosa, incidencia ciclónica, descargas fluviales, eventos El Niño y número de manchas solares) con la salinidad del agua en los primeros 200 m de profundidad durante los períodos climáticos anuales, de Nortes (noviembre a febrero), de Secas (marzo y abril) y de Lluvias (mayo a octubre) durante el período de 1920 a 1990, en el área localizada entre los 18° y 28° de latitud Norte y los 88° a 97° de longitud Oeste. Por otra parte se determinó la tendencia y periodicidad de la precipitación y de la salinidad del agua, para definir su variación o variabilidad con el objeto de comprobar la existencia de una merma en los volúmenes de precipitación que apoyarían la hipótesis de un cambio climático en el Golfo de México.

En el cuarto capítulo se determinaron las variaciones y periodicidades en el nivel medio del mar en la zona costera del Golfo de México durante el período de 1950 a 1990 como un indicador más del posible cambio climático.

En el quinto se hizo un análisis que integró las variabilidades registradas tanto en los elementos climáticos como en los oceanográficos y su efecto sobre las variaciones y periodicidades en los volúmenes de captura de doce especies comerciales, reportados a nivel regional en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, que incluyeron al camarón blanco (*Penaeus setiferus*), el camarón rosado (*Penaeus duorarum*), el camarón café (*Penaeus aztecus*), el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), el bonito (*Euthynnus*, spp), la corvina (*Cynoscion*, spp.), el huachinango (*Lutjanus* spp.), la sierra (*Scomberomorus* spp), el Robalo (*Centropomus* spp), el pargo (*Lutjanus*, spp.), la mojarra (*Eugerres*, spp.) y la lisa (*Mugil*, spp.) durante el período de 1950 a 1990.

Finalmente, se presenta una discusión general de todos los capítulos, como las conclusiones generales de la tesis; así como un anexo de figuras correspondientes al capítulo I.

## **CAPITULO I**

### **LOS CICLOS SOLARES Y SUS EFECTOS SOBRE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS A NIVEL MUNDIAL.**

El objetivo de este capítulo fue determinar el concepto climático, variación ó variabilidad, que definen las teleconexiones a escala mundial derivadas de los eventos ENSO y Oscilación del Atlántico Norte, a partir de su desencadenamiento por la acción conjunta de la presión barométrica, la precipitación y la temperatura así como de la subordinación de estas variables climáticas a los ciclos de las manchas solares durante el período 1869-1977 y efecto que éstas ocasionan en el Golfo de México y Caribe Mexicano.

Las razones por las cuales el enfoque de esta primera parte de la investigación se centró, básicamente, en el estudio de la presión barométrica, la precipitación y la temperatura, tanto a nivel mundial, como de la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano, fueron las siguientes: 1) Estos tres elementos son los que definen, de manera fundamental, la variación y la variabilidad climática; 2) Se estableció que los ciclos de las manchas solares afectan, en primera instancia, a estas variables, y, a partir de allí, contribuyen al desencadenamiento, tanto de los eventos ENSO y Oscilación del Atlántico Norte, como de las teleconexiones asociadas a ellos; 3) Finalmente, se observó que la presión barométrica, la precipitación y la temperatura pueden, a su vez, ser afectadas por estos eventos.

Para alcanzar el objetivo aquí planteado se utilizaron 300 estaciones del mundo con registros meteorológicos que se correlacionaron con los ciclos de manchas solares y, a partir de los coeficientes de correlación, se trazaron isocorrelatas a escala mundial de cada una de las variables meteorológicas. Mediante el empleo de Series de Tiempo se calculó la periodicidad de los eventos El Niño y La Niña; posteriormente, a través de pruebas de independencia, se estableció la asociación entre los eventos ENSO y la Oscilación del Atlántico Norte y, por último, se explicaron las teleconexiones observadas a nivel mundial en ambos eventos.

El análisis realizado permitió arribar a algunas conclusiones que inciden directamente en la actual búsqueda de respuestas que plantea la generación de los eventos ENSO. Entre lo más significativo, se puede mencionar que se encontró una asociación importante del índice de circulación zonal bajo con el ciclo de Halle, y de este índice, con el desencadenamiento, tanto de la Oscilación del Atlántico Norte, también llamado "Seesaw", como de los eventos El Niño, los cuales, a su vez, ocurren con una frecuencia mayor en la fase descendente del ciclo solar de Wolf. También se pudo establecer que, aunque el comportamiento de la presión barométrica, la temperatura y la precipitación, principales elementos del clima, conformen áreas térmicas distribuidas en bandas latitudinales, la razón determinante de su variabilidad en el tiempo se debe a la dinámica impuesta por los cambios en la velocidad del viento, observados en el patrón de circulación zonal.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

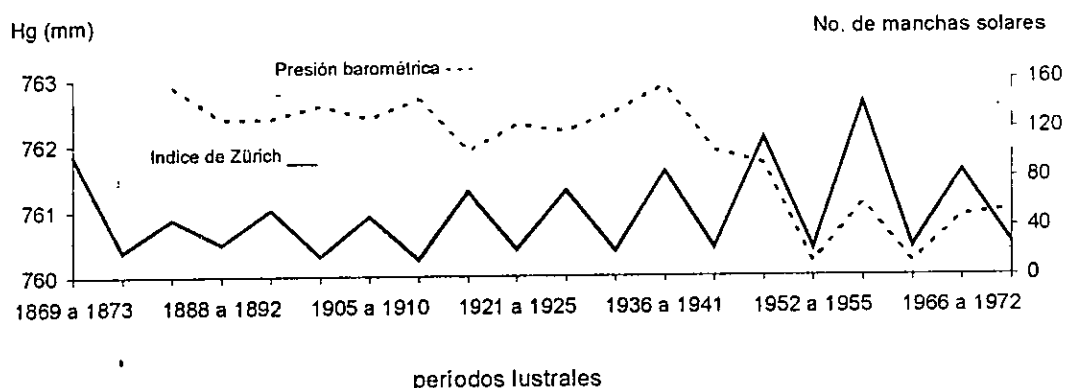
El análisis individual de los patrones climáticos desarrollado a partir de la correlación entre los registros de la presión barométrica, la temperatura del aire y la precipitación, reportados en 300 estaciones meteorológicas del planeta, con el número de manchas solares determinado por el Índice de Zürich, mostró la existencia de una alteración en dichos patrones en 1925 (Anexo 1). Esta alteración se observa de dos maneras: en algunas localidades del mundo hubo una inversión en el coeficiente de correlación, mientras que en otras, lo que varió fue la intensidad del coeficiente (Tablas, 4, 5 y 6). A partir de este primer resultado, y con la finalidad de representar los coeficientes de correlación con mayor robustez estadística, se decidió trazar las isocorrelatas por cada par de variables de la siguiente manera: presión barométrica vs manchas solares, temperatura del aire vs manchas solares y precipitación vs manchas solares, en dos períodos que abarcaron de 1869 a 1925 y de 1926 a 1977. Cabe aclarar que los datos con los que se contó para desarrollar este estudio abarcan, justamente, hasta el año de 1977.

A continuación se describe y analiza el comportamiento de las tres variables climáticas con los ciclos solares, durante los dos periodos antes mencionados, al igual que el de los eventos ENSO, la Oscilación del Atlántico Norte y las teleconexiones derivadas de ellos.

### a) PRESIÓN BAROMÉTRICA.

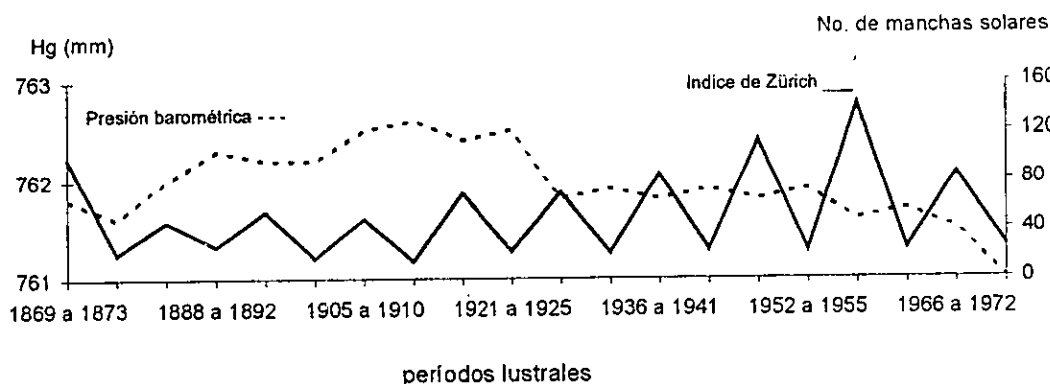
Al trazar las gráficas de los promedios lustrales de la presión barométrica vs número de manchas solares, se apreció que en las siguientes localidades se invirtió el comportamiento a partir de 1925 de inverso a directo: Nikolaesky, El Paso, Port Blair, Manila, Perth, El Cairo, Lourenco Marques, Beirut, Punta Arenas, Winnipeg, Tomsk, Turgai, Verkoyansk, Aden, Bombay, Bangalore, Madras, Quixeramobin, Haparanda, Cape Town; dichas localidades constituyeron el 31% del total (Fig. 2, Anexo 1 y Tabla 4).

Figura 2. Valores promedio lustrales de la Presión barométrica y el número de manchas solares en Perth, Australia.



En las siguientes localidades el patrón de la presión barométrica era directo y cambió a inverso: Leningrado, Goya, Estocolmo, Jerusalem, Santiago de Chile, Buenos Aires, Calgary, Anchorage, Roma, Upernivik, Portland, La Habana, Mazatlán, Astracan, Gibraltar; representaron el 22 % del total (Fig. 3, Anexo 1 y Tabla 4).

Figura 3. Valores promedio lustrales de la Presión barométrica y el número de manchas solares en La Habana, Cuba.



En las siguientes localidades aunque no se registró un cambio en el patrón de comportamiento, sí hubo un incremento o decremento en la correlación del patrón: Archangel, Helsinsky, Madrid, Bismark, Gjesvar, Viena, Greenwich, Thorsnhavn, Hobart, Cairns, Jask, Entebbe, Bulawayo, Puerto Sudan, Tokio, Hungría, Atenas, Curitiba, Alice Springs, Jaipur, Bushire, Jacobshavn, Ivigtut, Batavia, Puerto Darwin, Nagpur, Antananarivo,

Córdoba (Argentina), Father Point, Trinidad, San Juan, Irkust e integran el 47 % con respecto al total (Fig. 4, Anexo 1 y Tabla 4).

Figura 4. Valores promedio lustrales de la Presión barométrica y el número de manchas solares en La Habana, Cuba.

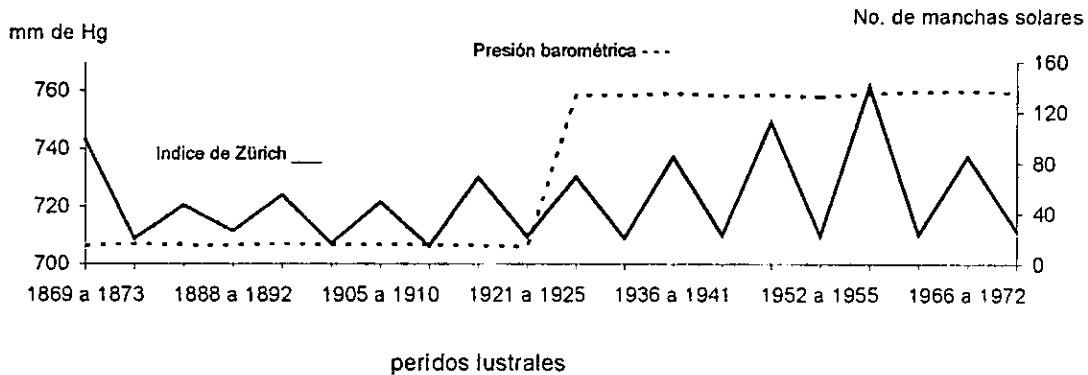


Tabla 4. Localización de las estaciones y coeficientes de correlación entre la Presión Barométrica Media Anual y el Número de Manchas Solares durante los periodos 1869-1925 y 1926-1977.

Localidad	Pais	Latitud	Longitud	Coefficiente de Correlación 1869-1925	Coefficiente de Correlación 1926-1977	Grupos de periodos lustrales
Aden	Arabia	12° 46' N	45° 03' E	-0.608	0.203	18
Bombay	India	18° 55' N	72° 54' E	-0.385	0.009	20
Bangalore	India	12° 58' N	77° 37' E	-0.074	0.112	19
Nagpur	India	21° 00' N	79° 09' E	-0.443	-0.138	20
Madras	India	13° 04' N	80° 15' E	-0.556	0.135	20
Jaipur	India	26° 55' N	75° 52' E	-0.403	-0.063	19
Puerto Blair	India	11° 41' N	92° 45' E	-0.275	0.260	20
Manila	Filipinas	14° 35' N	120° 59' E	-0.684	0.550	17
Estocolmo	Islandia	65° 05' N	22° 46' W	0.297	-0.038	20
Thornshavn	Hovijg	62° 03' N	6° 45' W	-0.025	-0.254	19
Gjesvar	Noruega	71° 06' N	25° 22' E	-0.108	-0.291	19
Viena	Austria	48° 15' N	16° 22' E	-0.317	-0.141	20
Goya	Argentina	29° 09' S	59° 15' W	-0.243	-0.205	19
Córdoba	Argentina	31° 25' S	64° 12' W	0.479	0.288	20
Corrientes	Argentina	27° 27' S	58° 49' W		0.167	6
Punta Arenas	Argentina	53° 10' S	70° 54' W	-0.225	0.151	17
Buenos Aires	Argentina	34° 36' S	58° 22' W	0.352	-0.014	20
Greenwich	Inglaterra	51° 20' N	0° 00'	0.796	0.160	20
Helsinki	Finlandia	60° 10' N	24° 57' E	0.316	0.274	18
Madrid	España	40° 24' N	3° 41' W	0.160	0.010	20
Bismark	U.S.A.	46° 47' N	100° 38' W	-0.133	-0.136	18
El Paso, Texas	U.S.A.	31° 47' N	106° 30' W	-0.002	0.206	18
Red Bluff	U.S.A.	49° 10' N	122° 15' W		0.518	5
Portland	U.S.A.	45° 03' N	122° 40' W	0.445	-0.430	19
Cape Town	Islas Canarias	33° 56' S	18° 29' E	-0.396	0.043	19
Gibraltar	Inglaterra	36° 06' N	5° 21' W	0.183	-0.026	20
Nikolaesky	Comunidad de Estados Indep.	53° 08' N	140° 45' E	-0.927	0.103	17

Tabla 4. Continuación.

Localidad	País	Latitud	Longitud	Coefficiente de Correlación 1869-1925	Coefficiente de Correlación 1926-1977	Grupos de períodos lustrales
Obdorsk	Comunidad de Estados Independientes	de 66° 35' N	66° 35' E	0.666		5
Arcangel	Comunidad de Estados Independientes	de 64° 35' N	40° 36' E	0.748	0.620	18
San Petesburgo	Comunidad de Estados Independientes	de 59° 56' N	30° 16' W	0.977	-0.409	20
Turgai	Comunidad de Estados Independientes	de 49° 38' N	63° 27' E	-0.131	0.601	19
Olermink	Comunidad de Estados Independientes	de 60° 22' N	120° 26' E		0.191	11
Verkoyansk	Comunidad de Estados Independientes	de 67° 03' N	133° 24' E	-0.057	0.039	14
Turukhansk	Comunidad de Estados Independientes	de 65° 47' N	88° 04' E		-0.015	11
Irkust	Comunidad de Estados Independientes	de 52° 16' N	104° 19' E	0.086	0.018	19
Astracan	Comunidad de Estados Independientes	de 46° 21' N	48° 02' E	0.466	-0.032	18
Tomsk	Comunidad de Estados Independientes	de 56° 30' N	84° 58' E	-0.131	0.034	19
Distrito Federal	México	19° 26' N	99° 08' W	-0.333	-0.167	19
Mazatlán	México	23° 12' N	106° 25' W	0.344	-0.177	17
Quixeramobin	Brasil	5° 16' S	39° 15' W	-0.744	0.099	15
Turiacu	Brasil	1° 43' S	45° 24' W		-0.444	8
Fer. de Norhona	Brasil	3° 50' S	32° 25' W		-0.037	7
Olinda Recife	Brasil	8° 04' S	34° 53' W	-0.412	0.335	16
Salvador	Brasil	12° 57' S	38° 29' W		0.630	9
Río de Janeiro	Brasil	22° 54' S	43° 10' W	0.356	0.032	18
Curitiba	Brasil	25° 25' S	49° 17' W	-0.188	-0.097	18
Haparanda	Suiza	65° 50' N	24° 09' E	-0.466	0.668	20
Kano	Africa	12° 02' N	8° 32' E		-0.452	9
Freetown	Sierra Leona	8° 29' N	13° 09' W	-0.223	-0.555	18
Tunez	África	36° 48' N	10° 10' E		0.171	9
Molamedes	África	15° 12' S	12° 09' E		-0.341	7
Calabar	Africa	4° 58' N	8° 19' E		-0.551	8
Puerto Sudán	Africa	19° 35' N	37° 13' E	0.235	0.275	10

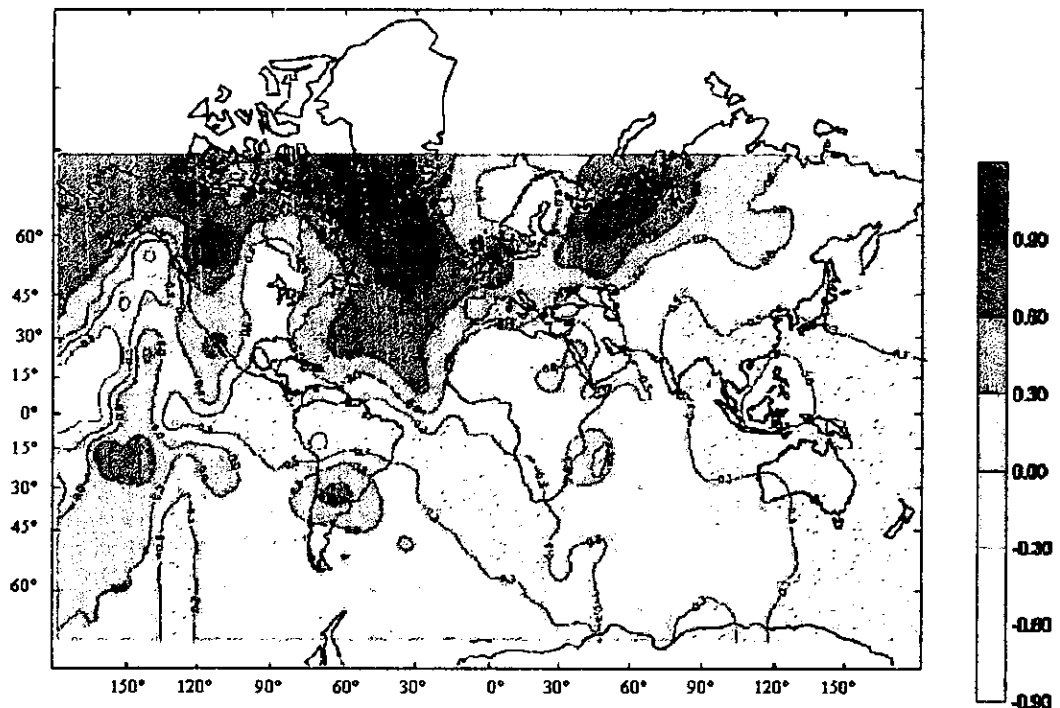
Tabla 4. Continuación.

Localidad	País	Latitud	Longitud	Coefficiente de Correlación 1869-1925	Coefficiente de Correlación 1926-1977	Grupos de periodos ilustrales
L. Marquez	África	25° 58' N	32° 36' E	-0.608	0.207	14
Marruecos	África	31° 39' N	8° 01' W		0.125	11
Nouakchott	Mauritania	18° 07' N	15° 56' W		-0.275	8
Bulawayo	Rodesia	20° 09' S	28° 40' W	-0.380	-0.002	16
Entebbe	Uganda	0° 05' N	32° 29' E	0.520	0.158	12
El Cairo	Egipto	30° 07' N	31° 21' E	-0.405	0.101	17
Tokio	Japón	35° 41' N	139° 45' E	-0.103	-0.022	19
Beirut	Libano	33° 54' N	35° 28' E	-0.347	0.120	17
Santiago	Chile	33° 27' S	70° 41' W	0.382	-0.374	17
Valdivia	Chile	38° 48' S	73° 14' W		0.409	7
Arequipa	Perú	16° 22' S	71° 33' W	-0.763		7
Calgary	Canadá	51° 02' N	114° 02' W	0.768	-0.068	13
Eureka	Canadá	80° 00' N	85° 56' W		0.414	3
Winnipeg	Canadá	49° 53' N	97° 07' W	-0.315	0.04	17
Father Point	Canadá	48° 31' N	68° 10' W	0.129	0.559	14
Barkerville	Canadá	53° 02' N	121° 35' W	0.936		6
Anchorage	Alaska	61° 13' N	149° 51' W	0.525	-0.234	11
Roma	Italia	41° 54' N	12° 29' E	0.251	-0.050	20
Budapest	Hungría	47° 17' N	19° 01' E	0.208	0.154	20
Atenas	Grecia	37° 58' N	23° 43' E	0.290	-0.006	16
Alice Spring	Australia	23° 38' S	133° 37' E	-0.554	-0.085	18
Puerto Darwin	Australia	19° 28' S	130° 51' E	-0.534	-0.074	18
Perth	Australia	31° 57' S	115° 51' E	-0.195	0.027	18
Lord Howels	Australia	31° 31' S	159° 04' E		-0.367	8
Cairns	Australia	16° 53' S	145° 44' E	-0.608	-0.004	13
Hobart	Australia	42° 53' S	147° 30' E	-0.454	-0.148	16
Buschire	Persia	29° 00' N	49° 50' E	-0.643	-0.178	18
Upemivik	Groenlandia	72° 47' N	56° 07' W	0.999	0.275	18
Jacobshavn	Groenlandia	69° 13' N	51° 02' W	0.999	0.502	17
Ivigtut	Groenlandia	61° 12' N	48° 10' W	0.758	0.299	17
Batavia	Djarta	6° 11' S	106° 50' E	-0.683	-0.513	17
Antananarivo	Madagascar	18° 56' S	47° 32' W	-0.404	-0.973	10
Bogotá	Colombia	4° 36' N	74° 05' W		-0.039	4
San Cristóbal	Venezuela	7° 46' N	72° 14' W		0.002	6
Caracas	Venezuela	10° 28' N	67° 02' W		-0.212	7
Trinidad	Tobago	10° 40' N	61° 31' W	0.206	0.015	15
La Habana	Cuba	23° 08' N	82° 22' W	0.037	-0.033	20
San Juan	Puerto Rico	18° 27' N	66° 06' W	0.388	0.018	15
Jerusalem	Israel	31° 46' N	35° 14' E	0.035	-0.115	19
Jask	Irán	25° 45' N	57° 45' E	0.017	0.142	16

Al analizar las isocorrelatas sobre el mapamundi, fue factible observar grandes extensiones claramente definidas en las cuales existió un comportamiento directo con respecto al número de manchas solares, es decir, áreas en las cuales la presión fue alta en los máximos solares y áreas en las cuales la relación fue inversa, lo que implicó que se registraran bajas presiones durante los máximos solares; dentro de estas grandes áreas de comportamiento directo existieron centros en los cuales éste alcanzó las máximas correlaciones en los dos sentidos ( $r = 0.9$  a  $-0.9$ ). Los centros de correlación directa durante el período de 1869

a 1925, se ubicaron en Comunidad de Estados Independientes (antes Unión Soviética), Oeste de Groenlandia y Norte de Canadá, mientras que los de correlación inversa se localizaron alrededor del Sureste de Asia, la parte central del Océano Pacífico, el sur del océano Atlántico, una banda sobre Brasil y el sureste del Océano Pacífico (Fig. 5).

Figura 5. Isocorrelatas de Presión Barométrica e Índice de Zürich durante el período de 1869 a 1925.

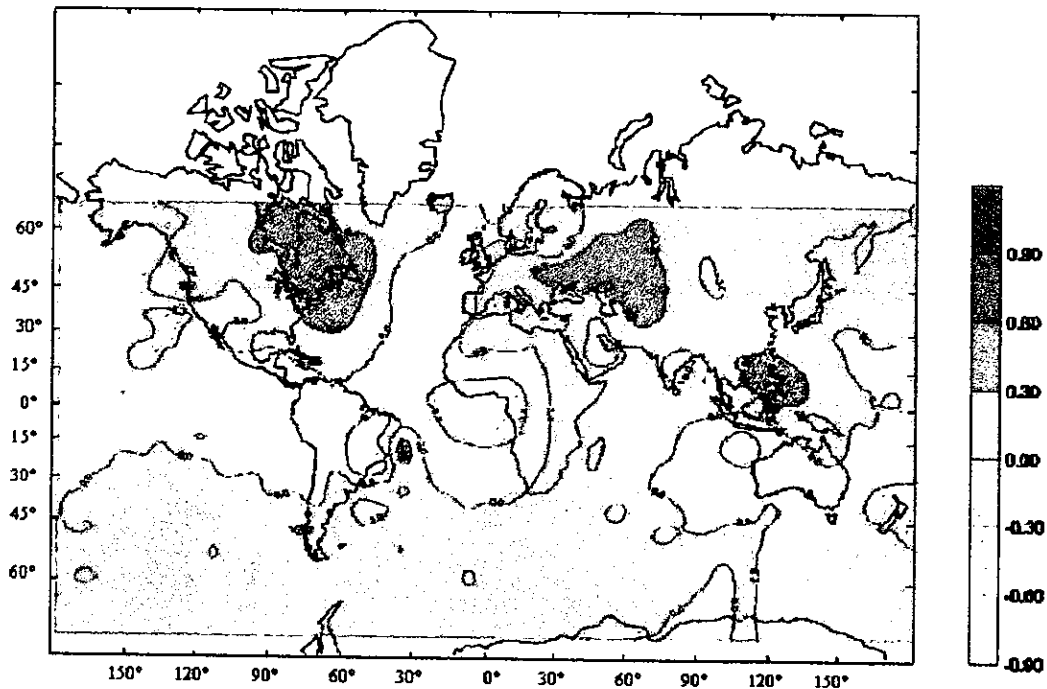


Aparentemente, durante el período de 1869-1925, los dos centros de alta presión a nivel del mar correspondieron a dos mínimos de alta presión que prevalecieron en latitudes altas del hemisferio norte. En el hemisferio sur parece que, oblicuo al meridiano, continuó un área negativa de forma elongada que se extiende desde el sur del Océano Atlántico, a través de América del Sur, hacia el Pacífico Central. La pequeña área negativa en el SE de Asia parece indicar la fase positiva del evento ENSO, así como lluvias regulares durante este período.

Las áreas con correlación negativa se localizaron en el hemisferio sur, tomando como límite aproximado el Ecuador. Sin embargo, en las proximidades del Ecuador Terrestre podrían ser las surgencias marinas las que modifican, de manera significativa, la estabilidad hidrostática de la atmósfera baja, determinando la conocida paradoja de que existe una zona seca en las islas localizadas en el Pacífico Central, lugar donde se podría esperar una lluvia abundante. Esta anomalía térmica está conectada con la fase positiva del ENSO (Philander, 1990).

Durante el período de 1926 a 1977 se desplazaron los centros de correlación positiva hacia el Este de Canadá; los de correlación negativa lo hicieron hacia el NE de Australia, el Océano Atlántico y el NE de América del Sur (Fig. 6). En este período, los centros de correlación negativa no se distribuyeron de acuerdo al patrón de circulación zonal, como en el período anterior, sino en bandas con dirección Norte-Sur en los océanos Atlántico y Pacífico.

Figura 6. Isocorrelatas de Presión Barométrica e Índice de Zürich durante el período de 1926 a 1977.



En las latitudes medias del Hemisferio Norte, sobre el este de Canadá, se aprecian dos grandes áreas con alta presión, y otras pequeñas, todas ellas con un coeficiente de correlación positivo con respecto al número de manchas solares, lo que parece indicar la permanencia de una segunda onda durante este período, aunque menos intensa que la que se formó durante el período de 1876 a 1925. Todas las bajas presiones localizadas alrededor del Ecuador Terrestre también se conservaron durante este lapso. Por otro lado resultan notables los centros negativos localizados sobre el Golfo de Guinea y Brasil.

A partir de lo anterior se determina que los patrones de comportamiento de la presión atmosférica están asociados estrechamente con el doble ciclo solar (Ciclo de Hale), el cual corresponde a una actividad solar de 22 años. El decremento de la temperatura de las ondas del este en el Hemisferio Norte está asociada a los centros de alta presión, en latitudes de 35°-55°, donde se registran relaciones directas con el número de manchas solares. De manera opuesta, el viento del oeste de la circulación zonal (altas latitudes, bajas presiones a nivel del mar) estuvo negativamente correlacionado con la máxima solar.

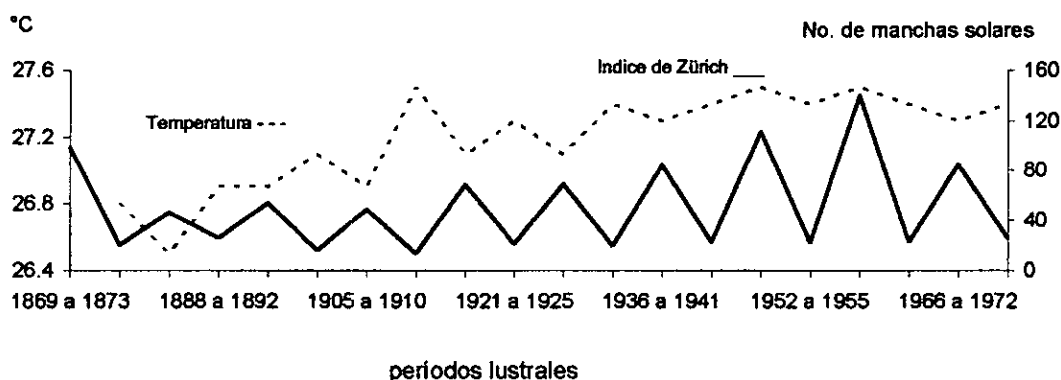


Por su parte Marksimov y Slepcev-Sevlevic (1971), reportaron, para latitudes de 55°-65° N, que la presión barométrica estuvo, más bien, correlacionada positivamente, al ciclo solar de 11 años que al doble ciclo de 22 años; por otro lado, refieren que en latitudes de 45°N la presión barométrica mostró una correlación alta justo un año después del máximo del ciclo solar, lo cual es opuesto a lo encontrado en este trabajo. Es importante puntualizar que la distribución de las anomalías de la presión barométrica no se localizaron paralelas a los círculos latitudinales, como puede observarse en las figuras 5 y 6, lo que podría explicarse por las teleconexiones climáticas existentes, la distribución de tierras y mares y las condiciones locales orográficas y altitudinales, así como por la presencia de corrientes marinas de condiciones térmicas diferentes, lo cual da por resultado que la influencia solar se manifieste diferencialmente en las distintas regiones geográficas, aún y cuando estén ubicadas dentro de la misma franja latitudinal.

## b) TEMPERATURA.

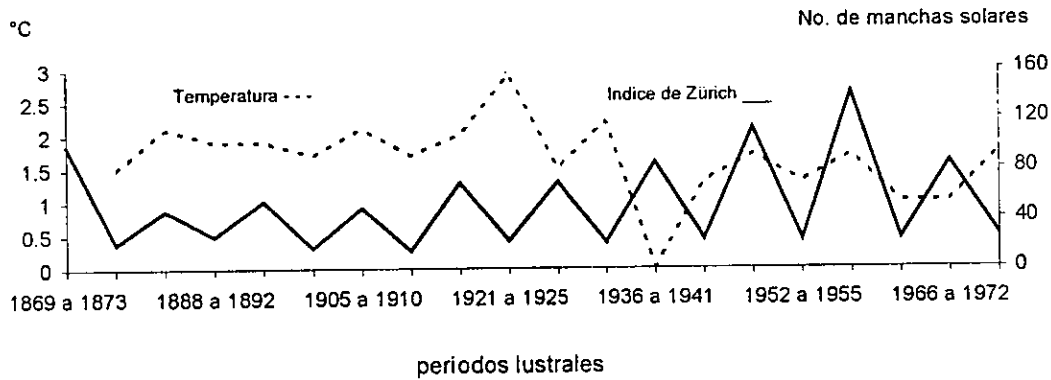
En las correlaciones de temperatura vs número de manchas solares, se observó que en las siguientes localidades hubo un cambio en el comportamiento y pasó de inverso a directo: Bombay, Bangalore, Madras, Puerto Blair, Portland, Mazatlán, Hobart, Bulawayo, Madrid, Ciudad de México, Tokio, Barkerville, Viena, Roma, Aden, Batavia, Moulmein, Córdoba (Argentina), Jaipur, Manila, Thornshavn y Madras, los cuales representan el 33 % del total (Fig. 7, Anexo 1 y Tabla 5).

Figura 7. Valores promedio lustrales de la Temperatura del aire y el número de manchas solares en Bombay, India.



En las siguientes localidades cambió de directo a inverso: Verkhoyansk, Entebbe, Gibraltar, Santiago de Chile, El Paso, Puerto Darwin, San Petesburgo, Gjesvar y Arequipa, que constituyen el 12% global de estaciones (Fig. 8, Anexo 1 y Tabla 5).

Figura 8. Valores promedio lustrales de la Temperatura del aire y el número de manchas solares en Gjesvar, Noruega.



Las localidades en que no cambió fueron: La Habana, San Juan, Veracruz, Tomsk, Turgai, Astracan, Irkust, Turukhansk, Olermink, Cairns, Perth, Jerusalem, Jask, Calabar, Freetown, Kano, El Cairo, Lourenco Marques, Tunis, Atenas, Quixeramobin, Beirut, Estocolmo, Bushire, Winnipeg, Budapest, Father Point, Nikoleswky, Arcangel, Helsingky, Haparanda, Buenos Aires, Curitiba, Alice Spring, Atenas, Calgary, Anchorage y Cape Town, que abarcan el 54 % del global (Fig. 9, Anexo 1 y Tabla 5).

Figura 9. Valores promedio lustrales de la Temperatura del aire y el número de manchas solares en Tomsk, Comunidad de Estados Independientes (antes Unión Soviética).

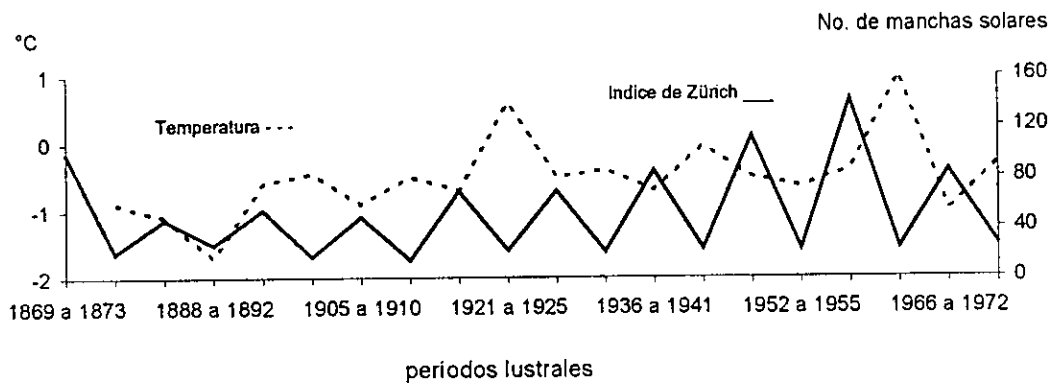


Tabla 5. Localización de las estaciones y coeficientes de correlación entre la Temperatura Media Anual y el Número de Manchas Solares durante los periodos 1869-1925 y 1926-1977.

Localidad	País	Latitud	Longitud	Coeficiente de Correlación 1869-1925	Coeficiente de Correlación 1926-1977	Grupos de Periodos Iustrales
Nikolaesky	Comunidad De Estados Independientes	53° 08' N	140° 45' E	0.992	0.225	19
Obdorsk	Comunidad de Estados Independientes	66° 31' N	66° 35' E	0.765		6
Olermink	Comunidad de Estados Independientes	60° 22' N	120° 26' E	-0.060	-0.546	15
Arcangel	Comunidad de Estados Independientes	64° 35' N	40° 36' E	0.834	0.050	19
Tomsk	Comunidad de Estados Independientes	56° 30' N	84° 58' E	-0.987	-0.412	19
Turgai	Comunidad de Estados Independientes	49° 38' N	63° 27' E	-0.992	-0.575	15
Astracán	Comunidad de Estados Independientes	46° 21' N	48° 02' E	-0.895	-0.148	19
Irkust	Comunidad de Estados Independientes	52° 16' N	104° 19' E	-0.176	-0.370	18
Turukhansk	Comunidad de Estados Independientes	65° 47' N	88° 04' E	-0.919	0.090	19
Verkoyansk	Comunidad de Estados Independientes	67° 03' N	133° 24' E	0.921	-0.225	17
San Petesburgo	Comunidad de Estados Independientes	59° 56' N	30° 16' W	0.954	-0.163	20
Novakchott	Africa	18° 07' N	15° 56' W		0.265	8
Helsinki	Finlandia	60° 10' N	24° 57' E	0.062	0.286	20
Haparanda	Suiza	65° 50' N	24° 09' E	0.998	0.082	20
Gjesvar	Noruega	71° 06' N	25° 22' E	0.998	-0.044	19
Viena	Austria	48° 15' N	16° 22' E	-0.998	0.337	20
Madrid	España	40° 24' N	3° 41' W	-0.446	0.130	20
Distrito Federal	México	19° 26' N	99° 08' W	-0.923	0.150	19
Mazatlán	México	23° 12' N	106° 25' W	-0.230	0.542	18
Veracruz	México	19° 12' N	96° 08' W	0.921	0.057	11
Quixeramobin	Brasil	5° 16' S	39° 15' W	0.834	0.056	15
Gibraltar	Inglaterra	36° 06' N	5° 06' N	0.385	-0.031	20
Cape Town	Islas Canarias	33° 56' S	18° 29' E	-0.249	-0.098	20
Tokio	Japón	35° 41' N	139° 45' E	-0.136	0.229	19

Tabla 5. Continuación

Localidad	País	Latitud	Longitud	Coefficiente de Correlación 1869-1925	Coefficiente de Correlación 1926-1977	Grupos de Periodos lustrales
Beirut	Líbano	33° 54' N	35° 28' E	-0.126	-0.160	19
Jerusalem	Israel	31° 46' N	35° 14' E	-0.504	-0.049	19
Jask	Irán	25° 45' N	57° 45' E	-0.854	-0.456	16
Estocolmo	Islandia	65° 05' N	22° 46' W	-0.669	-0.052	20
Santiago	Chile	33° 27' S	70° 41' W	0.048	0.152	20
Valdivia	Chile	38° 48' S	73° 14' W		-1.000	6
Buenos Aires	Argentina	34° 36' S	58° 22' W	-0.308	-0.037	20
Punta Arenas	Argentina	53° 10' S	70° 54' W	0.229	0.150	17
Córdoba	Argentina	31° 25' S	64° 12' W	-0.025	0.344	20
Corrientes	Argentina	27° 27' S	58° 49' W		-0.556	6
Goya	Argentina	29° 09' S	59° 15' W	0.807	0.358	19
Curitiba	Brasil	25° 25' S	49° 17' W	-0.829	-0.135	18
Caetite	Brasil	14° 03' S	42° 37' W	0.221	-0.604	11
Turiacu	Brasil	1° 43' S	45° 24' W		-0.502	8
F. de Norhona	Brasil	3° 50' S	32° 25' W		0.085	7
Olinda Recife	Brasil	8° 04' S	34° 53' W		0.162	8
Salvador	Brasil	12° 57' S	38° 29' W		-0.193	9
Perth	Australia	31° 57' S	115° 51' E	-1.000	-0.178	12
Alice Spring	Australia	23° 38' S	133° 37' E	-0.339	-0.043	19
Cairns	Australia	16° 53' S	145° 44' E	0.275	0.208	14
Hobart	Australia	42° 53' S	147° 30' E	-0.416	0.044	19
Puerto Darwin	Australia	19° 28' S	130° 51' E	0.098	-0.058	18
Jaipur	India	26° 55' N	75° 52' E	-0.162	0.123	19
Bangalore	India	12° 58' N	77° 37' E	-0.506	0.085	19
Puerto Blair	India	11° 41' N	92° 45' E	-0.333	0.615	20
Bombay	India	18° 55' N	72° 54' E	-0.447	0.314	19
Madras	India	13° 04' N	80° 15' E	-0.085	0.491	19
Moulmein	India	16° 30' N	96° 38' E	-0.727	1.000	12
Bushire	Persia	29° 00' N	49° 50' E	-0.118	-0.484	19
Winnipeg	Canadá	49° 53' N	97° 07' W	-0.217	-0.770	19
Barkerville	Canadá	53° 02' N	121° 35' W	-0.437	0.263	16
Father Point	Canadá	48° 31' N	68° 10' W	0.151	0.277	14
Calgary	Canadá	51° 02' N	114° 02' W	-0.184	-0.371	15
Eureka	Canadá	80° 00' N	85° 56' W		0.133	5
Upernivik	Groenlandia	72° 47' N	56° 07' W	-0.393	-0.219	20
Jacobshavn	Groenlandia	69° 13' N	51° 02' W	-0.838	0.545	20
Ivigut	Groenlandia	61° 12' N	48° 10' W	-0.860	-0.013	17
El Paso, Texas	U.S.A.	31° 47' N	106° 30' W	0.150	-0.495	18
Bismark	U.S.A.	46° 47' N	100° 38' W	-0.427	0.273	18
Portland	U.S.A.	45° 32' N	122° 41' W	-0.349	0.493	19
Atenas	Grecia	37° 58' N	23° 43' E	0.611	0.026	20
Arequipa	Perú	16° 22' S	71° 33' W	0.215	-0.357	11
Anchorage	Alaska	61° 13' N	149° 51' W	-0.358	-0.282	13
Roma	Italia	41° 54' N	12° 29' E	-0.055	0.716	20
Budapest	Hungría	47° 17' N	19° 01' E	0.645	0.569	20
Aden	Arabia	12° 46' N	45° 03' E	-0.253	0.190	17
Red Bluff	U.S.A.	40° 10' N	122° 15' W	-0.298	-0.267	14
Manila	Filipinas	14° 35' N	120° 59' E	-0.210	0.491	17

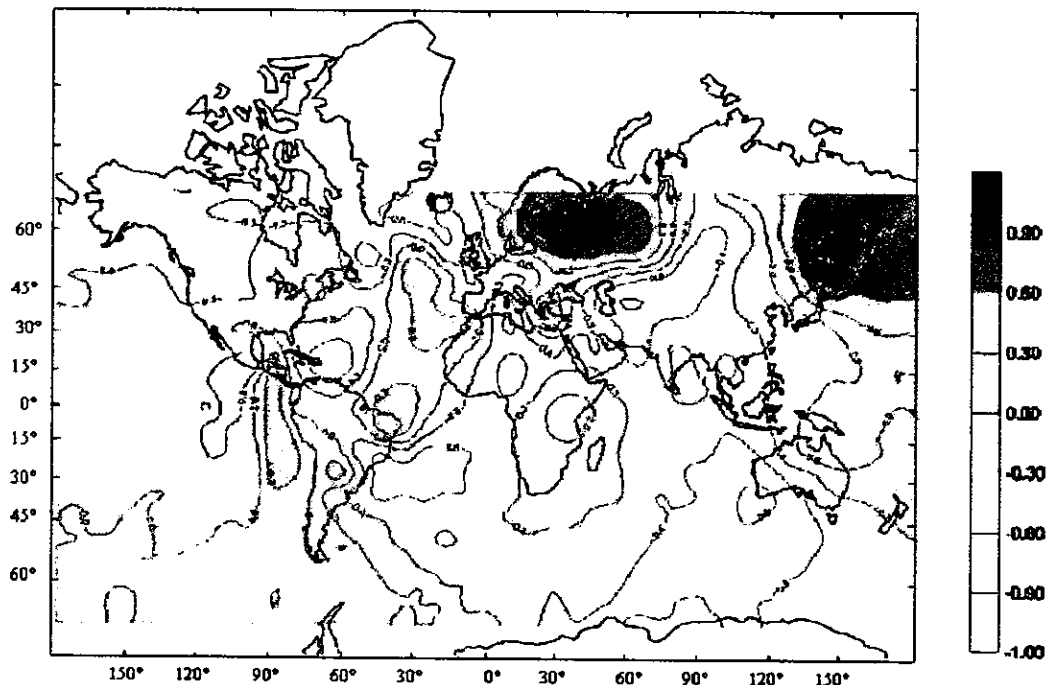
Tabla 5. Continuación.

Localidad	País	Latitud	Longitud	Coefficiente de Correlación 1869-1925	Coefficiente de Correlación 1926-1977	Grupos de Períodos lustrales
Thornshavn	Hovijg	62° 03' N	6° 45' W	-0.229	0.030	19
Greenwich	Inglaterra	51° 28' N	0° 00'	-0.162	-0.222	20
Batavia	Djarta	6° 11' S	106° 50' E	-0.517	0.086	17
Antananarivo	Madagascar	18° 55' S	47° 32' W	-0.994	0.728	10
Bogotá	Colombia	4° 36' N	74° 05' W		0.049	8
San Cristóbal	Venezuela	7° 46' N	72° 14' W		-0.316	7
Caracas	Venezuela	10° 28' N	67° 02' W		0.530	8
Trinidad	Tobago	10° 40' N	61° 31' W	-0.466	-0.181	20
La Habana	Cuba	23° 08' N	82° 22' W	-0.384	-0.303	20
San Juan	Puerto Rico	18° 27' N	66° 06' W	-0.979	-0.084	15
Lord Howe	Islas	31° 31' S	159° 04' E	-0.235	-0.586	13
Entebbe	Uganda	0° 05' N	32° 29' E	0.227	-0.211	15
Calabar	Africa	4° 58' N	8° 19' E	-0.489	-0.177	14
Freetown	Sierra Leona	8° 29' N	13° 09' W	-0.196	-0.020	18
Kano	Africa	12° 02' N	8° 32' E	-0.903	-0.406	14
El Cairo	Egipto	30° 07' N	31° 21' E	0.153	0.130	20
Bulawayo	Rodesia	20° 09' S	28° 40' W	-0.844	0.386	16
Marruecos	Africa	31° 39' N	8° 01' W		-0.188	11
L. Marqués	Africa	25° 58' N	32° 36' E	-0.348	-0.148	14
Port Sudán	Africa	19° 35' N	37° 13' E	-0.381	-0.035	10
Tunez	Africa	36° 48' N	10° 10' E	-0.689	-0.209	17
Molamedes	Africa	15° 12' S	12° 09' E		-0.124	7

En lo referente a las figuras de isocorrelatas se observó que durante el período de 1869 a 1925 se registraron centros con una alta correlación ( $r = 0.9$ ), que se localizaron en el centro de la Península Escandinava, en Comunidad de Estados Independientes y en un pequeño centro en la porción norte del Océano Atlántico, sobre la Corriente del Gulf Stream y hasta Brasil, así como en la porción del Océano Pacífico que baña el Continente Americano, desde México hasta el sur de Chile.

Los centros con correlación inversa de  $r = -0.9$  se localizaron en el Atlántico Sur, el Mar Caribe, la porción Central de Asia, India y SW de Australia. Esta última región mostró una  $r = -0.9$  (Fig. 10)

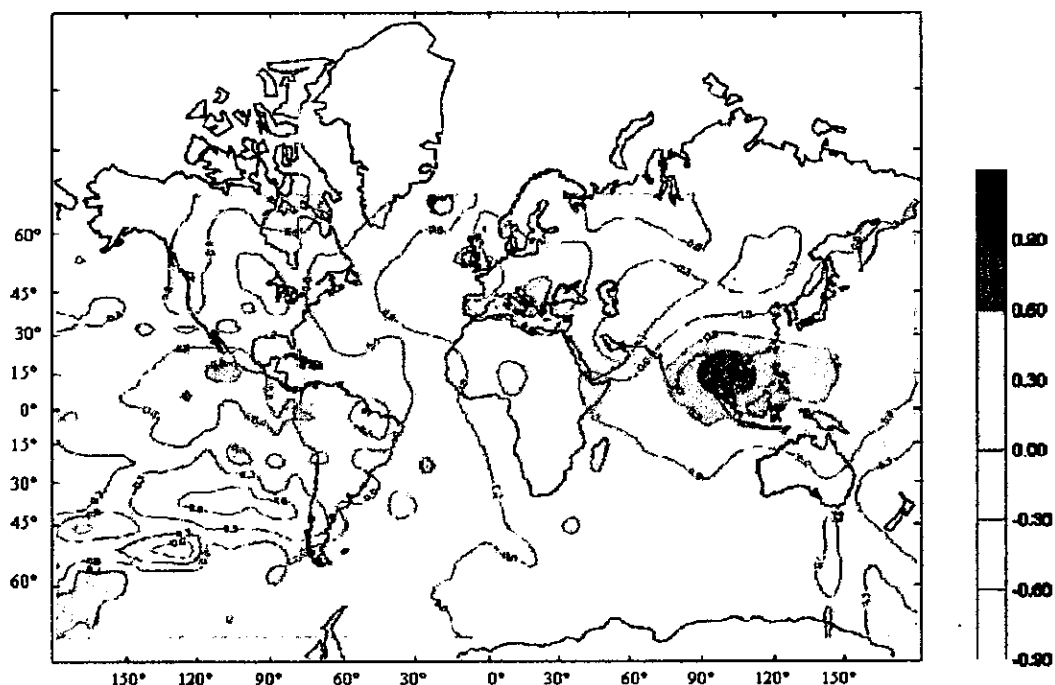
Figura 10. Isocorrelatas de Temperatura Ambiental e Índice de Zürich durante el período de 1869 a 1925.



La distribución de los centros de correlación inversa reflejan áreas en las cuales la precipitación es importante, lo que ocasiona que la presencia de nubosidad sobre dichas áreas impida, por un lado, una incidencia más directa de los rayos solares y, por otro, al desencadenarse la precipitación, que las temperaturas del aire superficial se abatan; ocurre lo contrario en las áreas de correlación directa, donde las precipitaciones son menores. Sin embargo, no hay que descartar que conforme aumenta la latitud, el grado de insolación varía de manera directa, así como también las diferencias en la orografía; es importante resaltar que las áreas de correlación, tanto directa como inversa, estuvieron distribuidas en regiones donde las corrientes marinas, como la del Gulf Stream, la Corriente de Bengela y la del Kuroshio-Oyashio, entre otras, generan teleconexiones.

En el período de 1926 a 1977, se observaron grandes áreas con comportamiento inverso que se localizaron en África, Nueva Zelanda, Sudamérica, Asia, América del Norte y la porción del Océano Pacífico que baña las costas de América; las áreas con comportamiento directo se ubicaron en la India, las Filipinas y el Norte de Australia, el SE de Asia y Europa Central y la porción sur del Océano Atlántico (Fig. 11). Durante este período las áreas de correlación negativa se ubicaron, principalmente, sobre los continentes, mientras que las positivas se encontraron en áreas marinas. La excepción de la regla, con áreas de correlación negativa, alrededor de los 30° de latitud sur, correspondió a las costas de Chile.

Figura 11. Isocorrelatas de Temperatura Ambiental e Índice de Zürich durante el período de 1926 a 1977.



Las áreas definidas por un alto coeficiente de correlación con el número de manchas solares y la temperatura, ubicadas sobre el corredor que une al SE Asiático y Europa Central, así como el sur de las costas Pacíficas de México, parecen indicar una ocurrencia frecuente de la fase negativa de los eventos ENSO, que ocasionan sequías relativas durante ella en el SE de Asia, así como en otras partes del mundo. Las altas temperaturas superficiales asociadas a altas presiones barométricas en el SE de Asia, pueden ser un factor determinante de la fase negativa de los eventos ENSO. Es importante resaltar que las altas correlaciones negativas se mostraron en bandas paralelas a los círculos latitudinales de las costas de Chile en Sudamérica (Fig. 11).

Troup (1962), analizó las correlaciones calculadas por Walker y Bliss (1928) y Calendar (1961), entre la temperatura y el ciclo de manchas solares, en donde refieren la ruptura de su comportamiento en el período de 1920 a 1925 ; y concluye que existe una probabilidad estadística robusta de que la temperatura en las latitudes tropicales sea inversa con respecto al ciclo solar. Esta misma correlación negativa la aplica en el período de 1813 a 1920. Para la zona tropical, encontró un coeficiente de correlación bajo entre la temperatura promedio anual y el número de manchas solares (considerando ciclos de 11 años), que fue de  $r = -0.38$ , y para el período de 1921 a 1950, una correlación invertida de  $r = 0.23$ . Sin embargo, en el análisis efectuado por estos autores sólo se contemplan siete estaciones ubicadas en dicha latitud, geográficamente distribuidas alrededor de

Samoa, mientras que en la presente investigación se utilizaron un promedio de 100 estaciones distribuidas en todo el planeta, con lo cual los resultados calculados adquirieron una robustez estadística mayor y muestran, al igual que en el caso de la presión barométrica, altos coeficientes de correlación calculados entre la temperatura y el ciclo solar de 11 años distribuidos en patrones de circulación zonal, a diferencia de los autores mencionados, que los definen en franjas latitudinales, probablemente, por la restringida distribución latitudinal y el bajo número de las estaciones que analizaron.

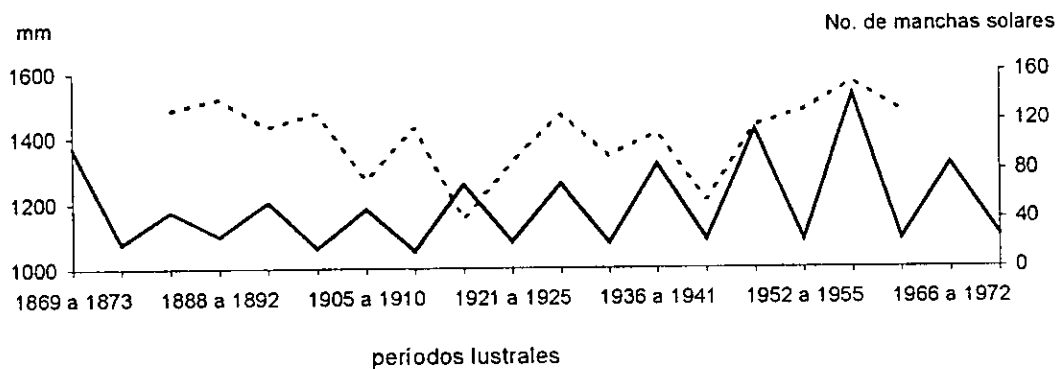
Por otra parte, la temperatura presenta un factor de retraso proporcional a la respuesta de la atmósfera, y, en consecuencia, al sustrato sobre el cual se ubica, así como también a las variaciones estacionales producidas por el cambio en la distancia zenital del sol y a la variación diaria de la radiación solar.

En estudios desarrollados a partir del empleo de estadística no lineal y particularmente con análisis espectrales Gordon (1992), contrasta los registros térmicos superficiales de la atmósfera en diversas localidades del mundo durante un período bastante largo (1856-1989), y determina que, se observan marcadas diferencias estacionales entre los Hemisferios Norte y Sur, lo que explica, como resultado de las características propias del planeta derivadas de las diferencias en la insolación que se generan por el movimiento de translación y no a un calentamiento global del planeta; por otro lado, sugiere que, se registra una frecuencia cuasibienal en Hemisferio Norte; asociada posiblemente a la ocurrencia de los eventos ENSO.

### c) PRECIPITACIÓN.

En lo que corresponde al comportamiento de la precipitación con respecto a los ciclos de las manchas solares, pudo observarse que en las siguientes localidades hubo un cambio de inverso a directo: Olinda-Recife, Manila, Goya, Curitiba, Corrientes, Marruecos, Entebbe, Calabar, San Juan, Veracruz, Helsinki, Arcangel, San Petesburgo, Valdivia, Ciudad de México, Punta Arenas, El Paso, Tokio, Jaipur, Barkerville, Tomsk, Turgai y Astracan, que constituyen el 28% del total de las estaciones analizadas (Fig. 12, Anexo 1 y Tabla 6).

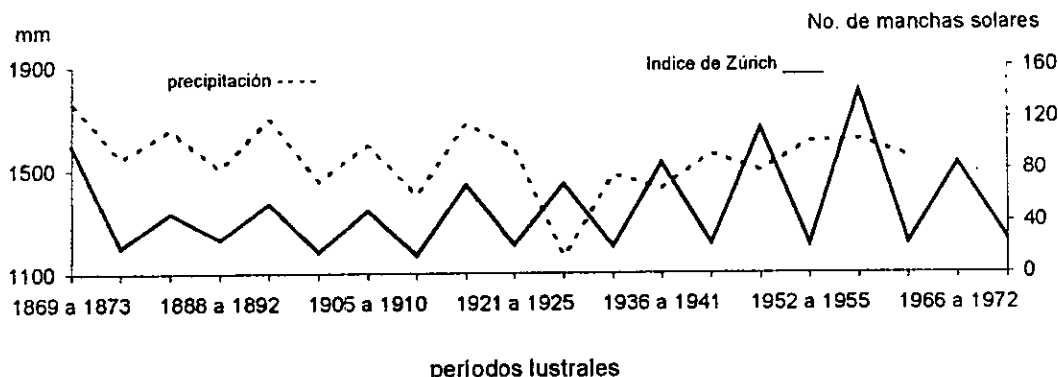
Figura 12. Valores promedio lustrales de la Precipitación y el número de manchas solares en Curitiba, Brasil.



En las siguientes localidades se registró un cambio en el patrón de comportamiento, de directo a inverso: Thornshavn, Upernivik, Arequipa, Beirut, Puerto Darwin, Santiago de Chile, Bulawayo, Jask, Lord Howe Island, Perth, Jerusalem, Turukhansk, Mazatlán, Bogotá, San Cristobal, Trinidad, Red Bluff, Bombay, Madras, Beirut, Upernivik, Winnipeg y Laurenco Marques, que representan el 25 % de las estaciones (Fig. 13, Anexo 1 y Tabla 6).



Figura 13. Valores promedio lustrales de la Precipitación y el número de manchas solares en Puerto Darwin, Australia.



Las localidades en que no se registraron cambios fueron: Fernando de Nohrona, Greenwich, Aden, Caetite, Jakobshavn, Calgari y Anchorage, Gibraltar, Cape Town, Batavia, Kupang, Córdoba (Argentina), Buenos Aires, Ajo General Lavalle, El Kano, El Cairo, Freetown, Cairns, Hobart, La Habana, Caracas, Haparanda, Gjesvar, Viena, Portland, Ivigtut, Father Point, Bismark, Bangalores, Port Blair, Madrid, Quixeramobin, Estocolmo, Gibraltar, Roma, Budapest, Atenas, Alice Spring, Bushire, Irkust, Puerto Sudán y Tunes, que abarcan el 45 % del total de las estaciones (Fig. 14, Anexo 1 y Tabla 6).

Figura 14. Valores promedio lustrales de la Precipitación y el número de manchas solares en el Peñón de Gibraltar, Inglaterra.

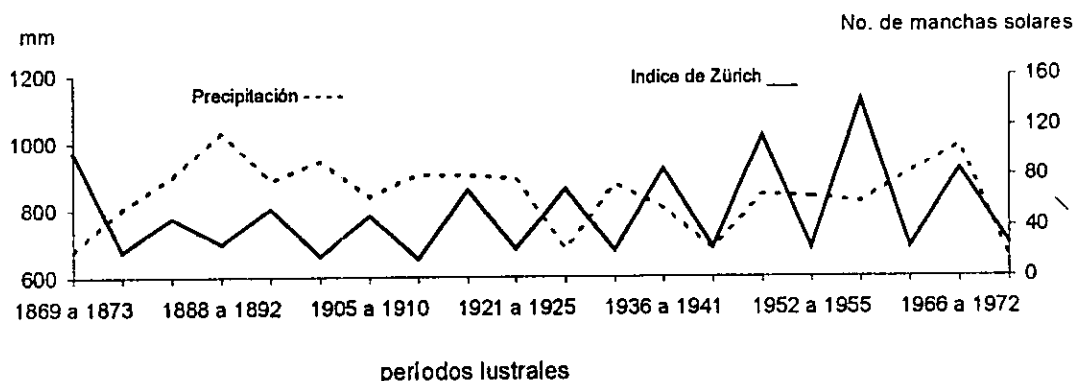


Tabla 6. Localización de las estaciones y coeficiente de correlación entre la Precipitación Total Anual y el Número de Manchas Solares durante los periodos de 1869-1925 y 1926-1977.

Localidad	País	Latitud	Longitud	Coeficiente de Correlación 1869-1925	Coeficiente de Correlación 1926-1977	Grupos de Periodos lustrales
Bombay	India	18° 55' N	72° 54' E	0.226	-0.140	20
Bangalore	India	12° 58' N	77° 37' E	0.789	0.124	20
Madras	India	13° 04' N	80° 15' E	0.522	-0.362	20
Puerto Blair	India	11° 41' N	92° 45' E	0.430	0.449	20
Moulmein	India	16° 30' N	97° 38' E	0.542	-0.156	15
Jaipur	India	26° 55' N	75° 52' E	-0.178	0.193	20

Tabla 6 Continuación.

Localidad	País	Latitud	Longitud	Coefficiente de Correlación 1869-1925	Coefficiente de Correlación 1926-1977	Grupos de Períodos Iustrales
Manila	Filipinas	14° 35' N	120° 59' E	0.492	0.225	19
Batavia	Djarta	6° 11' S	106° 50' E	0.387	0.390	20
Puerto Darwin	Australia	12° 28' S	130° 51' E	0.921	-0.066	20
Hobart	Australia	42° 53' S	147° 30' E	0.657	0.516	18
Perth	Australia	31° 57' S	115° 51' E	0.388	-0.294	19
Gairns	Australia	16° 53' S	145° 44' E	-0.056	-0.385	18
Alice Spring	Australia	23° 38' S	133° 37' E	0.780	0.181	19
Antananarivo	Madagascar	18° 55' S	47° 32' E	0.619	0.613	10
Medan	East Indias	3° 35' N	98° 41' W	0.868	-0.189	18
Menado	East Indias	1° 30' S	124° 50' E	0.423	-0.005	18
Amboina	East Indias	3° 42' S	128° 10' E	0.892	-0.951	18
Kupang	East Indias	10° 10' S	123° 34' E	0.823	0.945	16
Goya	Argentina	29° 09' S	59° 15' W	-0.078	0.371	19
Córdoba	Argentina	31° 25' S	64° 12' W	-0.399	-0.135	19
Buenos Aires	Argentina	34° 36' S	58° 22' W	-0.771	-0.017	20
Ajo Gral Lav.	Argentina	36° 31' S	56° 46' W	-0.734	-0.530	20
Corrientes	Argentina	27° 27' S	58° 49' W	-0.715	0.247	19
Punta Arenas	Argentina	53° 10' S	70° 54' W	-0.257	0.408	17
Santiago	Chile	33° 27' S	70° 42' W	0.484	-0.305	20
Valdivia	Chile	38° 48' S	73° 14' W	-0.551	0.210	17
Caetite	Brasil	14° 03' S	42° 37' W	-0.141	-0.097	15
Turiacu	Brasil	1° 43' S	45° 24' W		-0.273	8
F. de Norhona	Brasil	3° 50' S	32° 25' W	-0.466	-0.351	19
Olinda Recife	Brasil	8° 00' S	34° 51' W	-0.388	0.002	19
Salvador	Brasil	12° 57' W	38° 29' W		0.252	9
Curitiba	Brasil	25° 25' S	49° 17' W	-0.987	0.456	18
Ivigut	Groenlandia	61° 12' N	48° 10' W	-0.635	-0.249	19
Father Point	U.S.A.	48° 03' N	68° 10' W	-0.464	-0.341	17
Bismark	U.S.A.	46° 47' N	100° 38' W	-0.823	-0.610	18
Portland	U.S.A.	45° 03' N	122° 40' W	-0.123	-0.045	18
Red Bluff	U.S.A.	40° 10' N	-0.983	-0.983	0.146	18
El Paso, Tex.	U.S.A.	31° 47' N	106° 30' W	-0.265	0.773	16
Archangel	Comunidad de Estados Independientes	64° 35' N	40° 36' E	-0.372	0.477	20
Tomsk	Comunidad de Estados Independientes	56° 30' N	84° 58' E	-0.417	0.158	11
Turgai	Comunidad de Estados Independientes	49° 38' N	63° 27' E	0.165	0.122	13
Astracan	Comunidad de Estados Independientes	46° 21' N	48° 02' E	-0.509	0.329	19
Irkust	Comunidad de Estados Independientes	52° 16' N	104° 19' E	-0.510	-0.200	11

Tabla 6. Continuación.

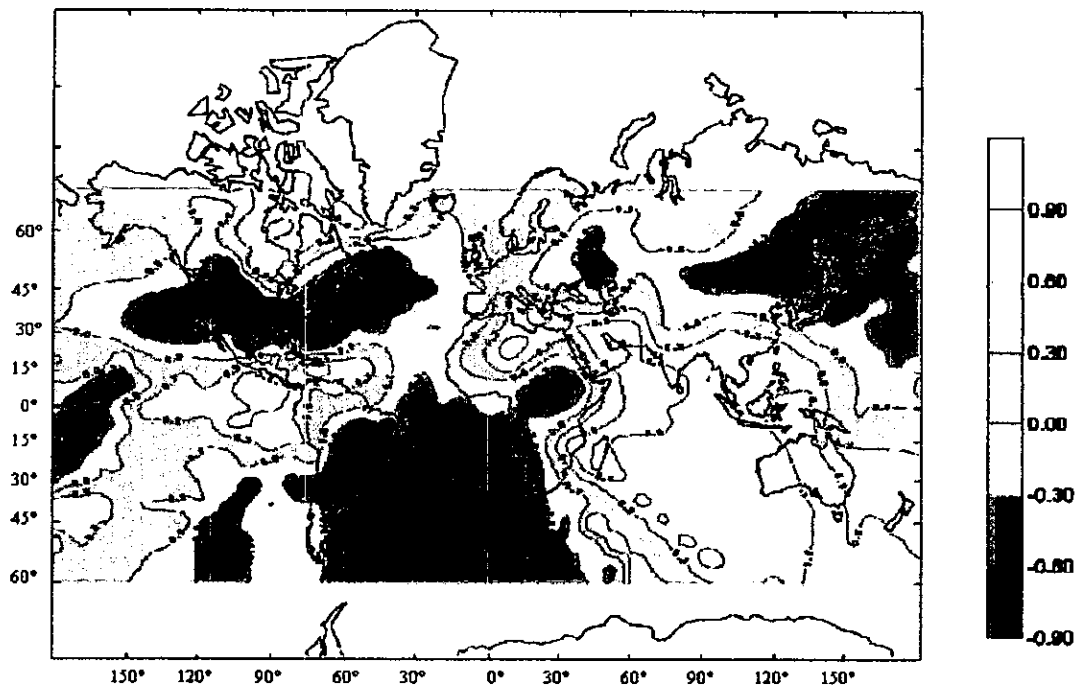
Localidad	País	Latitud	Longitud	Coefficiente de Correlación 1869-1925	Coefficiente de Correlación 1926-1977	Grupos de Periodos lustrales
Turukhansk	Comunidad de Estados Independientes	65° 47' N	87° 57' E	0.278	-0.107	11
Verkoyansk	Comunidad de Estados Independientes	67° 33' N	133° 24' E		0.364	10
Olermink	Comunidad de Estados Independientes	60° 22' N	120° 26' E		0.299	10
San Petesburgo	Comunidad de Estados Independientes	59° 56' N	30° 16' E	-0.194	0.058	19
Lord Howe	Island	31° 31' S	159° 04' E	0.362	-0.370	18
Helsinki	Finlandia	60° 10' N	24° 57' E	-0.071	0.068	20
Jerusalem	Israel	31° 46' N	35° 14' E	0.850	-0.065	20
Jerusalem	Israel	31° 46' N	35° 14' E	0.850	-0.065	20
Jask	Irán	25° 45' N	57° 45' E	0.907	-0.018	16
Haparanda	Suiza	65° 50' N	24° 09' W	-0.072	-0.030	19
Gjesvar	Noruega	71° 06' N	25° 22' E	0.330	-0.302	16
Viena	Austria	48° 15' N	16° 22' E	0.208	0.278	20
Madrid	España	40° 24' N	3° 41' W	0.007	0.423	20
D.F.	México	19° 26' N	99° 08' W	-0.667	0.252	19
Mazatlán	México	23° 11' N	106° 25' W	-0.312	-0.217	19
Veracruz	México	19° 00' N	96° 08' W	-0.078	0.109	11
Quixeramobin	Brasil	5° 16' S	39° 15' W	-0.059	-0.240	15
Estocolmo	Islandia	65° 05' N	22° 46' W	-0.258	-0.379	19
Gibraltar	Inglaterra	36° 06' N	5° 21' E	-0.174	-0.199	20
Entebbe	África	0° 05' N	32° 29' E	-0.991	0.387	15
Kano	África	12° 02' N	8° 32' E	-0.961	-0.539	14
Freetown	África	8° 29' N	13° 09' W	-0.050	-0.792	18
Túnez	África	36° 48' N	10° 10' E	0.452	0.172	17
L. Marquez	África	25° 58' S	32° 36' E	0.770	-0.280	14
Puerto Sudán	África	19° 35' N	37° 13' E	0.199	0.575	10
Mocamedes	Africa	15° 12' S	12° 09' E		0.748	7
Marruecos	África	31° 39' N	8° 01' W	-0.335	0.863	12
Bulawayo	Rodesia	20° 09' S	28° 40' E	0.010	-0.324	16
Calabar	Africa	4° 58' N	8° 19' E	-0.107	0.035	15
El Cairo	Egipto	30° 07' N	31° 21' E	0.540	0.332	16
Cape Town	África	33° 56' S	18° 29' E	-0.635	-0.148	20
Beirut	Líbano	33° 54' N	35° 28' E	0.268	-0.296	16
Arequipa	Perú	16° 22' S	71° 33' W	0.173	-0.745	15
Calgary	Canadá	51° 02' N	114° 02' W	-0.722	-0.199	14
Eureka	Canadá	80° 00' N	85° 56' W		-0.804	5
Barkerville	Canadá	53° 02' N	121° 35' W	-0.026	0.293	16
Winnipeg	Canadá	49° 53' N	97° 07' W	0.601	-0.656	17
Anchorage	Alaska	61° 13' N	149° 51' W	0.245	0.104	13
Roma	Italia	41° 54' N	12° 29' E	0.523	0.890	20

Tabla 6. Continuación.

Localidad	País	Latitud	Longitud	Coefficiente de Correlación 1869-1925	Coefficiente de Correlación de 1926-1977	Grupos de Períodos lustrales
Lord Howe	Island	31° 31' S	159° 04' E	0.362	-0.370	18
Atenas	Grecia	37° 58' N	23° 43' E	0.611	-0.545	16
Buschire	Persia	20° 00' N	50° 50' E	0.900	0.104	18
Upemivik	Groenlandia	72° 47' N	56° 07' W	0.625	-0.408	18
Jacobshavn	Groenlandia	69° 12' N	50° 02' W	0.588	0.248	19
Tokio	Japón	35° 41' N	139° 46' E	-0.440	0.341	19
Aden	Arabia	12° 46' N	45° 03' E	0.684	0.104	18
Thomshavn	Hovjig	62° 03' N	6° 45' W	0.053	-0.080	19
Groenlandia	Inglaterra	51° 20' N	0° 00'	0.054	0.225	20
Bogotá	Colombia	4° 36' N	74° 05' W	0.489	-0.249	20
San Cristóbal	Venezuela	7° 46' N	72° 14' W	1.000	-0.704	12
Caracas	Venezuela	10° 30' N	66° 55' W	-0.178	-0.440	17
Trinidad	Tobago	10° 40' N	61° 31' W	0.720	-0.034	20
La Habana	Cuba	23° 08' N	82° 21' W	-0.844	-0.108	20
San Juan	Puerto Rico	18° 29' N	66° 07' W	-0.565	0.451	15
Jerusalem	Israel	31° 46' N	35° 14' E	0.850	-0.065	20
Jask	Irán	25° 45' N	57° 45' E	0.907	-0.018	16

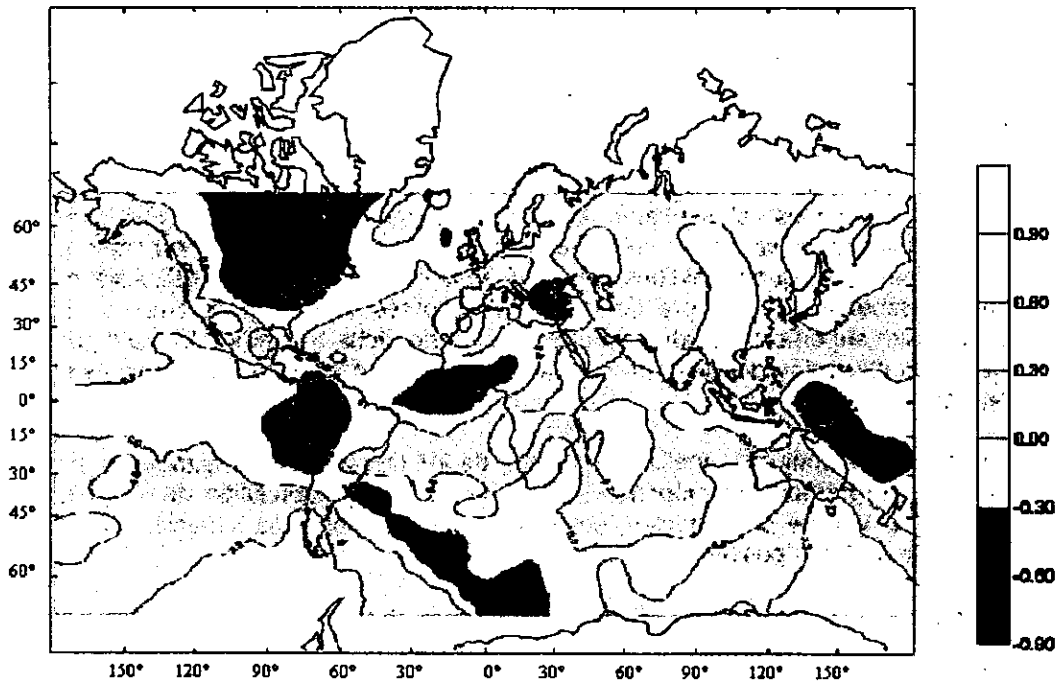
Las isocorrelatas de precipitación vs el número manchas solares, para el período de 1869 a 1925, estuvieron medianamente definidas para las latitudes bajas y medias (Fig. 15); tanto las áreas con correlación positiva, como negativa, prevalecieron, aparentemente, con una dirección E-W a través de los círculos latitudinales; sin embargo, hubo áreas definidas por la contrastante cantidad de precipitación, las cuales se localizaron en la Península Indostánica y en las áreas monzónicas de la India, en la línea ecuatorial. Las áreas con correlación positiva se ubicaron sobre Malasia y Australia, lo que corrobora lo antes mencionado, en el sentido de que el período de 1869 a 1925 estuvo caracterizado por la abundancia de episodios ENSO de intensidad 3 y 4, de acuerdo con la clasificación de Quinn *et al.*, (1978).

Figura 15. Isocorrelatas de Precipitación e Índice de Zürich durante el período de 1869 a 1925.



En la figura 16, los centros de alta correlación de la precipitación con respecto al número de manchas solares, estuvieron distribuidos ampliamente, tanto en latitudes bajas como medias, excepto en algunas áreas marginales conectadas con latitudes medias. Cabe destacar la existencia, dentro de las áreas negativas que cubren la porción central de Canadá, alrededor de la Bahía Hudson, de una elongación oblicua que se aprecia hasta la porción Norte de África, a través del Atlántico y hasta las áreas desérticas de Perú y Norte del Chile

Figura 16. Isocorrelatas de Precipitación e Índice de Zürich durante el período de 1926 a 1977.



Existe un vínculo de retroalimentación entre el comportamiento de la presión barométrica, la temperatura y la precipitación; por un lado, la relación entre la presión barométrica y la precipitación es inversa: altas presiones equivalen a lluvias deficitarias y bajas presiones condicionan lluvias abundantes; por otro lado, la temperatura y la precipitación mantienen una relación directa; finalmente, la relación entre la temperatura y la presión funciona en ambos sentidos, es decir, puede ser directa ó inversa. Con ésto se cierra la primera parte de la sección con la discusión de la precipitación a partir de su asociación con las otras las dos variables climáticas en conjunto, lo que a su vez servirá como puente para el análisis de las teleconexiones y los eventos ENSO y la Oscilación del Atlántico Norte, que constituye la segunda fase de este apartado.

La composición de los tres mapas temáticos de los dos períodos (1869-1925 y 1926-1977), señalados en las figuras: 5, 6, 10, 11, 15 y 16, muestran que la temperatura del aire superficial y la presión barométrica a nivel del mar están plenamente identificados a partir de una gran extensión de áreas continentales cerradas, centradas alrededor del SE Asiático, como correspondería a una situación de La Niña, de acuerdo a lo descrito por Phylander (1990). Confirma lo anterior, la extensa región "fría" que coincide con el área en donde se registran las "bajas" presiones; de aquí se puede desprender que la distribución de la temperatura y la presión barométrica podría corresponder a un ambiente "húmedo" situado, aproximadamente, sobre el Océano Índico, el SE Asiático y el Norte de Australia, y que configuran, en conjunto, una situación atmosférica estrechamente relacionada con un evento "frío", (es decir, la fase positiva de un evento ENSO, mejor conocida como La Niña), como lo han demostrado en estudios recientes Díaz y Markgraf, (1993). Además, tanto las áreas de presión como de temperatura coinciden con las zonas más "lluviosas", característica que se asocia con este evento en

esa región geográfica. Es posible, que los patrones del comportamiento de las variables climáticas mostrados en los dos juegos de mapamundis, el primero que abarca de 1969-1925 y el segundo de 1926 a 1977, correspondieron a un evento La Niña. Esta correlación negativa de la precipitación con la temperatura y la presión también ha sido ampliamente reportada para el Pacífico Centro-Equatorial por Hansténrath, (1988), durante la ocurrencia de tales eventos.

Las áreas delimitadas por Schostakowitsh (1933), en las isocorrelatas trazadas entre la presión barométrica, la temperatura y la precipitación con respecto a las manchas solares, no explican el porqué de la correspondencia entre las altas precipitaciones registradas en una gran extensión tropical del Pacífico Sur, que abarca la zona de Indonesia, una porción importante de Australia, el Océano Índico y la porción oeste de África, con bajas temperaturas en la misma región; en el presente trabajo, donde se correlacionan los mismos elementos que Schostakowitsh, la respuesta a esta cuestión se da a partir de la evidencia de que los excesos en la precipitación en ciertas regiones están asociados con el incremento en la evaporación. Esto concuerda con el hecho de que durante las épocas de máximas manchas solares, la Tierra recibe una gran cantidad de calor, por lo que se produce, entonces, el siguiente esquema: se incrementa la recepción de calor, aumenta la evaporación y se intensifica la lluvia; una secuencia bastante lógica. Sin embargo, este patrón, aunque correcto, está incompleto porque no explica el porqué en la región en cuestión (SE Asiático) se registran áreas "frías". Esto puede deberse a que las precipitaciones abundantes causan en los Trópicos una disminución de la temperatura en el aire superficial debido a la evaporación de dicha humedad. En cualquier caso, si ocurre un calentamiento por la liberación del calor latente de evaporación dentro de las nubes, éste debe ocurrir en los niveles superiores.

Todas las regiones en su conjunto, analizadas a partir de los tres elementos climáticos, muestran que durante las épocas de máximo número de manchas solares, tanto la regionalización de la temperatura como de la presión son negativas y la de precipitación, positiva, lo que equivale a la situación más frecuente del ENSO denominada La Niña, (o fase "positiva", o "fría").

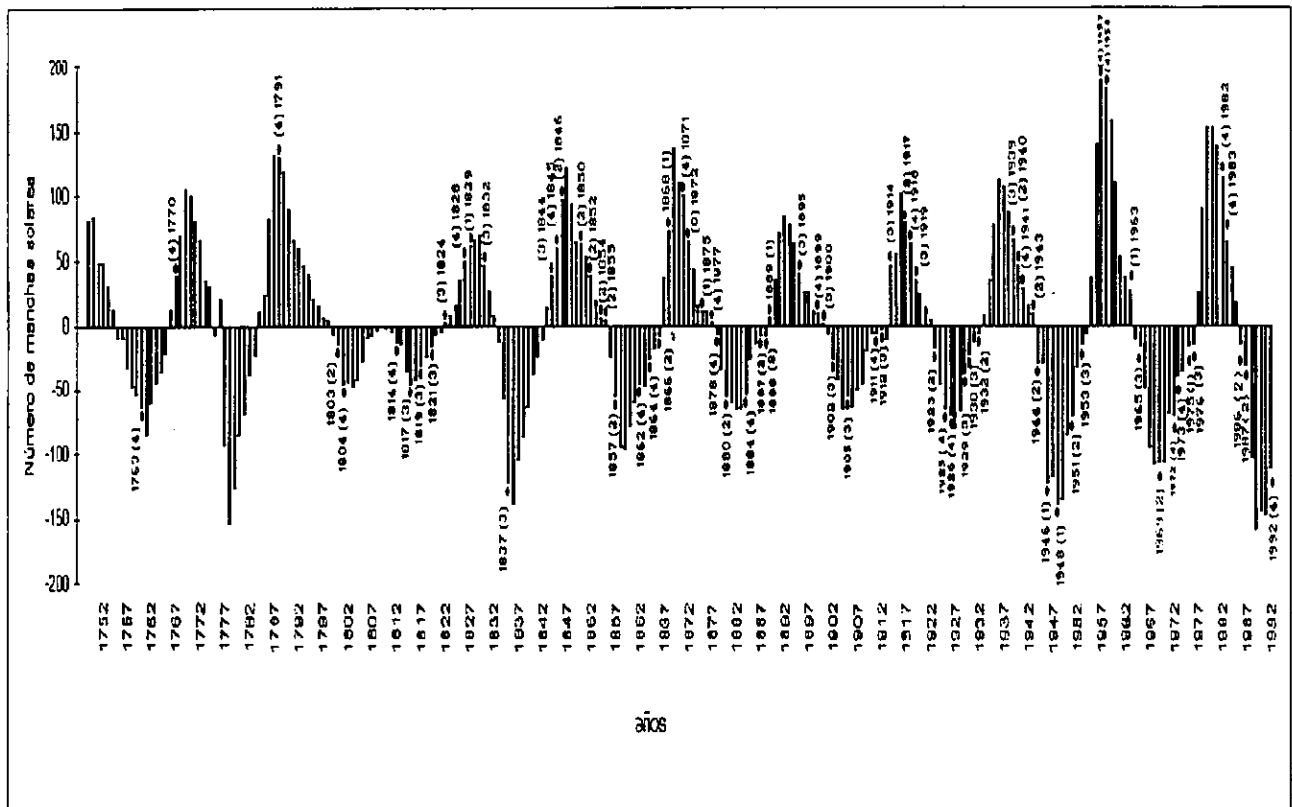
De manera particular, existe una alta relación geográfica entre la temperatura del aire en México y la de Europa Occidental. Por otro lado, en lo que respecta a presión barométrica, nuestro país se encuentra cerca de la línea "nula" de correlación, es decir, cercana a cero, con respecto a la Presión en Puerto Darwin, Australia, y está bajamente relacionada con lo que ocurre en el Pacífico Sur, en la zona de Indonesia. Es posible que las "altas" temperaturas registradas sobre México estén conectadas físicamente a través de la corriente del Gulf Stream, con "altos" niveles de temperatura sobre el Oeste de Europa, lo que deriva en una correlación positiva de ambas regiones cuando se registra el máximo solar en el ciclo de Hale. Esta conjetura puede sustentarse en los estudios comparativos de la producción y costos del maíz (*Zea mays*) entre México y Francia hacia finales del siglo XVIII, elaborado por Florecano (1969), en el cual se establecen correlaciones positivas de las cantidades obtenidas en los dos países y el número de manchas solares registradas en la misma época.

Las correlaciones entre el volumen total de la lluvia anual y el número de manchas solares calculado por King, *et al.*, (1974) y King, (1975), sugieren un rompimiento hacia 1925, aunque Cornish (1954), lo ubica en 1922. Basado en estos estudios, Xanthakis, (1973), concluye que los años lluviosos ocurren con una periodicidad de 11 años en bandas latitudinales de 60°N a 70°N y de 70°N a 80°N, y no encuentra evidencias estadísticas importantes para el doble ciclo solar. Por otro lado, concluye que en la franja de 50°N a 60°N la lluvia se encuentra inversamente correlacionada, de manera significativa, con las manchas solares, con una  $r = -0.67$ , durante los años de 1890 a 1913, y se invierte de 1914 a 1960, con un alto coeficiente de correlación de  $r = 0.74$ . En la banda de 40°N a 50°N, refiere múltiples inversiones en las correlaciones de diversas localidades. Lo anterior difiere de los resultados encontrados en el presente trabajo, ya que, al igual que en la presión barométrica y en la temperatura, los coeficientes de correlación calculados entre la precipitación y el número de manchas solares no se distribuyeron en bandas latitudinales, como lo establecen los autores mencionados, sino que lo hacen con un patrón zonal.

El año de inversión y rompimiento de los coeficientes de correlación estadísticos, entre el número de manchas solares y los parámetros meteorológicos o climatológicos, ha sido ubicado por múltiples autores, dentro de un período que va de 1920 a 1925: Schuurmans (1975) y Kullmer (1943), lo sitúan en el año de 1922, para la presión barométrica, los vientos dominantes y la frecuencia de las tormentas tropicales; Starr y Oort (1973), King (1973 y 1975), Eddy (1976), King *et al.*, (1974), lo colocan entre 1921 y 1925 para la temperatura. En el

caso de la precipitación, King *et al.*, (1974), King (1975) y Cornish (1936), lo refieren al período 1922-1925. De acuerdo a Herman y Goldberg (1978), este comportamiento es inherente a los ciclos solares; el año de 1922 es el mínimo entre los ciclos 15 y 16 y marca el fin de la mitad positiva del doble ciclo solar o de Hale (Fig.17); también se encuentra muy cerca del mínimo del ciclo secular, ó de Gleissberg, es decir a la mitad de los máximos solares de 1871 y 1958 (Fig. 18). Sin embargo, para interpretar el significado de las inversiones en cuanto a las correlaciones entre las variables climáticas y la actividad solar en conjunto, deben considerarse otros parámetros, además del número de manchas solares, como, por ejemplo, la irradianza (Schatten y Orosz, 1990; Otaola, 1993; Mendoza, 1997 y Garduño *et al.*, 1997).

Figura 17. Ciclo solar de Hale. La ocurrencia e intensidad de los eventos El Niño, con el signo •; y la intensidad registrada de acuerdo a Quinn *et al.*, (1978), se muestra entre los paréntesis que siguen al año de ocurrencia del evento.



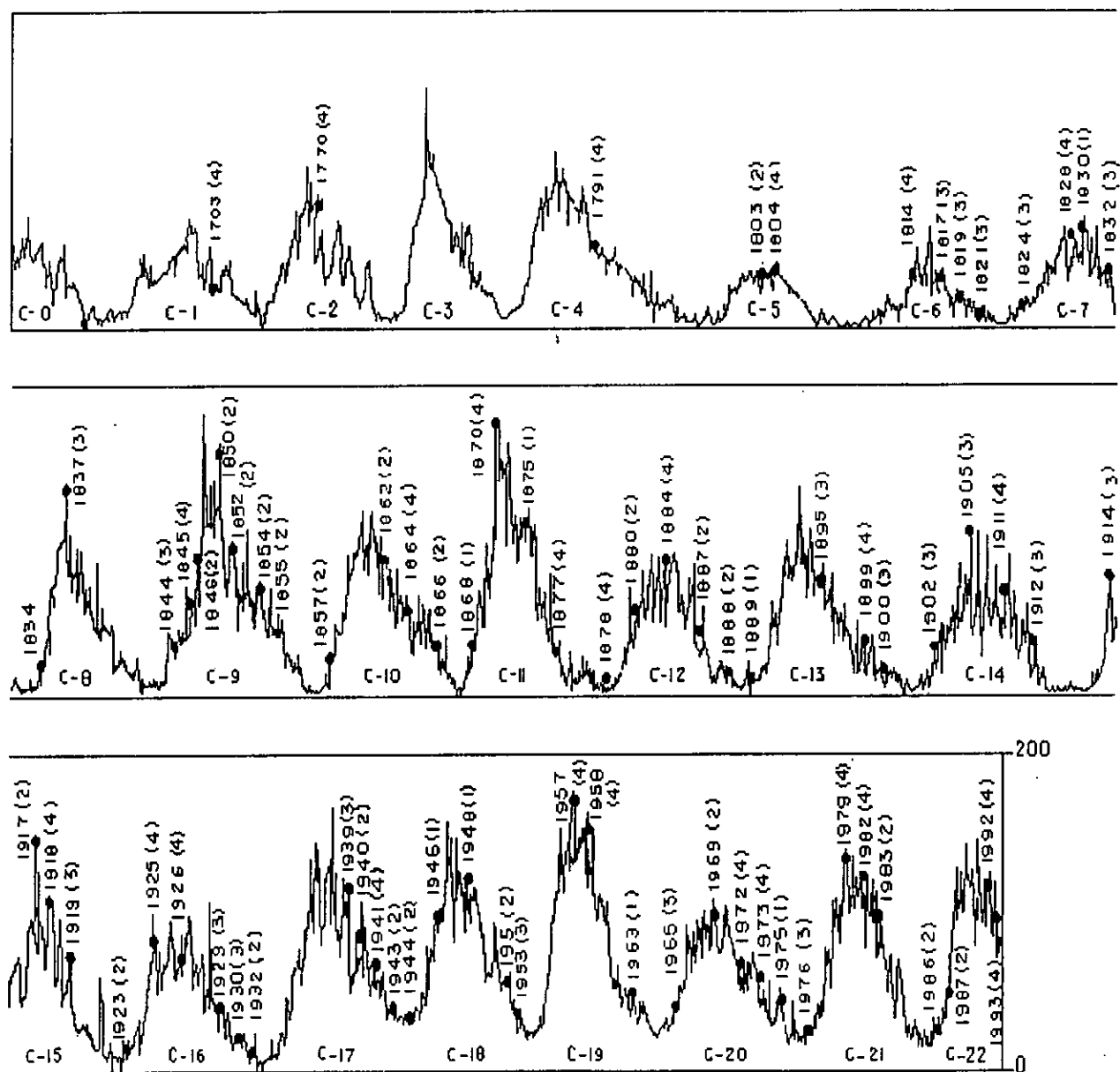
Algunos autores como Köppen (1914), Walter y Bliss (1928), Calendar (1961), Troup (1962) y García *et al.*, (1982), describen este mismo fenómeno hacia el período 1910 a 1920 y lo atribuyen a un cambio en la actividad solar (Abbot, 1955; Willett, 1974; Herman y Goldberg, 1978).

Calendar (1961), calcula coeficientes de correlación entre las temperaturas estacionales y anuales y el número de manchas solares, para Samoa, Colombo, Santa Elena, Puerto Príncipe, Lagos, Trinidad y Djakarta, y divide su estudio en dos períodos: de 1891 a 1923 y de 1924 a 1957, debido a que, precisamente en 1923-1924, se registra un cambio en la tendencia de esos coeficientes.



Esta inversión en el patrón de comportamiento de las variables climáticas con respecto al número de manchas del sol, proporcionadas por el Índice de Zürich, podría atribuirse a las variaciones en la constante solar; de acuerdo a Thekaekara (1974), basta una alteración del 1% en esta constante para desencadenar modificaciones en los climas terrestres; Nijau (1989), propone una teoría acerca del Sol-Tiempo en la que demuestra matemáticamente que el tiempo-clima está sujeto a modulaciones en las oscilaciones de la constante solar, así como a las variaciones del diámetro del sol (Ribes *et al.*, 1987).

Figura 18. Serie de Tiempo del ciclo solar de Wolf. El número de ciclo se indica debajo de cada uno de ellos con la clave C-1, C-2 etc.; la ocurrencia e intensidad de los eventos El Niño, con el signo •; y la intensidad registrada de acuerdo a Quinn *et al.*, (1978), se muestra entre los ( ) que siguen al año de ocurrencia del evento.



d) EVENTOS EL NIÑO, OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE (SEESAW) Y LAS TELECONEXIONES DERIVADAS DE ELLOS.

En los tres apartados anteriores, referentes al comportamiento de la presión barométrica, la temperatura y la precipitación con respecto a los ciclos solares, fue posible determinar una fuerte asociación (Tablas 4, 5 y 6), además de que también se estableció que la respuesta geográfica de la distribución de dicho comportamiento obedeció a un patrón de circulación zonal bajo, que se observó, principalmente y con una intensidad mayor, durante el primero período analizado (1869-1925) (Figs. 5, 6 y 10), en contraste a lo observado en el segundo período, (1926-1977) (Figs. 11, 15 y 16).

La periodicidad de los eventos El Niño de, calculada a través de un análisis de Series de Tiempo, se muestra en la tabla 7, por otro lado, en la figura 18 se aprecia la presencia de eventos El Niño durante las fases ascendente y descendentes del ciclo de Wolf, y en la figura 18 se indica, tanto el año de ocurrencia, como la intensidad de los eventos El Niño, de acuerdo a Quinn, *et al.*, (1978).

Tabla 7. Análisis de series de tiempo del fenómeno El Niño.

Espectro de Máxima Entropía	Espectro de Fase	Espectro de Potencia
T <sub>1</sub> = 2.1 años	T <sub>1</sub> = 5.9 años	T <sub>1</sub> = 128 años
T <sub>2</sub> = 2.3 años	T <sub>2</sub> = 255 años	T <sub>2</sub> = 2.3 años
T <sub>3</sub> = 10 años	T <sub>3</sub> = 2.4 años	T <sub>3</sub> = 2.5 años

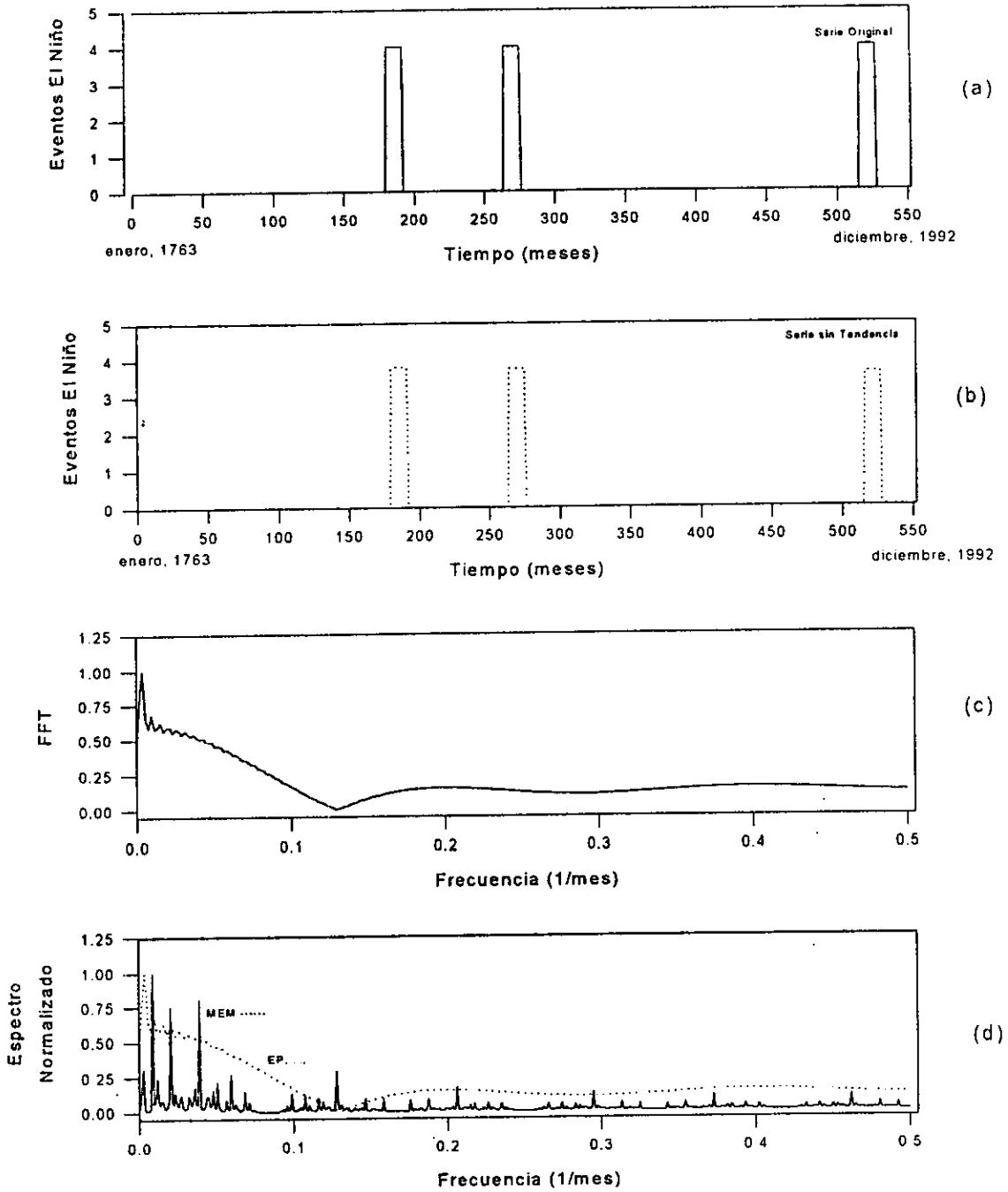
En la tabla 7 se muestra que existen cuatro periodicidades de los eventos El Niño: la primera de ellas corresponde a un ciclo de entre 2.1 y 2.5 años; la segunda, de 10 años; la tercera, de 128 años; y la última, de 255 años; cabe resaltar que dos de estos ciclos, el de 2.1 y el de 10 años tienen una periodicidad semejante a la de los ciclos solares.

Por otro lado, el análisis de la ocurrencia de los eventos El Niño y La Niña, con respecto a las fases ascendente y descendente del ciclo solar de Wolf, (Tabla 8 y Fig. 17), refleja que ambos eventos son más frecuentes durante la fase descendente; también se puede apreciar que el número de eventos El Niño es aproximadamente semejante, tanto en el máximo como en el mínimo solar, mientras que los eventos La Niña son ligeramente mayores durante el máximo. Otro elemento sobresaliente es que, con excepción de la fase descendente del ciclo solar, en todas las demás, la ocurrencia de La Niña es tres veces mayor que la de El Niño.

Tabla 8. Ocurrencia total de eventos El Niño y La Niña con respecto al ciclo solar de Wolf registrados desde 1749 a 1992.

	Fase ascendente del ciclo solar	Fase descendente del ciclo solar	Durante el máximo solar	Durante el mínimo solar
El Niño	19	46	6	5
La Niña	58	76	19	15

Figura 19. Series de Tiempo de la ocurrencia de eventos El Niño. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



De acuerdo a los resultados de la prueba de independencia- $T$  calculada entre la Oscilación del Sur y el "Seesaw" (Oscilación del Norte), la temperatura presenta una dependencia de  $T = 5.22$  con un grado de libertad a un nivel de significancia del 95% cuando se registran bajas temperaturas en Groenlandia y altas sobre la Península Escandinava o viceversa. El grado de dependencia calculado a partir de la prueba de Contingencia de Pearson fue de  $C = 0.313$ , lo que significa que existe una asociación importante del 31.31% con un grado de libertad a un 95% de nivel de significancia ente ambos eventos. Esto implica que, cuando hay un índice de circulación zonal bajo, con vaguadas que ocasionan una Oscilación en el Atlántico Norte en cualesquiera de sus cuatro formas, ocurre, por efectos de teleconexión climática entre el océano y la atmósfera, una vinculación y desencadenamiento de los eventos ENSO. Es importante resaltar que durante el primer período analizado (1869-1925), predominó la circulación zonal baja, a diferencia de lo ocurrido durante el segundo período (1926-1977), en que ésta no fue preponderante.

Tanto el comportamiento atmosférico como el del océano no es en ningún momento independiente, ya que en su interfase se desencadena un flujo de intercambio de impulsos, masas y energías; es en la plataforma continental donde se observan las mayores interacciones, las cuales, obviamente, repercuten en la litosfera, la hidrósfera, la atmósfera y la biósfera, lo que implica que ambos sistemas, el océano y la atmósfera, influyan y repercutan uno sobre el otro (Ritter, 1977). Algunos de los trabajos más importantes desarrollados en este sentido, en una escala de tiempo amplia y de carácter global, son los de Bjerknes (1964, 1965, 1966 y 1969); en ellos encuentra, a través del empleo de series de tiempo aplicadas a las temperaturas del agua superficial, la ocurrencia de variaciones con diferentes periodicidades, cuyo origen se debe, en gran medida, a las Ondas del Este, circulación que prevalece en el Pacífico. Hacia finales de 1957 y 1958, año de la mayor actividad solar hasta la fecha, en función del número de manchas solares (Índice de Zürich), las ondas del Este se debilitaron, las surgencias en los océanos se abatieron y las temperaturas superficiales del océano mostraron un incremento por arriba de lo normal; esto provocó que se estimulara la convección en la atmósfera circundante, lo que trajo, consecuentemente, un incremento de las precipitaciones en diversos lugares. Lo anterior podría asociarse, en parte, al comportamiento de las anomalías observadas en la actividad solar de los últimos 50 años, actividad que fue inusualmente alta en los años de 1939, 1957, 1972 y 1979, mismos en los que se registraron eventos El Niño de intensidad 3 y 4, de acuerdo a Queen, *et al.*, (1978). Esta actividad interactúa de manera directa con la atmósfera terrestre y podría influir en la ocurrencia de los eventos ENSO (Mendoza *et al.*, 1991). Por su parte Kopecky (1987), al analizar la relación entre el número relativo de manchas solares y el número de grupos de manchas solares generado por unidad de tiempo, concluye que puede esperarse una actividad anormalmente alta de la actividad solar hasta, inclusive, la primera mitad del siglo XXI, la cual podría entenderse como antípoda del Mínimo de Maunder, y cuyas posibles consecuencias en la Tierra serían cambios del clima, particularmente en Europa Central, donde ocurrirían ondas prolongadas de calor de y de sequía.

Este ingreso de gran cantidad de calor en ambos sistemas (océano-atmósfera), desencadena una intensificación en la circulación atmosférica y, en particular, en la circulación de las celdas de Hadley, que transportan hacia el norte el excedente térmico que repercute en el incremento del sistema de vientos zonales en el Hemisferio Norte. Este aumento de los vientos durante los inviernos de 1957 y 1958 se registró en latitudes medias y altas en el Pacífico este, con una fuerte presión anómala y de carácter negativa localizada en el Golfo de Alaska; mientras que las Ondas del Oeste, con presión anómalamente positiva y con vientos persistentes y descendentes cerca del SW de Groenlandia, causaron un invierno severo en el Norte de Europa. De manera similar, estos eventos se repitieron en los bienios de 1940-1941 y 1952-1953 (Perry y Walker, 1977). Lo antes expuesto, indudablemente se refiere a los eventos Seesaw (Oscilación del Norte), observados por Van Loon, H. y J.C. Rogers (1978); por otra parte, cabe señalar que en los tres bienios antes referidos, también se registraron eventos El Niño de intensidad 3 y 4, lo que confirma que cuando ocurre una fuerte Oscilación en el Atlántico Norte, también se registran eventos El Niño.

Lo anterior podría explicarse por la configuración de los vientos del oeste, que se onduían alrededor de las áreas circumpolares del globo, siguiendo las trayectorias de las corrientes de chorro en la tropósfera alta, de tal manera que, una circulación intensa corresponde a un vórtice circumpolar comprimido, mientras que, una circulación débil corresponde a un vórtice circumpolar dilatado y con grandes meandros o vaguadas, (Lamb, 1967). Se puede esperar que tales configuraciones afecten el clima de todo el Hemisferio Norte, mientras que en Hemisferio Sur también deben existir alteraciones en el patrón climático, por efectos de teleconexión; también es probable que los vórtices circumpolares compriman o expandan las zonas climáticas que se

desarrollan en el ecuador, área clave dentro de todo el sistema de circulación general de la atmósfera, por ser el lugar de la zona tropical de máxima entrada de energía al sistema climático, vía radiación solar. Sin embargo, la ausencia de registros de un período de tiempo mayor al analizado en la presente investigación, impide formular una respuesta más sólida a estas interrogantes climáticas.

Algunos autores como King (1974) sugieren que los campos magnéticos terrestres posiblemente influyen en los sistemas de presión barométrica en las altitudes altas; al respecto Beynon y Winstanley (1969), han reportado que las condiciones en la tropósfera empiezan a comportarse anómalamente cerca de la fecha en que ocurren las alteraciones magnéticas. Recientemente se ha demostrado que cambios en la estructura de los campos magnéticos interplanetarios, así como cambios en la actividad geomagnética de la Tierra están correlacionados con los mínimos de presión barométrica que cruzan o atraviesan por Norteamérica (Roberts y Olson, 1973 y Wilcox, *et al.*, 1973). La explicación de estos resultados puede estar dada por la similitud y la marcada influencia que existe entre los campos magnéticos y la tropósfera; dentro de los estudios que corroboran esta explicación se encuentra el de Mansurov, *et al.*, (1973) en donde calculan coeficientes de correlación entre la tropósfera y la estructura del sector de los cambios magnéticos interplanetarios y sugieren que el tiempo solar ha ejercido una influencia diferente a lo largo de la historia de la Tierra. El problema de los mecanismos disparadores a través de los cuales pequeñas cantidades de energía del viento solar pueden afectar la atmósfera terrestre, es un vasto campo de investigación. Roberts y Olson, (1973) sugieren que la formación de nubes del tipo *cirrus* va seguida de una ionización producida por los rayos-X emitidos durante las auroras boreales, los que normalmente no penetran en la tropósfera alta. Es posible también que el viento solar pueda influir en la atmósfera terrestre, a través de un incremento de los protones del viento solar, lo que da como resultado la producción de vapor de agua en la estratósfera, que modifica posiblemente, el balance térmico en la tropósfera baja, especialmente en la estratósfera polar, donde la actividad magnética es mayor.

En lo que respecta a la relación que existe entre la atmósfera y el océano, se sabe que en la primera, la circulación está impulsada por diferencias térmicas, pero la cantidad de calor almacenada en la columna de aire que se extiende desde la superficie de la Tierra hasta la frontera del espacio, equivaldría sólo a la cantidad de calor presente en una columna similar de agua con una profundidad no mayor de tres metros (Lamb, 1967). De ahí que sea el océano el almacén inicial de la radiación solar incidente, y es de él, mucho más que de las porciones terrestres, de donde se desprende el calor que se requiere en la base de la tropósfera para poner en marcha la máquina termodinámica de la atmósfera.

En las figuras 5 y 10 se observa que las áreas con una correlación alta y positiva, localizadas en el Norte de Europa y Siberia, sugieren la existencia de un efecto desencadenador de oscilaciones en el patrón de la circulación atmosférica, como el de las temperaturas observadas en la Oscilación del Norte entre Groenlandia y la Península Escandinava y las fluctuaciones de El ENSO, las cuales podrían ser originadas, de manera inicial, por alteraciones solares sobre las latitudes altas en el Hemisferio Norte, en lugar de originarse en la zona intertropical, donde la retroalimentación negativa impide que la oscilación se desencadene.

El número de manchas del sol durante el ciclo de Hale, tanto para el máximo como para el mínimo solar está asociado, posiblemente, al movimiento de rotación y translación del planeta y se caracteriza por una débil circulación de las Ondas del Este, es decir, un índice de circulación zonal bajo y un bloqueo del anticiclón. Los monzones asiáticos se incrementan, las celdas de alta presión subtropicales se debilitan y el contraste de la presión barométrica superficial entre las estaciones de verano e invierno se incrementa. Por otro lado, la circulación planetaria de la atmósfera se incrementa en un intervalo de 2.5-4-5 años, lo que ocasiona el reforzamiento de las celdas de alta presión subtropicales y su desplazamiento hacia los polos. Las diferencias de presión entre el verano y el invierno sobre los continentes disminuyen, al igual que la tendencia de inviernos severos y de la aparición de intensas Oscilaciones en el Atlántico Norte.

Para concluir este apartado, se puede puntualizar que los resultados hasta aquí expuestos evidencian a los cambios en la actividad solar como un factor primordial, detonante de la variabilidad y de la variación climática en la Tierra. Por otro lado, los registros climatológicos utilizados en esta investigación, con datos de hasta 108 años, proporcionados por 300 estaciones de todo el planeta, demuestran que en períodos de tiempo cortos, ocurren variabilidades, no variaciones climáticas, ya que en el periodo que abarca este estudio, (1869-1977), en ningún caso los promedios anuales de los valores extremos de la presión barométrica, la temperatura y la precipitación superaron el valor promedio de 30 años de esas mismas variables.

Con relación a los efectos que la estocasticidad ambiental ejercen sobre diferentes comunidades, existe una diversidad importante de estudios desarrollados, tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos; para el presente análisis se han utilizado sólo los segundos, preferentemente los que tratan acerca de la abundancia y distribución de poblaciones de peces localizadas en latitudes altas del hemisferio norte, que podrían estar asociadas con la Oscilación del Atlántico Norte y con los índices de circulación zonal.

Cooney, *et al.*, (1995), calculan una correlación alta y positiva ( $r = 0.85$ ) entre la producción del salmón (*Oncorhynchus gorbuscha*) y las temperaturas del agua y del aire, durante una primavera cálida (1990) y otra fría (1991) en el Golfo de Alaska; sus resultados sugieren que esta influencia térmica puede manifestarse en la duración de la migración anual, la que a su vez está condicionada por la oscilación entre ambas temperaturas, con un intervalo de aproximadamente 2°C entre un año y otro; las áreas de migración del salmón durante años con características térmicas distintas varían en amplitud. En otro estudio realizado acerca de la abundancia de la misma especie de salmón (*Oncorhynchus gorbuscha*) y de la sardina (*Sardinops sagax*), Klyashtorin y Smirnov (1995), muestran la existencia de máximos y mínimos en las capturas registradas desde los años 30's, cuando ocurrió el primer máximo, seguido de dos mínimos en los 60's y 70's, para luego volver a incrementarse hacia los 80's; los autores concluyen que los cambios en los volúmenes de captura corresponden a cambios en la temperatura del aire ocurridos en el hemisferio norte y que un período de frío intenso se corresponde con las caídas repentinas en los volúmenes de captura de ambas especies; sin embargo y dado que los cambios en los stocks son lentos, durante el periodo de 1990-1995 las capturas se han mantenido, aunque se espera que para la primera década del próximo siglo se incrementen entre un 10 y un 20%.

El estudio realizado por Raetz y Stein (1995), muestra que la biomasa de los stocks pesqueros en el oeste de Groenlandia registró sus niveles más bajos durante 1991 y concluye que el esfuerzo pesquero no fue la variable que desencadenó la caída; para lo anterior se basa en un análisis climatológico en donde demuestra que el clima durante los últimos 40 años se ha caracterizado por dos décadas de condiciones anómalamente cálidas, seguidas de dos frías, que han dominado desde 1969; los eventos anómalamente fríos ocurrieron en 1983 y 1992. De manera similar a las anomalías registradas en la temperatura del aire, las temperaturas otoñales del océano en superficie indican periodos de enfriamiento y calentamiento en los últimos 30 años. Finalmente concluyen que, en contraste con las condiciones atmosféricas más frías de lo normal registradas al inicio de los 90's, en el océano ocurre un calentamiento intermedio en su porción superficial.

Dentro de los estudios más completos desarrollados en el Hemisferio Norte, se encuentra el de Belyaev y Shatilina (1995), en el que discuten la complejidad y la dinámica de la comunidad pelágica de peces constituida por 637 especies en la zona de Kuroshio, a la altura de Japón y las islas Kurile, en la que se incluyen especies de importancia comercial como la anchoveta (*Engraulis japonicus*), las macarelas (*Trachurus japonicus* y *Scomber japonicus*) y la sardina (*Sardinops sagax malanosticta*); según los autores, la complejidad y la dinámica de estos peces está determinada por las variaciones de largo período de las anomalías geopotenciales de la presión barométrica en la isobata de los 500 mb, misma que se encontró relacionada con varias formas de anomalías en la circulación atmosférica durante los periodos de invierno-primavera, (periodos en los que ocurre la Oscilación del Norte); éstas anomalías se reflejaron también en los patrones de la temperatura del agua.

Una de las consecuencias de la Oscilación del Norte es la extensión diferencial de la cubierta de nieve y hielo en las latitudes altas; Quinn y Niebauer (1995), la relacionaron con el reclutamiento del gado (*Theragra chalcogramma*) de dos años de edad, durante el periodo 1964-1990 y observaron, a partir del cálculo de series de tiempo, que la temperatura del aire, la cubierta de hielo y la temperatura del agua superficial presentaban un correlación significativa durante la fase previa al reclutamiento de estas especies; es así que pudieron concluir que las mayores tasas de reclutamiento coinciden con las temperaturas del aire por arriba de la normal y con una reducción en las cubiertas de hielo.

Por su parte Narayanan *et al.*, (1995), analizan de qué manera la variabilidad ambiental que modificó, tanto la cubierta de hielo y nieve como las condiciones oceanográficas durante el periodo 1980-1992, afectó, por una parte, la abundancia del salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y por otra, las áreas de migración asociadas con áreas de condiciones térmicas más cálidas durante los meses de la primavera (periodo final de la Oscilación del Norte).

Existe un estudio desarrollado por Castonguay *et al.*, (1994), en donde se analizan los reclutamientos de la anguila americana (*Anguilla rostrata*) y de la anguila europea (*Anguilla anguilla*), los cuales mermaron de manera importante. La explicación que dan es que ambas especies desovan en el Mar de los Sargazos y las larvas migran hacia aguas epicontinentales; debido a que existen evidencias indirectas de que la corriente del Gulf Stream declinó durante los 80's, piensan que podría existir un vínculo entre ambos eventos, aunque acotan que las causas de esta declinación no son del todo claras.

Dentro de los estudios desarrollados acerca de las fluctuaciones en los volúmenes de diferentes pesquerías y la actividad solar, se encuentra el de Bulatok (1995), en el que se menciona como hipótesis de trabajo para explicar las fluctuaciones en las capturas, la asociación que existe entre las diferentes fases de una población sujeta a explotación, a partir de la etapa de desove y las subsecuentes, hasta llegar a la de reclutamiento, con las fases ascendentes de la curva de actividad solar, hipótesis que corroboran con las periodicidades encontradas a través de análisis de series de tiempo.

Los estudios sobre las pesquerías, realizados con fines predictivos y asociados al Cambio Global del Clima, son múltiples y puntuales; sin embargo, tal y como afirman Kawasaki, Omory (1995) y Studenetsky (1995), no es posible señalar, a partir de las herramientas con las cuales se ha analizado el problema, que el Cambio Climático sea un hecho probado y por lo tanto, que se le puedan atribuir las variabilidades naturales de las poblaciones de las especies.

## CONCLUSIONES

- La presión barométrica, la temperatura y la precipitación, principales elementos del clima conforman áreas térmicas distribuidas en bandas latitudinales como resultado de su latitud, altitud, orografía, su ubicación con respecto a los océanos y las corrientes marinas de condiciones térmicas diferentes; sin embargo, la razón determinante de su variabilidad en el tiempo se debe a la dinámica impuesta por los cambios en la velocidad del viento observados en el patrón de circulación zonal.
- La variación de la presión atmosférica se encuentra vinculada al doble ciclo solar (ciclo de Hale), y produce en el Hemisferio Norte un decremento de los Vientos Zonales del Oeste que se asocian a los centros de alta presión.
- Se identificó una ruptura en el patrón del comportamiento de los ciclos solares y las variables climáticas (presión barométrica, temperatura y precipitación), en el año de 1925. Dicho rompimiento marcó un cambio en la relación de dichas variables, de directa a inversa y inversa a directa, aunque en algunas localidades sólo se modificó la intensidad de la asociación.
- Las precipitaciones que se registran dentro de las áreas tropicales del SE Asiático, ocasionan una disminución en la temperatura del aire superficial debido a que regresa el calor invertido en la evaporación; por lo que, el calentamiento generado por la liberación del calor latente de evaporación dentro de las nubes debe ocurrir en los niveles superiores.
- La ocurrencia tanto de El Niño como La Niña durante las 25 décadas estudiadas fue mayor en la fase descendente del ciclo solar. Se encontró una ocurrencia de 3 eventos La Niña por cada evento El Niño.
- La región del SE Asiático, a partir de la consideración de los tres elementos climáticos de presión barométrica, temperatura y precipitación, muestra que la época en la cual, las manchas solares son máximas, tanto la temperatura como la presión son negativas y la precipitación positiva, lo que corresponde a la situación más frecuente del ENSO: La Niña, denominada evento "positivo" o también evento "frío" con un Índice de Oscilación > 0.
- Existe una dependencia del 31.3% entre los eventos ENSO y la Oscilación del Atlántico Norte.

- Existe una alta correlación geográfica entre la temperatura del aire de México y Europa Occidental, mientras que, respecto a la presión barométrica, México se ubica cerca de la línea "nula" con respecto a la presión en Puerto Darwin, Australia.
- Es posible que las "altas" temperaturas registradas sobre México estén conectadas físicamente a través de la corriente del Gulf Stream con los "altos" niveles de temperatura reportados sobre el Oeste de Europa, lo que deriva en una correlación positiva en ambas regiones cuando se registra el máximo solar en el ciclo de Hale.
- Durante el período analizado (1869-1970), ocurrieron variabilidades en la presión barométrica, la temperatura y la precipitación, a partir de las cuales no se puede concluir que exista un Cambio Global del Clima, ya que en ningún caso los promedios anuales de los valores extremos de los elementos analizados superaron el valor promedio de 30 años.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



## CAPÍTULO II

### TEMPERATURA DEL AGUA EN EL GOLFO DE MEXICO Y CARIBE MEXICANO, SUS MODIFICADORES AMBIENTALES Y LOS CICLOS DE LAS MANCHAS SOLARES.

En esta segunda sección el objetivo fue, por un lado, determinar a qué concepto climático, variación ó variabilidad, conducen los cambios de la temperatura del agua en la llanura costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano durante las temporadas climáticas anuales, de Nortes, de Secas y de Lluvias a partir de su interacción con la temperatura del aire, la cobertura nubosa, los vientos dominantes, la precipitación pluvial, las descargas fluviales y la incidencia de ciclones y eventos El Niño, a escala regional; y por otro lado, establecer el efecto que sobre estas variables tuvieron los ciclos de las manchas solares en el período 1920-1990.

La fluctuación de la temperatura del agua es un indicador fundamental de la relación océano-atmósfera-sol. Las implicaciones de esta asociación deben reflejarse necesariamente, tanto en la determinación del concepto de variación ó variabilidad climática, como en la biología, abundancia y distribución de las especies pesqueras. ambos objetivos generales de la presente investigación, en todas las localidades se calcularon promedios de los últimos 30 años de registros y que en la mayoría de los caso fue de 1960 a 1990, de los 30 años previos a éste período que fue de 1929 a 1959 y el período total de 1920 a 1990, con el objeto de establecer las diferencias entre los periodos, ya que como se mencionó en la introducción existen diferentes criterios para delimitar temporalmente el clima y sus variabilidades o variaciones; de manera particular, se tomó el criterio señalado por la Organización Meteorológica Mundial (1957), ya que se sugiere que fue a partir de 1960 cuando se inició un incremento importante de los gases de invernadero generados por la actividad antropogénica, de tal manera que resultó importante comparar ambos periodos con respecto al total .

En esta fase del estudio se utilizaron los registros meteorológicos del período 1921-1990 de siete puertos del Golfo de México: (Tampico, Tuxpam de Rodríguez Cano, Alvarado, Puerto de Veracruz, Coatzacoalcos, Cd. del Carmen y Progreso), y uno del Caribe Mexicano (Cozumel); a estos registros se les aplicaron diferentes pruebas estadísticas, siguiendo siempre el mismo orden: 1) anomalías térmicas anuales, análisis de tendencia y series de tiempo a los registros de la temperatura del aire; 2) pruebas de correlación múltiple entre temperatura del aire y del agua vs ocho modificadores ambientales por cada temporada climática (Anual, Nortes, Secas y Lluvias); 3) cálculo de la dirección e intensidad de los vientos dominantes a partir del método de frecuencia acumulada.

Con los registros oceanográficos existentes, que comprenden en la región de estudio, de 1950 a 1990, se hicieron los siguientes cálculos: 1) análisis de tendencia y series de tiempo a la temperatura superficial del agua y 2) análisis de series de tiempo de la incidencia ciclónica como modificador de las temperaturas del aire y del agua.

Los diferentes análisis desarrollados de las temperaturas del aire y del agua en las ocho localidades portuarias, indican que se presenta una fuerte asociación entre ambas variables, del 50% en promedio, calculada a través de las tres temporadas climáticas; se registraron ciclos en ambas temperaturas en las ocho las localidades analizadas que podrían corresponder a los ciclos de actividad solar; los análisis de tendencia mostraron que, aunque existe un calentamiento, éste no es un indicador contundente para confirmar la existencia de un cambio climático regional, ya que los intervalos registrados no sobrepasan lo establecido por el régimen climático del Sistema de Clasificación Climático de Köppen Modificado por García, con lo cual se confirma que lo observado durante un intervalo promedio de 70 años en la región corresponde a una variabilidad climática y no a una variación o cambio climático.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. EL COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y SUS MODIFICADORES.

#### a) Tampico, Tamaulipas.

El análisis de las anomalías anuales de la temperatura del aire en Tampico mostró que los intervalos térmicos anuales se distribuyeron entre los 23.1°C y los 25.5°C, es decir, que la fluctuación máxima anual en 70 años ha sido de 2.4°C; cabe resaltar un año particularmente extremo, 1976, con 22.7°C, caracterizado como un año frío en extremo que correspondió al fin del ciclo solar número 20, y que junto con el ciclo 16, han sido los de menor actividad, dentro del período estudiado. En este año, hubo presencia de un evento El Niño de intensidad tres, de acuerdo a Quinn *et al*, (1978). Otro año sobresaliente fue 1981, con 25.5°C, clasificado como cálido en extremo, y ubicado en la cúspide del ciclo solar del ciclo 21 (Fig. 18), el comportamiento de los años 1976 y 1981 podría sugerir la existencia de un vínculo directo entre los mínimos y máximos de actividad solar, con las temperaturas del aire; sin embargo esta condición no se cumplió para todos los años. Es importante mencionar que en ambos años no se registraron ciclones y los eventos meteorológicos ocurridos solamente alcanzaron la categoría de tormentas tropicales. (Fig. 20).

Figura 20. Anomalías de la Temperatura del aire promedio anual en Tampico, Tamaulipas durante el período de 1921 a 1990.



Al analizar la tendencia térmica del aire en Tampico, se observó un patrón de fluctuación anual que, aunque oscilante, tiende al incremento, dentro de estas fluctuaciones también se registraron descensos, como sucedió en 1976, año reportado también para Estados Unidos como el más severo de este siglo Gribbin (1986), señala que se debió a que durante la década de los 70's, predominó una circulación atmosférica debilitada, lo que generó un vórtice circumpolar dilatado, así como la presencia de corrientes de chorro, sin embargo afirma, que esto constituye una variabilidad natural del clima.

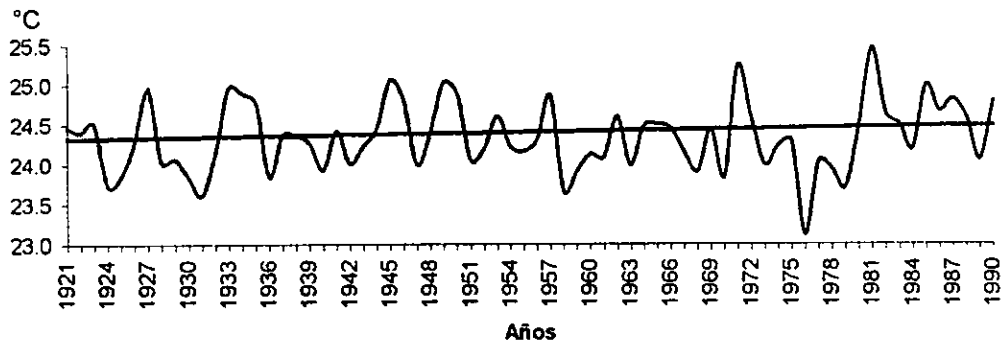
De acuerdo al tipo climático calculado por el Sistema Modificado, (García, 1988), esta región corresponde al tipo  $Aw_0(e)w^n$ , durante el período analizado se determinó que, los meses responsables del decremento de la temperatura, fueron diciembre de 1976 con 16°C, año con evento El Niño de intensidad 3; y del incremento, julio y agosto e 1981 con 28.7°C, año con evento La Niña, sin embargo estos años extremos, se encontraron dentro de los límites marcados para éste clima, que son de 18°C ó menos, para el mes más frío, y sin límite, para el mes más cálido, de tal manera que el comportamiento mensual repercutió en el promedio anual, mismo que también se encontró dentro del límite acotado en el Sistema Modificado y que corresponde a un promedio anual superior a 22°C, lo que se registra en todos los años analizados. Los resultados encontrados para esta

localidad concuerdan con Magaña, *et al.*, (1997), en donde determinan que, durante los inviernos cuando ocurre El Niño, la corriente de chorro de latitudes medias, en la que los ciclones se encuentran inmersos, se desplaza hacia el sur aproximadamente 500 km, lo que provoca una mayor incidencia de frentes fríos y lluvia en regiones como Tampico, entre otras, mientras que, durante los veranos con eventos La Niña se incrementan las temperaturas, esto comprueba la relación existente entre una Oscilación del Norte (Seesaw) y los eventos El Niño, tal y como se estableció en la sección I; Mosiño y Morales en 1988 proponen la hipótesis de que en años con eventos El Niño con una duración mayor a un año, traen consigo cambios en la intensidad de los cinturones del viento, como resultado del transporte de energía latente y cinética, con el consecuente desplazamiento de los vórtices ciclónicos de una baja latitud hacia una más alta y, viceversa, de anticiclones hacia bajas latitudes, lo que tiende a frenar el intercambio de viento entre dichos cinturones de viento, que se traduce en un índice zonal bajo tal y como se determinó a escala mundial en el capítulo I de la presente investigación.

Se observó una tendencia de calentamiento, la cual se calculó a través de una regresión lineal, por el método de mínimos cuadrados. La pendiente calculada fue  $b = 0.0022$ , y el incremento registrado se ubicó dentro del intervalo de 24.3°C a 24.5°C, es decir, que en un lapso de 70 años, de 1920 a 1990, la temperatura media anual se incrementó 0.2°C (Fig. 21). Con el objeto de detectar las diferencias en la temperatura promedio durante períodos de 30 años, de acuerdo a los criterios de la OMM, se observó que: el promedio de la temperatura durante 1920-1961 fue de 24.4°C, mientras que en los últimos 30 años del análisis, donde se abarcó de 1962 a 1992, fue de 24.5°C, de tal manera que el incremento real del promedio anual de la temperatura fue 0.1°C; se puede sugerir entonces, que el aumento observado es igual en ambos períodos, es decir, que no se ha registrado una alteración climática. Cabe destacar que, el análisis de tendencia resultó poco robusto desde el punto de vista estadístico, ya que existieron años anómalos positivos como 1981 y 1971 (años con eventos La Niña), y negativos como 1976 y 1958 (años con eventos El Niño), además de otros años cuya anomalía no fue tan marcada, esto generó una desviación de la tendencia, con respecto al promedio, lo que confirma que el comportamiento de las variables climáticas no es de tipo lineal según señalan Wiin-Nielsen (1996), sino que se comporta como un sistema no lineal compuesto por elementos de tipo estocástico según señalan Garduño (1994) y Dobrovolski y Choundhry (1996). Por último destaca la tendencia negativa de la temperatura durante los años de 1982 y 1983 Antuña, *et al.*, (1996) señalan que esto fue causado por la erupción volcánica del Chichón, evento durante el cual se registró una reducción del ingreso de la radiación solar, como resultado del incremento en la estratósfera de una gran cantidad de cenizas.

Dentro del análisis de la tendencia de la temperatura del aire, es importante destacar que, si bien existe un incremento térmico sostenido a lo largo de 70 años, este obedece también a las alteraciones ocurridas en la abundancia de la vegetación, Flores y Gerez (1994), analizan que al inicio de la década de los 80's hubo una reducción del 20.7% en la cubierta vegetal, por efectos de uso agropecuario y, a finales de ésta, hubo un 13% más de reducción lo que hace un total del 35.6%; dentro de esta estimación se incluyeron los bosques de pino, de pino-encino, de encino, de tascate, mésofilo de montaña, selva mediana subperennifolia y subcaducifolia, caducifolia, espinosa, matorral espinoso, desértico, submontano, mezquital, pastizal natural, pastizal halófito, manglar y tular. Las consecuencias de esta deforestación son básicamente dos, pérdida de suelo e incremento en el aporte de terrigenos hacia las áreas costeras, además de un aumento térmico, por la ausencia de cubierta vegetal y de una merma en el volumen de la precipitación tal y como se calculó en la Sección III (Fig. 77); de tal manera que, la tendencia de la temperatura ambiental observada, puede ser consecuencia de esta alteración, y cuyo origen es, en parte, antropogénico y responde a actividades socioeconómicas de agricultura de riego y temporal, situación que se tradujo en una merma en el volumen de escurrimiento del Río Pánuco .

Figura 21. Tendencia de la Temperatura del aire promedio anual durante el período de 1920 a 1990 en Tampico, Tamaulipas .

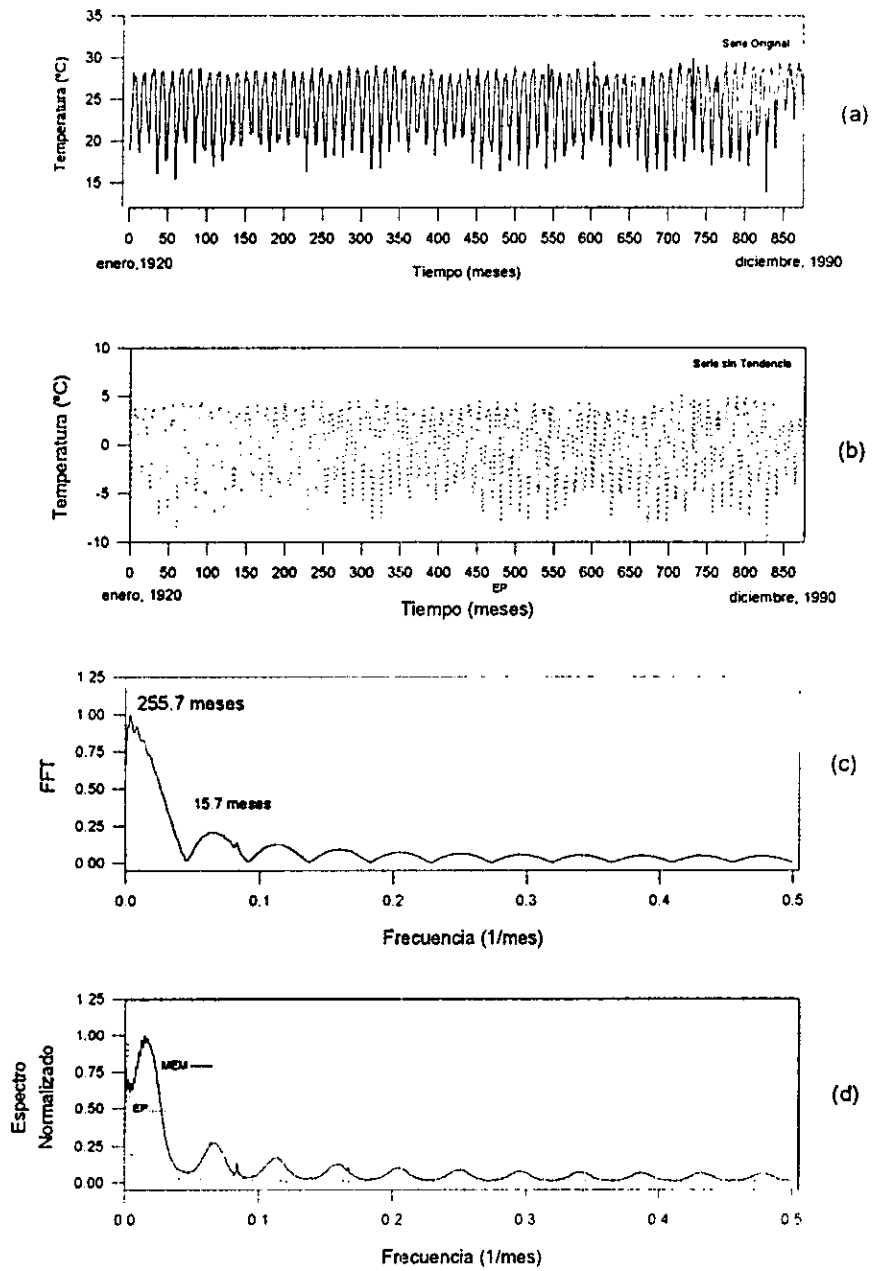


La temperatura media anual presenta ciclos de diferente escala temporal. Algunos de éstos ciclos se encuentran asociados, con los eventos El Niño en el ciclo que corresponde a 5.6 años (Sección I, Tabla 7), y con la actividad solar, en los ciclos de 5.4, y el de 21.3 años que podría corresponder al doble ciclo de actividad solar (Ciclo de Hale), al respecto Adem (1976), menciona que, en las latitudes subtropicales y hasta las polares, el doble ciclo de manchas solares enmascara la significancia del ciclo solar de 11 años, debido a que los máximos de las manchas solares alternados tienen efectos opuestos sobre la circulación atmosférica y el estado del tiempo meteorológico, lo que explica porqué sólo dos años (1976 y 1981) registraron un comportamiento vinculado al ciclo solar de Wolf; mientras que el resto del comportamiento patrón lo fue con el doble ciclo solar. Por último el ciclo de 42.7 años podría considerarse como un armónico secundario del ciclo solar de 80 años que corresponde al ciclo de Gleissberg. Los resultados se presentan en la tabla 9 y figura 22, respectivamente. Las diferentes periodicidades observadas se calcularon en este puerto, al igual que en los otros siete, con registros mensuales para observar los ciclos de esta misma escala temporal y no sólo de la anual, que podría enmascararlos, (Tabla 9 y Fig. 22).

Tabla 9. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del aire en Tampico, Tamaulipas durante el período de 1920 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 68.2$ meses (5.6 años)	$T_1 = 255.7$ meses (21.3 años)	$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)
$T_2 = 15.2$ meses	$T_2 = 15.7$ meses	
$T_3 = 8.8$ meses	$T_3 = 8.9$ meses	

Figura 22. Series de Tiempo de la Temperatura del aire en Tampico, Tamaulipas. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



Para determinar el grado de asociación entre las variables que intervinieron en el patrón de la temperatura del aire (precipitación, evaporación, cobertura nubosa, eventos El Niño, incidencia ciclónica, descargas fluviales e Índice de Zürich), y su influencia en la temperatura superficial del agua de la zona costera del Golfo de México, se calcularon correlaciones múltiples de Pearson, tanto anuales como por temporada climática, con la finalidad de establecer el tipo de relación que guardaron, ya que a lo largo del año presentaron modificaciones, además de que establecieron una combinación particular con los diversos elementos del tiempo en cada una de las ocho localidades geográficas, y una respuesta diferencial para cada una de las temporadas climáticas de Nortes (de noviembre a febrero), Secas (marzo y abril) y Lluvias (mayo a octubre) (Tablas 10, 11, 12 y 13). Todas las correlaciones calculadas tuvieron un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

Debido a la estructuración de los resultados, sólo se analizará en este capítulo la asociación de las variables referentes a la temperatura del aire y las del agua, así como de sus modificadores, y en el capítulo siguiente aquellas relacionadas con la salinidad y la precipitación y sus modificadores; cabe señalar que esto no significa una ruptura entre todas las variables, sino que, para fines prácticos, resulta más objetivo analizarlas de manera independiente.

Tabla 10. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio anuales en Tampico, Tamaulipas.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despej	El Niño	I. Zürich	Ciclón	Descar	T.Agua	Salinid
T.Aire	-0.38	<b>-0.87*</b>	-0.35	0.32	<b>1.0*</b>	0.16	<b>0.98*</b>	<b>-0.49*</b>	<b>1.0*</b>	<b>1.0*</b>
Lluvia		0.31	0.18	0.15	-0.37	-0.18	-0.28	<b>0.44*</b>	<b>-0.68*</b>	<b>-0.42*</b>
Evapor			0.01	-0.09	<b>-0.87*</b>	-0.24	<b>-0.85*</b>	<b>0.55*</b>	<b>-0.87*</b>	<b>-0.84*</b>
Nublado				-0.32	-0.35	0.12	-0.35	0.03	-0.34	-0.38
Despej					0.30	-0.30	-0.36	0.06	0.31	0.31
El Niño						0.14	<b>0.97*</b>	<b>-0.51*</b>	<b>1.0*</b>	<b>0.99*</b>
Zürich							0.10	-0.11	0.16	0.18
Ciclón								<b>-0.43*</b>	<b>0.98*</b>	<b>0.97*</b>
Descarg									<b>-0.50*</b>	<b>-0.50*</b>
T.Agua										<b>1.0*</b>

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Al calcular correlaciones anuales entre las variables meteorológicas y oceanográficas destacaron valores de asociación superior al 40%, entre las que se encontraron: la temperatura del aire y la salinidad ( $r = 1.0$ ), la temperatura del aire con respecto a la evaporación, con una correlación inversa de  $r = -0.87$ ; la temperatura del aire y los eventos El Niño, con una  $r = 1.0$ ; la temperatura del aire y la incidencia ciclónica, con una  $r = 0.98$ ; la incidencia ciclónica y los eventos El Niño, con una  $r = 0.97$ ; la temperatura del agua y la del aire, con una  $r = 1.0$ ; la temperatura del agua y la evaporación, con una correlación inversa de  $r = -0.87$ , al respecto Sverdup, *et al.*, (1970) y Garduño (1994), señalan que cuando se desencadena el proceso de evaporación en el océano por un incremento térmico, existe consumo calor por parte de éste último y en consecuencia ocurre una retroalimentación negativa, esto podría constituir un elemento que explique la relación encontrada entre la temperatura del aire y la salinidad; la temperatura del agua y eventos El Niño, con una  $r = 1.0$ ; la temperatura del agua y la incidencia ciclónica, con una  $r = 0.98$ ; y por último, las descargas fluviales y la temperatura del agua, con una correlación inversa de  $r = -0.50$ . Es importante mencionar que los demás valores de asociación calculados contribuyeron también, aunque en menor grado, a la variabilidad térmica, tanto del aire como del agua y que en conjunto se constituyen como variables sinérgicas dentro de todo el sistema atmósfera-océano.

Los resultados obtenidos por temporadas climáticas se presentan en las tablas 11, 12 y 13, y corresponden a las temporadas de Nortes (de noviembre a febrero), Secas (marzo y abril) y Lluvias (de mayo octubre); este escala temporal fue determinado por Sánchez-Santillán, (1994).

Tabla 11. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Nortes en Tampico, Tamaulipas.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despej	El Niño	Zürich	Descar	T. Agua	Salinidad
T.Aire	-0.13	0.30	-0.12	-0.17	0.0	0.09	-0.01	<b>0.49</b>	0.10
Lluvia		-0.07	-0.06	0.02	0.23	-0.17	0.08	-0.15	-0.11
Evapor			-0.02	<b>0.40*</b>	-0.03	-0.01	0.27	0.29	0.25
Nublado				-0.16	-0.06	-0.02	-0.22	0.25	0.11
Despej					-0.20	-0.31	<b>0.44*</b>	-0.20	-0.07
El Niño						-0.23	0.0	0.09	-0.05
Zürich							-0.17	-0.20	0.31
Descarg								0.35	-0.33
T.Agua									-0.23

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Durante la temporada de Nortes, los coeficientes de correlaciones se abatieron con respecto a la correlación anual, como respuesta de los eventos meteorológicos propios de la temporada, en la que la incidencia ciclónica es prácticamente nula, mientras que se incrementa el número de frentes fríos y de las masas de aire polar modificado ó "nortes" y cambia la dirección de los vientos dominantes (Fig. 23), por otra parte eventos a una escala temporal mayor como El Niño, quedan enmascarados, lo que explica la disminución en el coeficiente de correlación. Las variables que registraron una mayor asociación fueron la temperatura del agua y la del aire con una  $r = 0.49$ , destaca que esta relación fue 50% menor con respecto a la calculada durante el periodo anual; por otra parte la relación entre la evaporación y la temperatura del aire tuvo un vínculo positivo del 30%. El resto de las variables presentaron una asociación de magnitud menor, aunque también contribuyeron a la respuesta total del comportamiento térmico en la localidad del Puerto de Tampico.

Tabla 12. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Secas en Tampico, Tamaulipas.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despej	El Niño	Zürich	Descar	T. Agua	Salinidad
T.Aire	0.08	0.08	-0.02	0.25	-0.08	-0.21	-0.04	0.16	-0.06
Lluvia		-0.03	-0.02	<b>0.41*</b>	-0.18	0.07	<b>0.41*</b>	-0.14	<b>-0.40*</b>
Evapor			<b>-0.63*</b>	0.12	0.04	-0.14	0.10	0.23	<b>0.44*</b>
Nublado				<b>-0.23</b>	-0.07	0.16	-0.07	-0.09	-0.25
Despej					-0.16	-0.39	0.26	-0.26	-0.11
El Niño						-0.07	-0.08	0.24	0.03
Zürich							-0.13	0.10	0.17
Descarg								-0.10	0.14
T.Agua									0.04

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Durante la temporada de Secas, la asociación calculada más alta correspondió a la cobertura nubosa (número de días nublados) y a la evaporación, con una correlación inversa de  $r = -0.63$ , lo que podría deberse a dos aspectos, primero por la reducción térmica ocasionada por el impedimento del ingreso de la radiación por la nubosidad, lo que merma las temperaturas y en consecuencia las evaporaciones Garduño (1994); y por otra que, durante los meses de la temporada de Secas, se estimó una merma en la intensidad del viento (Fig. 23), lo que contribuyó también a una disminución de la evaporación. Destaca la baja correlación entre las temperaturas del agua y del aire, con una  $r = 0.16$ , con respecto a la calculada durante la temporada de Nortes (49%), así como dentro del intervalo anual (100%). Al igual que en la temporada de Nortes, durante la época de Secas, existió una multiplicidad de variables que contribuyeron, aunque con un porcentaje bajo, a la

explicación total del comportamiento térmico, tanto del aire como del agua; sin embargo, en todos los casos los valores de correlación entre las diferentes variables fueron entre un 30% y 50% menores con respecto a la temporada de Nortes y a la Anual.

Tabla 13. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Lluvias en Tampico, Tamaulipas.

	Lluvia	Evapor	Nublad	Despej	El Niño	Zürich	Ciclón	Descar	T.Agua	Salinid
T.Aire	-0.22	0.32	<b>-0.49*</b>	0.30	-0.04	0.22	-0.12	0.26	<b>0.48*</b>	<b>0.45*</b>
Lluvia		-0.07	0.23	0.28	-0.02	-0.13	<b>0.47*</b>	<b>0.44*</b>	-0.33	<b>-0.41*</b>
Evapor			<b>-0.71*</b>	0.38	-0.12	-0.25	0.10	0.25	0.17	<b>0.42*</b>
Nublad				<b>-0.54</b>	0.07	0.24	0.17	-0.15	-0.31	<b>-0.48*</b>
Despej					-0.21	-0.36	0.26	0.21	-0.08	0.04
El Niño						-0.21	-0.21	-0.10	0.07	-0.22
Zürich							-0.28	-0.01	0.23	0.18
Ciclón								0.32	<b>-0.68*</b>	-0.21
Descarg									-0.05	0.01
T.Agua										0.14

- Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

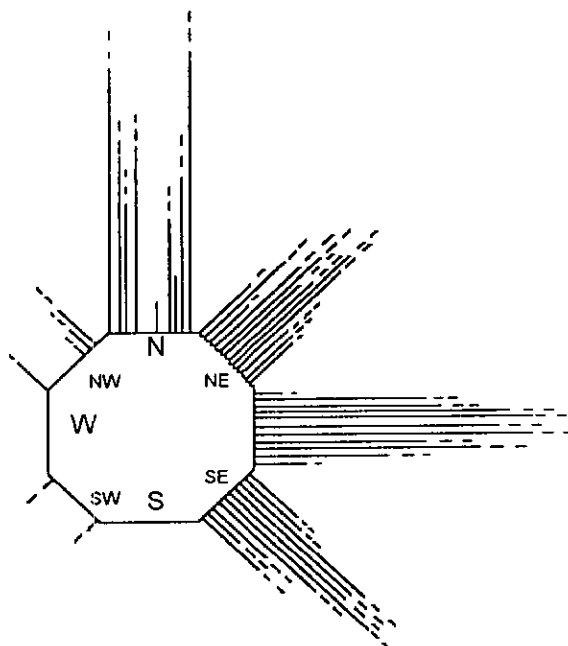
En la temporada de Lluvias las asociaciones más importantes se dieron entre la temperatura del aire y la del agua con una  $r = 0.48$ , vínculo semejante al establecido durante la temporada de Nortes; la temperatura del aire y la nubosidad con una correlación negativa de  $r = -0.49$ , que correspondió a la más alta con respecto a las otras dos temporadas climáticas y por otro lado, ligeramente mayor a la calculada para el período anual; la temperatura del aire estuvo asociada con la salinidad en sentido positivo con una relación del 45%; respecto de la temperatura del agua y la incidencia ciclónica la relación fue inversa con una  $r = -0.68$ , lo que significa que, la incidencia ciclónica ejerce una influencia 85% mayor en el sistema oceánico con respecto al atmosférico.

En las tres temporadas climáticas, así como en la anual, las correlaciones calculadas entre las diferentes variables y el Índice de Zürich (promedio mensual del número de Manchas Solares), resultaron en promedio con una relación del 23%.

El patrón de vientos en Tampico (Fig. 23), mostró una dominancia a lo largo de todos los meses, con una componente del NE y SE, cuyos valores oscilaron entre 4.30 y 6.40 m/s, los cuales incrementaron su intensidad durante la temporada de Lluvias, a 6.40 m/s. La dirección E reflejó una frecuencia menor, a través del año, con un valor promedio de 1.31 m/s, pero con una intensidad superior durante la temporada de Lluvias (5.35 m/s en promedio), con respecto a las otras dos direcciones mencionadas. Sobresalió la incidencia de los vientos de dirección N durante la temporada de Nortes, con una intensidad y frecuencia promedio de 5.35 m/s; en esta misma temporada fue factible registrar vientos con dirección NW y SW, aunque con menor frecuencia, pero con una intensidad que osciló entre 0.25 y 6.40 m/s. La dirección e intensidad del viento indicó en la localidad de Tampico, la predominancia de los vientos alisios con dirección NE, E, y SE durante la temporada de Lluvias (mayo a octubre), mientras que, durante la temporada de Nortes y Secas, lo fueron tanto de nortes, como de frentes fríos; estas dos situaciones reflejan el doble desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia durante la circulación de invierno y durante la de verano, y con ella el movimiento de la celda Bermuda-Azores tal y como lo señala García (1989).

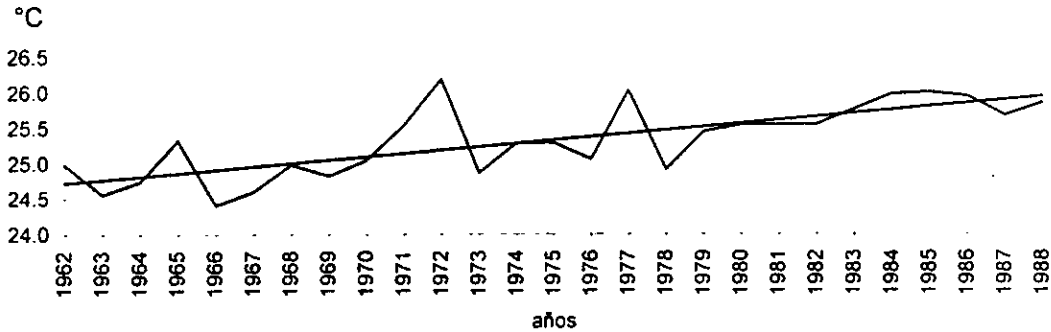


Figura 23. Dirección e Intensidad promedio mensual de los Vientos Dominantes en Tampico, Tamaulipas.



La temperatura del agua en la zona costera de Tampico registró un incremento de  $1.2^{\circ}\text{C}$  en período 1962-1988, es decir, durante un lapso de 26 años, con un intervalo que osciló de  $24.7^{\circ}\text{C}$  a  $25.9^{\circ}\text{C}$ , calculado a través de una regresión lineal, con una pendiente de  $b = 0.046$ , lo que significó un gradiente de incremento térmico de  $0.04^{\circ}\text{C}$  por año, con un incremento total de  $1.2^{\circ}\text{C}$  (Fig. 24). Dentro del período en el que se calculó la tendencia sobresalieron los años de 1972 y 1965 con anomalías positivas, en ambos años hubo eventos El Niño de intensidad dos y tres respectivamente; mientras que en los años de 1976 y 1978 las anomalías fueron negativas y, en ambos se reportaron eventos La Niña; estos cuatro años provocan un efecto de sesgo en el valor promedio de la tendencia. Por otro lado, la localización del mareógrafo, de donde se obtuvieron los registros termo-halinos, se encuentra inmersa dentro del área donde se desarrollan las actividades portuarias de embarque y desembarque, así como de descargas urbanas, de tal manera que, el patrón de comportamiento no refleja de manera certera el comportamiento térmico de la capa superficial del Puerto de Tampico.

Figura 24. Tendencia de la temperatura del Agua en la zona costera de Tampico, Tamaulipas durante el período de 1962 a 1988.



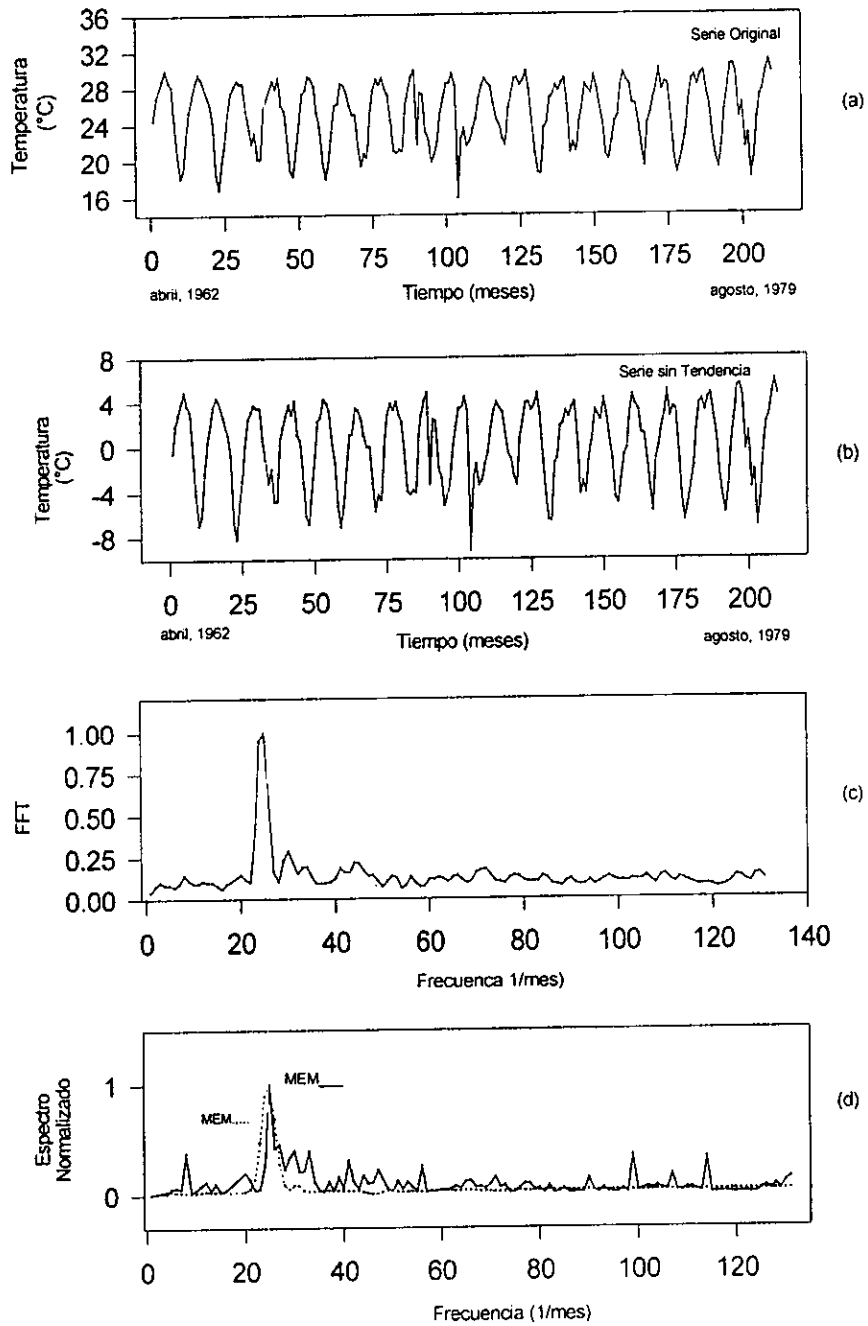
Las diferentes oscilaciones observadas en el comportamiento de la temperatura del agua de la región portuaria de Tampico (Fig. 24), observadas en el análisis de tendencia, se determinaron a través de series de tiempo. Los resultados calculados se presentan en la tabla 14 y figura 25; estas series se determinaron con registros mensuales para no enmascarar los resultados con valores anuales.

Tabla 14. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del agua superficial en Tampico, Tamaulipas durante el período de 1962 a 1979.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 11.6$ meses
$T_2 = 36.5$ meses (3 años)	$T_2 = 9.4$ meses	
$T_3 = 2.6$ meses		

Las periodicidades, calculadas a través de una serie de tiempo, de la temperatura superficial del agua mostraron tres ciclos fundamentales: el primero de ellos, de 11.6 meses, corresponde al ciclo anual, y podría equivaler al tiempo durante el cual se desarrolla el proceso de la ciclogénesis en la Corriente de Lazo, tal y como lo señalan Glenn y Ebbsemeyer (1993), en donde estiman este proceso en 286 días (9.4 meses); mientras que el de 2.6 meses podría representar la periodicidad estacional de Secas y, el de 3 años, podría corresponder a uno de los ciclos solares reportados por Otaola, *et al.*, (1993), o a los de eventos El Niño calculados en la sección I (Tabla 7).

Figura 25. Series de Tiempo de la Temperatura del agua superficial en Tampico, Tamaulipas. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



Destacó en Tampico la influencia de la temperatura del aire sobre la del agua, durante las temporadas de Nortes y de Lluvias cuya relación positiva fue aproximadamente del 50%, por otro lado el incremento térmico registrado durante el periodo 1920-1990, fue de  $0.2^{\circ}\text{C}$ , y se puede considerar como uno de los más bajos con respecto al resto de las localidades portuarias analizadas; la tendencia de la temperatura del agua, también, reflejó una pendiente positiva, es decir, un calentamiento de  $1.2^{\circ}\text{C}$  en 26 años dentro del periodo 1962-1988, sin embargo esta tendencia no es concluyente estadísticamente para aseverar la existencia de una transición o cambio climático. Los eventos El Niño guardaron una relación alta y positiva con la temperatura del aire de un 100% en una escala temporal anual, sin embargo, al correlacionarlas por temporadas climáticas, esta relación disminuyó considerablemente, hasta niveles prácticamente despreciables, de entre  $-0.4$  y  $-0.8\%$ ; esto se debe posiblemente a que: las alteraciones meteorológicas que se desencadenan durante los años en que se registra El Niño, tienen una duración anual o bianual, de acuerdo a la intensidad del evento; de tal manera que, no es posible delimitar en una escala temporal menor a un año, los efectos de éste sobre la temperatura del aire, tal y como se corroboró en las series de tiempo en donde predominó un ciclo de 5.6 años. Las alteraciones térmicas del aire se reflejaron de la siguiente forma: durante los años con eventos El Niño ocurrió un decremento térmico con respecto a los años con eventos La Niña, esta merma fue detectada durante la temporada de Nortes; lo que podría sugerir, por un lado el descenso de la Zona Intertropical de Convergencia con el consecuente debilitamiento de los vientos alisios en la latitud de la localidad de Tampico, y que podría favorecer una intrusión mayor tanto de los frentes fríos como de los nortes provenientes de Canadá y Estados Unidos; situación contraria en años con eventos La Niña.

Los ciclos de la temperatura del aire, mostraron tres periodicidades, la primera de 5.6 años, asociada posiblemente con una de los ciclos calculados en la sección anterior para los eventos El Niño; el segundo ciclo de 21.3 años, período estrechamente relacionado con el doble ciclo solar o de Hale, tal y como lo atribuye Adem (1976) para las regiones tropicales.

El efecto de la precipitación sobre la temperatura del aire, mantuvo una relación negativa del 22%, perceptible sólo durante la temporada de Lluvias, lo que se debe, posiblemente, a que durante esta temporada, el volumen de precipitación fue de 830.5 mm, es decir que durante ésta el volumen representó el 83%, con respecto a las otras dos temporadas, mientras que en Nortes y Secas el volumen de precipitación fue del 17%, lo que explica el decremento en el coeficiente de correlación. La evaporación registró un vínculo negativo con la temperatura del aire a través del año de aproximadamente el 59%, consecuencia probable, de las características isotermas estimadas para esta localidad. La cobertura nubosa mantuvo una relación negativa con la temperatura del aire, durante la temporada de Lluvias del 49%. Perry y Walker (1977), lo atribuyen a que, en las áreas donde predominan los vientos alisios, la nubosidad acumula una gran cantidad de calor latente, lo que incrementa las temperaturas del aire y del agua, esta energía se desarrolla a través de procesos convectivos, y el exceso de calor latente se libera a través de las precipitaciones; lo que explica la asociación negativa de éstas con la temperatura del agua durante la temporada de Lluvias en un 22%; al respecto Garduño (1994), complementa este argumento y explica que las gotas de lluvia se evaporan parcialmente en su caída y con ello provocan un descenso en la temperatura.

Los vientos dominantes, durante la temporada de Nortes, se registraron con una dirección N y una velocidad promedio de 5.3 m/s; en la de Secas con una dirección NE y SE con 4.3 m/s y 6.4 m/s de velocidad respectivamente; por último en la temporada de Lluvias, con dirección E y velocidad de 5.35 m/s, a partir de estos resultados se muestra que, la intensidad y velocidad es homogénea, y cambia sólo la dirección como resultado del desplazamiento dos veces al año del sistema de vientos, lo que provoca un predominio de los frentes fríos y de las masas de aire polar modificado durante la temporada de Nortes; de los vientos alisios durante la temporada de Lluvias, y durante la temporada de Secas es cuando ocurre el desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia, y es lo que determina esta dirección; por otra parte, tanto la intensidad calculada a través del año, como las diferentes direcciones calculadas, podría deberse a que, la planicie costera en esta región tiene una longitud aproximada de 154 km, y no existen porciones montañosas cercanas a la costa que desvien o encañonen los vientos de origen tanto alisio, como de frentes fríos, por otro lado; la dirección e intensidad de estos vientos provocaron alteraciones en la temperatura tanto del aire como del agua, por efectos de fricción según señala Sverdrup, *et al*, (1970), al respecto Birol y Elsner (1998), afirman que, en

la porción norte del Golfo de México, en la región de Tampa, Bay, con una intensidad y dirección del viento, semejante a las calculada en este estudio, el coeficiente de correlación entre el viento y la velocidad de fricción en las porciones lejanas a la costa, depende de las temperaturas del aire y del agua de manera significativa, mientras que en las localidades portuarias, el intercambio de calor entre el aire y al agua, contribuye a estabilizar ambas temperaturas, y esto explica en cierta forma el comportamiento isotermal de la región portuaria de Tampico, aunado también a la longitud de la planicie; sugieren además que, las fluctuaciones térmicas provocan turbulencias mecánicas en las áreas costeras terrestres y marinas; en este sentido Rossby (1954), señala que, las diferencias entre los climas terrestres y los oceánicos son causados por las diferencias de calor específico entre las rocas y el agua, sin embargo, afirma que es más correcto explicarlo a partir de que, las capas superiores del océano se encuentran siempre en estado de violenta agitación, por lo que la pérdida o ganancia de calor en la superficie se distribuye a través de un gran volumen de agua y es éste proceso es lo que reduce los contrastes térmicos entre el día y la noche y entre el verano y el invierno.

Las asociaciones entre la temperatura del aire y los ciclos de manchas solares, reflejaron una escala temporal anual, con relaciones significativas del 99%, mientras que en escalas temporales menores, como las temporadas climáticas, el valor disminuyó de manera importante, ya que los efectos del Sol sobre la temperatura del aire mantuvieron una relación periódica de 21.3 años, lapso que corresponde al ciclo solar de Hale y que tal y como señala Adem (1976), en latitudes subtropicales el doble ciclo solar enmascara el ciclo solar de Wolf.

La cobertura nubosa presentó en todos los casos una relación inversa con la temperatura del aire, y fue más estrecha durante la temporada de Lluvias en un 49%, lo que se debe en parte al bloqueo de la radiación solar y en consecuencia el calor se reduce y esto abate las temperaturas (Garduño, 1994); las descargas fluviales, también mantuvieron una relación inversa del 68% con la temperatura del agua durante la temporada de lluvias, temporada en la que se registró el mayor volumen de descarga fluvial, cabe señalar que a través de las temporadas climáticas hubo una variación, lo que se debe posiblemente, a las diferencias en los volúmenes de escurrimiento que se registran a lo largo del año como consecuencia de las lluvias de verano y los ciclones y, en la temporada de Nortes, a las masas de aire polar modificado de carácter húmedo; este descenso térmico en las aguas costeras, debido a la descarga fluvial, podría atribuirse a que la temperatura de éstas es menor a la de la zona costera lo que explica la relación negativa. Respecto a la incidencia ciclónica, la asociación fue negativa y del -12% con la temperatura del aire, sin embargo, con la temperatura del agua también lo fue negativa aunque del 68%, los resultados concuerdan con lo que señala Jauregui (1989), en donde se confirma que el estado de Tamaulipas, es el segundo en orden de incidencia de estos meteoros, y la probabilidad de que toquen tierra es del 80% con respecto a todo el Golfo de México y el Caribe Mexicano, esta diferencia en el grado de asociación con las temperaturas del aire y del agua, se debe probablemente a que durante la ocurrencia de estos meteoros, se incrementa el volumen de las precipitaciones y en consecuencia las descargas fluviales, las que podrían explicar, en parte, esta merma en la temperatura del agua superficial en el área cercana a la costa.

El impacto de los eventos El Niño como modificador de la temperatura del agua superficial, se apreció como un incremento generalizado, con respecto a los años con eventos La Niña, dicho aumento se registró durante las tres temporadas climáticas, y principalmente durante la temporada de Secas con 0.6°C, mientras que durante las de Nortes y Lluvias fue de 0.1°C; situación contraria a lo que ocurrió en la temperatura del aire, esto obedece posiblemente a que, durante años con evento El Niño, se registró un descenso importante de ciclones, así como un debilitamiento de los alisios, con el consecuente decremento tanto de descargas fluviales como pluviales, lo que se traduce en un impacto menor sobre las temperaturas del agua superficial en la región costera, mientras que, el incremento de los frentes fríos provoca en la atmósfera bajas temperaturas.

Finalmente los ciclos de manchas solares fueron poco significativos, ya que ninguno de los ciclos estimados se encontró vinculado con la temperatura del agua, a diferencia de lo que ocurrió con la temperatura del aire, tal y como se observó en los análisis de series de tiempo. Los ciclos de la temperatura del agua calculados en la región portuaria de Tampico fueron de 11.9 meses y podrían corresponder a la ciclogénesis de los giros de la Corriente de Lazo tal y como lo señala; Fuglister (1951), donde el ciclo anual de la velocidad de la Corriente de Lazo está en fase con el ciclo anual de los vientos alisios; por otro lado, el ciclo de 9.4 meses calculado a

través de la transformada de Fourier, correspondió a lo referido por Glenn y Ebbsemeyer (1993), en donde estiman este proceso en 286 días, periodo equivalente a 9.4 meses. Las periodicidades calculadas para la temperatura del aire y la del agua, mostraron discrepancias importantes, mientras que la primera se encontró vinculada con otros procesos atmosféricos y con la actividad solar, la del agua, lo fue anual, esto se debe a que, los procesos de intercambio térmico en la atmósfera son comparativamente más dinámicos con respecto a los que ocurren en el mar, tal y como lo señalan Sverdrup, *et al.*, (1970); Perry y Walker (1977).

**b) Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.**

El análisis de las anomalías anuales de la temperatura del aire en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz, registró intervalos térmicos cuya distribución estuvo comprendida entre los 21.7°C y los 28.7°C, es decir, que la fluctuación máxima en 70 años correspondió a 7°C; sobresalieron dos periodos antagónicos entre sí: el primero de ellos, de 1956-1959, caracterizado como frío, con temperaturas promedio de entre 21.7°C y 23.1°C; el otro comprendió los años de 1982-1987, con una oscilación promedio de entre 27.3°C y 28.7°C. Es importante mencionar que ambos periodos, aunque antagónicos en cuanto su patrón térmico, formaron parte de dos de los ciclos solares más intensos: el 19 (el mayor del siglo) y el 21, respectivamente; en los dos periodos se reportaron eventos El Niño de intensidad cuatro, de acuerdo a Quinn *et al.*, (1978), y en el segundo de ellos se registró el "El Niño del Siglo", durante 1982-1983. Respecto a la incidencia ciclónica, en el primer periodo hubo, en promedio, nueve eventos por año, mientras que en el segundo, solo tres (Fig. 26).

Figura 26. Anomalías de la Temperatura del aire promedio anual en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz durante el periodo de 1922 a 1990.



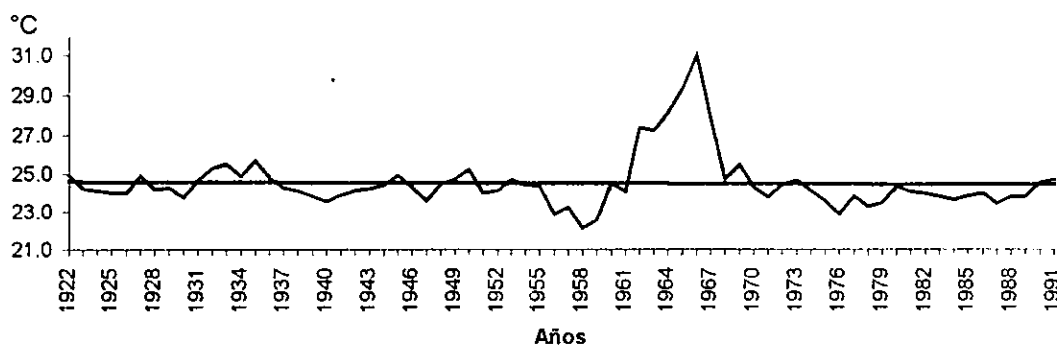
La tendencia térmica del aire en Tuxpam de Rodríguez Cano, mostró un patrón cíclico con una definición bastante clara, a excepción del tercer ciclo, que abarcó de 1960 a 1973, aproximadamente, y en el cual el intervalo de oscilación fue muy intenso, del orden de 22 °C a 30 °C; fuera de éste, los otros tres se presentaron bastante regulares y con una oscilación baja. De acuerdo al Sistema Modificado (García, 1988), esta región cuenta con un clima tipo  $Ax'(w_1)(e)w''$ ; los intervalos térmicos delimitados por el Sistema indican que no se da límite para el mes más caliente. En el periodo de 1960 a 1973 se determinó que los meses más cálidos fueron abril, mayo y junio y los intervalos térmicos estuvieron comprendidos entre 23°C y 24.3°C. Respecto a la temperatura media anual, el Sistema Modificado define a este tipo climático por encima de los 22°C y las temperaturas registradas durante este lapso fueron de entre 23.7°C y 29.2°C. Asimismo, el análisis no refleja una tendencia de calentamiento, e incluso, se calculó una regresión ligeramente negativa, cuya pendiente fue  $b = -0.0024$ . (Fig. 27). Por otro lado, el promedio de la temperatura del aire en los últimos 30 años, que abarcó el periodo de 1961 a 1991, fue de 24.9°C, mientras que el promedio de 1922 a 1991 fue de 24.5°C, lo que

implica un decremento de la temperatura de  $0.4^{\circ}\text{C}$ . Cabe destacar que se observó un periodo cálido que abarcó de 1963 a 1967, éste se encontró ubicado dentro de una fase negativa del doble ciclo solar, mientras que, aproximadamente, el periodo de 1974 a 1990 se estimó como frío y se localizó dentro de la fase positiva del doble ciclo solar; al respecto Adem (1976), sugiere que el doble ciclo solar tiene efectos opuestos sobre el tiempo y la circulación atmosférica, lo que podría explicar, como durante el primer periodo 1962-1967, que corresponde al periodo de mínimas manchas solares registradas entre el ciclo 19 y 20 de Wolf, y que induciría a pensar que podrían registrarse menores temperaturas, resulta opuesto, son años caracterizados como cálidos y muy cálidos, mientras que el de 1974-1990 pertenece al ciclo solar 21 de Wolf, periodo durante el que se registraron abundantes manchas solares, y en consecuencia deberían registrarse mayores temperaturas, sin embargo, ocurre lo contrario. El incremento térmico observado durante 1963-1967, coincide con un incremento de 57 días en promedio, del número de días con cobertura nubosa, con respecto a los otros años observados tanto antes como después de este periodo; lo que ocasionó posiblemente, una merma en la temperatura al presentarse una disminución de la penetración de la radiación solar, sin embargo, pese a que hubo un aumento en la nubosidad, el volumen de precipitación registrado fue menor durante este mismo periodo (Fig. 85, Sección III), lo que se debe posiblemente a que las nubes pertenecieron al tipo estratos, cúmulos y cirros, y son nubes que no generan precipitaciones (Candel, 1971), además de que, durante este lapso, ninguno de los ciclones que se generaron en el Atlántico, tocaron tierra, aspecto que contribuyó en la merma de la precipitación.

Cabe destacar que se observó al igual que en Tampico, un decremento térmico en los años de 1982, 1983 y 1984, Antuña, *et al.*, (1996), atribuyen esta merma a la erupción del volcán Chichón.

Este tipo de análisis lineal presentó dos deficiencias, por un lado sólo se aprecia una parte del comportamiento del periodo, que resultó con una ligera pendiente negativa y por otro que, al existir desviaciones tan extremas con respecto al promedio como el periodo 1963-1967, la tendencia adquiere un sesgo estadístico con una pérdida en la robustez del análisis.

Figura 27. Tendencia de la Temperatura del aire promedio anual en Tupam de Rodríguez Cano, Veracruz durante el periodo de 1920 a 1990.



Las distintas periodicidades observadas en los análisis anteriores de anomalías y de tendencia se corroboraron a través de una Serie de Tiempo, la cual se calculó con valores mensuales, con el mismo propósito que en Tampico (Tabla 15 y Fig. 28), y es a partir de este análisis que se comprueba la existencia de un comportamiento periódico, y que calculado a través de herramientas estadísticas no lineales adquiere una robustez mayor, tal y como lo señala Alkezweeny (1995).

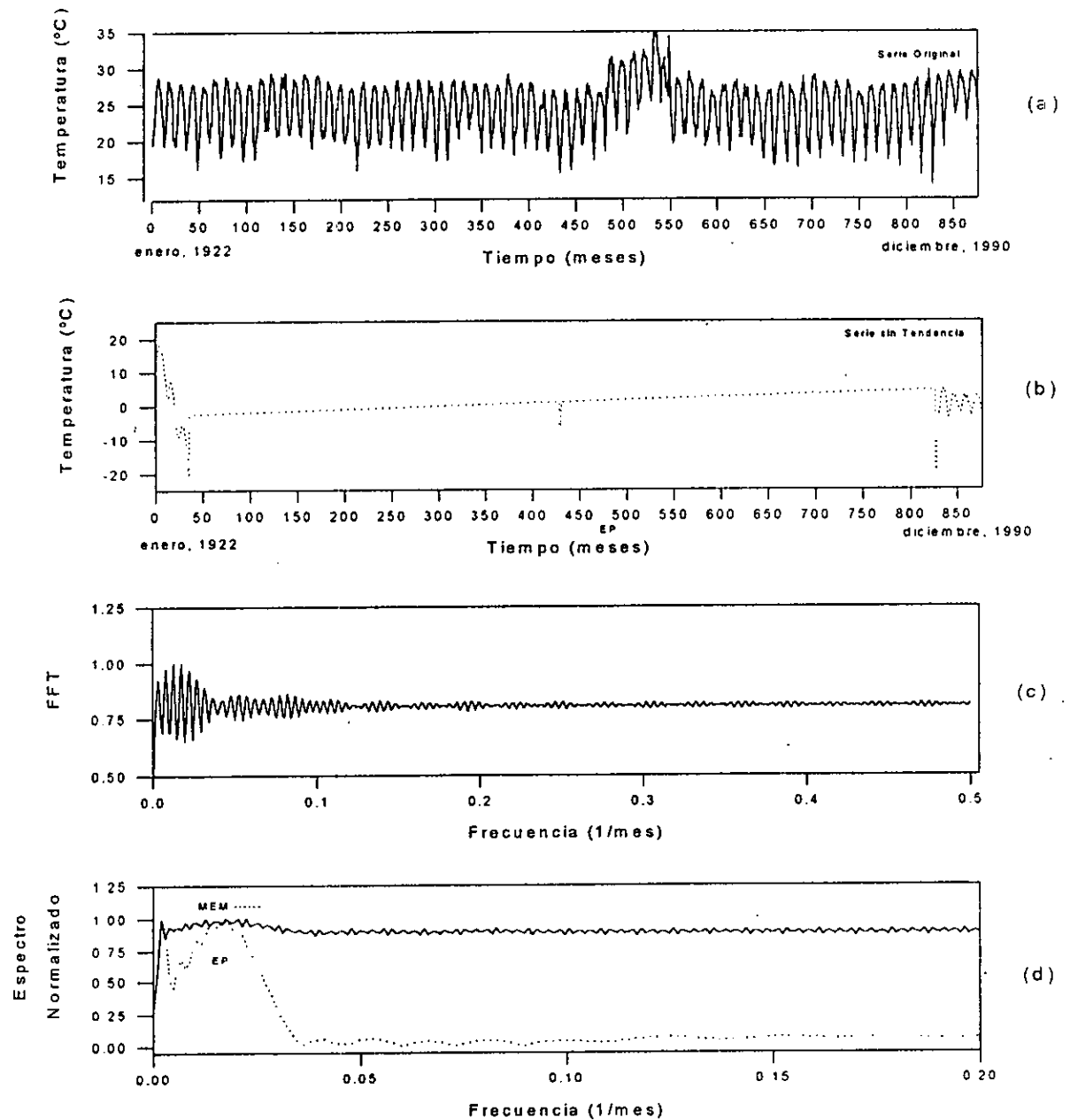
Tabla 15. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del aire en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz durante el período de 1962 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 12$ meses	$T_1 = 12$ meses
$T_2 = 204.9$ meses (17 años)	$T_2 = 204.9$ meses (17 años)	
$T_3 = 6$ meses	$T_3 = 5.9$ meses	

Los resultados expresados en la tabla 15 y figura 28 reflejaron una relación periódica asociada al movimiento de translación de la tierra. El primero de ellos es equivalente a un año, mientras que el otro, de seis meses, y que podría corresponder a la temporada de lluvias, se asocia al desplazamiento de la Zona Tropical de Convergencia, y con él, a todo el sistema de circulación atmosférica, el cual ocurre cada 6 meses (García, 1989). La otra periodicidad encontrada, de 17 años, no es semejante a ninguno de los ciclos solares, sin embargo, podría estar asociada al ciclo lunar según señalan Wyatt, *et al.*, (1994) y Parker, *et al.*, (1995), que es equivalente a 18.6 años; sin embargo, no fue factible explicar un retraso de 1.6 años en la respuesta de la atmósfera; Garduño (1994), señala que en el océano se registra un mes aproximadamente de retraso en perder el calor que gana a través de la atmósfera; por otro lado Adem (1975), refiere que el océano almacena energía durante los meses cálidos, la cual luego cede gradualmente al sistema climático durante los meses fríos efecto que se denomina inercia térmica o capacidad calorífica, de tal manera que, se podría inferir que este intervalo fuera de ocho meses aproximadamente que corresponde a la temporada de Lluvias y es en el que se alcanzan las máximas temperaturas, sin embargo no hay coincidencia con un período de 1.6 años.



Figura 28. Series de Tiempo de la Temperatura del aire en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



El grado de asociación entre las variables atmosféricas (contando entre ellas al índice de Zürich) y el comportamiento térmico del agua de la zona costera, se estableció a partir de correlaciones múltiples, tanto anuales como estacionales (Nortes, Secas y Lluvias), y se muestran en las tablas 16, 17, 18 y 19, en todas ellas el nivel de significancia tuvo una  $p < 0.05$ .

Tabla 16. Correlaciones múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio anual en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.

	LLuvia	Evapor.	Nublado	Despejado	El Niño	I. Zürich	Ciclones	Temp.Agua	Salinid.
T. Aire	-0.11	-0.14	-0.11	<b>0.53*</b>	-0.17	-0.36	0.31	0.28	0.02
LLuvia		-0.36	-0.07	-0.18	0.20	0.12	0.08	-0.05	-0.19
Evapor.			-0.14	-0.27	-0.24	0.06	-0.15	-0.09	-0.38
Nublado				<b>0.41*</b>	0.07	0.28	0.01	-0.15	<b>0.43</b>
Despej					-0.02	0.22	<b>0.48</b>	0.21	0.34
El Niño						-0.01	-0.17	0.13	0.04
I.Zürich							0.05	0.04	0.21
Ciclones								0.19	-0.02
T. Agua									0.12

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

En las correlaciones anuales entre las variables meteorológicas y oceanográficas destacaron valores de asociación superiores al 40%; como la temperatura del aire y los días despejados con un 53% lo que se explica por un mayor absorción de energía proveniente del Sol, según señala Adem (1975), lo que favorece una relación positiva, la temperatura del aire con la del agua tuvieron una relación del 28%; lo que resultó significativamente menor con respecto a la localidad de Tampico en donde la relación anual fue del 100%, es importante mencionar que los demás valores de asociación calculados contribuyeron también, aunque en menor grado, a la variabilidad térmica, tanto del aire como del agua.

Los resultados obtenidos por temporadas climáticas se presentan en las tablas 17, 18 y 19, y correspondieron a las temporadas de Nortes (de noviembre a febrero), Secas (marzo y abril) y Lluvias (de mayo octubre), (Sánchez-Santillán, 1994).

Tabla 17. Correlaciones múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Nortes en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.

	LLuvia	Evapor.	Nublado	Despejado	El Niño	I. Zürich	Temp.Agua	Salinid.
T. Aire	0.09	-0.37	-0.33	<b>0.53*</b>	-0.15	-0.20	0.33	-0.12
LLuvia		-0.16	-0.06	0.16	0.17	-0.06	0.06	0.05
Evapor.			-0.19	<b>-0.61*</b>	-0.04	-0.17	-0.24	-0.17
Nublado				0.25	0.05	0.23	-0.31	0.33
Despej					-0.09	0.33	0.04	-0.07
El Niño						-0.08	-0.16	0.07
I.Zürich							-0.09	-0.15
T. Agua								0.02

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Durante la temporada de Nortes, se apreció una descenso en los valores de correlación entre las variables meteorológicas y oceanográficas. Esto se debe al enmascaramiento de sus relaciones, cuando se les calcula con valores promedio anual y obedece a que existen eventos como El Niño o los ciclos de manchas solares en los que, las escalas temporales son superiores a un año; durante la temporada de Nortes destacó la relación

inversa entre la evaporación y el número de días despejados con  $r = -0.61$ , contrario a lo que sucedió en Tampico en donde la relación aunque numérica fue 20% menor y tuvo un sentido positivo. Existieron otras correlaciones con menor grado de asociación, pero no por eso menos importantes, sobre todo, si se considera que dada la complejidad del comportamiento climático, las respuestas de asociación son múltiples y están dadas en grados diversos; entre ellas se encuentran: la temperatura del aire y la evaporación, con una correlación inversa de  $r = -0.37$ , esto podría deberse a que la evaporación es ocasionada por los vientos y no por un incremento térmico según señalan Perry y Walker (1977); la temperatura del aire y la temperatura del agua, con una correlación directa de  $r = 0.33$ , y fue menor en casi un 20% comparada con la localidad de Tampico; la temperatura del agua y el número de días nublados, con una asociación inversa de  $r = -0.31$  en Tuxpam.

Tabla 18. Correlaciones múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Secas en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.

	LLuvia	Evapor.	Nublado	Despejado	El Niño	I. Zürich	Temp. Agua	Salinid.
T. Aire	0.30	0.34	-0.05	0.06	-0.21	<b>-0.45*</b>	0.16	0.29
Lluvia		<b>-0.46*</b>	0.27	0.37	-0.22	-0.06	-0.20	-0.01
Evapor.			-0.16	-0.19	-0.06	-0.21	0.27	0.27
Nublado				<b>0.40*</b>	0.02	0.29	-0.20	0.14
Despej					0.10	0.20	0.04	0.38
El Niño						0.10	0.16	0.05
I. Zürich							0.17	-0.06
T. Agua								0.15

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

En lo que se refiere a la temporada de Secas, las variables con mayor grado de asociación fueron: la evaporación y la temperatura del aire, con una correlación directa de  $r = 0.34$ , relación 80% mayor a la calculado para Tampico; lo que podría deberse a un incremento en las temperaturas del aire durante los meses de marzo y abril, meses que comprenden la temporada de Secas en donde el promedio fue de 24.2°C, mientras que durante Nortes es de 20.7°C y, en consecuencia se desencadena un incremento en la evaporación la temperatura del aire y los eventos El Niño, con una correlación inversa de  $r = -0.21$ , relación semejante aunque mayor a la estimada para Tampico; el Índice de Zürich y la temperatura del aire, con una correlación inversa de  $r = -0.45$  vínculo semejante al estimado para Tampico aunque casi 50% mayor; al igual que en el caso de Tampico, en Tuxpam se corrobora lo propuesto por Adem (1975), es importante destacar que tanto la correlación con los eventos El Niño como con el ciclo de Manchas Solares, tiene un sesgo estadístico ya que ambos eventos presentan periodicidades superiores a un año. Por último la temperatura del agua y la del aire mantuvieron la misma relación baja del 16% en ambas localidades, esto indica que la causa-efecto en el comportamiento térmico es compleja, e intervienen otros elementos como la evaporación, la precipitación, la nubosidad, las descargas fluviales y la incidencia solar entre otros, los que enmascaran en cierta medida el resultado calculado a través de esta prueba estadística.

Tabla 19. Correlaciones múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Lluvias en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.

	LLuvia	Evapor.	Nublado	Despejado	El Niño	I. Zürich	Ciclones	Temp. Agua	Salinid.
T. Aire	-0.28	0.10	-0.04	<b>0.50*</b>	-0.14	-0.39	0.17	0.24	-0.04
Lluvia		<b>-0.42*</b>	0.04	-0.35	0.22	0.16	0.04	-0.28	-0.15
Evapor.			-0.02	0.15	-0.23	0.21	0.06	0.06	0.04
Nublado				0.37	0.09	0.22	0.16	-0.01	<b>0.44*</b>
Despej					-0.01	0.10	<b>0.53*</b>	0.29	0.22
El Niño						0.03	-0.13	0.22	-0.01
I. Zürich							0.03	0.03	<b>0.42*</b>
Ciclones								-0.06	-0.05
T. Agua									0.12

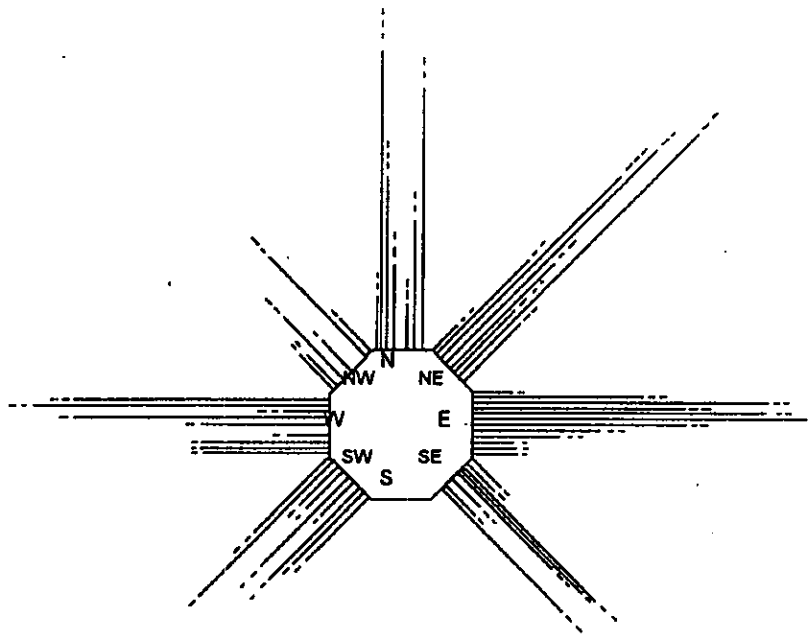
\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Las variables que observaron un comportamiento más estrecho durante la temporada de lluvias fueron: la temperatura del aire y los días despejados con una  $r = 0.50$ , vínculo semejante al calculado para Tampico aunque proporcionalmente 20% mayor; mientras que los días despejados y la temperatura del agua tuvo una relación del 28%, lo que significa que existe una respuesta más rápida en la atmósfera que en el agua, al respecto Adem (1976), menciona que, la atmósfera tiene relativamente poca memoria, ya que su capacidad de recordar se obtiene a través de la interacción con los océanos, que tienen una gran capacidad para almacenar energía y que evolucionan lentamente, ya que guardan energía en el verano y después la utilizan en el invierno, regulando así la variación de la temperatura durante el año; a diferencia de los continentes, en donde relativamente no se almacena energía, existiendo entre ellos un balance casi instantáneo entre la energía absorbida por la radiación y la energía perdida por la evaporación y por el transporte vertical turbulento del calor sensible, mecanismo dentro del cual interviene de forma directa la cantidad de nubes presentes durante el proceso. El Índice de Zürich y la temperatura del aire, con una correlación inversa de  $r = -0.39$ , lo que difiere con Tampico en donde la relación fue directa, los resultados estimados en ambas localidades, podrían estar sesgados por el tipo de análisis estadístico lineal empleado, así como porque la escala temporal utilizada es menor a un año, y que al igual los eventos El Niño, ambos fenómenos, tienen una escala temporal superior a un año; la temperatura del agua y la del aire, con una  $r = 0.24$ , relación 50% menor a la calculada para Tampico, esta diferencia podría explicarse de la siguiente forma, en ambas localidades la incidencia de frentes fríos y masas de aire polar modificado es semejante según señala Pérez (1996), sin embargo en la localidad de Tuxpam, la Laguna de Tampamachoco amortigua las bajas temperaturas del aire de acuerdo a Sánchez-Santillán (1994), y otro punto importante es que, el mareógrafo, en donde se registran las temperaturas del agua se encuentra ubicado dentro de la laguna y no en el área costera, aspecto que contribuye a enmascarar el comportamiento en la zona costera; por último la temperatura del agua y la lluvia, tuvieron una correlación inversa de  $r = -0.28$ , esto se debe a la pérdida de calor que se produce durante la condensación según indica Garduño (1994), y por último, la temperatura del aire con los eventos El Niño fue negativa con una  $r = -0.14$ , mientras que con la temperatura del agua fue mayor ( $r = 0.22$ ), el bajo coeficiente de correlación que se observa puede obedecer a que los eventos El Niño tienen una escala temporal mayor a un año, lo que genera una apreciación menor desde el punto de vista estadístico.

El viento en la región de Tuxpam de Rodríguez Cano mostró, a lo largo del año, siete componentes importantes, con dirección: N, NW, NE, E, SE, W y SW. La componente Norte se registró con una frecuencia e intensidad mayor durante la temporada de Nortes, (de noviembre a febrero), con velocidades de hasta 8.65 m/s; las demás mostraron una frecuencia mayor durante la temporada de lluvias, (de mayo a octubre), con una intensidad promedio de entre 1.31 m/s y 5.35 m/s (Fig. 29). La diferencia que se observa tanto en la dirección como en la intensidad de los vientos dominantes entre la localidad de Tuxpam y Tampico, responde, a las características locales del tamaño de la planicie costera ya que la primera es de 138 km y la segunda de 154

km, aproximadamente, por otro lado en la localidad de Tuxpam, la Sierra de Tantima localizada al NW ocasiona un encañonamiento y desviación de los vientos (Sánchez-Santillán, 1994 y Sánchez-Santillán, N.; R. Sánchez y G. de la Lanza 1997).

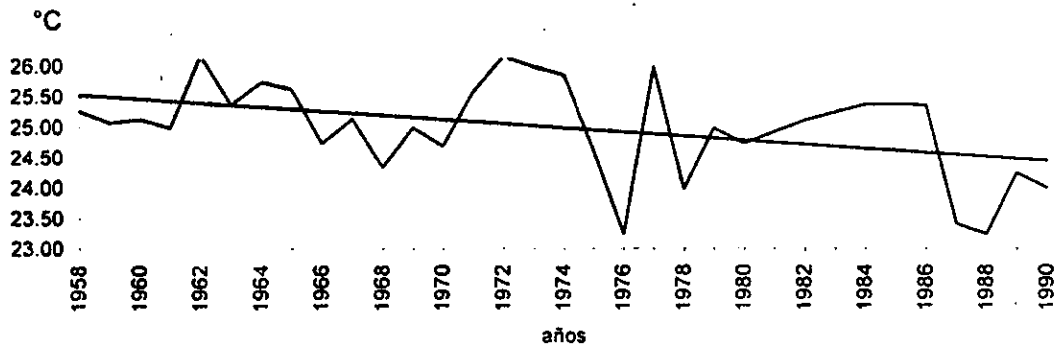
Figura 29. Dirección e Intensidad Mensual de los Vientos Dominantes en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.



En Tuxpam de Rodríguez Cano se observó un comportamiento de descenso térmico en el agua de la zona costera ocurrido en un lapso de 32 años, de 1958 a 1990, cuya oscilación fue de 25.5°C a 24.5°C. Aunque con algunas irregularidades, la pendiente de la regresión fue de  $b = -0.034$ , lo que significa que existió un enfriamiento de 0.9°C con un gradiente anual de 0.03°C (Fig. 30). Se observó en el análisis de regresión, años con anomalías positivas y que fueron 1972-1974, 1977, 1986, y años con anomalías negativas como 1976, 1978 y 1986-1987, cabe destacar que tanto en años con anomalías positivas como negativas hubo registros de eventos El Niño de intensidad dos y tres; esto se debe posiblemente a que, existe una respuesta local en cada uno de los puertos analizados entre la temperatura del agua en las regiones portuarias y los eventos El Niño, así como, a una limitante en cuanto a la veracidad de los datos, ya que, el área donde se localiza el mareógrafo, de donde se obtienen los registros termo-halinos, se encuentra influenciado de manera directa por las descargas urbanas del poblado La Mata, como por las descargas de la termoeléctrica vertidas a la laguna, a partir de mediados de la década de los 80's; lo que altera de manera importante el comportamiento tanto de la temperatura del aire como del agua.

La relación que guardaron las temperaturas del aire y del agua, con tendencia positiva en Tampico y negativa en Tuxpam, se debe de acuerdo a Adem (1973), a que en la capa superficial del agua existe una ganancia de

Figura 30. Tendencia de la temperatura del agua en la zona costera de Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz durante el periodo de 1958 a 1990.

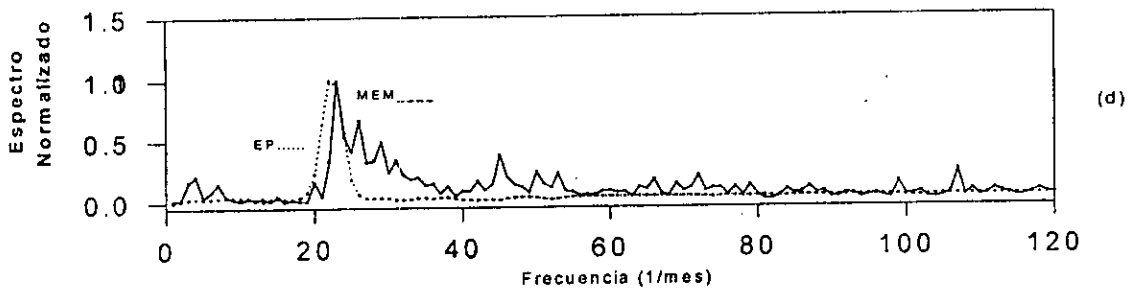
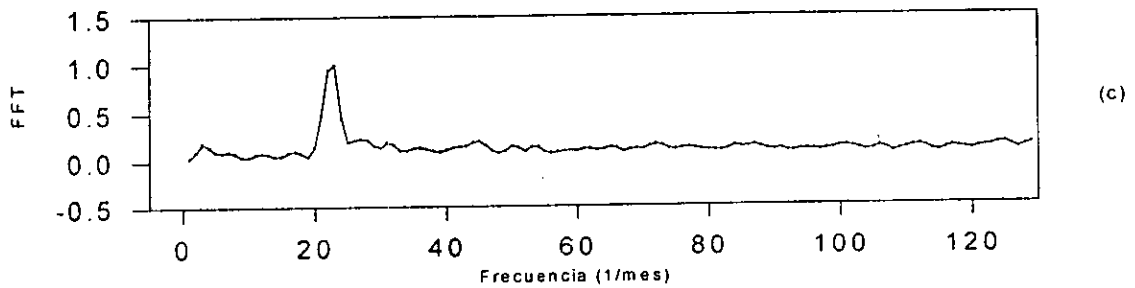
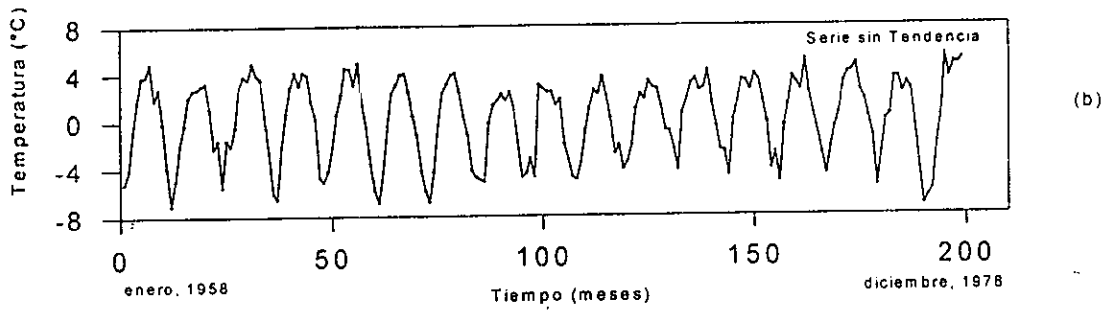
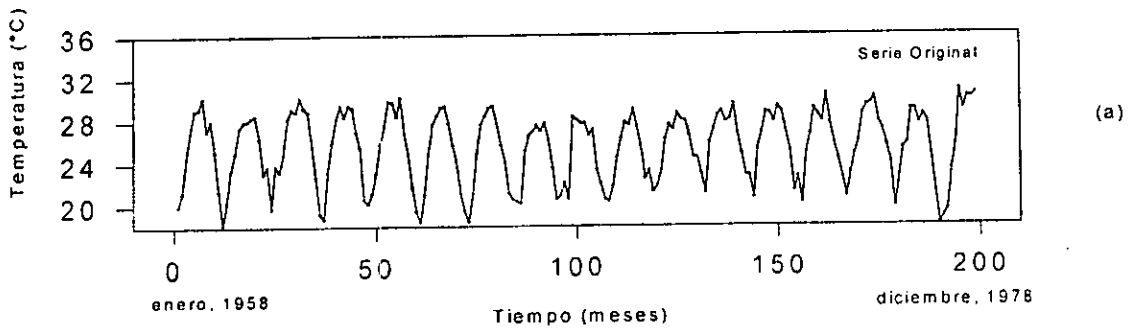


En la tabla 20 y figura 31 se muestran las periodicidades para la temperatura del agua superficial en Tuxpam de Rodríguez Cano que, básicamente, son equivalentes a los movimientos de translación de la Tierra lo que ocasiona, cada seis meses, un desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia con todo el sistema de circulación de vientos. Estos resultados confirman que, el empleo de herramientas estadísticas lineales como los análisis de tendencia no muestran la realidad completa, sino sólo permiten observar una porción del patrón, ya que éste es de carácter cíclico, tal y como se corrobora con los análisis de series de tiempo; en los que se observa que existe una periodicidad anual, y que podría atribuirse a la ciclogénesis de la Corriente de Lazo como en el caso de Tampico tal y como lo señala; Fuglister (1951), donde el ciclo anual de la velocidad de la Corriente de Lazo está en fase con el ciclo anual de los vientos alisios; y el lapso de 5.8 meses podría responder al efecto que el desplazamiento semestral de la celda de alta presión Bermuda-Azores ejerce sobre la conformación de la ciclogénesis.

Tabla 20. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del agua superficial en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz durante el periodo de 1958 a 1978.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 12.1$ meses
$T_2 = 10.2$ meses	$T_2 = 12.1$ meses	
$T_3 = 5.8$ meses		

Figura 31. Series de Tiempo de la Temperatura del agua superficial en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



En Tuxpam de Rodríguez Cano, el vínculo que existió entre la temperatura del aire y la del agua fue de entre un 25-30%, es decir, 50% menor con respecto a Tampico, y las relaciones más cercanas ocurrieron durante las temporadas de Nortes y Lluvias en un 33% y un 24% respectivamente. Cabe destacar que a lo largo de 70 años esta localidad registró la mayor oscilación térmica promedio anual, en donde la temperatura del año más frío fue

En Tuxpam de Rodríguez Cano, el vínculo que existió entre la temperatura del aire y la del agua fue de entre un 25-30%, es decir, 50% menor con respecto a Tampico, y las relaciones más cercanas ocurrieron durante las temporadas de Nortes y Lluvias en un 33% y un 24% respectivamente. Cabe destacar que a lo largo de 70 años esta localidad registró la mayor oscilación térmica promedio anual, en donde la temperatura del año más frío fue de 21.7°C, mientras que la del más cálido fue del 28.7°C; esto se explica de acuerdo al microclima de la región, en el que ocurre el mayor porcentaje de precipitación invernal con respecto a las otras siete localidades y son las precipitaciones de la temporada de Nortes las que contribuyeron a mermar la temperatura. Magaña, *et al.*, (1997), sugieren que dicha situación se incrementa durante los años en que se registran eventos El Niño, ya que durante la temporada de Nortes, la corriente de chorro de latitudes medias, en la que los ciclones se encuentran inmersos, se desplaza hacia el sur 500 km aproximadamente, y provoca una mayor incidencia de frentes fríos (Mosiño, 1988), con la consecuente precipitación en la zona norte y centro de México, incluyendo las regiones de Tuxpam de R. Cano y Tampico, lo que explica el aumento del porcentaje de lluvia invernal en ambas localidades y en mayor medida en Tuxpam. La tendencia de la temperatura del aire fue negativa, es decir que ocurrió un enfriamiento de 0.4°C en 70 años, durante el período de 1922 a 1990, y la temperatura del agua también mostró una tendencia de enfriamiento de 0.9°C durante el período de 1958 a 1990. Esto podría atribuirse a una mayor influencia de los frentes fríos en esta región durante el invierno, y durante el verano, a que la localidad de Tuxpam se encuentra dentro del radio de probabilidad de incidencia ciclónica demarcada por Jauregui (1989), para la zona de Tampico, y que constituye la segunda área donde recurvan los ciclones con respecto al resto de las localidades analizadas en el Golfo y Caribe Mexicano.

La evaporación se relacionó de manera negativa con la temperatura del aire durante la temporada de Nortes en un 36% y de manera positiva durante la temporada de Secas (34%), esto podría deberse a que durante la primera temporada la evaporación es provocada por el viento, ya que al conformarse las olas, ingresan pequeñas burbujas de aire a las que se incorporan minúsculas gotas de agua que posteriormente se liberan según señalan Perry y Walker (1977), mientras que, en Secas lo es por el incremento térmico, ya que, los cielos se encuentran despejados y la penetración de la radiación solar es mayor.

Respecto de los ciclos solares y la temperatura del aire, se detectaron ciclos que reflejaron el movimiento de translación (12 meses), y que ocasionan el desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia cada 6 meses, a diferencia de la localidad de Tampico, en Tuxpam no fue posible detectar ningún período relacionado con los ciclos de actividad solar, ni con los eventos El Niño, lo que se debe probablemente a que ambos eventos ocurren en periodos temporales mayores a un año. La precipitación mantuvo una relación negativa con la temperatura del agua del 28%, durante la temporada de Lluvias, relación 33% menor con respecto a la localidad de Tampico; de igual manera la temperatura del aire también mostró una relación negativa con la precipitación del 28%, relación bastante semejante a la encontrada en Tampico. Perry y Walker (1977), lo atribuyen a que, en las áreas donde predominan los vientos alisios, la nubosidad acumula una gran cantidad de calor latente, lo que incrementa las temperaturas del aire y del agua, esta energía se desarrolla a través de procesos convectivos, y el exceso de calor latente se libera a través de las precipitaciones.

Los vientos dominantes en Tuxpam mostraron prácticamente todas las componentes con excepción de la del Sur, durante la temporada de Nortes se alcanzaron velocidades promedio de hasta 8.65 m/s, mientras que durante las otras dos temporadas de entre 1.31 m/s y 5.35 m/s. La razón de que en Tuxpam, se registren siete componentes, a diferencia de Tampico en donde sólo hubo tres, se debe en parte a que se ubica latitudinalmente más hacia el sur, por lo que los vientos alisios, las ondas del Este y los frentes fríos inciden de forma directa; por otro lado, la Sierra de Tantima, localizada al NW de Tuxpam, provoca una desviación de las trayectorias de los vientos provenientes del norte, los cuales ejercen una influencia en la tropósfera inferior y modifican el flujo aéreo que afecta los procesos físicos del aire referidos por Mosiño (1966) y García y Mosiño (1969), lo que ocasiona posiblemente la presencia de direcciones de NW, W y SW.

La temperatura del agua estuvo relacionada de manera negativa con la precipitación, durante las temporadas de Nortes y de Lluvias, en un 20% y 28% respectivamente, es decir, que la relación fue menor con respecto a la localidad de Tampico en donde lo fue del 33%, y la cobertura nubosa tuvo una relación negativa y mayor

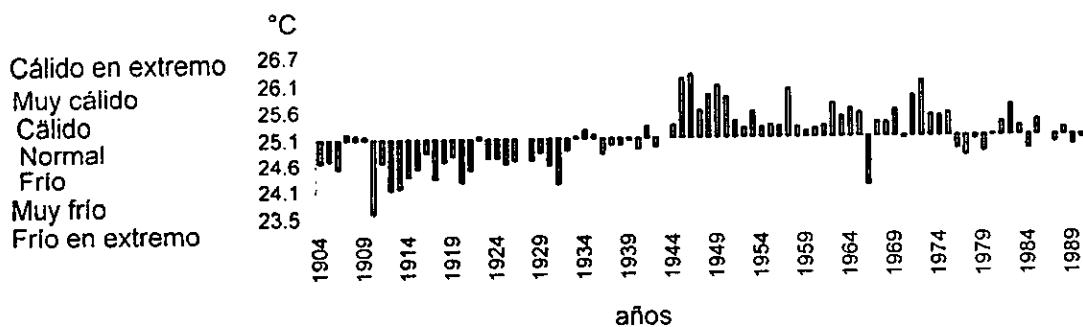


Por último la asociación de los ciclos de manchas solares con la temperatura del aire y del agua, reflejaron al igual que en Tampico una escala temporal anual, además de una escala semestral; la primera podría atribuirse al movimiento de translación y la segunda al doble desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia que ocurre cada seis meses, en lo que se refiere a la periodicidad en el agua; estimada en 11.5 meses, se podría atribuir al igual que en Tampico al período de ciclogénesis de la Corriente de Lazo, cuya duración es de 11.9 meses según Glenn y Ebbsemeyer (1993).

**c) Puerto de Veracruz, Veracruz.**

Las anomalías anuales de la temperatura del aire en el Puerto de Veracruz registraron un intervalo térmico distribuido entre los 23°C y los 26.5°C, es decir, que la fluctuación máxima anual en 86 años fue de 3.5°C. Destacaron dos grandes periodos térmicos de aproximadamente 43 años cada uno: el primero de ellos fue frío y abarcó de 1904 a 1945 período que se ubicó dentro de los ciclos solares 14, 15 y 16 de Wolf, todos ellos con una actividad solar intermedia, es decir con 100 manchas solares en promedio; lo que concuerda con lo reportado por Gribbin (1986), para la primera mitad del siglo XX, en la que se reportaron tiempos anómalamente fríos en el hemisferio norte. El segundo período fue cálido y comprendió de 1946 a 1990 que correspondieron a los ciclos 18, 19, 20, 21, y 22, con una actividad promedio de 130 manchas solares, lo que provocó en esta localidad, una relación directa entre la actividad solar y la temperatura del aire; dentro de todo el período, sobresalieron el año de 1910, caracterizado como frío en extremo, y el de 1946, como muy cálido. El primero se ubicó dentro del ciclo solar número 14, el de más baja actividad en este siglo y, precisamente, en el año de 1910 sólo se registraron cuatro ciclones, pese a que durante este año hubo un evento La Niña, y es durante estos años, que se incrementa la actividad ciclónica según señala Magaña, *et al.*, (1997); el segundo correspondió al ciclo solar número 18, un ciclo intenso en actividad; durante el año de 1946 hubo seis ciclones y un evento El Niño de intensidad uno, es decir de baja intensidad (Fig. 32). Buendía, *et al.* (1998), argumentan que la merma ciclónica que se registra en años con evento El Niño en el Atlántico Mexicano se debe a que ocurre un cizallamiento de los vientos verticales mayor a 7.5 m/s lo que interrumpe la convección y las ondas del Este y en consecuencia la formación de ciclones.

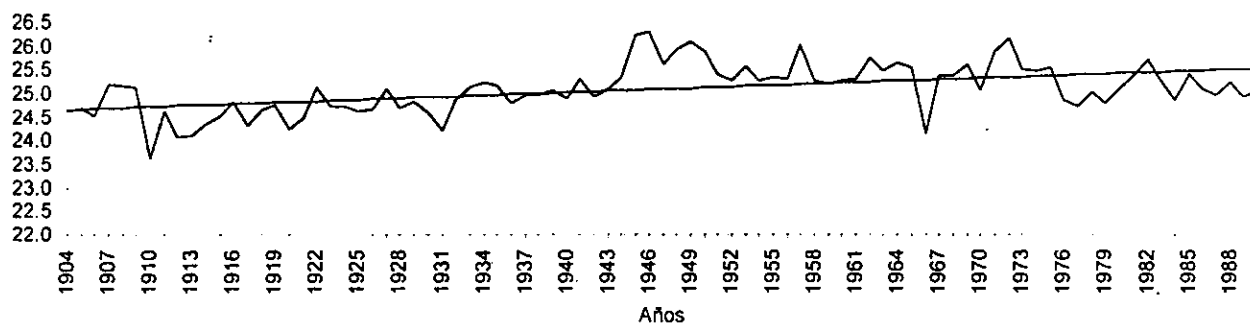
Figura 32. Anomalias de la Temperatura del aire promedio anual en el Puerto de Veracruz, Veracruz durante el periodo de 1904 a 1990.0



La tendencia térmica del aire en el Puerto de Veracruz, mostró un patrón cíclico caracterizado por pequeños grupos de entre tres y cinco años, aproximadamente, los cuales tendieron al incremento. El tipo climático registrado para ésta región, de acuerdo al Sistema Modificado (García, 1988), corresponde al tipo Aw<sub>2</sub>(w)(i)w". Fue factible establecer que la tendencia de calentamiento se derivó de las temperaturas registradas durante los veranos de todo el período analizado, las cuales, sin embargo, se encontraron dentro de los intervalos marcados en dicho Sistema, cuyo intervalo no presenta límites para el mes cálido del año. La tendencia calculada a través

de la regresión lineal mostró una pendiente de  $b = 0.100$ ; el incremento calculado se ubicó dentro del intervalo de 24.7°C a 25.5°C, es decir, que en un lapso de 86 años la temperatura media anual ha aumentado 0.8°C (Fig. 33), incremento superior al calculado para Tampico y Tuxpam (0.2°C y 0.5°C, respectivamente). Por otro lado, la temperatura promedio durante los últimos 30 años, de 1960 a 1990, fue de 25.3, con un incremento fue de 0.2°C; mientras que, la temperatura del 1929 a 1959 fue también de 25.3°C, esto corrobora que, un análisis de tendencia no muestra el comportamiento real de la temperatura, ya que los años extremos, sesgan la tendencia real, en una variable cuya característica principal es la de presentar ciclos de diferente intensidad y amplitud. De ahí que se podría afirmar que la tendencia de calentamiento observada a través de este tipo de herramientas estadísticas no muestra del todo la realidad, sino sólo una parte del ciclo, porción que en este caso fue ascendente, al igual que en Tampico, en tanto que en Tuxpam, se apreció sólo la porción descendente, por lo que no es posible aseverar que existe un proceso de Calentamiento Global, incluso a nivel local.

Figura 33. Tendencia de la Temperatura del aire Promedio Anual en el Puerto de Veracruz, Veracruz durante el período de 1904 a 1990.



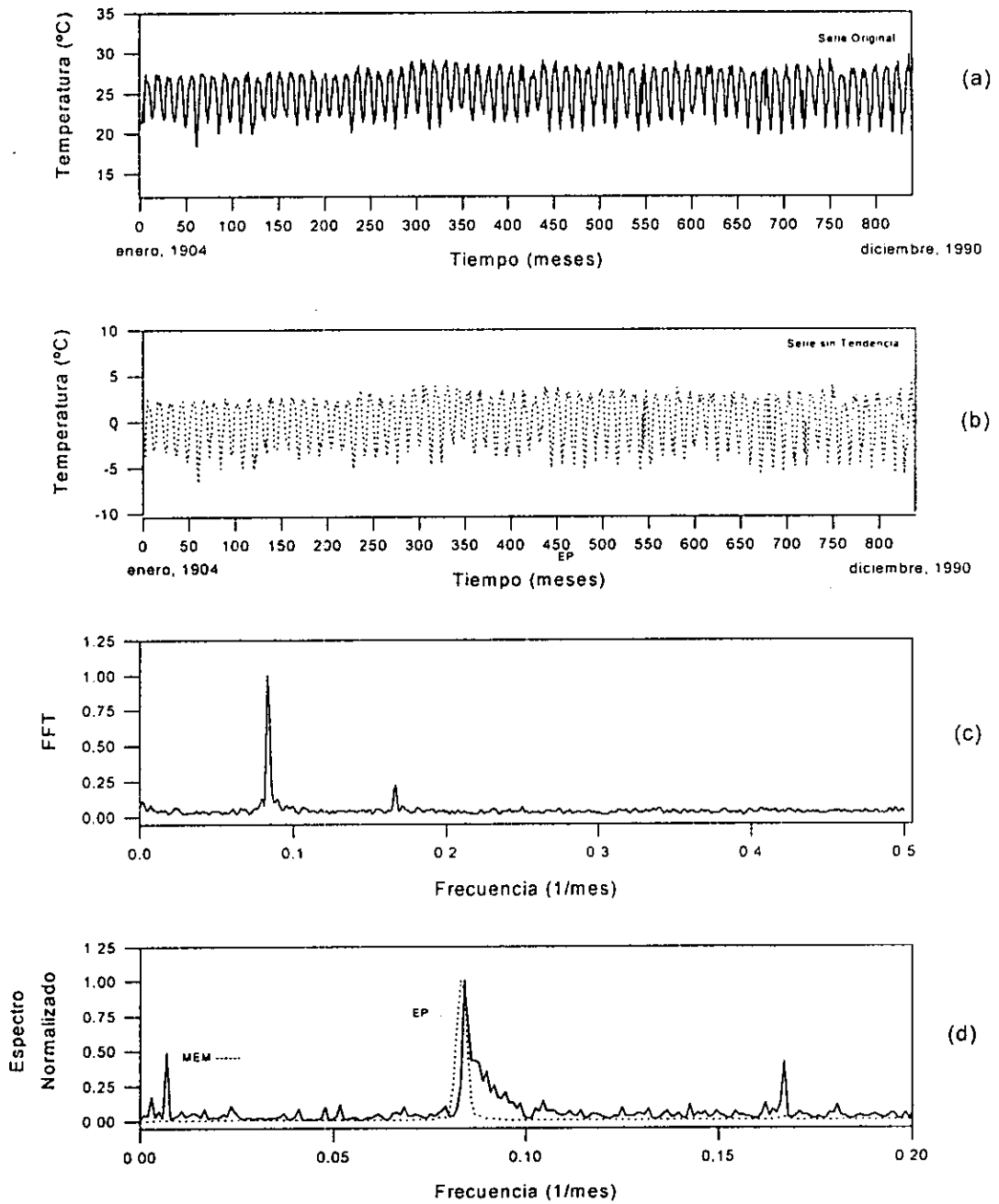
Las diferentes periodicidades observadas en los análisis anteriores de temperatura media del aire se calcularon a través de una Serie de Tiempo, misma que se trabajó con registros mensuales (Tabla 21 y Fig. 34).

Tabla 21. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del aire en el Puerto de Veracruz durante el período de 1904 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 12$ meses	$T_1 = 12$ meses
$T_2 = 146.1$ meses (12.1 años)	$T_2 = 5.9$ meses	
$T_3 = 5.9$ meses		

Los resultados expresados en la tabla 21 y figura 34 reflejaron una relación periódica de un año, es decir, que se encuentra asociada con el movimiento de translación terrestre; otro ciclo resultante, el de 6 meses, podría corresponder al desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia, que ocurre dos veces al año; por último, el ciclo de 12.1 años que aquí aparece, podría estar asociado al ciclo solar de Wolf, vínculo que ha sido encontrado en estas dos variables en diferentes localidades del mundo tal y como lo señalan Herman y Goldberg (1978); Gerety, *et al.*, (1977); Heath (1980); Labitzake y Loon (1989), entre otros.

Figura 34. Series de Tiempo de la Temperatura del aire en el Puerto de Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



El grado de asociación entre las variables atmosféricas (contando entre ellas al Índice de Zürich) y el comportamiento térmico del agua de la zona costera, se estableció a través de las correlaciones múltiples, tanto anuales como estacionales (Nortes, Secas y Lluvias), y se muestran en las tablas 22, 23, 24 y 25, en todos el casos el nivel de significancia tuvo una  $p < 0.05$ .

Tabla 22. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio anuales en el Puerto de Veracruz.

	Lluvia	Evapor	Despej	Nublado	El Niño	Zürich	Ciclón	Descar	T.Agua	Salinid
T.Aire	0.15	-0.13	<b>0.46*</b>	0.10	<b>0.45*</b>	0.02	0.33	-0.09	<b>0.72*</b>	0.01
Lluvia		-0.07	0.27	0.05	-0.24	-0.04	0.08	<b>0.61*</b>	0.09	<b>-0.46*</b>
Evapor			-0.35	0.07	-0.06	-0.10	-0.36	<b>-0.42*</b>	0.05	0.04
Despej				<b>-0.55*</b>	0.03	0.17	<b>0.69*</b>	0.23	<b>0.45*</b>	0.30
Nublado					0.16	-0.12	<b>-0.49*</b>	-0.16	-0.19	-0.36
El Niño						-0.05	-0.13	-0.13	0.30	-0.09
Zürich							-0.02	-0.03	0.16	0.16
Ciclón								0.21	<b>0.41*</b>	<b>0.40*</b>
Descarg									-0.14	<b>-0.48</b>
T.Agua										0.23

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Al calcular correlaciones anuales en el Puerto de Veracruz entre las variables meteorológicas y oceanográficas, destacaron los siguientes valores de asociación de la temperatura del aire con la temperatura del agua:  $r = 0.72$ , relación proporcionalmente mayor con respecto a la de Tuxpam, en donde fue del 28%, y ligeramente más baja con respecto a Tampico en donde fue del 100%, esta variabilidad en los grados de asociación responde a condiciones particulares de cada localidad, mientras que en Tampico y Tuxpam, la incidencia de frentes fríos es mayor, en Veracruz disminuye; por otro lado, el mareógrafo, lugar en donde se registran las temperaturas del agua, existe una influencia directa por las actividades antropogénicas, ya que se ubica dentro de la zona portuaria y es en ésta donde se llevan a cabo las descargas de los depósitos de agua por parte de las diferentes flotas, lo que contribuye de manera significativa a la alteración de la observación real del comportamiento térmico natural. Igualmente positiva fue la relación entre la temperatura del aire con los días despejados con una  $r = 0.45$ , ya que de acuerdo a Garduño (1994), con cielos despejados se incrementa el ingreso de la radiación y con ello la temperatura, comparativamente con Tuxpam los coeficientes de correlación son bastante semejantes, y con respecto a Tampico fue mayor. La temperatura del aire con los eventos El Niño tuvo una asociación de:  $r = 0.45$ , mientras que, la temperatura del agua con la incidencia ciclónica tuvo una  $r = 0.41$ . Es importante mencionar que los demás valores de asociación calculados influyeron también, aunque en menor grado, en la variabilidad térmica, tanto del aire como del agua.

Tabla 23. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio, durante la temporada de Nortes en el Puerto de Veracruz.

	Lluvia	Evapor	Despej	Nublado	El Niño	Zürich	Descar	T.Agua	Salinid
T.Aire	0.38	-0.11	0.37	0.11	0.21	-0.14	-0.09	<b>0.89*</b>	0.20
Lluvia		-0.07	0.06	0.19	-0.22	0.32	0.11	0.24	-0.16
Evapor			<b>-0.52*</b>	0.06	0.0	-0.13	<b>-0.46*</b>	-0.02	0.20
Despej				<b>-0.40*</b>	-0.06	0.11	0.47	<b>0.40*</b>	0.32
Nublado					0.05	0.03	-0.16	-0.04	-0.25
El Niño						-0.12	-0.10	-0.15	-0.17
Zürich							0.38	-0.17	0.13
Descarg								-0.16	-0.30
T.Agua									0.38

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

manera semejante se calculó la relación entre la temperatura del aire y los días despejados en un 37%, que se explica en parte por lo antes descrito.

Tabla 24. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio, durante la temporada de Secas en el Puerto de Veracruz.

	Lluvia	Evapor	Despej	Nublado	El Niño	Zürich	Descar	T.Agua	Salinid
T.Aire	0.15	-0.15	0.32	<b>-0.43*</b>	0.35	-0.16	0.06	<b>0.69*</b>	-0.31
Lluvia		0.07	-0.01	-0.06	-0.12	0.33	0.16	0.03	-0.08
Evapor			-0.03	-0.23	-0.20	-0.02	0.02	-0.10	-0.12
Despej				<b>-0.58*</b>	0.06	-0.01	0.08	0.27	0.11
Nublado					0.11	0.11	0.12	-0.23	0.19
El Niño						0.07	-0.06	0.24	0.02
Zürich							-0.05	0.02	-0.06
Descarg								0.26	0.27
T.Agua									0.04

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Las variables que presentaron una correlación estrecha durante la temporada de Secas fueron las siguientes: la temperatura del aire y la del agua, con una  $r = 0.69$  relación que fue proporcionalmente 50% mayor que en Tampico y Tuxpam, durante la misma temporada, esto obedece posiblemente a una respuesta latitudinal, además de que en el Puerto de Veracruz, las descargas de los ríos no se encuentran situadas en el área donde se registra las temperaturas del agua, lo que explica en parte, que exista una menor oscilación térmica; la temperatura del aire mantuvo una relación inversa con la nubosidad con una  $r = -0.43$ , esto explica los volúmenes de precipitación que se registran en esta localidad de 1675.6 mm, mientras que en Tuxpam y Tampico lo fueron de 1352.4 mm y 988.7 mm respectivamente; de tal manera que a mayor nubosidad, menor penetración de energía procedente del Sol y en consecuencia se detecta una merma en la temperatura del aire de acuerdo a Garduño (1994). El resto de las asociaciones entre las diferentes variables, aunque lo fue en un grado menor, la combinación y sinergia que existe entre las diferentes respuestas explican la complejidad del sistema.

Tabla 25. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio, durante la temporada de Lluvias en el Puerto de Veracruz.

	Lluvia	Evapor	Despej	Nublado	El Niño	Zürich	Ciclón	Descar	T.Agua	Salinid
T.Aire	-0.02	0.03	<b>0.45*</b>	-0.15	<b>0.44*</b>	0.38	0.27	-0.17	<b>0.44*</b>	0.14
Lluvia		-0.15	0.14	0.07	-0.20	-0.05	0.09	<b>0.61*</b>	-0.14	<b>-0.52*</b>
Evapor			-0.28	0.07	-0.05	-0.07	-0.30	<b>-0.42*</b>	0.21	0.01
Despej				<b>-0.44*</b>	0.09	0.27	<b>0.63*</b>	0.11	0.16	0.34
Nublado					0.16	-0.26	<b>-0.40*</b>	-0.09	-0.17	<b>-0.43*</b>
El Niño						-0.01	-0.10	-0.13	0.32	-0.09
Zürich							0.01	-0.09	0.20	0.16
Ciclón								0.19	0.01	0.39
Descarg									-0.28	<b>-0.61*</b>
T.Agua										0.06

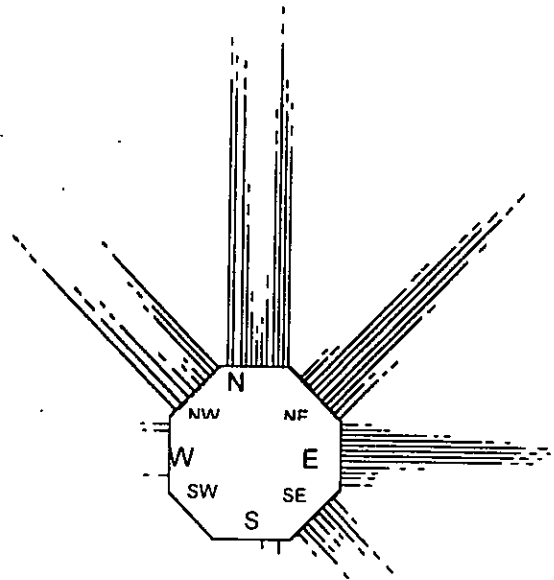
\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Durante la temporada de Lluvias, las variables que alcanzaron la asociaciones positivas más altas fueron: la temperatura del aire con la temperatura del agua con una  $r = 0.44$ , relación semejante a la calculada para Tampico y 50% menor con respecto a Tuxpam, posiblemente en Tuxpam la baja relación obedece a la descarga fluvial del estuario de Tuxpam, que contribuye a disminuir la temperatura del agua; la temperatura del aire con los días despejados con una  $r = 0.45$  y la temperatura del aire con los eventos El Niño con una  $r = 0.44$ ; mientras que la temperatura del agua estuvo relacionada de directa con los eventos El Niño con una  $r = 0.32$  y de forma

Durante la temporada de Lluvias, las variables que alcanzaron la asociaciones positivas más altas fueron: la temperatura del aire con la temperatura del agua con una  $r = 0.44$ , relación semejante a la calculada para Tampico y 50% menor con respecto a Tuxpam, posiblemente en Tuxpam la baja relación obedece a la descarga fluvial del estuario de Tuxpam, que contribuye a disminuir la temperatura del agua; la temperatura del aire con los días despejados con una  $r = 0.45$  y la temperatura del aire con los eventos El Niño con una  $r = 0.44$ ; mientras que la temperatura del agua estuvo relacionada de directa con los eventos El Niño con una  $r = 0.32$  y de forma indirecta con las descargas de los ríos con una  $r = -0.2$ . Al igual que en los otras temporadas y en las localidades anteriores, las demás correlaciones contribuyeron de manera importante, en conjunto, con la explicación del comportamiento del sistema.

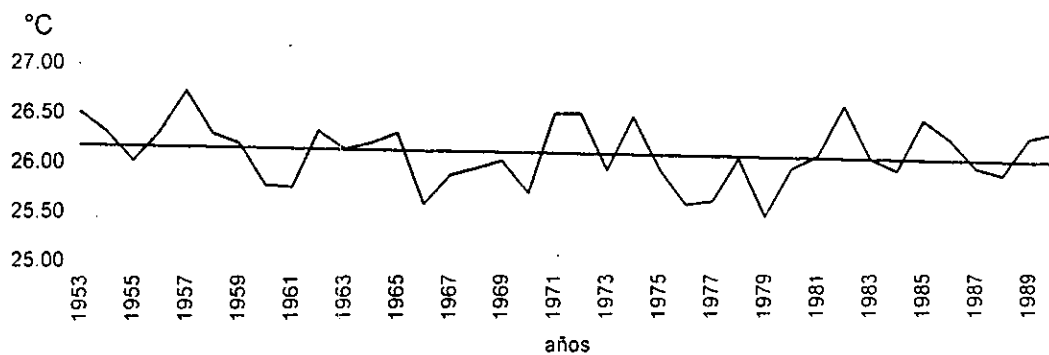
El patrón de vientos en el Puerto de Veracruz mostró cinco componentes a lo largo del año, las cuales, en orden de frecuencia, correspondieron a: N y NW con mayor frecuencia durante los meses de noviembre a febrero y con una intensidad promedio de 5.35 m/s, mientras que se observó una disminución durante la temporada de lluvias (de mayo a octubre) con una intensidad promedio de 1.31 m/s; respecto a las componentes del E y NE registraron una frecuencia mayor durante la temporada de lluvias (de mayo a octubre), y con una intensidad promedio de 5.35 m/s, para luego disminuir su intensidad a 1.31 m/s en promedio durante los meses de la temporada de Nortes (de noviembre a febrero); la componente SE, se presentó durante todo el año, aunque con menor frecuencia e intensidad y con valores promedio que estuvieron entre 0.25 m/s y 2.55 m/s con respecto a las otras componentes. Se reportaron otras dos componentes que se registraron durante la temporada de Nortes cuyas direcciones fueron W y S, las cuales se registraron en la temporada de Nortes y cuya frecuencia e intensidad fue baja, de 0.25 m/s (Fig. 35).

Figura 35. Dirección e Intensidad Mensual de los Vientos Dominantes en el Puerto de Veracruz, Veracruz.



La tendencia de la temperatura en la zona costera del Puerto de Veracruz mostró un comportamiento de enfriamiento de 26.2°C a 25.9°C, aunque con algunas irregularidades, durante el período observado que fue de 1953 a 1990; se calculó una pendiente de  $b = -0.006$ , es decir, que el decremento fue de 0.3°C en un período de 37 años, con un gradiente anual de 0.009°C. Se observaron años con anomalías negativas que correspondieron a 1960, 1974, 1970 y 1979, años en los que ocurrió un evento La Niña, los años de 1957, 1972 y 1982 presentaron una anomalía ligeramente positiva, durante estos años se registró un evento El Niño; particularmente durante el año de 1982, este incremento térmico no fue tan intenso, ya que coincidió con la erupción del volcán Chichón y, de acuerdo a Antuña, *et al.*, (1996), ambos fenómenos contribuyeron a la estabilización térmica, ya que, el primero calienta, mientras que el segundo enfría. Por otro lado estas anomalías al someterse a un promedio sesgaron de manera importante el comportamiento, ya que sólo se observó una porción del comportamiento total a través de un análisis de tipo lineal como lo es el de tendencia por mínimos cuadrados (Fig. 36). Cabe destacar que el patrón de comportamiento entre la temperatura del agua y la del aire fue inversa, mientras que en el aire fue positiva (calentamiento), en el agua lo fue negativa (enfriamiento). Esto se debe posiblemente a en todo el estado de Veracruz existe una perturbación importante de la vegetación ubicada en el área terrestre, Flores y Gerez (1994), la estiman en 20.9%, lo que contribuye a un incremento térmico causado por el decremento de la cubierta vegetal; por otro lado el enfriamiento de la zona de la temperatura del agua, se podría atribuir a las descargas de agua fría de los barcos que fondean en el puerto, misma que utilizan como lastre.

Figura 36. Tendencia de la Temperatura del Agua en la zona costera del Puerto de Veracruz, Veracruz, durante el periodo de 1953 a 1990.

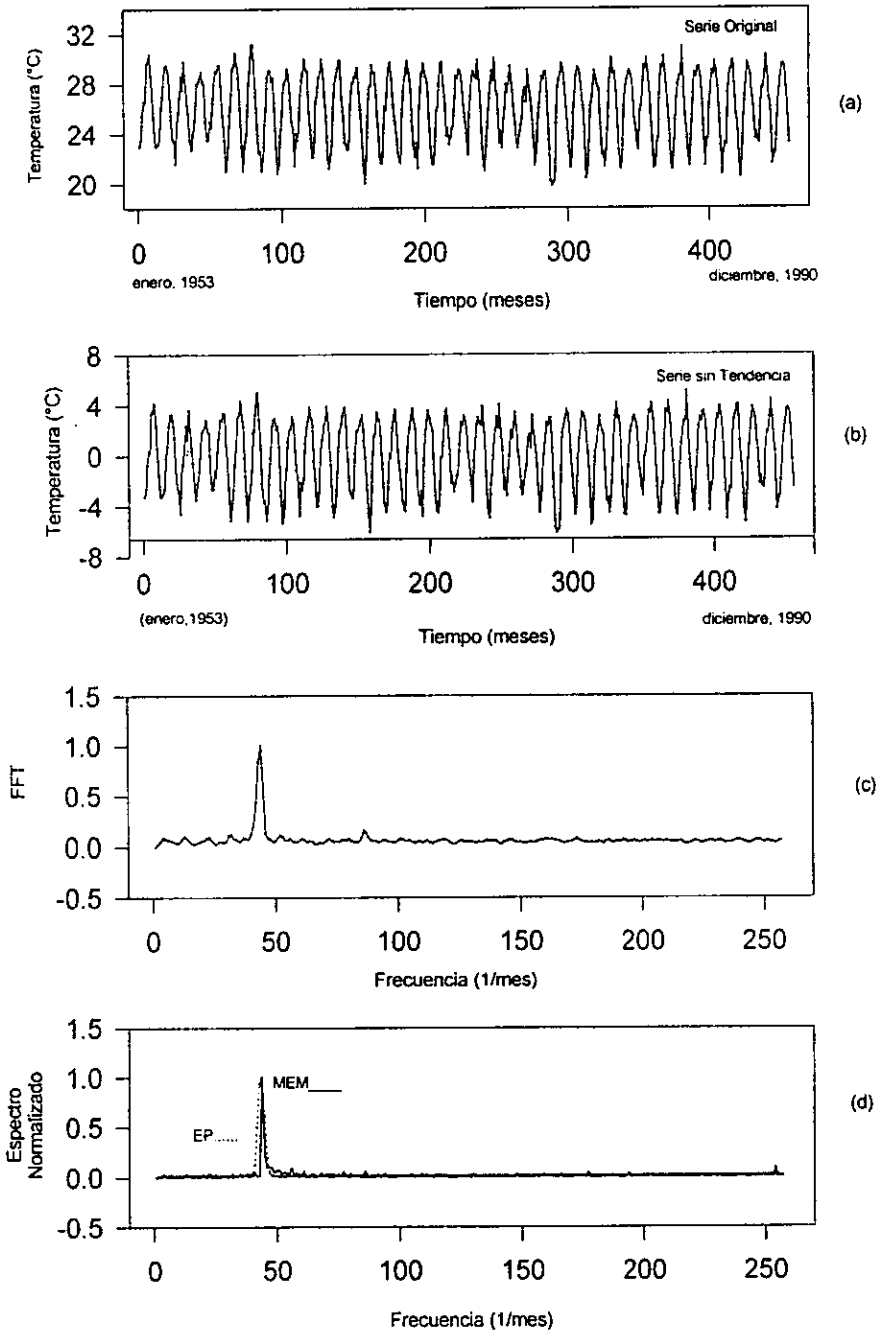


Los análisis de series de tiempo de la temperatura superficial del agua en el Puerto de Veracruz mostraron una periodicidad de un año, como puede observarse en la tabla 26 y figura 37, que puede corresponder a la ciclogénesis de La Corriente de Lazo, la cual está vinculada con el patrón anual de los vientos alisios según señala Glenn y Ebbsemeyer (1993), donde estiman este período en 11.9 meses, lapso igual al estimado a través de la máxima entropía, la transformada de Fourier y el espectro de potencia.

Tabla 26. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del agua superficial en el Puerto de Veracruz durante el período de 1953 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses

Figura 37. Series de Tiempo de la Temperatura del agua superficial en el Puerto de Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





En el Puerto de Veracruz destacó de manera significativa el grado de asociación calculado entre la temperatura del aire y del agua durante las tres temporadas (Nortes con 89%; Secas 69% y Lluvias con 44%), relaciones que resultaron ser 50% mayores que las calculadas en las localidades de Tampico y Tuxpam de Rodríguez Cano; el incremento térmico del aire registrado durante el periodo 1904-1990 fue de 0.8°C, aumento superior al calculado para Tampico y Tuxpam donde éste fue de 0.2°C y 0.7°C respectivamente, esto podría deberse a la posición latitudinal, ya que conforme se desciende latitudinalmente, la incidencia de los rayos solares es cada vez más perpendicular según señala García (1989); la tendencia de la temperatura del agua fue negativa, lo que indicó un enfriamiento de 0.3°C en el periodo 1953-1990, situación contraria a la calculada para Tampico y Tuxpam donde la tendencia de la temperatura del agua fue positiva.

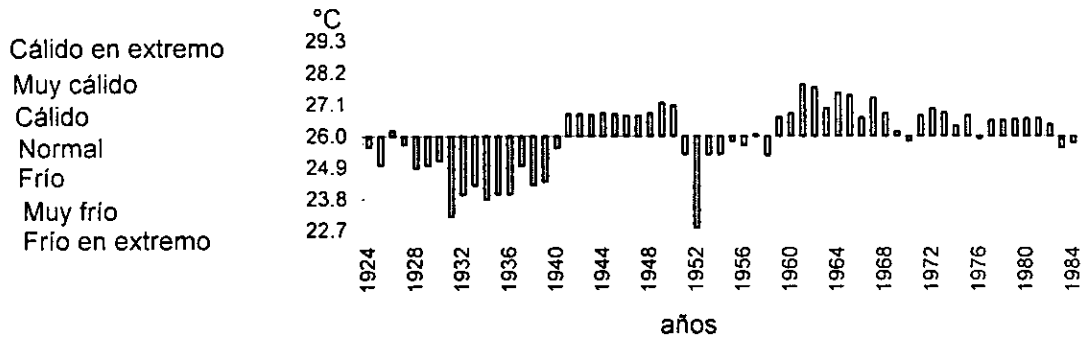
La periodicidad de la temperatura del aire correspondió a tres ciclos: el movimiento de translación de la Tierra, equivalente a doce meses; el de seis meses que corresponde al doble desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia cada seis meses y el último de 12.1 años, período cercano al ciclo de Wolf; este último periodo difiere con los calculados para Tampico y Tuxpam, ya que en el primero se encontró una periodicidad asociada al ciclo de Hale, mientras que en Tuxpam lo estuvo cercana al ciclo de Russell, aspecto que podría responder a la posición latitudinal de cada localidad; respecto a los períodos de doce y seis meses en las tres localidades se registraron de igual manera. En lo que respecta a la periodicidad de la temperatura del agua, se estimó un solo ciclo equivalente a doce meses, iapso referido por Gutiérrez y Winant (1996), período que difiere de lo calculado en Tampico y Tuxpam, donde el periodo de ciclogénesis de la corriente de Lazo, de acuerdo a lo señalado por Glenn y Ebbsemeyer (1993), es de 9.5 meses, esta diferencia en los ciclos podría ser el efecto local de respuesta, en donde la combinación de factores y elementos climáticos, así como de variables oceanográficas, caracteriza de manera particular cada localidad.

La temperatura del aire y la precipitación mantuvieron una relación positiva y con un nivel de asociación del 38% durante la temporada de Nortes, sin embargo, durante la temporada de Lluvias, la relación fue baja y negativa (2%); cabe señalar que en la localidad del Puerto de Veracruz, junto con Alvarado, son las dos regiones más lluviosas con respecto a las otras seis localidades estudiadas, esto podría significar que, en éstas existe una gran actividad convectiva y en consecuencia abundantes precipitaciones, este incremento de calor generado a partir de la condensación del vapor de agua de las nubes, podría equilibrar el enfriamiento derivado de las precipitaciones ocasionadas por los frentes fríos.

#### **d) Alvarado, Veracruz.**

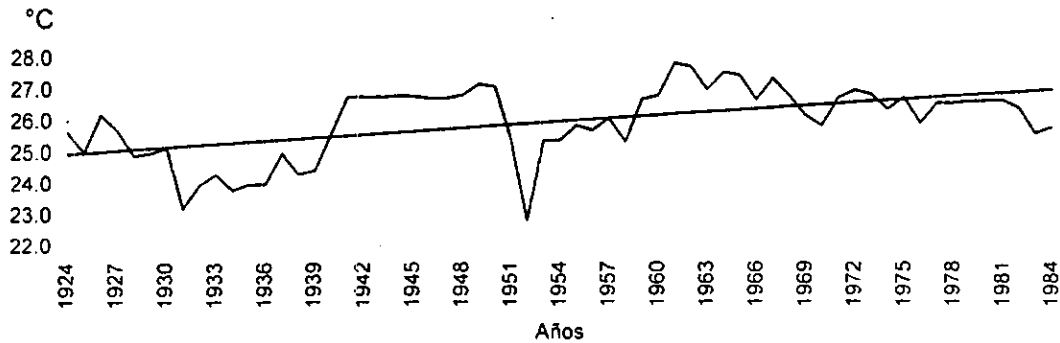
El análisis de las anomalías anuales de la temperatura del aire en Alvarado, Veracruz mostró una oscilación térmica de entre 22.7°C y 28°C, lo que equivale a una fluctuación máxima anual en 60 años de 5.3°C. Se observaron cuatro grandes períodos antagónicos entre sí, de los cuales el cuarto fue el más largo; dentro de los dos períodos fríos sobresalieron los años de 1931 y 1952, ambos años caracterizados como fríos en extremo y que correspondieron a años con eventos La Niña, destaca que los años previos al registro del mínimo térmico, ocurrieron dos erupciones volcánicas que fueron: en 1930 la erupción del volcán Merapi (Indonesia), y en 1951 la del volcán Lamington (Papúa), Antuña, *et al.*, (1996), determinan que en los tres primeros años posteriores a las erupciones volcánicas, ocurre una merma en la temperatura por el aumento de cenizas, las que se constituyen como núcleos higroscópicos, ocasionando una incremento en la cobertura nubosa (Fig. 38), la que no necesariamente se traduce en un aumento en el volumen de la precipitación, tal y como se observa en la Sección III (Fig. 104), ya que como en esta localidad y para esos años, hubo un el decremento térmico que impidió un aumento en la evaporación y en consecuencia la humedad relativa necesaria para el desencadenamiento de un proceso convectivo, según señala Garduño (1994); por otro lado ambos años (1931 y 1952), se ubicaron en la fase del mínimo solar de los ciclos solares de Wolf 16 y 18, respectivamente. Cabe destacar la correspondencia que existe en el comportamiento de la temperatura del aire con el ciclo de Hale (Fig. 17), tal y como señala para estas latitudes Adem (1976), comportamiento que se observó también en Tampico.

Figura 38. Anomalías de la Temperatura del aire promedio anual en Alvarado, Veracruz durante el periodo de 1924 a 1984.



Al analizar la tendencia térmica del aire en Alvarado, Veracruz se observó un patrón de fluctuación anual que, aunque oscilante, tendió al incremento y dentro de estas fluctuaciones también se registraron descensos, en los años de 1931 y 1952 (ambos años con eventos La Niña). De acuerdo al tipo climático calculado por el Sistema Modificado (García, 1988), esta región corresponde al tipo  $Aw_2(i)w^1$  y se determinó a través de la presente investigación que los meses que ocasionaron que la temperatura decreciera fueron, en ambos años, los meses de diciembre, con  $19.9^{\circ}\text{C}$  y  $21.8^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Los límites establecidos para los meses más fríos correspondieron a una temperatura por encima de  $18.0^{\circ}\text{C}$ , en el presente análisis se determinó que en ambos años los meses de diciembre se encontraron dentro de los límites; en el caso de los incrementos en las temperaturas registradas en los meses veraniegos no se dan límites. La tendencia de calentamiento se calculó a través de una regresión lineal cuya pendiente fue de  $b = 0.0336$ , es decir, que el incremento registrado se ubicó dentro del intervalo de  $25.0^{\circ}\text{C}$  a  $27.0^{\circ}\text{C}$ , lo cual implica que en un lapso de 60 años la temperatura del aire se ha incrementado en  $2.0^{\circ}\text{C}$ , incremento que hasta el momento ha sido, hasta el momento, el más alto con respecto a las localidades de Tampico ( $0.2^{\circ}$ ), Tuxpam ( $0.5^{\circ}\text{C}$ ) y el Puerto de Veracruz ( $0.8^{\circ}\text{C}$ )(Fig. 39). Por otro lado, la temperatura promedio anual durante los últimos 30 años, de 1954 a 1984, fue de  $26.0^{\circ}\text{C}$ , lo equivale a un incremento de  $0.5^{\circ}\text{C}$ , es decir que, el incremento térmico fue mayor en el segundo periodo; sin embargo, las anomalías positivas y negativas, contribuyeron de manera significativa al sesgar el promedio de las temperaturas anuales. De ahí que se confirma que con este tipo de herramienta estadística sólo se aprecia una fase del comportamiento real al través del tiempo; lo que no permitió afirmar de manera confiable la ocurrencia de un Cambio Climático local.

Figura 39. Tendencia de la Temperatura del aire promedio anual en Alvarado, Veracruz durante el período de 1924 a 1984.



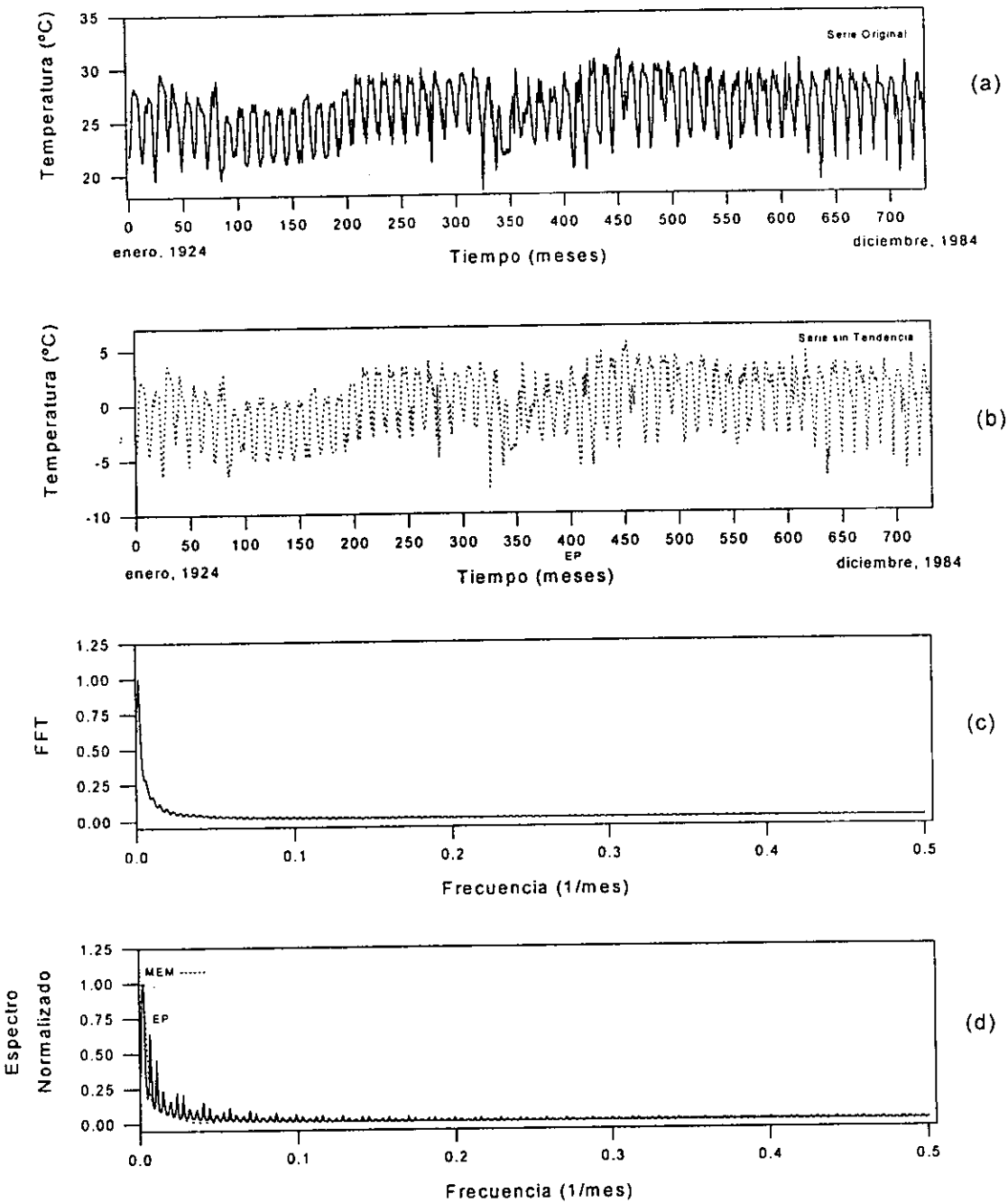
Las diferentes periodicidades observadas en los análisis anteriores de temperatura media se calcularon a través de una Serie de Tiempo, elaborada a partir de registros mensuales. (Tabla 27 y Fig. 40).

Tabla 27. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del aire en Alvarado, Veracruz durante el período de 1924 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 341.2$ meses (28.4 años)	$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)	$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)

Los resultados de la tabla 27 y figura 40 reflejaron una relación periódica asociada básicamente a dos ciclos: el primero de ellos de 28.4 años, corresponde a un ciclo un poco mayor al del ciclo de Hale de 22 años, y que corrobora lo calculado en el análisis de la anomalía térmica del aire, en donde se observa que predomina el comportamiento del doble ciclo solar, lo que corresponde a lo señalado por Adem (1976), esta misma situación se observó en Tampico; y el segundo período, de 42.7 años, equivale a la mitad del ciclo secular o de Gleissberg y podría constituir un armónico secundario, que enmascara este ciclo.

Figura 40. Series de Tiempo de la Temperatura del aire en Alvarado, Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



El grado de asociación entre las variables atmosféricas (contando entre ellas al Índice de Zürich) y el comportamiento térmico del agua de la zona costera, se estableció a partir de un análisis de correlaciones múltiples, tanto anual como estacional (Nortes, Secas y Lluvias), todas ellas con una  $p < 0.05$ ; se muestran en las tablas 28, 29, 30 y 31.

Tabla 28. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio anuales en Alvarado, Veracruz.

	T.Aire	Lluvia	Nublados	Despeja	El Niño	Zürich	Ciclón	T.Agua	Salinid	Descar
Evapor	<b>0.61*</b>	<b>-0.41*</b>	-0.26	<b>0.89*</b>	<b>-0.71*</b>	-0.10	-0.16	0.06	0.02	0.21
T.Aire		<b>-0.57*</b>	<b>0.46*</b>	0.25	<b>-0.41*</b>	<b>0.45*</b>	-0.21	-0.25	-0.33	-0.21
Lluvia			0.26	-0.02	-0.29	<b>-0.48*</b>	<b>0.55*</b>	<b>-0.63*</b>	-0.21	<b>0.68*</b>
Nublado				-0.38	-0.19	0.37	<b>0.76*</b>	<b>-0.83*</b>	<b>-0.63*</b>	0.01
Despej					<b>-0.82*</b>	<b>-0.45*</b>	-0.07	-0.02	0.10	<b>0.54*</b>
El Niño						0.30	<b>-0.41*</b>	<b>0.58*</b>	0.31	<b>-0.66*</b>
I.Zürich							-0.31	-0.07	<b>-0.66*</b>	<b>-0.87*</b>
Ciclón								<b>-0.78*</b>	-0.15	<b>0.60*</b>
T.Agua									<b>0.71*</b>	<b>-0.41*</b>
Salinid										0.24

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Las correlaciones calculadas con los valores promedio anuales en Alvarado, Veracruz mostraron grados importantes de asociación con las siguientes variables: la temperatura del aire de manera directa con la evaporación en un 61%, relación 20% menor a la calculada para Tampico, sin embargo en Tampico esta relación es más estrecha durante la temporada de Nortes, mientras que en Alvarado los mejores coeficientes de correlación se alcanzaron durante la temporada de Lluvias, esto implica que, en Tampico la evaporación dependen del viento, mientras que en Alvarado, el incremento térmico obedeció a una respuesta latitudinal menor, y difiere de manera importante con Tuxpam y el Puerto de Veracruz, en donde dicha relación fue baja (15%) aproximadamente; otra de las relaciones más estrechas lo fue la temperatura del aire con los días despejados en un 90%, lo que se explica de acuerdo a Garduño (1994), existe una mayor penetración de energía calórica por la ausencia de cobertura nubosa y es con respecto a las otras tres localidades analizadas el coeficiente de correlación más alto. Dentro de los vínculos negativos que se calcularon para la temperatura del aire se encontró para los eventos El Niño un 71% y para la lluvia un 41%. Los coeficientes de correlación más altos calculados para la temperatura del agua fueron en sentido positivo con los eventos El Niño en un 58%; mientras que en sentido negativo lo estuvo con los días nublados (83%); con la incidencia ciclónica (78%) y con la precipitación (63%); la respuesta del vínculo negativo entre la temperatura del agua y estas dos últimas variables, se debe que ocurre un enfriamiento generado por la merma en el ingreso de la radiación solar por la presencia de la nubosidad y por el enfriamiento ocasionado por la condensación que se efectúa durante la precipitación.

Tabla 29. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Nortes en Alvarado, Veracruz.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	T.Agua	Salinid	Descar
T.Aire	<b>-0.41*</b>	<b>-0.94*</b>	<b>0.42*</b>	<b>0.93*</b>	<b>1.0*</b>	-0.17	<b>1.0*</b>	<b>1.0*</b>	<b>-0.97*</b>
Lluvia		0.35	0.02	<b>-0.47*</b>	<b>-0.44*</b>	-0.16	<b>-0.41*</b>	<b>-0.40*</b>	0.35
Evapor			-0.39	<b>-0.89*</b>	<b>-0.95*</b>	0.34	<b>-0.94*</b>	<b>-0.94*</b>	<b>-0.93*</b>
Nublado				0.08	<b>0.44*</b>	<b>0.44*</b>	<b>0.43*</b>	<b>0.41*</b>	<b>-0.60*</b>
Despej					<b>0.92*</b>	-0.31	<b>0.93*</b>	<b>0.93*</b>	<b>-0.83*</b>
El Niño						-0.15	<b>1.0*</b>	<b>0.99*</b>	<b>-0.97*</b>
Zürich							-0.17	-0.17	0.12
T.Agua								<b>1.0*</b>	<b>-0.97*</b>
Salinid									<b>-0.97*</b>

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Durante la temporada de Nortes, se incrementaron los valores de correlación entre las diferentes variables (hecho que no sucede en las estaciones anteriores: Tampico, Tuxpam y Veracruz). Las variables que resaltaron por su grado de asociación, directo fueron: la temperatura del aire con la del agua (100%); con la salinidad en un (100%); con los días despejados (93%); con los días nublados (42%) y en sentido inverso con las descargas fluviales (97%) y la evaporación (94%). La temperatura del agua mantuvo una relación directa con los días nublados en un (43%); los días despejados (93%) y los eventos El Niño (100%); y una relación inversa con la evaporación (94%) y la precipitación (41%), todos ellos procesos que ya se han argumentado en las otras localidades anteriores.

Tabla 30. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Secas en Alvarado, Veracruz.

	T.Aire	Lluvia	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	T.Agua	Salinid	Descarg
Evapor	<b>-0.93*</b>	<b>-0.70*</b>	<b>-0.90*</b>	<b>-0.91*</b>	<b>-0.93*</b>	-0.03	<b>-0.92*</b>	<b>-0.90*</b>	<b>0.94*</b>
T.Aire		<b>0.77*</b>	<b>0.97*</b>	<b>0.99*</b>	<b>1.0*</b>	-0.18	<b>1.0*</b>	<b>0.99*</b>	<b>-0.93*</b>
Lluvia			<b>0.87*</b>	<b>0.80*</b>	<b>0.79*</b>	0.17	<b>0.78*</b>	<b>0.75*</b>	<b>-0.80*</b>
Nublado				<b>0.97*</b>	<b>0.97*</b>	0.01	<b>0.97*</b>	<b>0.94*</b>	<b>-0.88*</b>
Despej					<b>0.99*</b>	-0.21	<b>0.99*</b>	<b>0.98*</b>	<b>-0.92*</b>
El Niño						-0.16	<b>1.0*</b>	<b>0.99*</b>	<b>-0.94*</b>
Zürich							-0.19	-0.27	0.12
T.Agua								<b>0.99*</b>	<b>-0.92*</b>
Salinid									<b>-0.93*</b>

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Al igual que durante la temporada de Nortes, en la temporada de Secas en la localidad de Alvarado se estimó una gran cantidad de coeficientes de correlación significativos; de forma directa entre las siguientes variables y de manera decreciente con: la temperatura del aire con la del agua en un 100%; con los eventos El Niño en un 100%; con los días despejados en un 99%; con la salinidad en un 99%; con los días nublados en un 97% y con la precipitación en un 77%; mientras que de manera inversa con las descargas fluviales en un 93%. Por otro lado la temperatura del agua mantuvo vínculos directos con los eventos El Niño (100%); con los días despejados (99%); con los días nublados (97%) y con la precipitación (78%).

Tabla 31. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Lluvias en Alvarado, Veracruz.

	T.Aire	Lluvia	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	Ciclones	T.Agua	Salinid	Descarg
Evapor	<b>-0.99*</b>	<b>0.83*</b>	<b>0.86*</b>	<b>-0.98*</b>	<b>-0.99*</b>	0.26	<b>-0.99*</b>	<b>-0.99*</b>	<b>-0.99*</b>	<b>0.84*</b>
T.Aire		<b>-0.86*</b>	<b>-0.88*</b>	<b>0.99*</b>	<b>1.0*</b>	-0.28	<b>1.0*</b>	<b>1.0*</b>	<b>1.0*</b>	<b>-0.85*</b>
Lluvia			<b>0.86*</b>	<b>-0.88*</b>	<b>-0.87*</b>	-0.01	<b>-0.86*</b>	<b>-0.87*</b>	<b>-0.89*</b>	<b>0.84*</b>
Nublado				<b>-0.93*</b>	<b>-0.90*</b>	-0.04	<b>-0.87*</b>	<b>-0.89*</b>	<b>-0.89*</b>	<b>0.88*</b>
Despej					<b>0.99*</b>	-0.16	<b>0.98*</b>	<b>0.99*</b>	<b>0.99*</b>	<b>-0.88*</b>
El Niño						-0.24	<b>1.0*</b>	<b>1.0*</b>	<b>1.0*</b>	<b>-0.85*</b>
Zürich							-0.30	-0.27	-0.28	-0.21
Ciclones								<b>1.0*</b>	<b>1.0*</b>	<b>-0.82*</b>
T.Agua									<b>1.0*</b>	<b>-0.85*</b>
Salinid										<b>-0.83*</b>

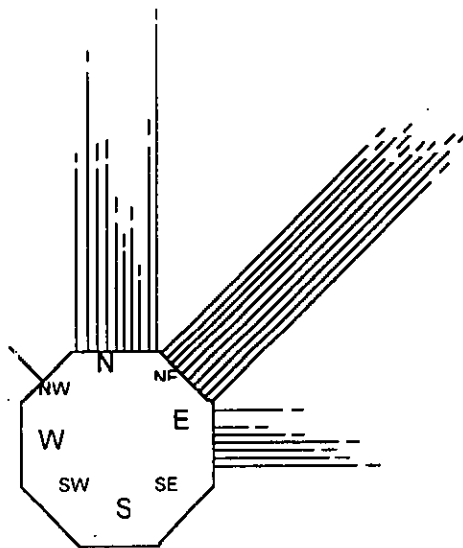
\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Finalmente durante la temporada de Lluvias, ocurrió al igual que en las otras dos temporadas un alto número de coeficientes de correlación, entre los que destacan: la temperatura del aire que se encontró vinculada en orden

descendente con la temperatura del agua en un 100%; con la incidencia ciclónica en un 100%; con la salinidad en un 100%; con los días despejados en un 99%; y de forma inversa con los días nublados en un 88%; con la precipitación en un 86% y con las descargas fluviales en un 85%. Cabe destacar que, Alvarado constituyó la localidad en la que se calcularon los coeficientes de correlación más altos, tanto por temporadas climáticas como anuales, con respecto a las otras localidades analizadas.

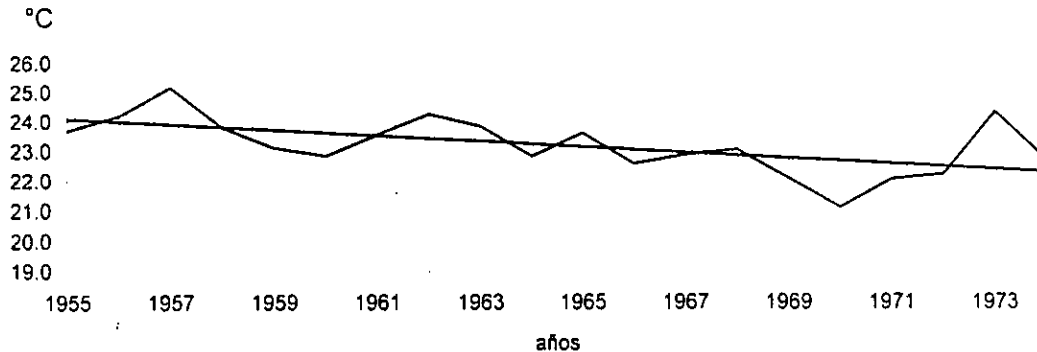
El patrón del viento en la región de Alvarado registró tres componentes a través del año jerárquicamente homogéneas, con dirección N, NE y E, y con valores promedio de entre 1.31 m/s y 5.35 m/s; ocasionalmente se reportó durante el mes de mayo una componente de NW la cual registró baja frecuencia y una intensidad promedio de 1.31 m/s; este patrón de vientos difiere de manera sustantiva con lo calculado para las otras localidades, lo que podría explicarse por la conformación de la planicie costera en Alvarado, ya que ésta se ensancha en esta porción y de nueva cuenta se constriñe por la Sierra de los Tuxtlas, lo que genera desviación de las trayectorias de los vientos, tanto alisios como de los nortes y frentes fríos, que modifican el flujo aéreo que afecta los procesos físicos del aire referidos Mosiño (1966) y García y Mosiño (1969); tal y como sucede en Tuxpam. (Fig. 41).

Figura 41. Dirección e Intensidad promedio mensual de los Vientos Dominantes en Alvarado, Veracruz.



La tendencia de la temperatura del agua en la zona costera de Alvarado mostró un patrón de decremento durante 19 años; el período observado abarcó de 1955 a 1974 y la pendiente calculada fue de  $b = -0.095$ , lo cual implica que el enfriamiento en ese lapso fue de  $1.8^{\circ}\text{C}$ , con un gradiente anual de  $0.09^{\circ}\text{C}$  (Fig. 42), es decir, que pasó de  $24.1^{\circ}\text{C}$  a  $22.3^{\circ}\text{C}$ . Esto responde posiblemente a que el mareógrafo, está localizado dentro de la laguna de Alvarado, además de que, existen descargas de origen antropogénicas, que modifican el comportamiento real de la temperatura del agua y por otro lado, un análisis de tipo lineal como se explicó en los casos anteriores, sólo muestra una porción del comportamiento total.

Figura 42. Tendencia de la Temperatura del Agua en la zona costera de Alvarado, Veracruz, durante el periodo de 1955 a 1974.



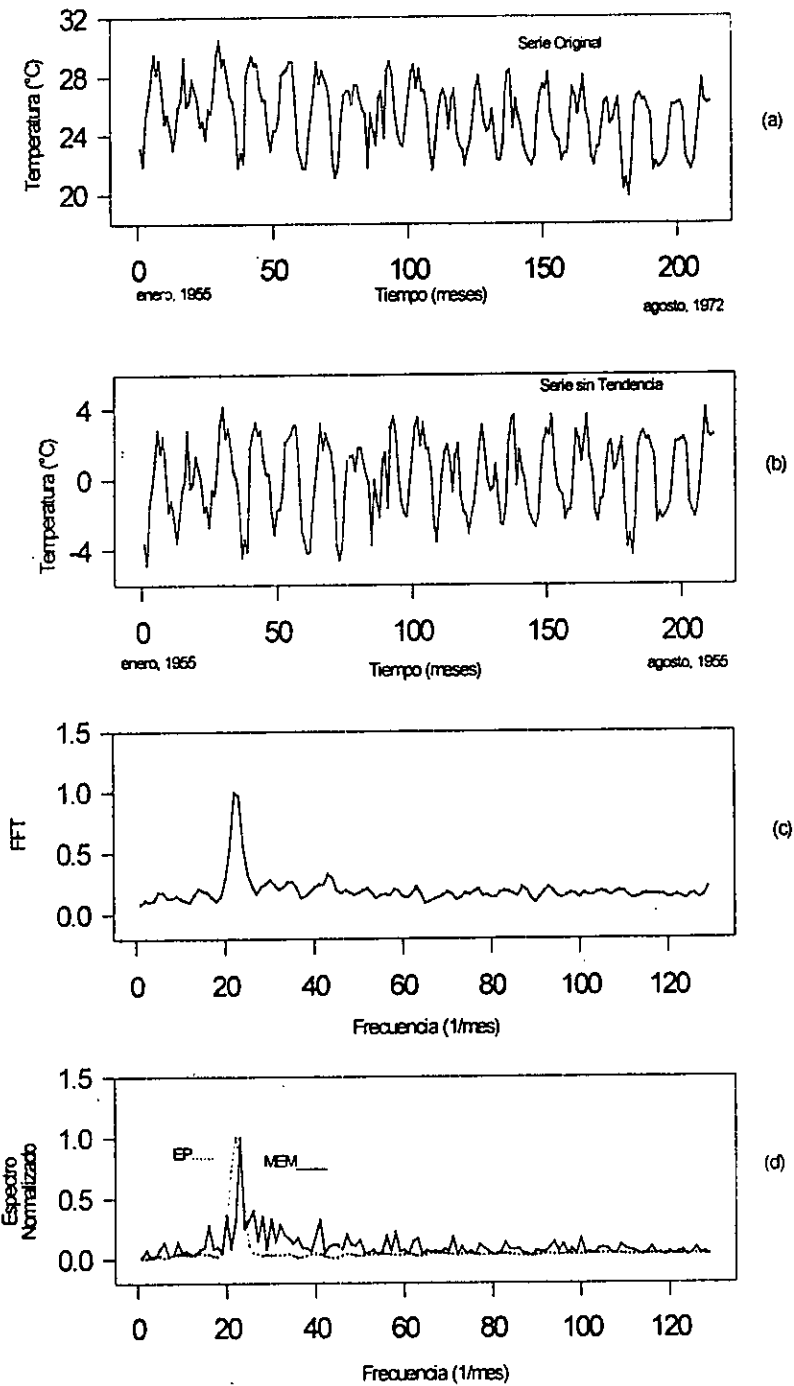
Los periodos calculados a través del análisis de Series de Tiempo en el agua superficial mostraron un periodicidad anual tal como se muestra en la tabla 32 y figura 43, se corroboró a través de tres análisis espectrales, al igual que en otros puertos, el lapso de tiempo estimado de 11.9 podría corresponder como en las otras localidades a la ciclogénesis de la Corriente de Lazo, tal y como lo señalan Glenn y Ebbsemeyer (1993), donde estiman este periodo en 11.9 meses, lapso igual al estimado a través de la máxima entropía, la transformada de Fourier y el espectro de potencia.

Tabla 32. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del agua superficial en Alvarado, Veracruz durante el periodo de 1953 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses



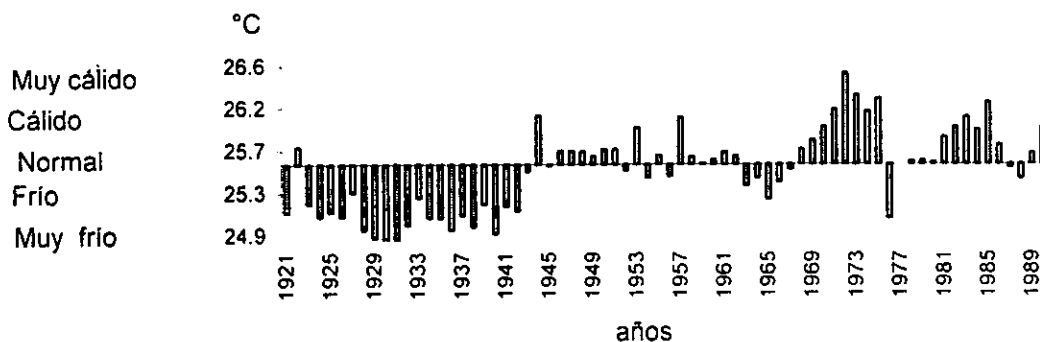
Figura 43. Series de Tiempo de la Temperatura del agua superficial Alvarado, Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



## e) Coatzacoalcos, Veracruz.

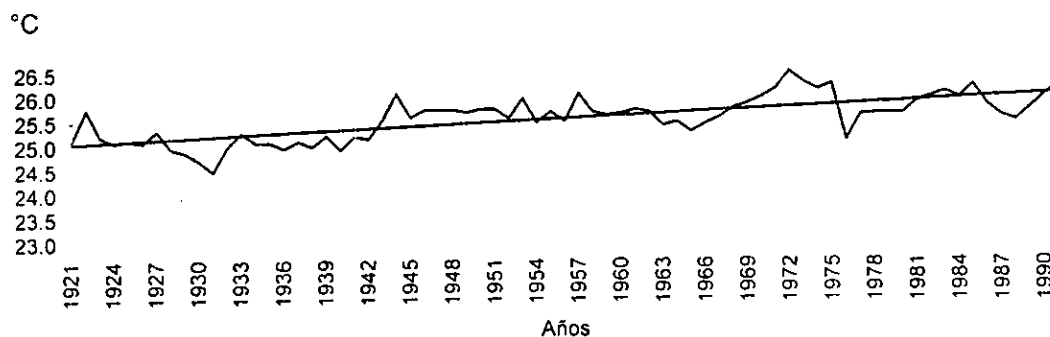
El cálculo de las anomalías de la temperatura del aire mostró seis periodos de diferente intensidad y amplitud, cuya oscilación térmica se distribuyó entre los 24.9°C y los 26.4°C, lo que equivale a una fluctuación máxima anual en 69 años de 1.5 °C. El primer periodo, el más prolongado de los cuatro, se caracterizó como muy frío y particularmente los años de 1929, 1930 y 1931, fueron los más fríos del periodo. Estos tres años se localizaron dentro de la fase decreciente solar del ciclo 16 y registraron una incidencia ciclónica de tres, dos y nueve eventos respectivamente. Por otro lado, destaca el año de 1973 como un año muy cálido, en el cual se reportaron nueve ciclones y un evento El Niño de intensidad cuatro (Fig. 44). Se apreció un primer periodo de 20 años aproximadamente, en donde predominan los años fríos, al igual que en el Puerto de Veracruz, sólo que en éste último este periodo abarcó 40 años; continúa un periodo irregular y, a partir de 1969 se observó un comportamiento inverso al ciclo solar de Hale, situación contraria a la observada en Tuxpam y Alvarado.

Figura 44. Anomalías de la Temperatura del aire promedio anual en Coatzacoalcos, Veracruz durante el periodo de 1921 a 1990.



La tendencia térmica del aire en Coatzacoalcos, refirió un patrón de incremento, con ligeras oscilaciones negativas. De acuerdo al tipo climático calculado por el Sistema Modificado (García, 1988), esta región corresponde al tipo Am(i)gw"; y se determinó en la presente investigación que fueron los meses veraniegos, con temperaturas altas de entre 27.0°C y 28.0°C los responsables del incremento promedio anual, sin embargo, no hay límites para los meses más cálidos dentro del Sistema Modificado. En esta localidad se observó una oscilación isotermal, a diferencia de Tuxpam de Rodríguez Cano, lo que se podría explicarse por el efecto de barrera climática que la Sierra de los Tuxtlas, ejerce sobre la localidad de Coatzacoalcos, región que se encuentra protegida de las masas de aire polar modificado o nortes, tal y como lo señalan Soto y García (1989). La tendencia de calentamiento calculada a través de una regresión lineal dio una pendiente de  $b = 0.0137$ , es decir, que el incremento registrado se ubicó dentro del intervalo de 25.1°C a 26.0°C, lo que implica que en un lapso de 70 años la temperatura del aire se ha incrementado 0.9°C (Fig. 45). Por otro lado, la temperatura promedio anual en los últimos 30 años, periodo que abarcó de 1960 a 1990 fue de 26.2, lo que equivale a un incremento de 0.2°C; mientras que en el periodo de 1930 a 1960 la temperatura promedio fue de 25.4°C, lo que hace una diferencia de 0.8°C mayor durante el segundo periodo, sin embargo, en ninguno de los dos casos se sobrepasan los límites térmicos marcados para este clima, tal y como sucede en las otras localidades. En esta localidad, a diferencia de las anteriores, no se registraron años extremos que sesgaran el valor promedio, por lo que este análisis de tendencia tiene una robustez estadística mayor, sin embargo, sólo señala una parte del patrón que existe en un periodo de tiempo mayor.

Figura 45. Tendencia de la Temperatura del aire promedio anual en Coatzacoalcos, Veracruz. durante el periodo de 1921 a 1990.



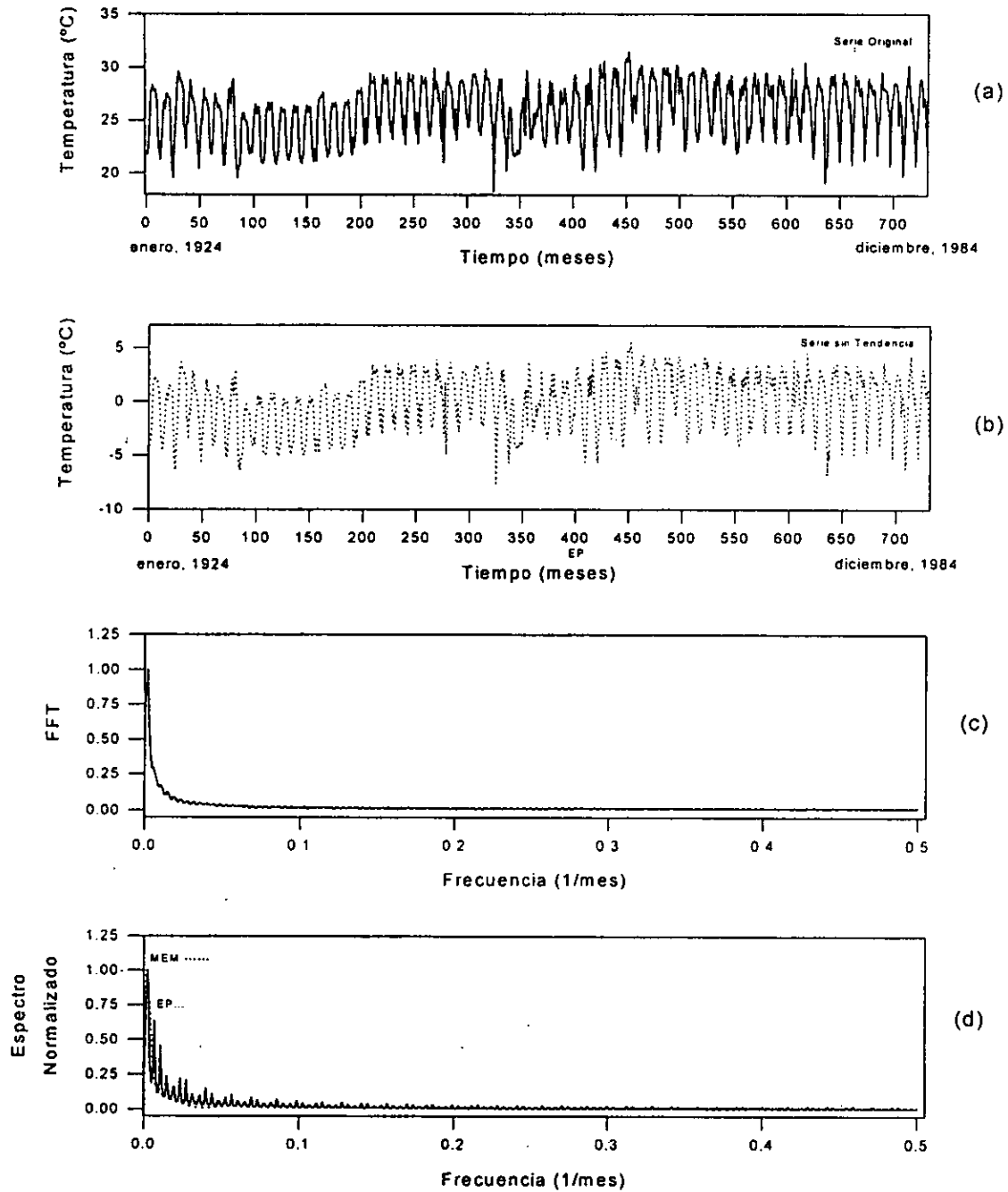
Las diferentes periodicidades observadas en los análisis anteriores de temperatura media se calcularon a través de una Serie de Tiempo, misma que se trabajó con registros mensuales. (Tabla 33 y Fig. 46).

Tabla 33. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del aire en Coatzacoalcos, Veracruz durante el periodo de 1921 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.7$ meses	$T_1 = 12$ meses	$T_1 = 12$ meses
$T_2 = 341.2$ meses (28.4 años)	$T_2 = 5.9$ meses	
$T_3 = 4.8$ meses		

Los resultados expresados en la tabla 33 y figura 46 reflejaron una relación periódica asociada al movimiento de translación terrestre, en su ciclo de 12 meses y sus dos ciclos semestrales, derivados estos últimos del doble desplazamiento que cada año efectúa la Zona Intertropical de Convergencia, periodos similares a los estimados en las otras localidades. El último ciclo, de 28.4 años, podría constituir un armónico del doble ciclo solar de Hale; situación que se asemeja a la calculada para Alvarado.

Figura 46. Series de Tiempo de la Temperatura del aire en Coatzacoalcos, Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



El grado de asociación entre las variables atmosféricas (contando entre ellas al Índice de Zürich) y el comportamiento térmico del agua de la zona costera, se estableció en las correlaciones múltiples, tanto anuales como estacionales (Nortes, Secas y Lluvias), con una  $p < 0.05$  en todos los casos, y se muestra en las tablas 34, 35, 36 y 37.

Tabla 34. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio anuales en Coatzacoalcos, Veracruz.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	Ciclones	Descarg	T.Agua	Salinid
T.Aire	0.18	0.12	0.31	-0.37	0.27	0.13	-0.21	0.15	0.12	0.03
Lluvia		-0.19	0.16	0.21	0.27	-0.13	-0.08	0.12	0.03	0.10
Evapor			-0.18	-0.29	-0.14	-0.12	-0.01	0.33	0.15	0.13
Nublado				<b>-0.52*</b>	0.09	0.07	-0.35	0.29	-0.21	-0.11
Despej					-0.08	-0.18	<b>0.41*</b>	<b>-0.43</b>	-0.17	0.15
El Niño						-0.04	-0.14	0.13	0.20	0.37
Zürich							-0.06	0.11	0.01	-0.12
Ciclones								<b>-0.45</b>	0.25	<b>0.55*</b>
Descarg									-0.02	-0.28
T.Agua										0.36

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

En esta localidad la temperatura del aire mostró el coeficiente de correlación con la temperatura del agua (12%) más bajo con respecto a las otras localidades, el resto de los coeficientes vinculados tanto con la temperatura del aire como del agua también fueron los más bajos, con respecto a las otras localidades.

Tabla 35. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Nortes en Coatzacoalcos, Veracruz.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	Descarg	T.Agua	Salinid
T.Aire	0.27	0.06	0.19	-0.18	0.28	0.15	0.11	0.23	0.09
Lluvia		-0.26	0.07	0.10	0.19	-0.04	-0.07	0.20	-0.12
Evapor			-0.13	-0.20	-0.15	-0.19	0.34	0.26	0.23
Nublado				<b>-0.58*</b>	-0.02	0.20	0.10	<b>-0.46*</b>	-0.13
Despej					-0.14	-0.13	<b>-0.44*</b>	0.02	0.03
El Niño						-0.10	0.09	0.19	0.26
Zürich							0.14	-0.04	-0.19
Descarg								0.16	-0.25
T.Agua									0.39

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Las correlaciones mayormente significativas de la temperatura del aire durante la temporada de Nortes en Coatzacoalcos fueron, de manera directa, la temperatura del agua con la del aire (23%), y de forma inversa lo estuvieron la temperatura del agua con la nubosidad (46%). El resto de los coeficientes de correlación también se mantuvieron bajos, con respecto a las otras localidades analizadas.

Tabla 36. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Secas en Coatzacoalcos, Veracruz.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	Descarg	T.Agua	Salinid
T.Aire	-0.09	0.0	0.28	-0.23	0.32	0.01	0.09	<b>0.49*</b>	0.29
Lluvia		-0.06	-0.14	0.33	0.14	0.0	-0.16	0.02	-0.25
Evapor			-0.14	-0.09	0.02	-0.12	0.27	0.15	0.15
Nublado				<b>-0.44*</b>	-0.11	0.16	0.20	-0.34	-0.18
Despej					-0.06	-0.22	<b>-0.43*</b>	-0.05	0.26
El Niño						0.07	0.27	0.18	<b>0.42*</b>
Zürich							-0.02	-0.11	-0.22
Descarg								-0.04	0.10
T.Agua									0.28

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Durante la temporada de Secas, la temperatura del aire se vinculó de manera directa con la del agua en un 49%; mientras que la temperatura del agua lo estuvo de forma inversa con la nubosidad (34%).

Tabla 37. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Lluvias en Coatzacoalcos, Veracruz.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	Ciclones	Descarg	T.Agua	Salinid
T.Aire	0.15	0.31	0.09	-0.32	0.06	0.20	-0.30	0.17	0.14	-0.08
Lluvia		-0.12	0.20	0.12	0.19	-0.12	-0.01	0.33	-0.19	-0.01
Evapor			-0.25	-0.29	-0.18	-0.04	-0.07	0.20	0.09	0.15
Nublado				<b>-0.50*</b>	0.18	-0.05	-0.29	0.34	-0.16	-0.16
Despej					-0.02	-0.09	0.38	-0.28	-0.08	0.19
El Niño						-0.01	-0.12	0.08	0.09	0.24
Zürich							-0.05	0.14	0.05	0.09
Ciclones								<b>-0.47*</b>	0.15	<b>0.51*</b>
Descarg									-0.09	<b>-0.41*</b>
T.Agua										0.21

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Para la temporada de Lluvias en Coatzacoalcos, la temperatura del aire con la del agua mantuvo un coeficiente de correlación bajo (14%), el menor con respecto a las otras dos temporadas; en orden descendente e inverso, la temperatura del aire se vinculó con los días despejados (32%) y con la incidencia ciclónica (30%). Cabe señalar que Alvarado, rompe el sentido en los coeficientes de correlación con respecto a las otras localidades, como el grado de asociación, esto se debe posiblemente a que, cada localidad tiene una respuesta diferente a cada una de las variables.

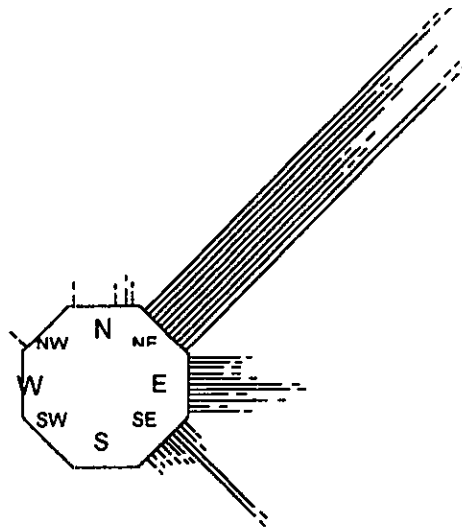
En las cuatro localidades analizadas, que pertenecen al estado de Veracruz, se observó que los coeficientes de correlación más altos, calculados entre los días despejados y la temperatura del aire, fueron Alvarado y el Puerto de Veracruz, tanto anual como estacionalmente, en ambas localidades se registraron menos de 100 días despejados por año; mientras que, en Tuxpam y Coatzacoalcos se registraron entre 150 y 200 días despejados, lo que explica el decremento en los coeficientes de correlación; al respecto Soto y García (1989), sugieren que, el porcentaje de cobertura nubosa en el cielo repercute en la cantidad de insolación y por ende en la temperatura, ya que, los cielos despejados permiten el escape de la radiación terrestre al espacio exterior, lo que produce el descenso de la temperatura.

Respecto de los días nublados, no fue posible, jerarquizar, como en los días despejados, un patrón de acuerdo al número de días registrados con por lo menos tres cuartas partes con cobertura nubosa, esto se debe posiblemente a que existen condiciones particulares, de latitud, anchura de la planicie costera y orografía, que modifican el efecto termorregulador de la nubosidad como lo señalan Soto y García (1989).

El comportamiento del viento en Coatzacoalcos mostró una componente dominante a lo largo del año con dirección NE, cuya intensidad promedio fue de 5.35 m/s; las componentes E y SE se registraron también a lo largo del año, aunque con una frecuencia e intensidad considerablemente menor que la anterior y con valores promedio de 1.31 m/s; la componente del N se registró únicamente de noviembre a febrero, aunque con baja frecuencia e intensidad promedio de 1.31 m/s; por último, se calculó durante enero, una componente con dirección NW de baja intensidad, 1.31 m/s en promedio y con poca frecuencia (Fig. 47).

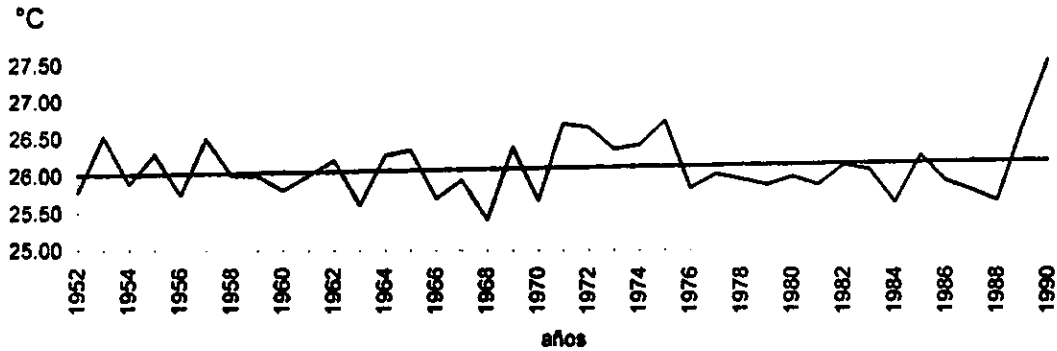
Destaca en las cuatro localidades analizadas del estado de Veracruz que, el patrón de vientos, así como la temperatura del aire y sus modificadores, caracterizados durante un periodo promedio de 70 años (1920-1990), no presentó variaciones importantes con respecto a lo analizado por Soto y García (1989), durante el período de 1921-1970, lo que constituye un argumento más para indicar que lo que se ha observado a lo largo de los 70 años conforma una variabilidad propia del clima y no una variación o cambio del mismo.

Figura 47. Dirección e Intensidad promedio mensual de los Vientos Dominantes en Coatzacoalcos, Veracruz.



La tendencia de comportamiento del agua en la zona costera del Coatzacoalcos mostró un ligero incremento de su temperatura a lo largo de 38 años, a partir de 1952 y hasta 1990, el cual ascendió 0.2°C con una pendiente de  $b = 0.0054$ , es decir, que la temperatura fluctuó de 26.0°C a 26.2°C; lo que equivale a un gradiente anual de 0.005°C (Fig. 48).

Figura 48. Tendencia de la Temperatura del Agua de la zona costera de Coatzacoalcos, Veracruz durante el período de 1952 a 1990.



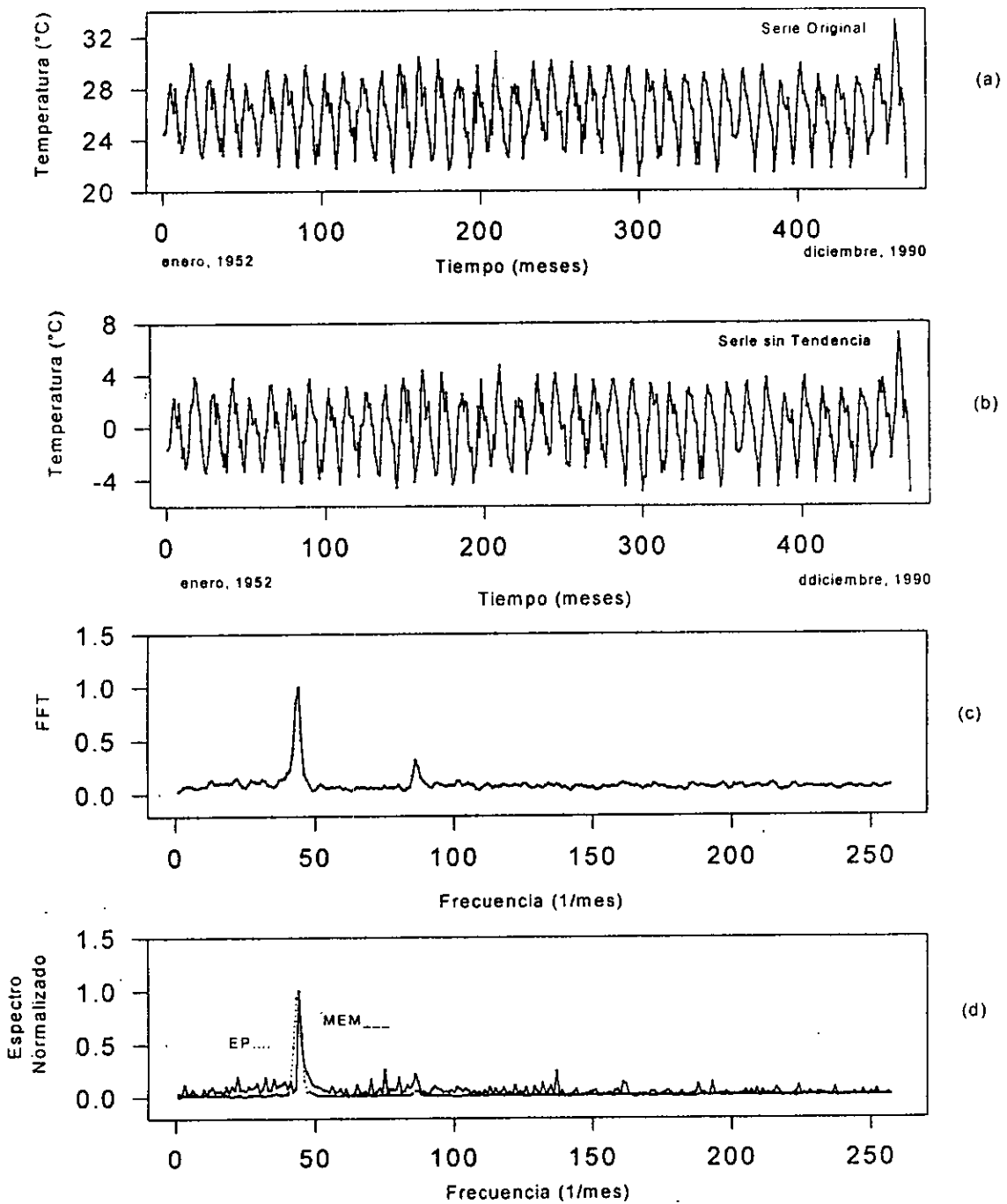
El análisis de Series de Tiempo de la temperatura del agua superficial mostró dos periodicidades: la primera y más dominante abarcó un ciclo de un año y la segunda un semestre, como puede corroborarse en la tabla 38 y figura 49.

Tabla 38. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del agua superficial en Coatzacoalcos, Veracruz durante el periodo de 1952 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses $T_2 = 6.0$ meses	$T_1 = 11.9$ meses



Figura 49. Series de Tiempo de la Temperatura del agua superficial en Coatzacoalcos (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.

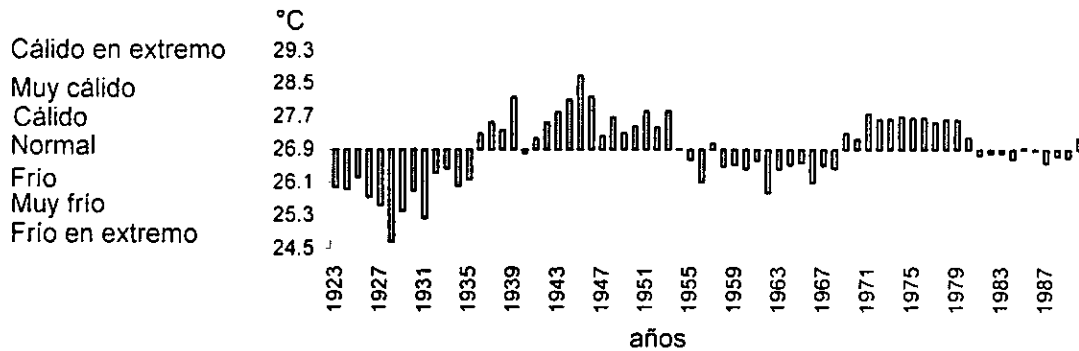


Dentro de los ciclos calculados para la Corriente de Lazo, Vukovich (1998), determina a partir de diez años de observación satelital infrarroja que, la periodicidad de ésta se encuentra entre 6 meses y 10.9 meses, lo que corresponde a lo observado en la presente investigación, en lo que respecta al período semestral.

**f) Ciudad del Carmen, Campeche.**

El cálculo de las anomalías de la temperatura del aire mostró cinco períodos de diferente intensidad y amplitud; en lo que se refiere a su intensidad, la oscilación térmica se distribuyó entre los 28.5°C y los 24.5°C, lo que equivale a una fluctuación máxima anual de 4.0°C, en 69 años. El primer período, el más prolongado de los cinco, se caracterizó como muy frío y los años de 1929, 1930 y 1931 fueron los más fríos de este período; estos tres años se localizaron dentro de la fase decreciente solar del ciclo 16 y se registraron durante estos años, una incidencia ciclónica de tres, dos y nueve eventos, respectivamente; durante los años de 1930 y 1931 se reportó la erupción del volcán Merapi (Indonesia), Antuña, *et al.*, (1996), señalan que, las erupciones podrían contribuir al abatimiento de las temperaturas atmosféricas. Por otro lado, destaca el año de 1946 como muy cálido y en el que se reportaron seis ciclones y un evento El Niño de intensidad uno, es decir, de baja intensidad. Los últimos tres períodos mostraron una tendencia progresiva hacia al comportamiento normal (Fig. 50). Los cinco períodos estuvieron dentro de una escala temporal aproximada de entre 10 y 15 años en promedio, situación semejante a la observada en los Puertos de Alvarado y Coatzacoalcos.

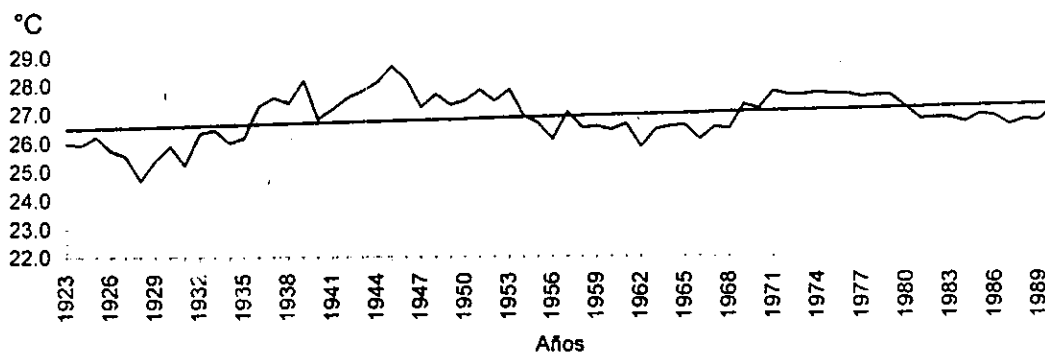
Figura 50. Anomalías de la Temperatura del aire promedio anual en Ciudad el Carmen, Campeche durante el período de 1923 a 1990.



La tendencia térmica del aire en Cd. del Carmen, Campeche presentó un patrón de incremento con ligeras oscilaciones negativas. De acuerdo al tipo climático determinado por el Sistema Modificado (García, 1988), esta región corresponde al tipo  $Ax'(w_2)(i)gw''$ ; y a través del presente estudio se determinó que, los meses veraniegos con temperaturas de entre 27.0°C y 28.0°C fueron los responsables del incremento promedio anual, sin embargo, el sistema no marca límites para los meses más cálidos, de ahí que, se puede afirmar que el tipo climático no presentó cambios. La tendencia de calentamiento calculada a través de una regresión lineal tuvo una pendiente de  $b = 0.0137$ , es decir, que el incremento registrado se ubicó dentro del intervalo de 25.1°C a 28.0°C lo que implica que en un lapso de 70 años la temperatura del aire se incrementó 2.9°C, es decir que, fue el incremento más alto con respecto a las otras localidades analizadas (Fig. 51). En lo que se refiere al aumento térmico por periodos se observa que de 1923 a 1959, la temperatura promedio fue de 26.8°C; mientras que en los últimos 30 años, que abarcaron de 1960-1990 lo fue de 27.0°C; es decir, que el segundo período fue 0.2°C en promedio más cálido que el primero, sin embargo, este tipo de análisis no constituye una herramienta que

permite observar el patrón completo de una variable como la temperatura del aire, cuyo comportamiento es de carácter periódico, por lo que no es posible evaluar de manera robusta un posible cambio climático.

Figura 51. Tendencia de la Temperatura del aire promedio anual en Cd. del Carmen, Campeche durante el periodo de 1923 a 1990.



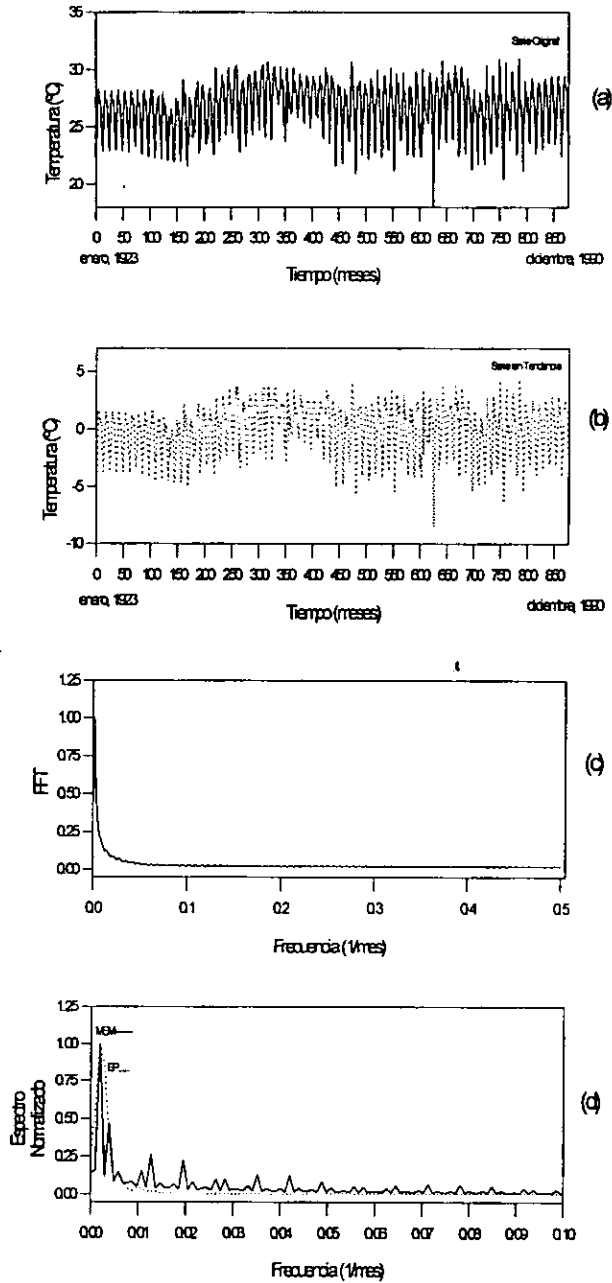
Las diferentes periodicidades observadas en los análisis anteriores de temperatura media se calcularon a través de una Serie de Tiempo, con registros mensuales, (Tabla 39 y Fig. 52).

Tabla 39. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del aire en Cd. del Carmen, Campeche durante el periodo de 1923 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)	$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)	$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)
$T_2 = 78.7$ meses (6.5 años)		
$T_3 = 51.2$ meses (4.2 años)		

Los resultados expresados en la tabla 39 y figura 52, reflejaron una periodicidad de 42.7 años calculada en los análisis de Máxima Entropía, la Transformada de Fourier y el Espectro de Potencia, lapso que corresponde a la mitad del ciclo solar secular y que, podría constituir un armónico secundario del ciclo secular, esta misma periodicidad se observó en Tampico y en Alvarado; por otro lado, se calcularon ciclos de menor intensidad observados en el análisis de Máxima Entropía de 6.5 años y 4.2 años, sin embargo éstos no fue posible vincularlos con algún evento particular.

Figura 52. Series de Tiempo de la Temperatura del aire en Cd. del Carmen, Campeche. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



El grado de asociación entre las diferentes variables se desarrolló tanto con registros anuales, como por temporada climática; los coeficientes de correlación se muestran en las tablas 40, 41, 42 y 43.

Tabla 40. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio anuales en Cd. del Carmen, Campeche.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	Ciclones	Descarg	T.Agua	Salinid
T.Aire	0.02	-0.24	<b>0.66</b>	<b>-0.83</b>	0.07	-0.11	<b>-0.45</b>	-0.20	0.03	<b>0.47</b>
Lluvia		0.09	0.28	-0.04	0.0	0.06	<b>-0.46</b>	<b>0.50</b>	0.26	-0.03
Evapor			-0.34	0.29	-0.19	-0.01	-0.03	0.18	0.34	-0.18
Nublado				<b>-0.73</b>	-0.04	0.30	<b>-0.40</b>	0.19	0.22	0.07
Despej					0.10	0.05	<b>0.46</b>	0.15	0.08	<b>-0.43</b>
El Niño						-0.05	-0.16	0.02	0.05	0.15
Zürich							0.04	0.32	0.05	-0.38
Ciclones								-0.05	-0.20	-0.33
Descarg									<b>0.53</b>	<b>-0.42</b>
T.Agua										-0.27

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Las variables que alcanzaron coeficientes de correlación más altos empleando los promedios anuales fueron: de forma directa la temperatura del aire con el número de días nublados ( $r = 0.66$ ), esto se debe, posiblemente, como se explicó, para otras localidades que presentaron un comportamiento semejante a que, el incremento en la nubosidad tiene efectos termorreguladores en la temperatura del aire, tal y como lo señalan Soto y García (1989), sobre todo en latitudes inferiores a los  $18^{\circ}\text{N}$ ; por otro lado la temperatura del aire mantuvo una relación con la salinidad del 47%, esta relación se genera a través del proceso de evaporación, y cuya repercusión se observa en la salinidad, según lo señalan Sverdrup, *et al.*, (1970); la temperatura del agua mantuvo una relación directa con las descargas fluviales del 53%, lo que se debe probablemente a que, en la región donde se colectaron los registros termohalinos, se localiza en la zona portuaria de Cd. del Carmen, lo que permite, una mezcla térmica entre las masas de agua epicontinentales y marinas. De forma inversa, se encontró: la relación entre la temperatura del aire y las descargas fluviales ( $r = -0.20$ ), lo que implica posiblemente que las descargas de los ríos San Pedro y San Pablo tengan temperaturas inferiores a las registradas en el aire, lo que contribuye posiblemente con un enfriamiento de éste último, a través de procesos adiabáticos; el número de días despejados con la temperatura del aire tuvo un coeficiente de correlación de  $r = -0.83$ , lo que confirma que la nubosidad tiene efectos termorreguladores, tal y como se señaló anteriormente. Por último la temperatura del agua tuvo correlaciones directas con la lluvia ( $r = 0.26$ ), con la evaporación ( $r = 0.34$ ) y con el número de días nublados ( $r = 0.22$ ), lo que se explica en parte por las relaciones intrínsecas de intercambio calórico, tanto del calor latente como del calor sensible, que existe entre el agua, la evaporación y la cobertura nubosa (Adem, 1975).

Tabla 41. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Nortes en Cd. del Carmen, Campeche.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	Descarg	T.Agua	Salinid
T.Aire	0.03	-0.24	<b>0.46*</b>	<b>-0.53*</b>	0.13	-0.20	-0.22	-0.04	0.13
Lluvia		-0.12	0.06	0.09	0.06	0.08	0.28	0.24	0.06
Evapor			-0.33	0.35	0.01	-0.04	-0.12	0.24	0.16
Nublado				<b>-0.61*</b>	-0.17	0.16	0.12	-0.18	-0.36
Despej					0.17	-0.03	0.16	0.28	0.02
El Niño						-0.10	-0.01	0.04	0.12
Zürich							-0.01	-0.04	-0.13
Descarg								<b>0.45*</b>	-0.21
T.Agua									0.13

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Respecto de la temporada de Nortes, la localidad de Cd. del Carmen registró las correlaciones más significativas de la temperatura del aire con las siguientes variables: de forma directa con los días con cobertura nubosa ( $r = 0.46$ ), relación semejante a la estimada para Alvarado; e, indirecta con los días despejados ( $r = -0.53$ ); en lo que se refiere a la temperatura del agua, el coeficiente de correlación más elevado lo fue con las descargas fluviales, en forma positiva (45%), con respecto al resto de las localidades analizadas, esto implica posiblemente que, las descargas que se registran durante esta temporada tengan características térmicas semejantes a las de la zona portuaria de Cd. del Carmen. El resto de los coeficientes de correlación, aunque menores, contribuyen indudablemente al comportamiento total del sistema.

Tabla 42. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Secas en Cd. del Carmen, Campeche.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	Descarg	T.Agua	Salinidad
T.Aire	-0.37	-0.23	-0.02	<b>-0.49*</b>	-0.04	-0.04	-0.13	0.03	0.24
Lluvia		0.16	-0.09	0.04	0.06	-0.04	0.23	0.33	0.08
Evapor			-0.30	<b>0.40*</b>	-0.20	-0.20	0.27	0.30	-0.25
Nublado				-0.24	0.0	<b>0.67*</b>	0.28	0.06	0.08
Despej					0.20	-0.02	0.16	-0.02	<b>-0.48*</b>
El Niño						0.05	0.02	0.12	0.09
Zürich							<b>0.48*</b>	-0.01	-0.31
Descarg								0.25	-0.22
T.Agua									-0.02

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Referente a la temporada de Secas, las variables que registraron correlaciones significativas con la temperatura del aire fueron: de forma inversa, el número de días despejados, con una  $r = -0.49$ . La temperatura del agua se relacionó de forma directa con la precipitación ( $r = 0.33$ ); con la evaporación ( $r = 0.30$ ); y con las descargas fluviales ( $r = 0.25$ ).

Tabla 43. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Lluvias en Cd. del Carmen, Campeche.

	Lluvia	Evapor	Nublado	Despeja	El Niño	Zürich	Ciclones	Descarg	T.Agua	Salinidad
T.Aire	<b>-0.58*</b>	<b>-0.70*</b>	0.34	0.32	<b>1.0*</b>	0.05	<b>0.98*</b>	-0.35	<b>1.0*</b>	<b>0.98*</b>
Lluvia		<b>0.60*</b>	0.05	-0.30	<b>-0.59*</b>	0.08	<b>-0.65*</b>	<b>0.59*</b>	<b>-0.58*</b>	<b>-0.56*</b>
Evapor			<b>-0.47*</b>	-0.08	<b>-0.72*</b>	0.05	<b>-0.70*</b>	0.33	<b>-0.70*</b>	<b>-0.71*</b>
Nublado				<b>-0.59*</b>	0.34	0.20	0.24	0.12	0.34	0.37
Despej					0.33	0.12	<b>0.42*</b>	-0.05	0.33	0.23
El Niño						0.05	<b>0.97*</b>	-0.37	<b>0.99*</b>	<b>0.98*</b>
Zürich							0.05	0.23	0.07	0.10
Ciclones								-0.38	<b>0.98*</b>	<b>0.95*</b>
Descarg									-0.37	<b>-0.44*</b>
T.Agua										<b>0.98*</b>

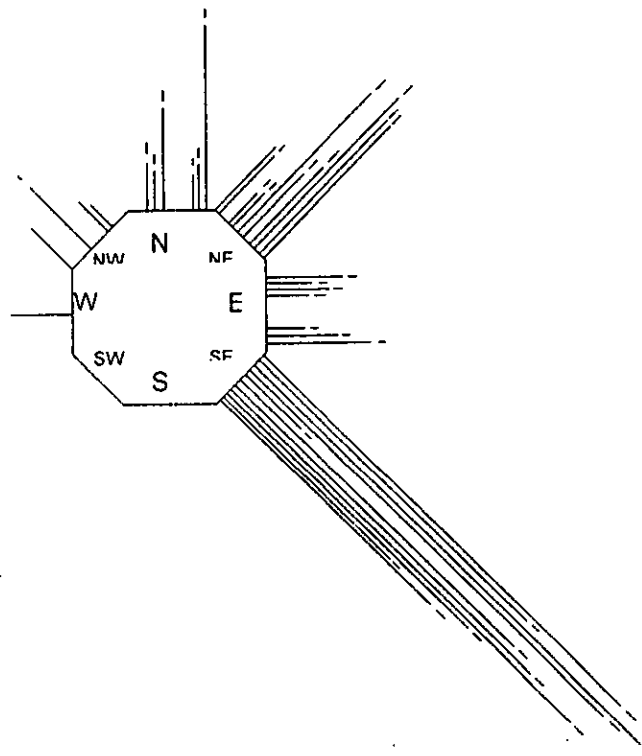
\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Durante la temporada de lluvias las correlaciones más significativas de la temperatura del aire se calcularon para las siguientes variables, de forma directa: la temperatura del agua, con una  $r = 1.0$ ; los eventos El Niño, con una  $r = 0.99$ ; la incidencia ciclónica, con una  $r = 0.95$ ; la salinidad, con una  $r = 0.98$ ; y en menor grado, el número de días nublados, con una  $r = 0.26$ ; de forma inversa lo fue la evaporación, con una  $r = -0.69$  y la precipitación,

con una  $r = -0.39$ . La temperatura del agua se relacionó de forma directa con los eventos El Niño,  $r = 0.99$ ; con la incidencia ciclónica,  $r = 0.98$ ; con el número de días nublados,  $r = 0.34$ ; y con el número de días despejados,  $r = 0.33$ ; de forma inversa, con la evaporación,  $r = -0.70$ ; con la lluvia,  $r = -0.58$ ; y con las descargas de los ríos,  $r = -0.37$  (Tabla 43).

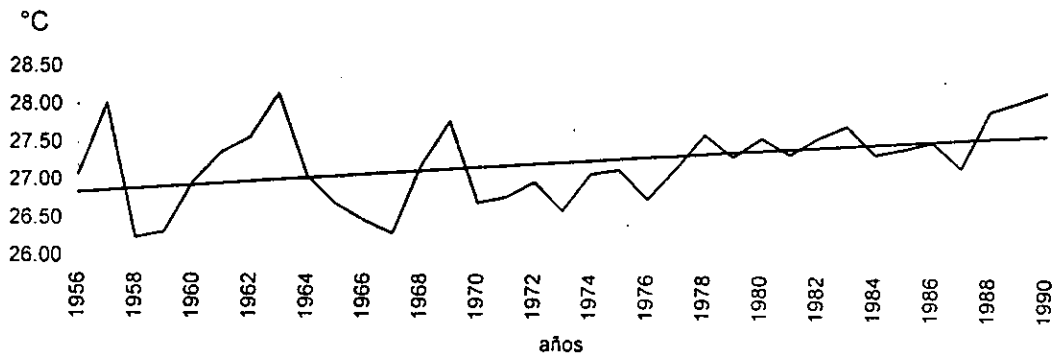
El patrón de vientos en Cd. del Carmen mostró dos componentes dominantes: la primera y de mayor importancia por su frecuencia prácticamente homogénea a lo largo del año, tuvo una dirección SE con una velocidad promedio de 1.31 m/s, mientras que la de dirección NE registró una frecuencia menor, aunque con la misma intensidad que la anterior; las direcciones E y N se reportaron durante los meses de las temporadas de Nortes (noviembre a febrero) y Secas (abril y mayo) con una intensidad promedio de 1.31 m/s; con menor frecuencia e intensidad, (0 a 0.25 m/s), se observó una componente SW; la última, en términos de frecuencia e intensidad, fue la componente del W, registrada durante el mes de junio (Fig. 53).

Figura 53. Dirección e Intensidad Mensual de los Vientos Dominantes en Cd. del Carmen, Campeche.



La tendencia de la temperatura del agua en la zona costera de Cd. del Carmen mostró un incremento de  $0.9^{\circ}\text{C}$  en 34 años, a partir de 1956 y hasta 1990, calculado a través de la pendiente cuyo valor fue de  $b = 0.024$ , lo que significa que existió un gradiente positivo de  $0.02^{\circ}\text{C}$  por año, es decir, que pasó  $26.8^{\circ}\text{C}$  a  $27.7^{\circ}\text{C}$  (Fig. 54).

Figura 54. Tendencia de la Temperatura del Agua en la zona costera de Cd. del Carmen, Campeche durante el período de 1956 a 1990.



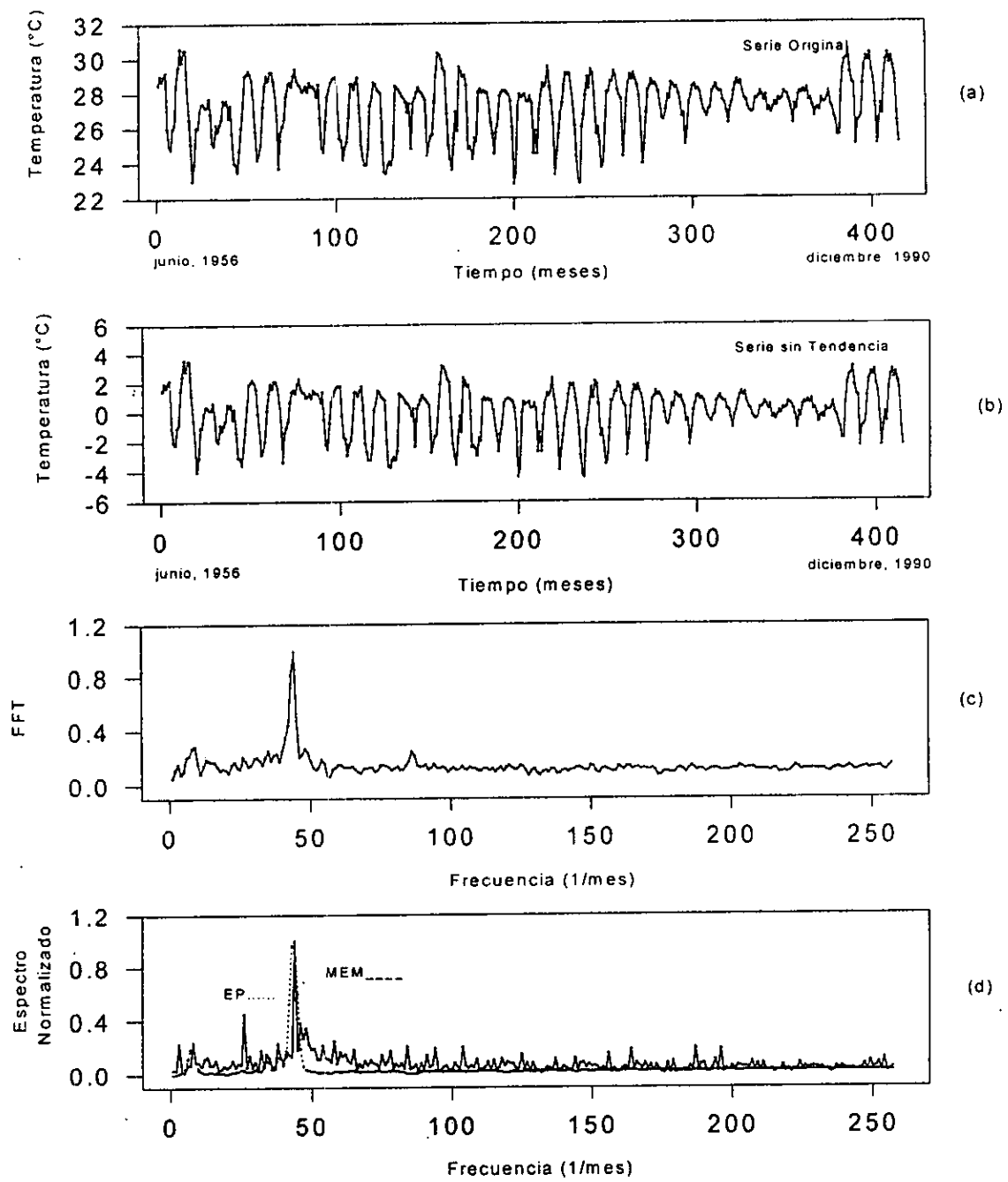
Las periodicidades calculadas para la temperatura del agua superficial en Cd. del Carmen mostraron la existencia de un ciclo anual, así como períodos que podrían estar asociados al número de manchas solares en el ciclo de 7.1 años y el doble ciclo solar de 21.3 años, como puede confirmarse en la tabla 44 y figura 55.

Tabla 44. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del agua superficial en Cd. del Carmen, Campeche durante el período de 1956 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses
$T_2 = 10.8$ meses		$T_2 = 85.3$ meses (7.1 años)
$T_3 = 255$ meses (21.3 años)		



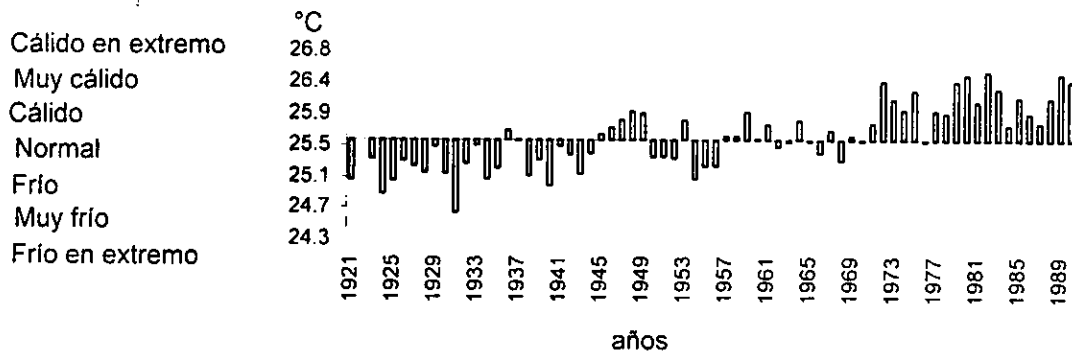
Figura 55. Series de Tiempo de la Temperatura del agua superficial en Cd. del Carmen, Campeche (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



g) Progreso, Yucatán.

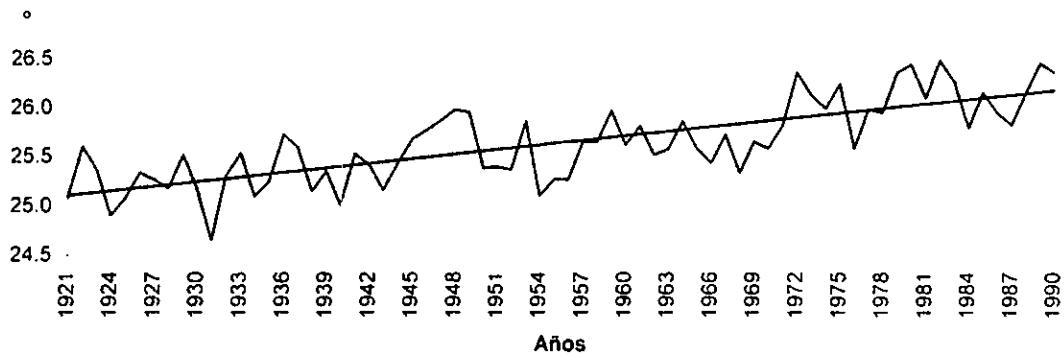
El análisis de las anomalías térmicas del aire en Progreso mostró dos grandes periodos: el primero, aunque con algunas irregularidades, abarcó de 1921 a 1970 y sus años estuvieron caracterizados como fríos y muy fríos; el segundo periodo incluyó a los años de 1971 a 1990, que fueron determinados como cálidos y muy cálidos; el intervalo de temperaturas osciló entre 26.4°C y 24.7°C, es decir que el intervalo de fluctuación en 69 años fue de 1.7°C. El primer periodo, cuya extensión abarcó casi el doble del segundo, registró nueve eventos ciclónicos por año en promedio, mientras que en el segundo se reportaron cinco ciclonones en promedio por año (Fig. 56).

Figura 56. Anomalías de la Temperatura del aire promedio anual en Progreso, Yucatán durante el periodo de 1921 a 1990.



La tendencia térmica de la temperatura del aire en Progreso, Yucatán reflejó un patrón de incremento con importantes y recurrentes oscilaciones negativas. De acuerdo al tipo climático calculado por el Sistema Modificado (García, 1988), esta región corresponde al tipo  $BS_0(h')w(x')iw''$  y, a través de esta investigación se determinó que, los meses veraniegos con temperaturas altas de entre 26.0°C y 28.1°C fueron los responsables del incremento promedio anual, sin embargo, no hay límites para los meses más cálidos. La tendencia de calentamiento calculada a través de una regresión lineal mostró una pendiente de  $b = 0.0189$ , es decir, que el incremento registrado se ubicó dentro del intervalo de 24.9°C a 26.3°C, lo que implica que en un lapso de 69 años la temperatura del aire se incrementó en 1.4°C (Fig. 57). La temperatura del aire promedio en los últimos 30 años fue la misma que la de la totalidad del periodo estudiado, de 1921 a 1990.

Figura 57. Tendencia de la temperatura del aire promedio anual en Progreso Yucatán, durante el periodo de 1920 a 1990.



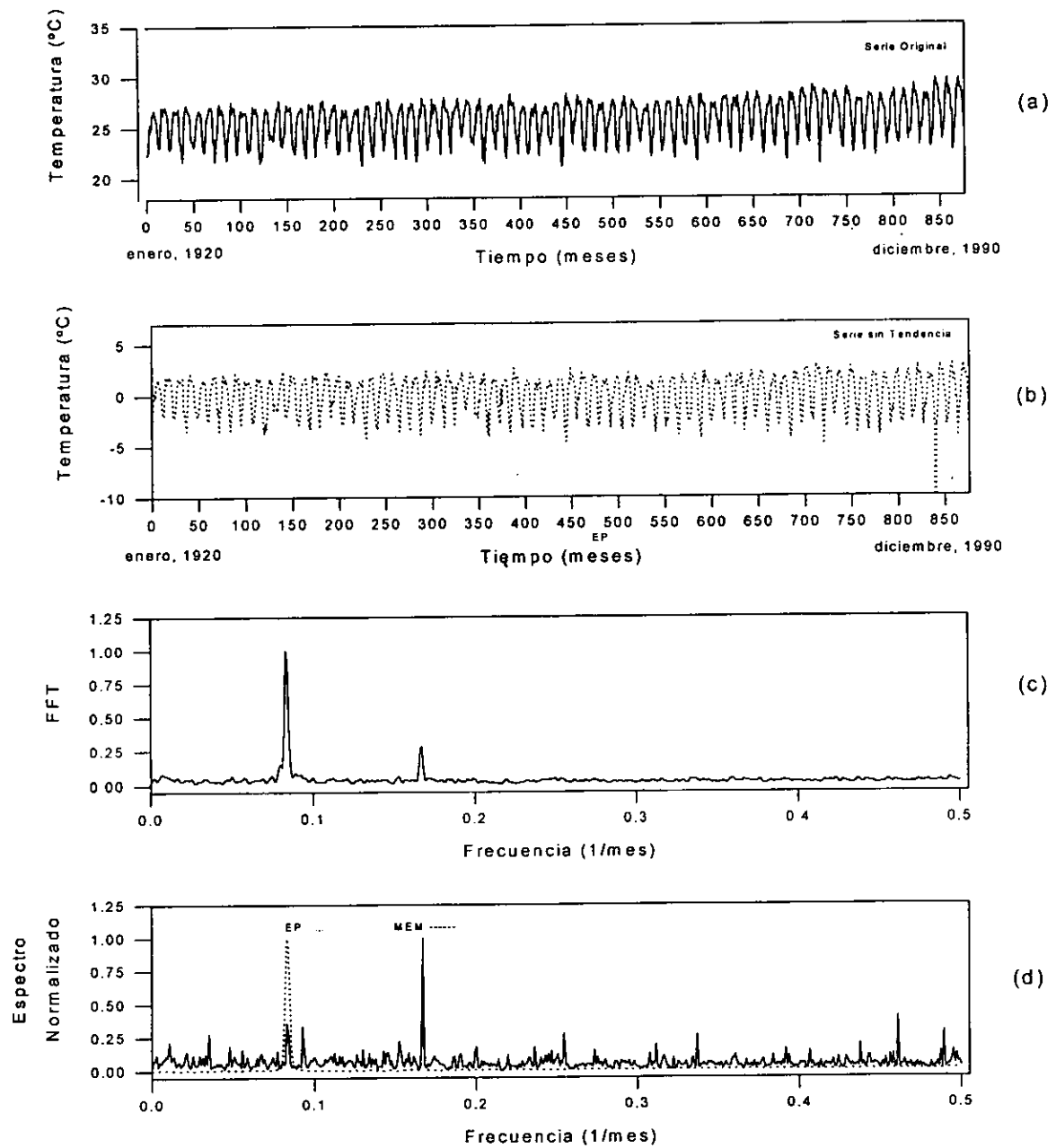
Las diferentes periodicidades observadas en los análisis anteriores de la temperatura media del aire se calcularon a través de una Serie de Tiempo elaborada a partir de los registros mensuales (Tabla 45 y Fig. 58).

Tabla 45. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del aire en Progreso, Yucatán durante el periodo de 1921 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 5.9$ meses	$T_1 = 12$ meses	$T_1 = 12$ meses
$T_2 = 2.1$ meses	$T_2 = 5.9$ meses	
$T_3 = 12$ meses		

Los resultados expresados en la tabla 45 y figura 58 reflejaron una conducta periódica asociada al movimiento de translación terrestre, cuya duración equivale al ciclo encontrado de 12 meses y que también se refleja en el desplazamiento de la Zona Intertropical, dos veces al año, periodicidad que se concuerda en el ciclo de 5,9 meses; el último ciclo calculado es de 2.1 meses y podría estar asociado a la temporada de secas, que abarca dos meses.

Figura 58. Series de Tiempo de la temperatura del aire en Progreso, Yucatán. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



Las diferentes asociaciones entre las variables oceanográficas y climatológicas (en donde se incluyó el Índice de Zürich) se calcularon, tanto para el período anual como para las tres temporadas climáticas y se muestra en las tablas 46, 47, 48 y 49.

Tabla 46. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio anuales en Progreso, Yucatán.

	Lluvia	Evapor.	Nublado	Despejado	El Niño	I. Zürich	Ciclones	Temp. Agua	Salinid.
T. Aire	<b>0.44</b>	-0.01	0.34	<b>-0.65</b>	0.18	0.25	-0.42	0.02	0.15
Lluvia		0.22	0.22	-0.35	0.17	0.19	-0.14	0.16	-0.24
Evapor.			0.16	-0.20	0.0	0.11	0.11	0.07	-0.13
Nublado				<b>-0.81</b>	0.23	-0.18	-0.44	0.34	0.20
Despej					-0.19	0.05	<b>0.62</b>	-0.30	-0.18
El Niño						-0.03	-0.14	0.07	-0.07
I. Zürich							-0.06	0.02	0.15
Ciclones								-0.12	-0.22
T. Agua									0.02

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Al emplear valores promedio anuales para el cálculo de las correlaciones entre las temperaturas del aire y del agua con otras variables climáticas, se encontraron correlaciones poco significativas. La temperatura del aire se correlacionó, de forma inversa, con el número de días despejados,  $r = -0.19$  y de forma directa con el número de días nublados,  $r = 0.16$  y con la salinidad,  $r = 0.15$ . La temperatura del agua lo hizo de forma directa con el número de días nublados,  $r = 0.34$  y de forma inversa con el número de días despejados,  $r = -0.30$

Tabla 47. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Nortes en Progreso, Yucatán.

	Lluvia	Evapor.	Nublado	Despejado	El Niño	I. Zürich	Temp. Agua	Salinid.
T. Aire	0.38	-0.10	0.14	-0.33	0.17	0.14	0.13	0.0
Lluvia		-0.15	0.04	-0.28	0.25	0.20	-0.01	-0.12
Evapor.			-0.13	0.22	0.01	0.17	-0.39	-0.06
Nublado				<b>-0.71*</b>	0.22	-0.15	<b>0.41*</b>	0.21
Despej					-0.23	0.11	<b>-0.50*</b>	-0.34
El Niño						-0.09	0.07	-0.16
I. Zürich							-0.07	0.11
T. Agua								-0.19

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Los valores de correlación aumentaron al emplear valores promedio por temporada climática, como se observa en Progreso, durante la temporada de Nortes para la temperatura del agua con respecto al número de días nublados, con una  $r = 0.41$  y, de manera inversa, con el número de días despejados, con una  $r = -0.50$  y con la evaporación, con una  $r = -0.39$ ; en lo que toca a la temperatura del aire, los valores de correlación se mantuvieron bajos.

Tabla 48. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Secas en Progreso, Yucatán.

	Lluvia	Evapor.	Nublados	Despejados	El Niño	I. Zürich	Temp. Agua	Salinid.
T. Aire	-0.25	0.32	0.03	-0.27	0.16	-0.10	0.29	0.31
Lluvia		-0.26	0.17	-0.14	-0.07	0.29	0.10	-0.12
Evapor.			0.17	-0.39	0.11	-0.11	-0.02	0.20
Nublado				<b>-0.66*</b>	0.14	-0.04	0.28	-0.25
Despej					-0.12	-0.12	-0.39	0.28
El Niño						0.08	0.08	0.03
I. Zürich							-0.16	-0.02
T. Agua								-0.01

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Durante la temporada de Secas en Progreso, se observó un incremento en los valores alcanzados para las correlaciones, de las cuales, las más significativas fueron, para la temperatura del aire: con la evaporación,  $r = 0.48$ ; con la salinidad,  $r = 0.31$ ; y con la temperatura del agua,  $r = 0.29$ ; de forma inversa, con la precipitación,  $r = -0.37$ . La temperatura del agua se correlacionó directamente con el número de días nublados,  $r = 0.28$  e inversamente con el número de días despejados,  $r = -0.39$ .

Tabla 49. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Lluvias en Progreso, Yucatán.

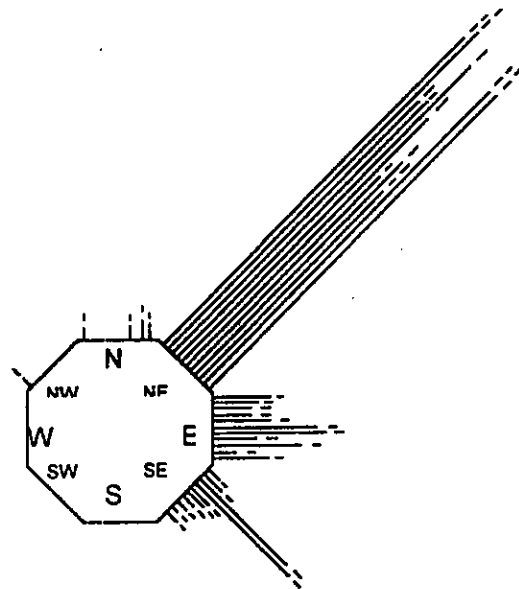
	Lluvia	Evapor.	Nublado	Despejado	El Niño	I. Zürich	Ciclones	Temp. Agua	Salinid.
T. Aire	0.34	0.30	0.33	<b>-0.59*</b>	0.09	<b>0.42*</b>	<b>-0.54*</b>	-0.31	0.10
Lluvia		<b>0.40*</b>	0.15	-0.31	0.11	0.13	-0.10	0.16	-0.17
Evapor.			0.25	<b>-0.41*</b>	0.02	0.19	-0.13	<b>0.48*</b>	-0.28
Nublado				<b>-0.84*</b>	0.21	-0.19	<b>-0.46*</b>	-0.15	0.23
Despej					-0.18	0.04	<b>0.65*</b>	0.30	-0.12
El Niño						0.0	-0.12	0.0	0.0
I. Zürich							-0.05	0.09	0.15
Ciclones								0.34	-0.13
T. Agua									-0.25

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

En lo que se refiere a la temporada de Lluvias en Progreso, las correlaciones aumentaron su nivel de significancia. La temperatura del aire se relacionó, de forma directa, con la evaporación,  $r = 0.52$ ; con el Índice de Zürich,  $r = 0.41$  y con el número de días nublados,  $r = 0.32$ ; de forma inversa, con el número de días despejados,  $r = -0.51$ ; con la temperatura del agua,  $r = -0.31$  y con la incidencia ciclónica,  $r = -0.30$ . La temperatura del agua se correlacionó, de forma directa, con la evaporación,  $r = 0.48$ ; con la incidencia ciclónica,  $r = 0.34$  y con el número de días despejados,  $r = 0.30$ .

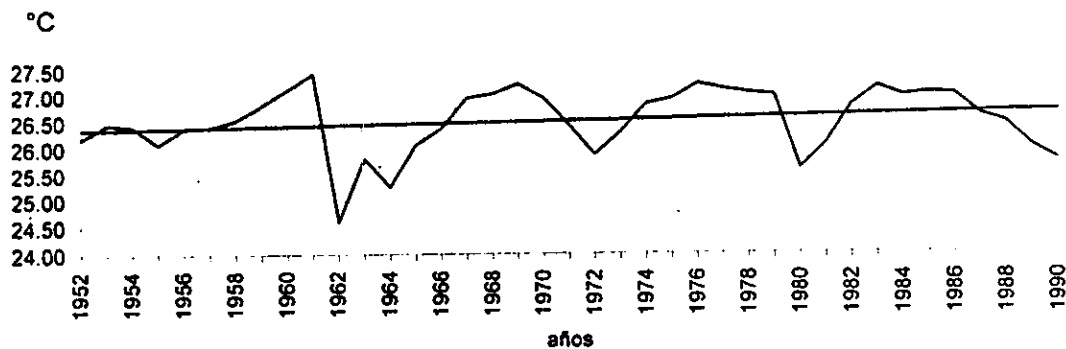
El patrón de vientos en la zona costera de Progreso mostró tres componentes dominantes: la primera, en orden jerárquico, fue la de dirección E, con una intensidad promedio a lo largo del año de 5.35 m/s y con una frecuencia 80% más dominante que las de dirección E y SE; éstas últimas, con velocidades promedio de 1.31 m/s; en la temporada de Nortes (de noviembre a febrero), se registran dos componentes de baja frecuencia: con dirección N y NW y con una intensidad promedio de 1.31 m/s (Fig. 59).

Figura 59. Dirección e Intensidad promedio mensual de los Vientos Dominantes en Progreso, Yucatán.



La tendencia de la temperatura del agua en la zona costera de Progreso mostró un ligero incremento de 0.3°C en un período de 38 años, y cuyos intervalos fluctuaron de 26.37°C a 26.70°C, el período abarcó desde 1952 hasta 1990, con una pendiente de  $b = 0.0087$ , que significa un gradiente de 0.007°C por año, y un incremento total de 0.3°C (Fig. 60).

Figura 60. Tendencia de la Temperatura del Agua en la zona costera de Progreso, Yucatán durante el período de 1952 a 1990.



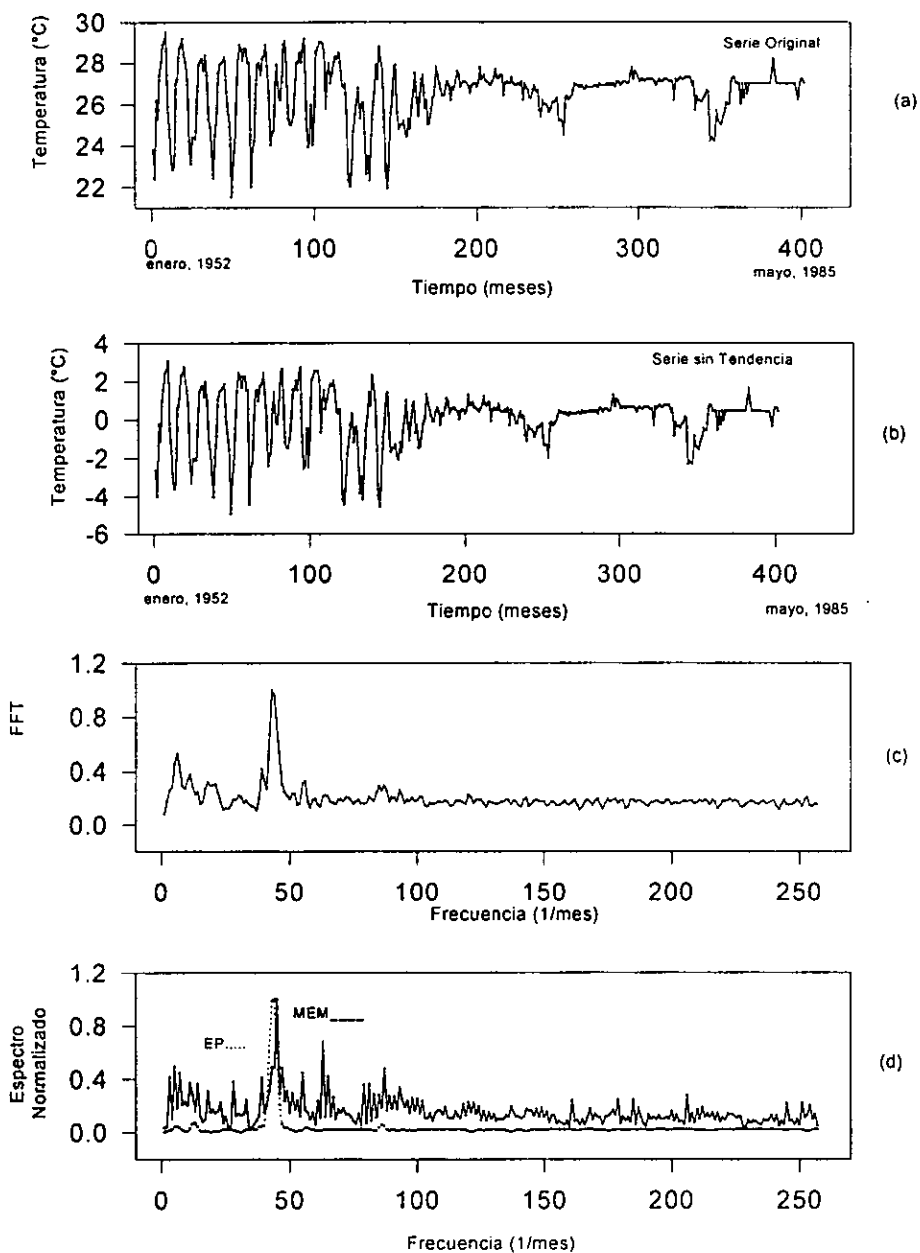
La periodicidad observada en el análisis de tendencia de la temperatura del agua (fig. 60), se estableció a partir de un análisis de series de tiempo cuyos resultados se reportan en la tabla 50 y figura 61.

Tabla 50. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del agua superficial en Progreso, Yucatán durante el período de 1952 a 1985.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 12.1$ meses	$T_1 = 11.9$ meses
$T_2 = 8.2$ meses	$T_2 = 102$ meses (8.5 años)	
$T_3 = 128$ meses (10.6 años)		

El análisis de las Series de Tiempo mostró tres periodos: el primero de ellos, el más corto, es el que corresponde al ciclo anual de la translación terrestre; los otros dos periodos podrían estar asociadas a dos de los ciclos solares, el de 8.5 años y el de 10.6 años, correspondiente, este último, al ciclo de Wolf (Fig. 61).

Figura 61. Series de Tiempo de la Temperatura del agua superficial en Progreso, Yucatán (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.

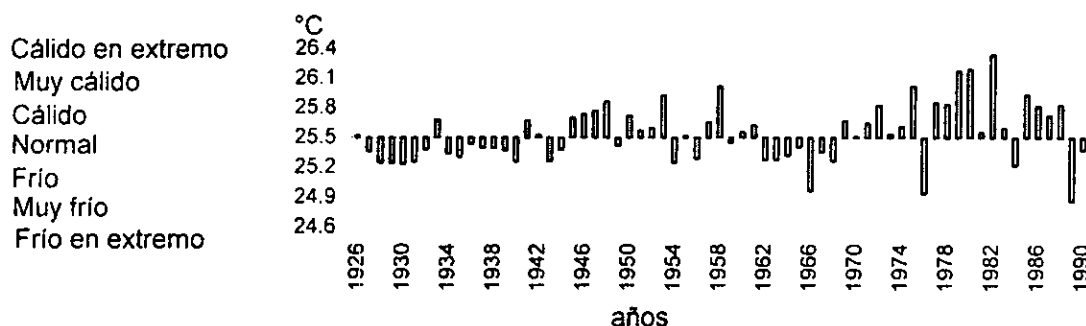




### h) Cozumel, Quintana Roo.

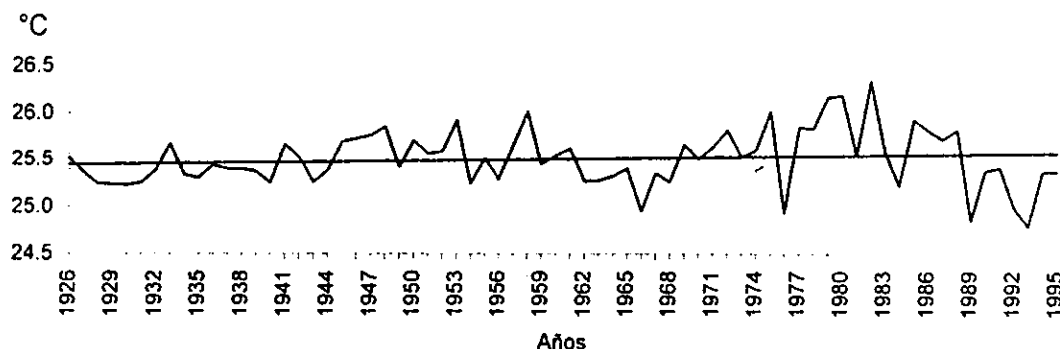
El análisis de las anomalías de la Temperatura del aire en Cozumel, Quintana Roo, mostró un patrón irregular carente de ciclos definidos; la oscilación térmica se registró entre los 26.1°C y los 24.9°C, es decir, la oscilación térmica fue de 1.2°C en 64 años. Sobresalen dos años con comportamiento antagónico: el primero de ellos correspondió a 1982 con características de año muy cálido y presencia de un evento El Niño de intensidad cuatro; el otro fue 1989, definido como muy frío. En el primero de ellos se reportó un solo evento ciclónico mientras que en el segundo, 1989, fueron siete los ciclones registrados. Cabe señalar que ambos años se localizaron dentro de la fase de máximo solar de los ciclos 21 y 22, respectivamente (Fig. 62).

Figura 62. Anomalías de la Temperatura del aire promedio anual en Cozumel, Quintana Roo.



La tendencia térmica de la temperatura del aire en Cozumel, Quintana Roo mostró un ligero patrón de incremento, con oscilaciones negativas. De acuerdo al tipo climático calculado por el Sistema Modificado (García, 1988), esta región corresponde al tipo Am(f)iw<sup>w</sup>. La tendencia de calentamiento calculada a través de una regresión lineal registró una pendiente de  $b = 0.0019$ , es decir, que el incremento registrado se ubicó dentro del intervalo de 25.4°C a 25.6°C, lo que implica que en un lapso de 69 años la temperatura del aire se incrementó en 0.2°C (Fig. 63). La temperatura promedio en los últimos 30 años, de 1965 a 1995, fue la misma que para todo el período que abarcó de 1926 a 1995.

Figura 63. Tendencia de la Temperatura del aire promedio anual en Cozumel, Quintana Roo durante el período de 1920 a 1990.



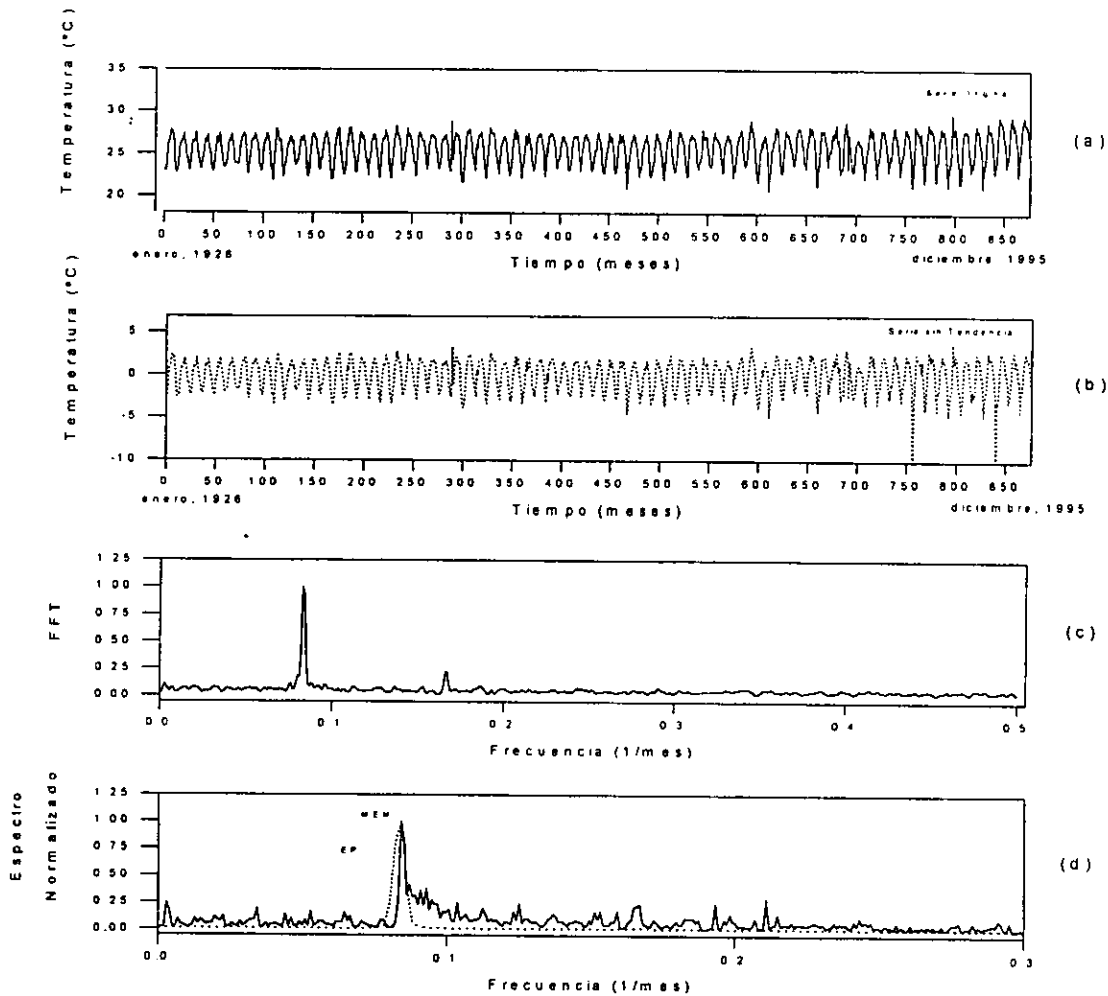
Las diferentes periodicidades observadas en los análisis anteriores de temperatura media se calcularon a través de una Serie de Tiempo elaborada a partir de registros mensuales (Tabla 51 y Fig. 64).

Tabla 51. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la temperatura del aire en Cozumel, Quintana Roo durante el periodo de 1926 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.9$ meses $T_2 = 4.7$ meses $T_3 = 5.1$ meses	$T_1 = 12$ meses	$T_1 = 5.9$ meses

Los resultados expresados en la tabla 47 y figura 49 mostraron ciclos, tanto anuales como semestrales; el primero, corresponde al movimiento de translación terrestre y el segundo, al desplazamiento semestral de la Zona Intertropical de Convergencia, como consecuencia del movimiento de translación.

Figura 64. Series de Tiempo de la Temperatura del aire en Cozumel, Quintana Roo. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



Los diversos grados de asociación entre las variables oceanográficas y las climatológicas (dentro de las que se incluyó el Índice de Zürich), se estimaron tanto para el período anual como para las tres temporadas climáticas y se muestran en las tablas 52, 53, 54 y 55.

Tabla 52. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio anuales en Isla Cozumel, Quintana Roo.

	T.Aire	Lluvia.	Nublado	Despejado	El Niño	I. Zürich	Ciclones	Temp.Agua	Salinid.
Evapor	<b>0.94*</b>	<b>0.94*</b>	-0.31	<b>-0.51*</b>	<b>1.0*</b>	<b>-0.52*</b>	<b>-0.74*</b>	<b>0.77*</b>	-0.18
T.Aire		<b>0.77*</b>	<b>-0.62*</b>	-0.18	<b>0.91*</b>	<b>-0.79*</b>	<b>-0.45*</b>	<b>0.50*</b>	0.17
Lluvia			0.02	<b>-0.77*</b>	<b>0.97*</b>	-0.21	<b>-0.92*</b>	<b>0.94*</b>	<b>-0.50*</b>
Nublado				<b>-0.66*</b>	-0.24	<b>0.97*</b>	<b>-0.42*</b>	<b>0.37</b>	<b>-0.88*</b>
Despej					<b>-0.58*</b>	<b>-0.47*</b>	<b>0.96*</b>	<b>-0.94*</b>	<b>0.94*</b>
El Niño						<b>-0.45*</b>	<b>-0.79*</b>	<b>0.82*</b>	-0.26
I.Zürich							-0.20	0.14	<b>-0.75*</b>
Ciclones								<b>-1.0*</b>	<b>0.80*</b>
T. Agua									<b>-0.77*</b>

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Las variables que reportaron correlaciones mas significativas, con valores promedio anual, se observaron en mayor grado en la temperatura del agua que en la del aire; se calculó un coeficiente de correlación directo para la temperatura del agua con la precipitación de  $r = 0.91$ ; con la evaporación,  $r = 0.79$ ; con los eventos El Niño,  $r = 0.78$ ; con el número de días nublados,  $r = 0.42$  y con la temperatura del aire,  $r = 0.34$ ; los coeficientes inversos se dieron entre la temperatura del agua y el número de días despejados, con una  $r = -0.94$  y con la incidencia ciclónica, con una  $r = -0.91$ .

Tabla 53. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Nortes en la Isla Cozumel, Quintana Roo.

	T.Aire	Lluvia.	Nublado	El Niño	I. Zürich	Temp.Agua	Salinid.
Evapor	<b>0.92*</b>	<b>0.93*</b>	<b>0.78*</b>	<b>0.85*</b>	<b>-1.0*</b>	<b>0.98*</b>	<b>-0.91*</b>
T.Aire		<b>0.71*</b>	<b>0.48*</b>	<b>0.59*</b>	<b>-0.94*</b>	<b>0.83*</b>	<b>-0.68*</b>
Lluvia			<b>0.96*</b>	<b>0.99*</b>	<b>-0.91*</b>	<b>0.98*</b>	<b>-1.0*</b>
Nublado				<b>0.99*</b>	<b>-0.75*</b>	<b>0.89*</b>	<b>-0.97*</b>
El Niño					<b>-0.83*</b>	<b>0.94*</b>	<b>-0.99*</b>
I.Zürich						<b>-0.97*</b>	<b>0.89*</b>
T. Agua							<b>-0.97*</b>

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Los valores de correlación significativa se incrementaron al calcularlos con el promedio de registros durante la temporada de Nortes en Cozumel, en lo que se refiere a la temperatura del agua, lo que no ocurre con la temperatura del aire, salvo la calculada en relación con la salinidad, la cual fue inversa y con una  $r = -0.68$ ; así entonces, las correlaciones directas encontradas fueron entre la temperatura del agua y de la precipitación, con una  $r = 0.97$ ; con el número de días nublados,  $r = 0.86$ ; con la evaporación,  $r = 0.67$  y con eventos El Niño,  $r = 0.61$ ; las correlaciones indirectas fueron con el Índice de Zürich,  $r = -0.40$ .

Tabla 54. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Secas en la Isla Cozumel, Quintana Roo.

	Temp. Aire	Lluvia	Nublados	Despejados	El Niño	I. Zürich	Temp. Agua	Salinidad
Evapor	0.17	<b>0.75*</b>	<b>-0.42*</b>	<b>-0.43*</b>	<b>0.98*</b>	-0.34	<b>0.17</b>	<b>0.22</b>
T. Aire		<b>-0.52*</b>	<b>-0.97*</b>	<b>0.82*</b>	0.0	<b>-0.98*</b>	<b>-0.94*</b>	<b>1.0*</b>
Lluvia			0.28	<b>-0.92*</b>	<b>0.86*</b>	0.36	<b>0.78*</b>	<b>-0.48*</b>
Nublado				<b>-0.64*</b>	-0.25	<b>1.0*</b>	<b>0.83*</b>	<b>-0.98*</b>
Despej					<b>-0.58*</b>	<b>-0.71*</b>	<b>-0.96*</b>	<b>0.79*</b>
El Niño						-0.17	<b>0.34</b>	<b>0.04</b>
I. Zürich							<b>0.87*</b>	<b>-0.99*</b>
T. Agua								<b>-0.93*</b>

\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Respecto a la temporada de Secas, se obtuvieron mejores índices de correlación con la temperatura del agua que con la del aire, al igual que durante la temporada de Nortes, mientras que con la temperatura del aire sólo se encontraron dos correlaciones significativas: una con la temperatura del agua con una  $r = 0.71$ , otra inversa con la salinidad,  $r = -0.65$  y una menor con la precipitación,  $r = -0.39$ . La temperatura del agua registró correlaciones significativas con la salinidad,  $r = 1.0$ ; con la evaporación,  $r = 0.93$ ; con los eventos El Niño,  $r = 0.89$ ; con la precipitación,  $r = 0.67$ ; una correlación inversa fue con el Índice de Zürich,  $r = -0.45$

Tabla 55. Correlaciones Múltiples entre las variables oceanográficas y climáticas con valores promedio durante la temporada de Lluvias en la Isla Cozumel, Quintana Roo.

	T. Aire	Lluvia.	Nublado	El Niño	I. Zürich	Temp. Agua	Salinid.
Evapor	0.38	<b>-0.89*</b>	<b>-0.84*</b>	<b>0.98*</b>	-0.20	<b>0.90*</b>	<b>-0.90*</b>
T. Aire		0.07	0.18	0.19	<b>0.83*</b>	<b>0.70*</b>	<b>-0.70*</b>
Lluvia			<b>0.99*</b>	<b>-0.97*</b>	<b>0.61*</b>	<b>-0.70*</b>	<b>0.70*</b>
Nublado				<b>-0.93*</b>	<b>0.70*</b>	<b>-0.60*</b>	<b>0.60*</b>
El Niño					-0.39	<b>0.90*</b>	<b>-0.90*</b>
I. Zürich						<b>0.10</b>	<b>-0.10</b>
T. Agua							<b>-0.10</b>

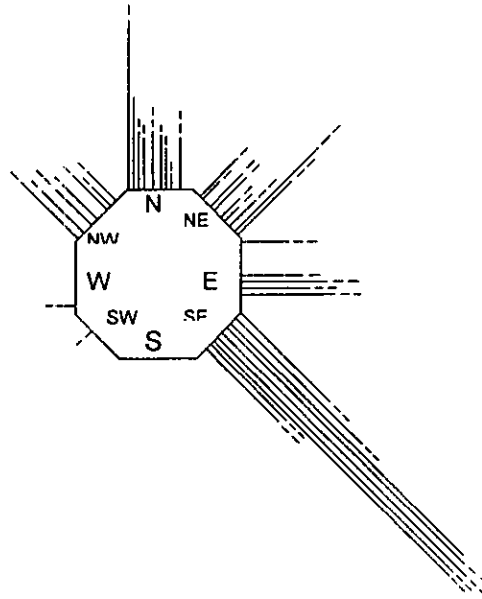
\* Valores con una correlación mayor o igual al 40%.

Por último, las correlaciones calculados entre las diferentes variables, con valores promedio durante la temporada de Lluvias en Cozumel, mostraron, al igual que en las dos temporadas anteriores, valores de correlación mayores en la temperatura del agua que en la del aire. Los valores calculadas fueron, de forma directa, entre la temperatura del agua y el número de día nublados, con una  $r = 0.83$  y con el Índice de Zürich,  $r = 0.46$ ; de manera inversa, con el número de días despejados,  $r = -0.94$ ; con la incidencia ciclónica,  $r = -0.73$  y con la temperatura del aire,  $r = -0.58$ .

El patrón de vientos en la Isla de Cozumel registró cinco componentes importantes, de los cuales el de dirección SE resulta el de mayor frecuencia, principalmente durante la temporada de lluvias (de mayo a octubre), con una velocidad promedio, a lo largo del año, de 5.35 m/s; posteriormente y con semejanza en su frecuencia a intensidad, se tuvieron las componentes del NW, N y EN, con una velocidad promedio de 5.35 m/s; la componente del E se registró fundamentalmente a finales de la temporada de Lluvias, hacia septiembre y octubre y durante la temporada de Nortes (de noviembre a febrero), con una intensidad promedio de 5.35 m/s; se registraron dos componentes con baja frecuencia que correspondieron a las direcciones del W y SW, la

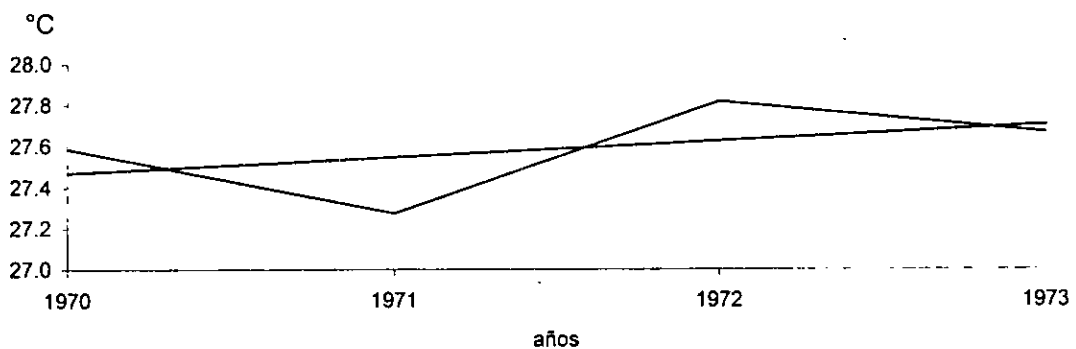
cuales ocurrieron durante enero y octubre, respectivamente, ambas con intensidades promedio de 1.31 m/s (Fig. 65).

Figura 65. Dirección e Intensidad promedio mensual de los Vientos Dominantes en Cozumel, Quintana Roo.



La tendencia del comportamiento del agua en la zona costera de la Isla Cozumel, presentó un incremento de  $0.2^{\circ}\text{C}$  en un lapso de cuatro años, que abarca de 1970 a 1973, con una pendiente de  $b = 0.077$ , lo que significa que existe un gradiente de  $0.005^{\circ}\text{C}$  cuyo intervalo térmico osciló de  $27.5^{\circ}\text{C}$  a  $27.7^{\circ}\text{C}$ ; sin embargo, dada la poca cantidad de años con registro de la temperatura del agua en dicha zona, resulta poco significativo desde el punto de vista estadístico (Fig. 66).

Figura 66. Tendencia de la Temperatura del Agua de la zona costera de Cozumel, Quintana Roo durante el período de 1970 a 1973.



Debido a que la insuficiencia de registros de la temperatura del agua en la zona costera de Cozumel, no fue posible calcular análisis de Series de Tiempo.

## DISCUSIÓN GENERAL

Las series de tiempo históricas de la temperatura del agua y del aire evidencian periodos de enfriamiento y calentamiento, estas fluctuaciones superficiales tanto en el aire como en el agua, tienen su origen de acuerdo a Rybak (1997), en anomalías de origen local, dentro una escala microclimática; y los microclimas o subsistemas microclimáticos locales, pierden la intensidad de su retroalimentación conforme aumenta la escala espacio-temporal. Los procesos de retroalimentación pueden considerarse como procesos determinísticos, ocasionados por el aumento de la temperatura, ya que su comportamiento está determinado por procesos no lineales inmersos dentro de los sistemas naturales.

El análisis climatológico de 70 años en promedio desarrollado hasta el momento en la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano permite apreciar diferencias importantes entre cada una de las regiones portuarias que obedecen a una combinación particular, en cada localidad, de los elementos del tiempo: temperatura, precipitación, nubosidad, evaporación, dirección y fuerza del viento, como modificadores de la temperatura del aire y la respuesta que estos elementos tienen en conjunto con los factores climáticos: latitud, altitud, relieve, distribución de tierras y mares y las corrientes marinas, así como el efecto que ejercen los ciclos de manchas solares, la incidencia ciclónica, los eventos El Niño y las descargas fluviales sobre la temperatura del agua. Cabe señalar que la temperatura tanto del agua como del aire son indicadores fundamentales para definir si existe actualmente una variación o una variabilidad climática y, dentro de cualquiera de ellas, si la tendencia observada señala un calentamiento o un enfriamiento.

El grado de asociación que muestran tanto la temperatura del aire como la del agua con sus ocho modificadores, calculado a través de herramientas estadísticas del tipo lineal para las diferentes escalas temporales, mostró una gran discrepancia entre el promedio anual y las temporadas de Nortes, Secas y Lluvias, ya que en el primero, posiblemente, se enmascaran los resultados a consecuencia de una estandarización tanto de las variables empleadas, como de sus registros, así como de la escala temporal de los eventos meteorológicos.

Por otra parte, el grado de asociación durante las temporadas climáticas se podría considerar con una mayor robustez estadística, ya que en éstas se hizo además, una previa discriminación de las variables a correlacionar, mientras que en la anual, se contemplaron todas, lo que de entrada ingresa un error, pues los eventos meteorológicos tales como "nortes" o masas de aire polar modificada y los ciclones no se registran a lo largo del año, sino que ocurren por periodos. Los valores de correlación más altos se calcularon para la temporada de Lluvias con una  $r = 0.52$ , mientras que en la de Nortes se tuvo una  $r = 0.48$  y durante la Secas, la menor, con una  $r = 0.44$ . Es de resaltar que la localidad de Alvarado registró durante las tres temporadas una correlación de  $r = 1.0$ ; por otro lado, en el Caribe Mexicano durante la temporada de Lluvias los coeficiente de correlación entre ambas variables fueron negativas.

En lo que se refiere a la oscilación térmica del aire, el estado de Veracruz es el que registró la mayor anual y, en orden descendente, le sigue el estado de Campeche; las regiones con menor oscilación fueron Tamaulipas, Yucatán y Cozumel (Tabla 56). No obstante, la oscilación registrada no se localiza fuera de los intervalos marcados por el Sistema Climático de Köppen, modificado por García (1988), por lo que se puede afirmar que los tipos climáticos calculados para cada región no se han alterado. Las diferencias en las oscilaciones obtenidas en las ocho regiones de estudio fueron bajas y en su mayoría se consideraron como isotermales, debido a su cercanía con el mar y a su situación orográfica poco accidentada; aunado a lo anterior, la región oriental de México, dominada por la circulación de los vientos alisios durante el verano, está considerada como un área influenciada por vientos marítimos tibios (Carrasco, 1945), que favorecen una oscilación térmica menor,

en las que las características térmicas de las capas oceánicas cercanas a la superficie, ejercen un impacto significativo en el flujo de calor cedido a la atmósfera y, a través de este, en la circulación atmosférica (Resnyansky, 1990).

Tabla 56. Oscilación de la Temperatura del aire promedio anual en las estaciones portuarias del Golfo de México durante el período de 1920 a 1990.

Localidad	No. de años analizados	Oscilación térmica	Tendencia térmica	Grados de oscilación	Gradiente térmico anual
Tampico	70	23.1°C a 25.5°C	0.2°C	2.4°C	0.034°C
Tuxpam de R. Cano	70	21.7°C a 28.7°C	-0.2°C	7.0°C	0.100°C
Puerto de Veracruz	86	23.0°C a 26.5°C	0.8°C	3.5°C	0.040°C
Alvarado	60	22.7°C a 28.0°C	2.0°C	5.3°C	0.088°C
Coatzacoalcos	69	24.9°C a 26.4°C	0.9°C	1.5°C	0.060°C
Cd. del Carmen	69	28.5°C a 24.5°C	0.9°C	4.0°C	0.057°C
Progreso	69	24.7°C a 26.4°C	1.4°C	1.7°C	0.024°C
Cozumel	64	24.9°C a 26.1°C	0.2°C	1.2°C	0.018°C

La tendencia positiva de la temperatura del aire en la planicie costera del Golfo de México mostró un incremento promedio de 0.9°C, aunque este calentamiento no es homogéneo en el tiempo y el espacio: mientras que en Alvarado y Progreso se alcanzaron los valores máximos (de 2.0°C en 60 años y 1.4°C en 70 años respectivamente), las localidades que alcanzaron valores intermedios fueron el Puerto de Veracruz con 0.8°C en 86 años y Coatzacoalcos con 0.9°C y por último, Tamaulipas y Cozumel registraron los valores mínimos con 0.2°C en ambas; es importante resaltar que en Tuxpam de Rodríguez Cano la tendencia es negativa, es decir, que existe una tendencia promedio al enfriamiento de -0.2°C (Tabla 60). Las tendencias de incremento térmico en las diferentes localidades muestran un calentamiento, sin embargo, un análisis del tipo lineal, como lo son las regresiones por el método de los mínimos cuadrados, sólo permite observar una parte del comportamiento total, por lo que no es posible afirmar que tal tendencia sea una condición lo suficientemente sustentada que apoye la existencia de un calentamiento local y regional en la zona costera del Golfo de México, ni que esta tendencia se pueda mantener y que, por lo tanto, se constituya como indicador de un cambio climático. Por otra parte Wiinn-Nielsen (1996), establece que, las oscilaciones intermensuales observadas en períodos prolongados, son de carácter cíclico, en donde intervienen procesos estocásticos no lineales, por lo que sugiere el empleo de herramientas estadísticas no lineales, en donde se utilicen registros térmicos en cuatro tipos de escalas temporales para poder determinar los diferentes ciclos menores involucrados entre los mayor escala temporal, y que corresponden a: días, meses, años y décadas, con la finalidad de poder establecer las oscilaciones intermensuales, interanuales e interdecadales.

En el capítulo anterior se mencionó que México y particularmente el área del Golfo, estaba conectado a través de un "corredor térmico" con Europa; esto concuerda con los estudios desarrollados por Coops y Schuurmans (1986), en los que detectan, a través de la conducta de la temperatura del aire, dos grandes períodos de años cálidos, registrados desde principios del siglo XX hasta los años 30's y de 1950 a 1960; ellos atribuyen este comportamiento a la respuesta que el clima presenta ante los ciclos solares.

En estos mismos períodos se registró un patrón semejante en las ocho localidades portuarias analizadas. Por otro lado, la temperatura promedio anual del aire en la superficie de la Tierra ha aumentado entre 0.3°C y 0.6°C durante los últimos 100 años. La magnitud de este calentamiento es coherente tanto con los resultados encontrados en el presente estudio como con las predicciones de algunos modelos climáticos, pero podría también equivaler a una variabilidad natural (Hughton, *et al.*, 1990).

Algunas investigaciones apuntan hacia los productos volcánicos como uno de los factores responsables de las alteraciones en la temperatura de la atmósfera. Erikson (1991), señala que las bajas temperaturas registradas en diversas localidades del planeta hacia finales del siglo XIX y principios de XX se debieron a una intensa actividad volcánica; en este mismo sentido Antuña, *et al.*, (1996), puntualizan que las erupciones de los volcanes Agung (1963), El Chichón (1983) y El Pinatubo (1991), ocasionaron un decremento en las temperaturas atmosféricas posteriores de uno a tres años a la erupción y señalan que esto se debe al particular movimiento

de la nube estratosférica que transporta las cenizas volcánicas y que se conjuga con la respuesta de la radiación solar de cada localidad a los aerosoles estratosféricos, los cuales, a su vez generan un aislamiento térmico debido a la notable diferencia entre la capacidad calorífica de la superficie de la atmósfera y la del mar adyacente. Cabe señalar que los resultados arrojados por en la presente investigación concuerdan lo mencionado por estos autores, ya que en los años siguientes a la erupción del volcán El Chichón, en Chiapas (1983) y que correspondieron a 1983, 1984 y 1985, se observó un decremento térmico; sin embargo, la merma en la temperatura del aire en 1983 no fue tan clara como en los otros años, pues coincidió con un evento El Niño de intensidad 4, que ocasionó aumentos en la temperatura que, junto con el enfriamiento producido por la erupción volcánica, balancearon la temperatura promedio anual de ese año. Bajo este tema Cress y Schönwiese (1992), analizaron en diversas localidades del mundo la relación entre la temperatura del aire, el efecto de las erupciones volcánicas y los eventos ENSO, en el periodo 1851-1984, empleando para ello análisis de series de tiempo y determinaron que los máximos de la temperatura troposférica cerca de la superficie pueden deberse al forzamiento volcánico; estos máximos, expresados a través de cartas de circulación zonal, evidenciaron que en el hemisferio norte y particularmente en latitudes superiores a los 40° se reportó un incremento notable en el periodo 1910-1940 y posteriormente ocurrió un marcado decremento en las temperaturas de diversas localidades del mundo, por lo que sugieren que durante el invierno en la región del Polo Norte, Groenlandia y el Norte de América se ven mayormente afectados por los descensos térmicos inducidos por el vulcanismo, mientras que los enfriamientos en Europa y Asia lo son más durante el verano. En este mismo sentido Robock y Mao (1995), examina los registros climatológicos de los últimos 140 años, en diferentes localidades del mundo y concluyen que el intervalo de enfriamiento detectado por efecto de las erupciones osciló entre 0.1°C y -2.0°C y las localidades que presentaron esta respuesta se localizaron en la banda de entre los 30° de latitud Norte y los 30° de latitud Sur.

De acuerdo a los registros de erupciones volcánicas que se tienen para los mismos periodos, analizados en el presente capítulo, se observa que las erupciones estudiadas por Barberi, *et al.*, (1990), de los volcanes Soufriere, Mont Pelee y Santa María en 1902, del Taal en 1911, del Kelud en 1919, del Merapi en 1930, del Lamington en 1951, del Agung en 1963, del Chichón en 1983, del Nevado El Ruizen 1985 y del Nyos en 1986, coincidieron con años caracterizados como muy fríos, fríos y cálidos, éstos últimos dentro de los niveles más bajos de la escala empleada para la caracterización de cada localidad; cabe puntualizar que durante la erupción del Chichón en México, la nube de ceniza emitida alcanzó una altitud de 25 km, que rodeó y se esparció por todo el globo en tres semanas y se dispersó varios meses después; esta nube causó un calentamiento de 3°C en la estratósfera, lo que provocó un enfriamiento substancial, hasta de 0.5°C cerca de la superficie. Por otra parte Erickson (1991), señala que en los 50 años posteriores a 1912 no se habían producido erupciones volcánicas importantes en el hemisferio Norte y en este periodo los inviernos fueron más templados, haciendo que las condiciones climáticas actuales fuesen comparativamente más cálidas que las del siglo pasado.

El mecanismo físico de la alteración climática debida a las erupciones volcánicas ha sido explicado en parte por Erickson (1991), quien menciona que no es sólo el polvo de las emisiones el que impide el paso de los rayos del Sol, pues los volcanes también producen grandes cantidades de vapor de agua y gases, entre los que se encuentra el dióxido de azufre que reacciona con el agua para producir ácido sulfúrico. Estos aerosoles también pueden penetrar en la estratósfera como una fina neblina y oscurecer la luz solar y además de detener la radiación solar entrante al mismo tiempo son transparentes a la radiación infrarroja saliente, lo que provoca el enfriamiento de la Tierra.

Al igual que en el caso de la tendencia de la temperatura del aire, la temperatura del agua mostró un ligero incremento que en promedio fue de 0.5°C, es decir, 0.4°C menos que el incremento de la temperatura del aire, con excepción de Tuxpam de Rodríguez Cano y Alvarado, que registró una tendencia de enfriamiento promedio de 1.35°C, proporcionalmente superior al enfriamiento del aire (Tabla 57). De la misma manera que con la temperatura del aire, el comportamiento térmico observado en algunas localidades fue positivo y en otras resultó negativo, lo que confirma que este tipo de análisis lineal sólo representa a una pequeña porción del total del comportamiento y que de ninguna manera sería válido afirmar que lo que se observa constituye un argumento para calificar estas tendencias como un proceso de calentamiento local y regional que derive en un cambio o variación climática. Cabe señalar que esta tendencia al calentamiento de las masas de agua es menor al



reportado para las costas de Baja California, en donde en un lapso de 42 años la tendencia de calentamiento ha sido de 0.8°C Roemmich (1992).

Tabla 57. Tendencia de la Temperatura del agua superficial en los Puertos del Golfo de México durante un lapso promedio de 30 años.

Localidad	No. de años analizados	Intervalo térmico	Incremento o decremento térmico	Gradiente térmico anual
Tampico	26	24.7°C a 25.9°C	1.2°C	0.04°C
Tuxpam de R. Cano	32	25.5°C a 24.5°C	-0.9°C	-0.02°C
Puerto de Veracruz	37	26.2°C a 25.9°C	0.3°C	0.008°C
Alvarado	19	24.1°C a 22.3°C	-1.8°C	-0.09°C
Coatzacoalcos	32	26.0°C a 26.2°C	0.2°C	0.006°C
Cd. del Carmen	34	26.8°C a 27.7°C	0.9°C	0.026°C
Progreso	38	26.4°C a 26.7°C	0.3°C	0.007°C
Cozumel	4	27.5°C a 27.7°C	0.2°C	0.05°C

Las oscilaciones observadas en la temperatura del aire mostraron periodicidades asociadas a los movimientos de translación terrestre que corresponden a lapsos de 12 meses y dentro de ellos a los dos ciclos secundarios de 6 meses, los cuales se pueden asociar al doble desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia que ocurre durante el invierno y el verano y que transportan consigo a los centros de alta y baja presión (García, 1989); en el caso particular de la zona de estudio se trata de la celda de alta presión Bermuda-Azores, área donde se generan los vientos alisios que en verano determinan el patrón de circulación atmosférica en el Golfo de México, tal y como se muestra en la intensidad y dirección de los vientos analizados en cada localidad, mientras que en invierno predominan las masas de aire polar modificadas que ingresan a la República Mexicana (Mosiño, 1988), con vientos fortísimos del norte, los cuales inciden desde Tamaulipas hasta cerca de Nautla (Mosiño, 1974), (Tabla 57 y figuras 23, 29, 35, 41, 47, 53, 59 y 65). Otro de los ciclos más importantes que se observan, los de lapso mayor que corresponden a 12.1 y 21.3 años, podrían estar asociados al ciclo solar de Wolf y al de Hale, respectivamente, mientras que el de 5.6 años lo estaría, tanto a otro de los ciclos solares, como a la periodicidad de los eventos El Niño calculada en el capítulo anterior. A partir de los resultados observados en las pruebas estadísticas de tipo no lineal es factible hablar de periodos de diferente temporalidad constituidos por fases tanto positivas como negativas, es decir, fases de enfriamiento y de calentamiento y por otra parte, los límites térmicos dentro de los cuales se encuentran estas fases constituyen, por el tiempo analizado (70 años), variabilidades climáticas regulares y no variaciones o cambios climáticos. Se requiere entonces de una cantidad mayor de observaciones uniformes y estandarizadas, efectuadas durante varios siglos, para poder determinar de manera precisa las diferentes amplitudes de las fases que constituyen los ciclos y así estar en la posibilidad de delimitar claramente el inicio de un proceso de cambio climático sin confundirlo con las oscilaciones periódicas propias de la variabilidad climática (Tabla 58). Al respecto Magaña (1994), señala a través de una escala espacio-temporal que los cambios climáticos, tales como los periodos glaciares recurren dentro de periodos que abarcan miles de años y dentro de una escala espacial de 100 000 km. Lo anterior confirma que, lo observado en esta investigación corresponde dentro del espacio y tiempo a una variabilidad climática.

Tabla 58. Periodicidades calculadas para la temperatura del aire en ocho localidades portuarias del Golfo de México y Caribe Mexicano durante un lapso promedio de 70 años.

Localidad	No. de años analizados	Ciclos dominantes		
Tampico	70	5.6 años	21.3 años	
Tuxpam de R. Cano	70	12 meses	6 meses	17 años
Puerto de Veracruz	86	12 meses	6 meses	12.1 años
Alvarado	60	28.4 años	42.7 años	
Coatzacoalcos	69	12 meses	28.4 años	
Cd. del Carmen	69	42.7 años	6.5 años	4.2 años
Progreso	69	12 meses	6 meses	
Cozumel	64	12 meses	6 meses	

La temperatura del agua, al igual que la del aire, mostró las diversas periodicidades que se muestran en la tabla 63; sin embargo, en éstas predominan las de corto tiempo (12 y 6 meses), las cuales están asociadas con los cambios estacionales. Leipper (1970), plantea la hipótesis de la existencia de un ciclo anual dentro de la circulación del Golfo de México, aunque no lo prueba; Blaha y Sturges (1981), encuentran para verano e invierno una similitud del rotacional del esfuerzo del viento y de la circulación entre el oeste del Golfo de México y el Atlántico Norte y de acuerdo a esto, dado que el giro anticiclónico en el Atlántico Norte es generado por el rotacional del esfuerzo del viento, suponen que la causa del giro anticiclónico oceánico en el oeste del Golfo de México es el factor eólico. Esta hipótesis se apoya en que el viento sobre el Golfo presenta una periodicidad de seis meses, con máximos en junio y agosto y los máximos del transporte en las vecindades del giro anticiclónico oceánico observadas en verano y en invierno, corresponden a la periodicidad eólica registrada semestralmente. Por su parte Vurkovich (1988), calcula un período de 12 meses para el desprendimiento de los giros anticiclónicos; éste pudo ser confirmado en el presente estudio a partir de las periodicidades calculadas para la temperatura del agua superficial, en donde se observa un ciclo recurrente de 12 meses para todas las localidades portuarias, con excepción de Cd. del Carmen y Progreso, que registraron ciclos mayores posiblemente asociados al ciclo de Wolf de 10.3 años y al de Hale de 22 años.

No obstante, debido la corta amplitud temporal de registros con los que se contó, no es factible aseverar que lo que se observa dentro de los análisis lineales y no lineales (tabla 59), confirme de manera contundente que los resultados obtenidos señalen un cambio climático, sino que más bien corresponden a variabilidades regulares del clima. Reid (1991), analizó un registro del promedio global de la temperatura superficial del agua y el número de manchas solares durante los últimos 130 años en diversas estaciones del planeta y estima correlaciones significativas con el ciclo solar de Wolf, correspondiente a 11 años y explica que los altos índices de correlación encontrados obedecen a la variabilidad de la irradianza total emitida por el Sol a través de la historia. En el mismo sentido Chang, *et al.*, (1990), estiman correlaciones altamente significativas con una  $r = 0.85$  entre la temperatura del aire y los ciclos de manchas solares, así como periodicidades de la temperatura de 3 a 5, 11, 22 y 92 años en Kansas, Estados Unidos.

Tabla 59. Periodicidades calculadas para la temperatura del agua superficial en ocho localidades portuarias del Golfo de México durante un lapso promedio de 30 años.

Localidad	No. de años analizados	Ciclos dominantes		
Tampico	26	11.6 meses		
Tuxpam de R. Cano	32	11.6 meses		5.8 años
Puerto de Veracruz	37	11.9 meses		
Alvarado	19	11.9 meses		
Coatzacoalcos	32	11.9 meses		6 meses
Cd. del Carmen	34	11.9 meses		21.3 años
Progreso	38	11.9 meses		10.6 años

En múltiples estaciones localizadas en el Pacífico, a partir de los registros de vientos y temperatura del agua superficial durante el período de 1950-1987 Rasmusson, *et al.*, (1990) identificaron dos periodos de la variabilidad de El Niño-Oscilación del Sur: una tiene un modo bienal con periodos cercanos a 24 meses y la otra con un período de 4 a 5 años, que ha sido registrado en las temperaturas del agua superficial en el Pacífico, lo que se asemeja al ciclo encontrado en el presente estudio de 5.8 años. Otro de los estudios que destaca, en lo que se refiere al análisis periódico de las temperaturas del agua, es el de Reid (1991), debido a la robustez de sus datos, que abarcan un período de 130 años con registros en diversas partes del mundo, en donde a través de series de tiempo analiza las temperaturas superficiales del océano y prueba, a través de análisis de correlaciones, la estrecha relación que existe entre las temperaturas y el ciclo de manchas solares de Wolf, lo que coincide de manera importante con lo encontrado en el presente estudio, particularmente para las localidades de Cd. del Carmen y Progreso.

La asociación de dependencia que se calculó entre la temperatura del agua y la del aire registró diferentes intervalos, de acuerdo a la localidad portuaria, con una respuesta del 100% en Alvarado durante las tres temporadas; Cozumel, con un promedio del 70%, seguido del Puerto de Veracruz, con un promedio de 67%. Las otras localidades no mostraron una asociación tan fuerte como las mencionadas, aunque no por eso son despreciables desde el punto de vista estadístico, aunque aquí es la respuesta sinérgica, de una mayor cantidad de variables, la que explica las interrelaciones existentes.

En lo que respecta a la asociación entre la temperatura del agua y la precipitación, se observó básicamente, durante la temporada de Lluvias, que las mayores respuestas ocurrieron en Cozumel, Alvarado y Cd. del Carmen; en las otras localidades, aunque la respuesta fue menor, también la precipitación constituyó una variable importante como modificadora de la temperatura del agua. La precipitación incidió de manera inversa sobre la temperatura del aire únicamente durante la temporada de Lluvias y durante la temporada de Nortes lo hizo de manera directa, como consecuencia del enfriamiento producido por los "nortes" de tipo húmedo (Mosiño, 1988), que de Tamaulipas hasta Nautla, principalmente, soplan con intensidades muy altas (Figs. 23, 29, 35, 41, 47, 53, 59 y 65) y por períodos de 3 a 4 días que, debido a las características térmicas de estos vientos boreales, desencadenan bajas temperaturas e importantes precipitaciones que contribuyen también con estas bajas (Mosiño, 1974). Cabe señalar que la precipitación incidió en mayor grado en la temperatura del agua en comparación a la del aire y con mayor intensidad durante la temporada de Lluvias y la de Nortes. Lo anterior obedece a que en la temporada de Lluvias no sólo la merma térmica se desencadena por el efecto de las precipitaciones, sino también por el incremento en el aporte de las descargas fluviales que aumentan con ellas. Aquí se confirma que existe una compleja relación entre la temperatura del aire y la del agua, a través de sus modificadores, como en este caso, la precipitación. En consecuencia, la temperatura del aire incide sobre la temperatura del agua de una manera directa e importante; ésta, a su vez repercute en la temperatura del agua, de ahí que si una se modifica, se genera un efecto térmico de retroalimentación entre ambos elementos que puede ser de carácter positivo ó negativo.

La evaporación modificó en mayor medida las temperatura del agua de la zona costera aproximadamente un 10% más que las temperaturas del aire en las mismas localidades. La temperatura del agua y la evaporación registraron las mayores dependencias con carácter negativo en las localidades de Alvarado y Cozumel, con una respuesta superior en las temporadas de Nortes y de Secas, mientras que la evaporación y la temperatura del aire tuvieron una relación negativa y proporcionalmente alta, del 50% en promedio, durante la temporada de Lluvias en las localidades de Alvarado, Cd. del Carmen, Progreso y Cozumel; cabe señalar que en las otras localidades, aunque los coeficiente de correlación no fueron tan altos como en las regiones antes mencionados, constituyen una parte importante para la explicación de los procesos térmicos en conjunto. La razón de que exista una relación negativa o inversa en los coeficientes de correlación se debe a que durante la evaporación de la humedad proveniente de las precipitaciones, se genera un aporte calórico conocido como calor latente de evaporación; sin embargo, este proceso y su consecuente aporte de calor deben necesariamente ocurrir en niveles más altos de la tropósfera y no en sus niveles inferiores, tal y como se observó que ocurre en las latitudes tropicales analizadas en el capítulo anterior. Es importante resaltar que dentro de los procesos de evaporación influyen no sólo la temperatura del aire, la del agua y la humedad contenida dentro del aire, sino

también la velocidad e intensidad del viento, ya que con ésta se incrementa el oleaje y en consecuencia, la superficie de agua expuesta al aire es mayor, lo que acelera la conversión de agua en vapor (Fontserre, 1953); por lo tanto, las elevadas temperaturas que se registran durante las temporadas de Secas y de Lluvias favorecen la evaporación, mientras que durante la temporada de Nortes, los intensos y frecuentes vientos del norte (Figs. 23, 29, 35, 41, 47, 53, 59 y 65), son los que facilitan este proceso.

Por otro lado la nubosidad se asoció positivamente y en un grado mayor durante la temporada de Nortes, seguida de la temporada de Lluvias y prácticamente despreciable durante la época de Secas. De nueva cuenta Alvarado y Cozumel fueron las regiones que tuvieron una mayor asociación. Los coeficientes de correlación calculados muestran que durante la temporada de Nortes, la cobertura nubosa funciona como un amortiguador térmico que merma las oscilaciones de la temperatura provenientes de los intensos vientos del norte, así como de las precipitaciones que se generan por los nortes del tipo húmedo (Mosiño, 1988), mientras que durante la época de Secas, los cielos están prácticamente despejados y los cambios térmicos, tanto en la temperatura del agua como en la del aire, son poco amplios y no se ven influenciados de manera importante por la nubosidad. Por otro lado, los días despejados, particularmente en la localidad de Alvarado durante la temporada de Secas, constituyeron la asociación inversa más importante; en las demás localidades y durante las tres temporadas climáticas se mantuvo una asociación bastante homogénea, con un promedio del 30%. La influencia que la cobertura nubosa ejerce sobre las alteraciones de la temperatura del agua es superior entre un 30% a un 50% con respecto a la temperatura del aire. En lo que se refiere a las temporadas climáticas, el efecto de la cobertura nubosa es mayor durante la temporada de Nortes y Lluvias, mientras que en la de Secas disminuye considerablemente.

Es importante señalar que la presencia de nubosidad ocasiona un calentamiento del sistema climático derivado de la emisión infrarroja que emiten las nubes, de ahí que se requiera de un planteamiento que explique la necesaria existencia de transferencias térmicas compensadoras, en las que no estén involucrados los procesos radiativos de energía procedente del suelo y en dirección a la atmósfera; estos deben corresponder a los flujos de calor sensible y de calor latente. De acuerdo a Kandel y Fouquart (1992), el calor sensible es una energía térmica disponible de forma permanente que proviene de la convección térmica y por lo tanto, de los flujos de turbulentos de aire caliente ascendente y de aire frío descendente, durante los procesos de formación de nubes y que son opuestos al calor latente que se libera durante la transición de la fase ascendente. Así entonces, la evaporación del agua del suelo y de los océanos a la atmósfera requiere de una cierta cantidad de calor: el calor latente de evaporación; esta misma cantidad de calor es restituida durante la condensación del vapor de agua en la atmósfera de la Tierra. *Grosso modo* se puede decir que el Sol calienta la superficie de la Tierra permitiendo así que el agua se evapore; la atmósfera se calienta en gran parte gracias a la condensación de esta misma agua, mientras que se enfría continuamente por pérdida de radiación infrarroja hacia el espacio.

Kandel y Fouquart (1992), mencionan que el problema del calentamiento global del que hablan tanto los políticos como los medios de comunicación desde hace una decena de años es realidad el de la intensificación de este efecto invernadero "natural"; sin embargo, en los estudios reportados por ellos no se calculan análisis de tendencias en registros de largo periodo. Está claro que el efecto invernadero se puede reforzar por el aumento de los contenidos en gas carbónico y en vapor de agua; también lo es por la inyección de gases como el metano y los clorofluorocarbonos (CFC's) que además destruyen el ozono estratosférico. Intensificar el efecto invernadero equivale a introducir una perturbación en los balances de energía de la superficie de la Tierra y de su atmósfera, perturbación que tiene con el tiempo que conducir a un aumento de la temperatura de la superficie. El problema es cifrar este último, es decir, determinar la sensibilidad del sistema frente a una perturbación de algunos vatios /cm<sup>2</sup>, que sea factible de evaluarse en un lapso corto: 30 años. A partir de los registros con los que se contó, la tendencia de calentamiento observada en la región de estudio no está lo suficientemente sustentada en el área del Golfo de México y Caribe Mexicano, como para afirmar que se trata de una variación climática que desencadene Cambios Regionales del Clima.

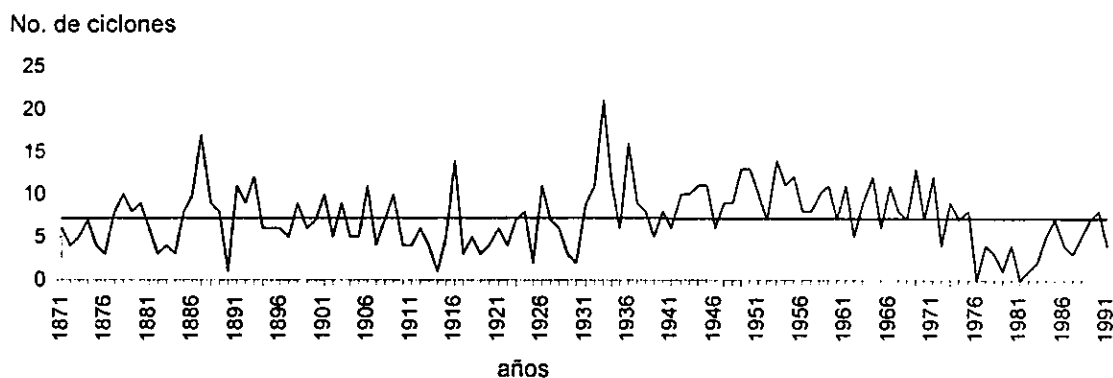
Los eventos El Niño registraron una marcada influencia sobre la temperatura del agua en la región de Alvarado y durante las tres temporadas, mientras que durante la temporada de Lluvias dicha influencia se observó también

en la región de Cd. del Carmen; en ambos casos la relación fue positiva y alta, del 100%; en las demás localidades aunque la relación fue menor, también constituye una parte importante del conjunto que explica las variaciones de la temperatura. Por otra parte, la incidencia de los eventos El Niño como modificador de la temperatura del aire fue notablemente mayor durante la temporada de Lluvias, principalmente en las localidades de Alvarado, Cd. del Carmen y Cozumel. Los efectos térmicos que se generan durante un año con evento El Niño obedecen a procesos de teleconexión climática; en el caso particular de México, se observó un incremento térmico durante la temporada de Lluvias, en la zona continental, en donde se incluye a la planicie costera del Golfo de México y la Península de Yucatán; por otro lado, se observó un decremento en los volúmenes de precipitación que derivó en incrementos térmicos, tanto en el agua superficial como en la temperatura del aire.

Entre los estudios desarrollados acerca de la influencia de los eventos El Niño en otras localidades del mundo, se cuenta con el de Liu, *et al.*, (1989), quienes determinan que dentro de las variaciones anuales de la temperatura del agua registradas en las áreas costeras de China durante el periodo 1960-1987, existieron modificaciones significativas en los bienios 1982-1983 y 1986-1987, bienios con eventos El Niño. Esto coincide con lo encontrado en el presente estudio en lo que se refiere al incremento térmico del agua registrado para esos mismo años; en ese mismo sentido Chang y Lau (1990), calculan una estrecha asociación entre las anomalías térmicas y pluviométricas en Kansas, con los ciclos solares de Hale, Wolf y los eventos ENSO. Por su parte Newell, *et al.*, (1989), señalan que el 50% de la varianza de la temperatura atmosférica durante el siglo pasado, podría atribuirse a cambios en la turbidez atmosférica derivados de las emanaciones volcánicas, mientras que el 47% de la varianza en la temperatura marina del Pacífico está relacionada con cambios en el Índice de la Oscilación del Sur que corresponden a ajustes en internos en el sistema climatológico océano-atmósfera. Esto también concuerda, tanto con los resultados encontrados para el periodo de 1869-1925, reportados en el capítulo anterior, como con los coeficientes de correlación calculados entre la temperatura del agua y del aire y los eventos El Niño en el Caribe y Golfo de México.

En lo que se refiere a la incidencia ciclónica como modificadora de la temperatura del agua, se observó que es fuerte y directa, del 80% en promedio, en Alvarado, Cd. del Carmen, Cozumel y de menor intensidad y negativa en Tampico; de acuerdo a Jauregui (1989), existen determinados trechos de la costa del Golfo de México y Caribe Mexicano en los que el riesgo de incidencia ciclónica es mayor, particularmente las costas de Tamaulipas y Quintana Roo, lo que concuerda con lo determinado en el presente estudio. De manera paralela a los análisis de correlación de Pearson, se calculó un análisis de tendencia de la ocurrencia ciclónica (Fig. 7 y Tabla 61), en donde se aprecia que no existe una modificación que permita sugerir un posible incremento ciclónico, que se presentaría si se sucediera un calentamiento climático global; la pendiente calculada fue de  $b = -0.0008$  en 120 años, lo que implica que no existe tendencia alguna y esto es otra prueba más de que no existe un calentamiento en las aguas del Caribe y Golfo de México y de que lo que se observa son variabilidades climáticas y no variaciones o cambios climáticos regionales. Cabe señalar que la incidencia ciclónica muestra una merma substancial durante años con eventos El Niño, en los cuales se observa un incremento de la temperatura atmosférica en la zona de la planicie costera. Por su parte Jauregui (1989), menciona que durante el periodo de 1890 a 1980, la actividad ciclónica decreció entre finales del siglo y hasta los años 20's, lapso en que el número de ciclones estuvo por debajo del promedio; a partir de los años 30's, cuando ocurrió el máximo para todo el periodo, y hasta los años 60's, aumentó la actividad de los ciclones en el Atlántico, el Golfo de México y el Caribe Mexicano, para decrecer por debajo del promedio al finalizar los 70's y hacia adelante; todo lo anterior ha podido ser confirmado en el presente estudio.

Figura 60. Tendencia de los eventos ciclónicos en el Golfo de México durante el período de 1871 a 1991.



A pesar de que no existe una tendencia definida en la incidencia ciclónica, si es posible, apreciar una periodicidad, calculada a través de un análisis de series de tiempo (Tabla 60, Fig. 68).

Figura 68. Series de Tiempo de la ocurrencia ciclónica en el Golfo de México. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.

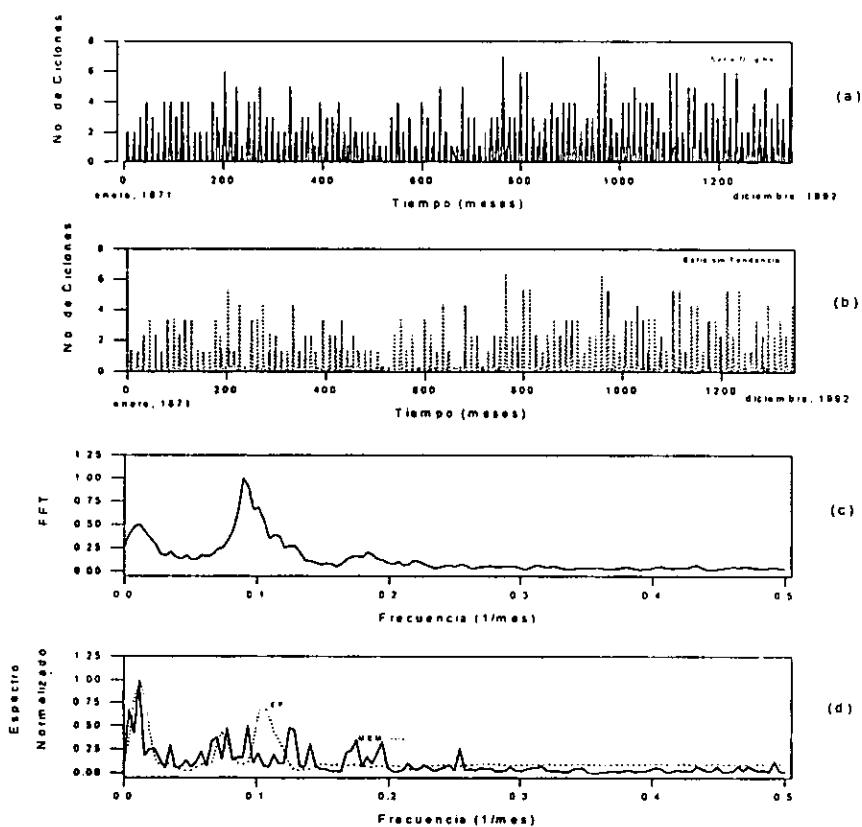


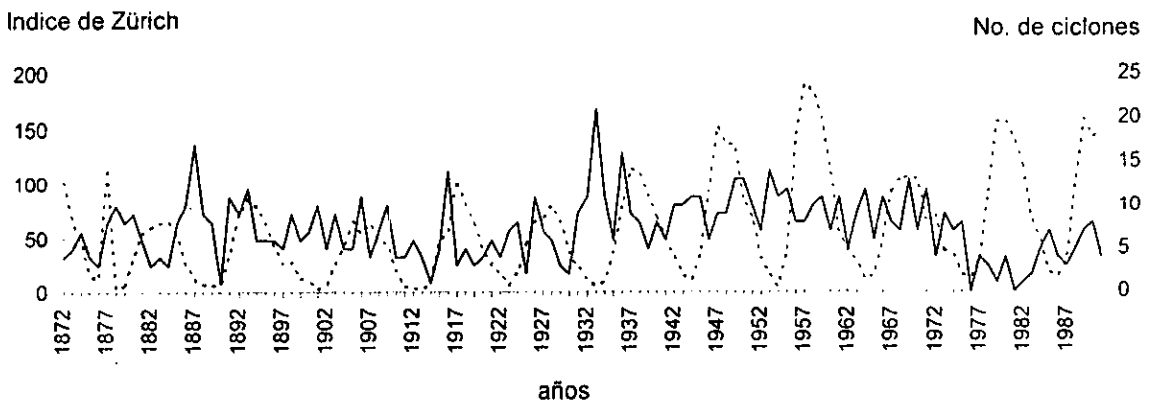
Tabla 61. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la incidencia ciclónica en el Golfo de México durante el período de 1871 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 4$ años	$T_1 = 11.9$ años	$T_1 = 12$ años
$T_2 = 12$ años	$T_2 = 6$ años	$T_2 = 6$ años
$T_3 = 29.2$ años	$T_3 = 4$ años	$T_3 = 4$ años

En este análisis se aprecia que la periodicidad de los eventos ciclónicos podría corresponder al ciclo solar de Wolf, que se asocia en buena medida con el patrón periódico calculado para las temperaturas del agua y del aire, y que se traduce en una retroalimentación estrecha entre la respuesta de la atmósfera a la formación de ciclones como consecuencia de un disparador térmico, que en este caso es la temperatura del océano.

Por otra parte, los coeficientes de correlación calculados entre los eventos ciclónicos y el Índice de Zürich muestran que existen períodos con una definida correlación negativa entre ambos y períodos con correlación positiva, tal y como se observa en la figura 69. Esta aparente contradicción se debe, por lado, a que la aplicación de pruebas estadísticas del tipo no lineal como son las correlaciones de Pearson pueden, como en este caso, enmascarar la intensidad y tamaño de las frecuencias de oscilación de los ciclos de ambas variables; asimismo, debe existir una variable que interactúe entre ambos eventos y sea la responsable de esta alteración en los coeficientes de correlación.

Figura 69. Incidencia Ciclónica en el Golfo de México e Índice de Zürich durante el período de 1872 a 1991



Por último, fue evidente que las descargas fluviales, como modificadores de la temperatura del agua, fueron mayormente significativas durante la temporada de Nortes; la causa de esto podría ser un efecto de retraso que se observa en los volúmenes fluviales cuyos afores máximos se registran hacia finales de la temporada de Lluvias y principio de la de Nortes, como resultado del incremento de los volúmenes de agua en los ríos por efectos de la precipitación.

Al analizar los efectos climatológicos de El Niño y su contraparte La Niña sobre las temperaturas de la atmósfera y del océano en las ocho localidades portuarias del Golfo de México y Caribe Mexicano durante un periodo de 70 años en promedio, se observa lo siguiente (Tablas 62 y 63):

Tabla 62. Temperatura promedio del aire expresada en °C durante años con eventos El Niño y La Niña, por temporada climática, en las ocho localidades portuarias durante el periodo de 1920 a 1990.

	El Niño			La Niña		
	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias
Tampico, Tamaulipas	20.1	23.5	27.4	20.9	23.6	27.3
Tuxpam de R. Cano, Ver.	20.3	24.0	27.1	21.0	24.2	27.2
Puerto de Veracruz	22.4	24.2	27.1	22.4	24.2	27.1
Coatzacoalcos, Ver.	22.9	25.6	27.3	23.0	25.5	27.2
Alvarado, Ver.	23.3	26.1	27.8	23.3	25.7	27.7
Cd. del Carmen, Campeche	24.8	27.5	28.4	24.6	27.4	28.1
Progreso, Yucatán	23.7	25.4	27.0	24.8	25.4	27.1
Cozumel, Quintana Roo.	23.6	25.3	26.9	23.5	25.2	26.9

Los registros de temperatura durante un evento El Niño y La Niña están ligeramente contrastadas, con un intervalo mayor durante la temporada de Nortes y una diferencia promedio de 0.3°C, mientras que durante las otras dos temporadas las diferencias son de 0.1°C, lo cual no resulta significativo, aunque cabe señalar que las temperaturas del aire fueron ligeramente mayores durante los años con evento El Niño.

Tabla 63. Temperatura promedio del agua superficial expresada en °C durante años con eventos El Niño y La Niña por temporada climática, en las ocho localidades portuarias durante el periodo de 1950 a 1990.

	El Niño			La Niña		
	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias
Tampico, Tamaulipas	21.3	24.6	28.2	21.5	24.0	28.1
Tuxpam de R. Cano, Ver.	21.8	23.6	27.6	21.4	23.5	27.8
Puerto de Veracruz	23.4	24.7	28.5	23.2	24.3	28.4
Coatzacoalcos, Ver.	23.7	26.9	27.7	23.5	26.6	27.6
Alvarado, Ver.	23.7	25.6	27.4	23.1	24.4	27.0
Cd. del Carmen, Campeche	25.9	27.0	28.3	28.5	26.5	28.4
Progreso, Yucatán	25.9	26.4	27.7	25.7	26.1	27.1
Cozumel, Quintana Roo.	26.6	26.7	28.8	26.3	26.1	28.6

La temperatura del agua superficial en las ocho regiones portuarias se comportó de manera semejante a las otras variables analizadas, es decir, no existe una diferencia significativa entre los registros durante años con eventos El Niño y con eventos La Niña. En las tres temporadas la temperatura promedio del agua fue ligeramente mayor durante años con evento El Niño: en Nortes lo es de 0.2°C, en Secas de = 0.5°C y en Lluvias de 0.2°C.

Dentro de los modelos de Cambio Climático propuestos para México, existe una gran controversia en cuanto a los pronósticos sobre el incremento térmico que podría producirse a finales de este siglo y en el próximo; incluso los hay que no refieren valores específicos, sino que sólo basan sus propuestas en supuestos conceptuales, como es el caso de Hernández (1994), quien menciona que el cambio en el uso del suelo, como la tala de bosques para actividades agrícolas, la conversión de tierras de cultivo en pastizales y los incendios forestales, incrementan el CO<sub>2</sub> y que de acuerdo a los registros de Greenpeace, citados en su trabajo, México aportó 64 millones de toneladas de carbono que representan, de acuerdo a esta misma fuente, un 4.6% del total mundial; sin embargo, este trabajo no es concluyente en cuanto a aclarar la existencia de un Cambio Climático; en el



mismo sentido Muñoz y Brash (1994), mencionan que hay un riesgo de que el aumento en las concentraciones de los gases que ocasionan el efecto de invernadero en la atmósfera afecten el clima de la Tierra, aunque señalan las discrepancias en la magnitud global y local de los impactos y el tiempo en que éstos ocurrirán. Por su parte González, *et al.*, (1994), proponen un modelo en el que se apreciaría un cambio en los climas húmedos y subhúmedos de México ocasionado por las emisiones de metano; sus resultados apuntan a que existe una probabilidad del 66% de que si las emisiones de este gas se incrementan entre un 114.26% y un 12.92% habrá un Cambio Climático. Dentro de los modelos que más discrepancia muestran con los resultados obtenidos en la presente investigación se encuentran los propuestos por Conde, *et al.*, (1994), quienes plantean la construcción de escenarios climáticos regionales, tomando como base el promedio de 30 años de registros de temperatura, precipitación y radiación solar, en el período 1940-1970 y a partir de la suposición de que el incremento del CO<sub>2</sub> sea del doble; afirman que los modelos de circulación general son consistentes, aún y cuando no consideran las características orográficas locales, pero no concretan ninguna situación climática para tiempos futuros. Las discrepancias con estos autores son básicamente tres: la primera de ellas radica en el período de observación considerado, ya que 30 años es apenas el intervalo necesario para establecer un comportamiento patrón del clima; la segunda es el período concreto analizado, 1940-1970, pues durante éste, los incrementos térmicos no fueron significativos; la tercera es que, al no considerar la orografía como un elemento fundamental, difícilmente se pueden proponer modelos de circulación atmosférica que expliquen los comportamientos termopluviométricos.

Entre los modelos propuestos para estimar un posible Cambio Climático, existen aquellos que se basan en resultados obtenidos a partir de la circulación general de atmósfera, como es el de Magaña (1994), quien, sin embargo, señala que se presentan serios problemas si los resultados obtenidos simplemente se interpolan con el objeto de determinar cambios regionales o locales. Otro tipo de modelos se basa en análisis paleoclimáticos, como el propuesto por Ortega-Ramírez (1994), en donde se asevera que los registros de los últimos 100 años muestran un incremento de la temperatura del orden de 0.4°C a 0.5°C, lo cual, en parte, concuerda con los resultados de la presente investigación, aunque ellos pronostican, de acuerdo a su modelo, un incremento de entre 2.8°C y 5.2°C

Hasta ahora ninguno de los modelos de Cambio Climático propuestos para México están lo suficientemente sustentados como para afirmar que existe un Cambio Climático; por otro lado, tampoco han podido señalar de manera contundente las alteraciones tanto a escala local como global que se registrarían en la temperatura del aire y del agua, así como tampoco cuáles serían las modificaciones que se observarían en la circulación atmosférica si se diera un Cambio Climático, ya que hasta el momento sólo se cuenta con estudios de la circulación de la atmósfera desarrollados a partir de los registros de poco más de 30 años y el período que abarcan apenas llega a 1990, debido a la falta de registros en diversos puntos de la República Mexicana.

## CONCLUSIONES

- El grado de asociación que existe entre la temperatura del aire y la del agua con sus ocho modificadores es, desde el punto de vista estadístico, más robusto cuando se estima por temporadas climáticas que cuando se hace anualmente.
- Las correlaciones mayores entre la temperatura del agua y la del aire, en una escala temporal, fueron mayores durante la temporada de Lluvias (52%), que en la de Nortes (48%) y la de Secas (44%). En lo que respecta a la escala espacial, la mejor asociación se calculó, en orden descendente, para Alvarado (100%), Cozumel (70%) y el Puerto de Veracruz (67%); las otras localidades no mostraron una asociación tan fuerte: Tampico (37%), Cd. del Carmen (35%), Coatzacoalcos (27%), Tuxpam de Rodríguez Cano (24%) y Progreso (21%).
- La oscilación térmica del aire fue mayor en el estado de Veracruz y, en orden descendente, le siguieron Campeche, Tamaulipas, Yucatán y Cozumel.

- Las tendencias de incremento térmico en las diferentes localidades muestran que existe un calentamiento promedio de  $0.9^{\circ}\text{C}$ ; sin embargo, un análisis del tipo lineal como lo son las regresiones por el método de los mínimos cuadrados, sólo nos permiten observar una parte del comportamiento total, por lo que no es posible afirmar que tal tendencia sea una condición lo suficientemente sustentada como para afirmar que existe un calentamiento local y regional en la zona costera del Golfo de México y del Caribe Mexicano.
- Las oscilaciones observadas en la temperatura del aire mostraron tres periodicidades fundamentales: la primera de ellas, asociada al movimiento de translación (12 meses), que repercute en otro ciclo secundario que se refiere al doble desplazamiento de la Zona Intertropical de Convergencia y que ocurre dos veces al año (cada 6 meses); la segunda, vinculada a los ciclos de actividad solar de Wolf (12.1 años) y al de Hale (21.3 años); y la tercera, que podría estar relacionada con los eventos El Niño (5.6 años).
- La precipitación constituyó un modificador importante de las temperaturas tanto del aire como del agua, en un 20% y 28% respectivamente y en una escala temporal en orden descendente durante la temporada de Lluvias y durante la de Nortes.
- La evaporación modificó la temperatura del agua de la zona costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano en un 33% en promedio, mientras que, la temperatura del aire se modificó en un 25%, en una escala temporal la mayor influencia de la evaporación en la temperatura del aire se calculó para la temporada de Lluvias, en lo que toca a la temperatura del agua fue ligeramente mayor durante la temporada de Nortes con respecto a las otras dos temporadas.
- La influencia de la cobertura nubosa es entre un 30% y un 50% más alta que sobre la temperatura del agua que sobre la del aire. En una escala temporal las temporadas de Nortes y Lluvias son las que registran un efecto más importante.
- Existe una correspondencia entre las erupciones volcánicas y el descenso de las temperaturas del aire en el Golfo de México y el Caribe Mexicano durante el mismo año de la ocurrencia del evento.
- La dirección e intensidad de los vientos dominantes en las zonas costeras del Golfo de México y Caribe Mexicano se modifica de acuerdo a las temporadas climáticas, durante la temporada de Nortes predomina la dirección norte con una velocidad promedio de  $4.75\text{ m/seg}$ , durante la de Secas, predomina en el norte y centro del Golfo la dirección noreste con una velocidad promedio  $1.91\text{ m/seg}$ , mientras que en el sur del golfo y en el Caribe Mexicano lo es con dirección sureste y este con una velocidad promedio de  $1.9\text{ m/seg}$  y  $3.0\text{ m/seg}$  respectivamente. En la temporada de Lluvias en el norte y centro del golfo la dirección dominante es del noroeste con una velocidad promedio de  $4.96\text{ m/seg}$  y en el sur del golfo y el Caribe Mexicano lo es del este y sureste con una velocidad promedio de  $5.5\text{ m/seg}$  y  $3.3\text{ m/seg}$  respectivamente
- Se observó un incremento promedio de la temperatura del agua de  $0.005^{\circ}\text{C}$  por año en promedio, embargo, un análisis del tipo lineal, como lo son las regresiones por el método de los mínimos cuadrados, sólo nos permiten observar una parte del comportamiento total, por lo que, no es posible afirmar, que tal tendencia sea una condición lo suficientemente sustentada como para afirmar que existe un calentamiento local y regional en la zona costera del Golfo de México y del Caribe Mexicano.
- Dos son las periodicidades observadas en la temperatura del agua en la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano, la primera de ellas asociada a los cambios estacionales en la circulación del golfo (12 y 5.8 meses); la segunda asociada con dos de los ciclos de actividad solar que corresponden al ciclo de Wolf (10.6 años) y al de Hale (21.3 años).
- La caracterización climática a partir de la temperatura indicó que lo que ocurre en la zona costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano son variabilidades climáticas y no variación climática.

### CAPÍTULO III

## LA SALINIDAD DEL AGUA EN ZONA COSTERA DEL GOLFO DE MEXICO Y CARIBE MEXICANO, SUS MODIFICADORES AMBIENTALES Y LOS CICLOS DE LAS MANCHAS SOLARES.

El objetivo de este capítulo es determinar, por una parte, el concepto climático, variación ó variabilidad, que establecen las oscilaciones en la salinidad del agua en la zona costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano, durante las temporadas climáticas Anuales, de Nortes, de Secas y de Lluvias, a partir de su interacción con la temperatura del aire, la cobertura nubosa, los vientos dominantes, la precipitación pluvial, las descargas fluviales y la incidencia de ciclones y eventos El Niño, a escala regional; por otra parte, se busca discernir los efectos que sobre estas variables tuvieron los ciclos de las manchas solares a lo largo del período 1920-1990.

Las oscilaciones en la concentración de la salinidad en el agua constituyen un indicador importante de la relación que guarda el sistema océano-atmósfera-sol. Las implicaciones surgidas de esta relación permitieron determinar el concepto climático a que dan lugar: variación ó variabilidad climática; por otro lado, la retroalimentación generada por el sistema necesariamente incide de manera importante en la biología, abundancia y distribución de las especies pesqueras, objetivos generales de esta investigación.

Para esta fase de la investigación se emplearon registros meteorológicos del período 1921-1990 de siete puertos del Golfo de México: (Tampico, Tuxpam de Rodríguez Cano, Alvarado, Puerto de Veracruz, Coatzacoalcos, Cd. del Carmen y Progreso) y uno del Caribe Mexicano (Cozumel); a estos registros se les aplicaron diferentes pruebas estadísticas, siguiendo siempre el mismo orden: 1) Error probable de la precipitación, análisis de tendencia y series de tiempo de la precipitación (en este análisis se emplearon los registros de la precipitación total mensual, para evitar el enmascaramiento de los ciclos mensuales dentro de los anuales); 2) Pruebas de correlación múltiple entre la precipitación y la salinidad con sus ocho modificadores ambientales por cada temporada climática (Anual, Nortes, Secas y Lluvias). De manera paralela, con los registros de los volúmenes de descarga fluvial de los ríos que desembocan en los puertos analizados, se establecieron: 1) El hidrograma promedio mensual del período 1950 a 1990; 2) El comportamiento del volumen total anual de escurrimiento para el período 1950 a 1990; y 3) Un análisis de tendencia del volumen total de escurrimiento.

Los resultados estimados en las ocho localidades portuarias revelan que la salinidad se vio modificada de manera importante por la combinación de la precipitación, la temperatura del aire, la evaporación y la cobertura nubosa, en mayor medida en las regiones portuarias con respecto a las oceánicas en una escala espacial; mientras que en una escala temporal lo fue durante la temporada de Lluvias. Se registraron periodicidades tanto en la salinidad como en la precipitación, principal modificador de ésta, y se detectaron armónicos semejantes a los de los ciclos de actividad solar; los análisis de tendencia realizados en la salinidad, la precipitación y la evaporación no constituyen un indicador que confirme la existencia de un cambio climático regional, por lo que, se puede aseverar que los comportamientos que se observan constituyen variabilidades propias del clima. En lo referente al comportamiento halino durante años con evento El Niño se observó que, las mayores oscilaciones ocurren en el área del talud y la zona oceánica con respecto a las regiones portuarias.

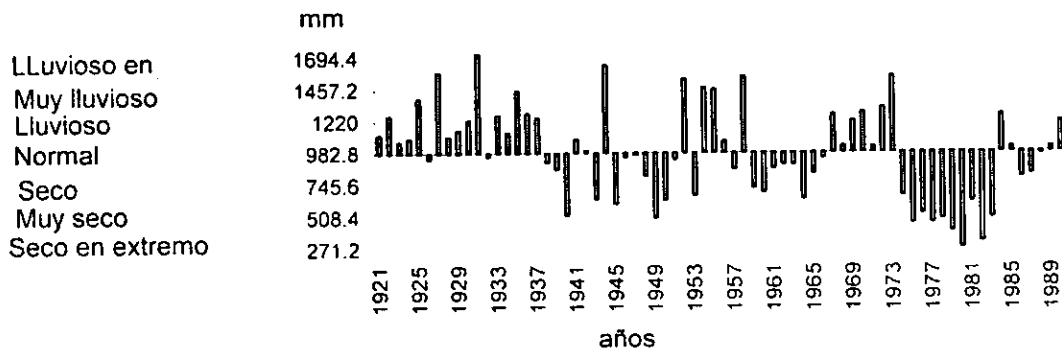
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1) COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN Y SUS MODIFICADORES.

#### 1) Tampico, Tamaulipas.

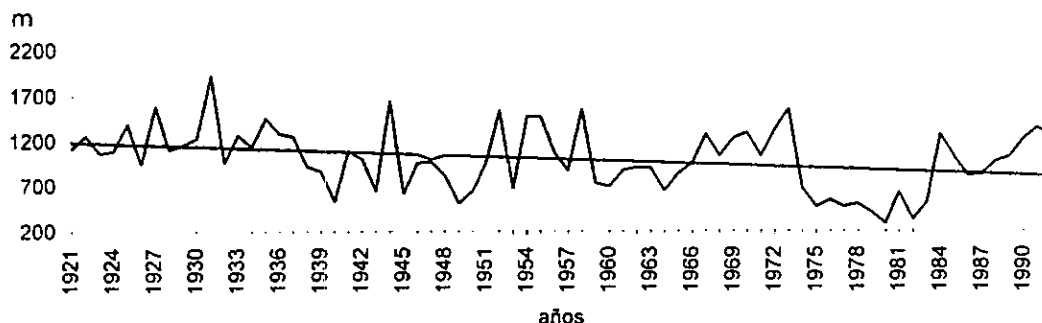
El análisis del error probable de la lluvia en Tampico mostró que los intervalos pluviométricos se distribuyeron entre los 271.2 mm y 1694.4 mm, es decir, que la fluctuación máxima anual en 71 años ha sido de 1423.2 mm; los límites pluviométricos para el clima de la zona corresponden, de acuerdo al Sistema Modificado, al tipo  $A_{w_0}(e)w''$  y abarcan de 60 a 2500 mm anuales, lo cual implica que los volúmenes registrados durante este lapso se encuentran dentro de dichos límites; cabe señalar que se observan cuatro grupos de periodos alternados: el primero y el tercero son lluviosos y el segundo y el cuarto secos; el primero comprende el año de 1931 que alcanzó la categoría de lluvioso en extremo y en el que se registraron nueve eventos ciclónicos que podrían explicar el incremento en el volumen de la lluvia; el segundo periodo fue bastante irregular con respecto al cuarto y en éste último los años secos fueron continuos e incluso se alcanzó el más seco en extremo que correspondió a 1980; es de resaltar que durante este año no se reportó ningún ciclón (Fig. 70).

Figura 70. Error probable de la precipitación en Tampico, Tamaulipas durante el periodo de 1921 a 1990.



La precipitación en Tamaulipas registra una pendiente negativa que explica la tendencia a la sequía desde 1974 hasta 1986, aunque posteriormente se incrementa ligeramente la lluvia. La pendiente calculada a través de la regresión por el método de mínimos cuadrados dio una  $b = -5.53$  y el decremento calculado se ubicó dentro del intervalo de 1188.7mm y 796.0 mm, es decir, que en un lapso de 71 años, de 1921 a 1992, hubo una merma de 5.5 mm por año (Fig. 71).

Figura 71. Tendencia de la Precipitación en Tampico, Tamaulipas durante el periodo de 1921 a 1992.



La precipitación total anual presentó en esta estación, ciclos de diferentes escalas temporales, algunos de los cuales se encuentran asociados a eventos meteorológicos estacionales, como la incidencia de ciclones y tormentas tropicales en verano y de "nortes" ó masas de aire polar modificado en invierno. Otros de los ciclos calculados a través del análisis de Series de Tiempo muestran una asociación con los ciclos estacionales y también los hay, de mayor magnitud temporal aún, que se encuentran asociados al ciclo solar; los resultados se muestran en la tabla 68 y figura 92, respectivamente.

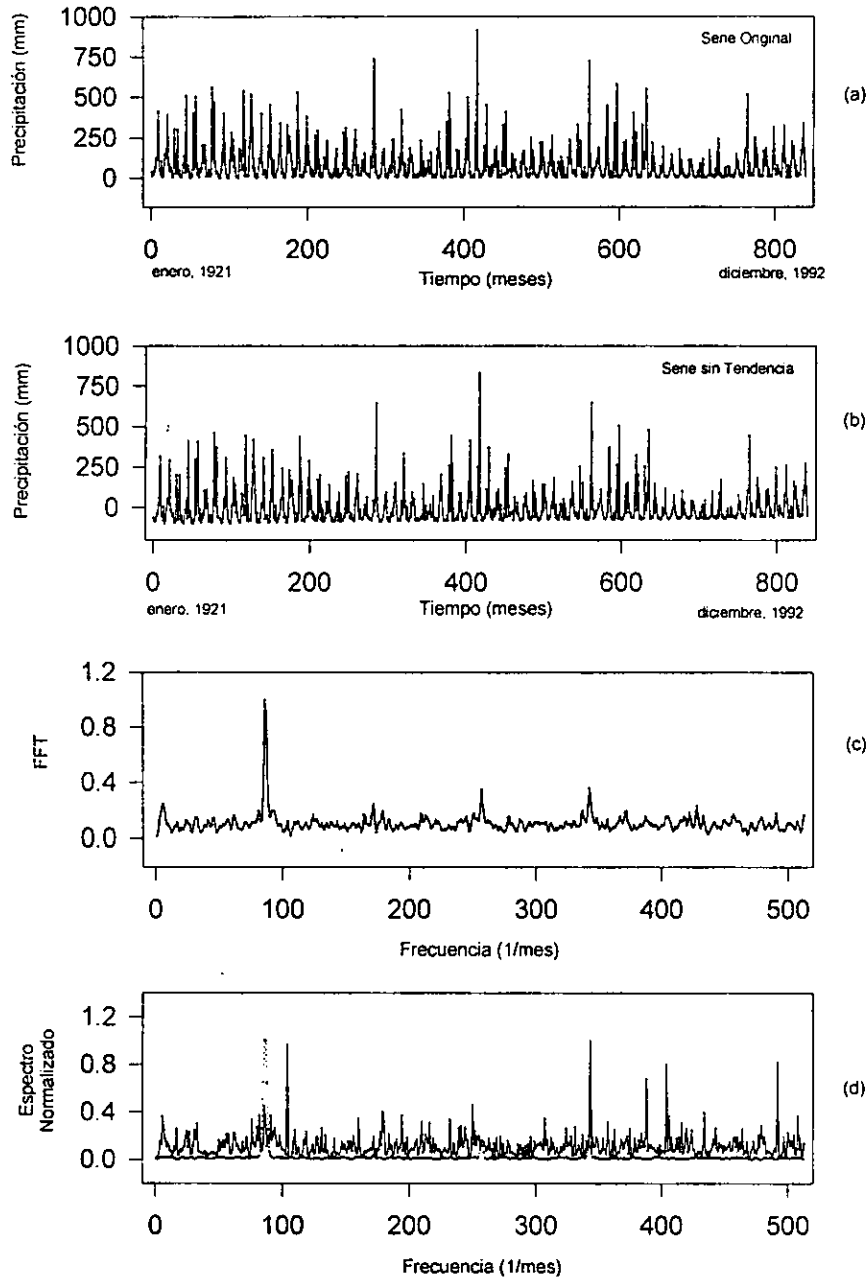
Cabe recordar que las periodicidades encontradas en el análisis de Series se calcularon, para las ocho estaciones, a partir de registros mensuales, con el objeto no sólo de observar los ciclos anuales sino también los mensuales, ya que estos últimos pudieran quedar enmascarados dentro de aquéllos.

Las periodicidades encontradas (Tabla 64 y Fig. 72) reflejaron una periodicidad asociada principalmente a las temporadas estacionales (Nortes, con cuatro meses; Secas, con dos meses y Lluvias, con 6 meses), en lo que se refiere a las mensuales; las anuales se encuentran asociadas a un ciclo de 17 años que sobrepasa al ciclo solar de 11 años.

Tabla 64. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Tampico, Tamaulipas

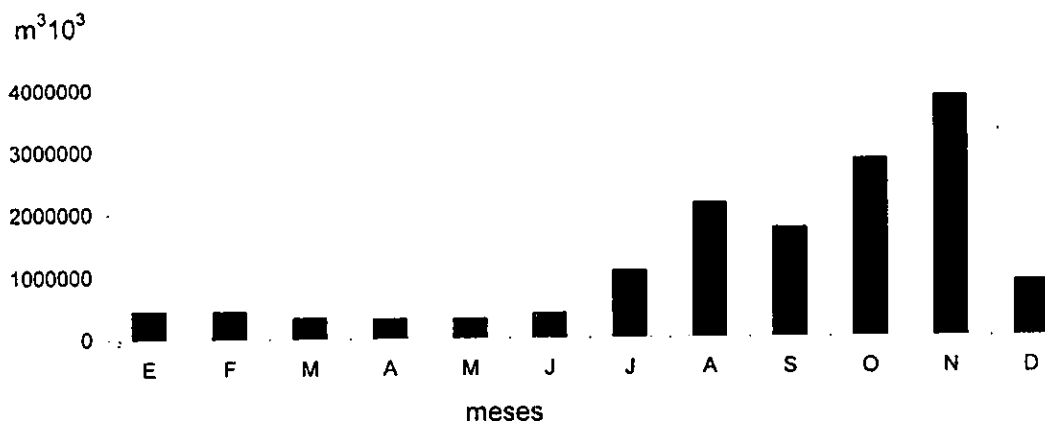
Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 9.9$ meses	$T_1 = 12$ meses	$T_1 = 12$ meses
$T_2 = 2.9$ meses	$T_2 = 4$ meses	$T_2 = 4$ meses
$T_3 = 2.5$ meses	$T_3 = 2.9$ meses	$T_3 = 3$ meses
$T_4 = 4.1$ meses	$T_4 = 204.9$ meses (17 años)	
$T_5 = 12$ meses	$T_5 = 5.9$ meses	

Figura 72 . Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Tampico, Tamaulipas. (a) Serie Original, (b) Serie sin tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



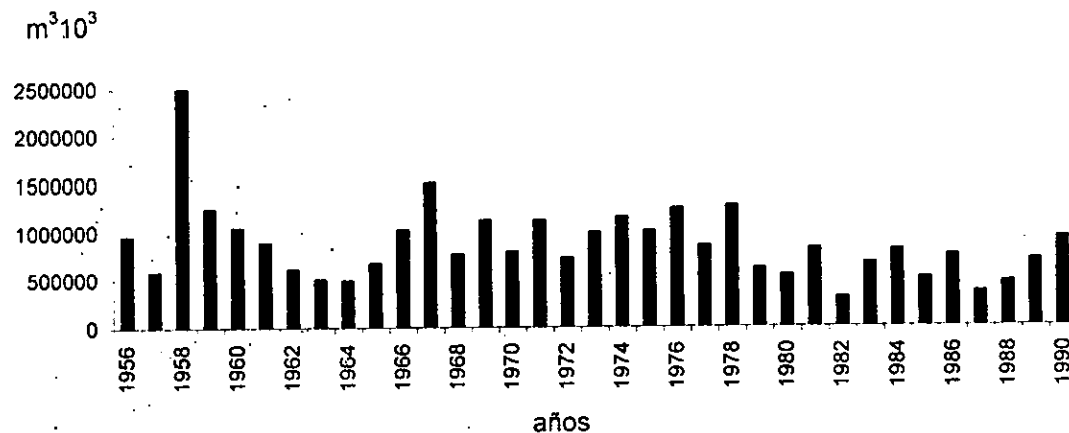
Los valores promedio mensuales del volumen total de escurrimiento durante un periodo de 34 años muestran un incremento en los meses de agosto a noviembre, siendo este último el que mayor cantidad registra; también se observa una merma en el mes de septiembre, la cual corresponde a la presencia de canícula o sequía intraestival; en lo que se refiere al volumen de la precipitación, las mayores dimensiones fluviales se reportan hasta los meses de octubre y noviembre, debido al aumento gradual en el caudal de los ríos a causa de las continuas precipitaciones. En el resto del año, que abarca de diciembre a junio, los niveles son significativamente más bajos (Fig. 73).

Figura 73. Hidrograma promedio mensual del Río Pánuco en  $Mm^3$ .



En lo que respecta a su comportamiento anual, se observa que hay un claro decremento en el volumen total del escurrimiento que concuerda con el comportamiento de la precipitación (Fig. 74).

Figura 74. Comportamiento del volumen total anual de escurrimiento en  $Mm^3$  del Río Pánuco durante el periodo de 1953-1990.



La tendencia del volumen de escurrimiento muestra, al igual que la de la precipitación, un decremento, con una pendiente negativa de  $b = -14,925 m^3/año$  y un intervalo que va de  $1,123,451 m^3/año$  a  $615,995 m^3/año$ , con un gradiente negativo de  $507,456 m^3$  en 37 años, que implica una merma anual de  $13,715 m^3/año$  (Fig. 75).

Figura 75. Tendencia del volumen total de escurrimiento en  $m^3 \cdot 10^3$  del Río Pánuco durante el periodo de 1953 a 1990.



La periodicidad de la salinidad en la zona costera de Tamaulipas registró una asociación con las temporadas climáticas de la lluvia (Tabla 65 y Fig. 76). Por otro lado, se calculó un ciclo de 7.1 años que corresponde a uno de los varios ciclos solares mencionados por Otaola *et al.*, (1993).

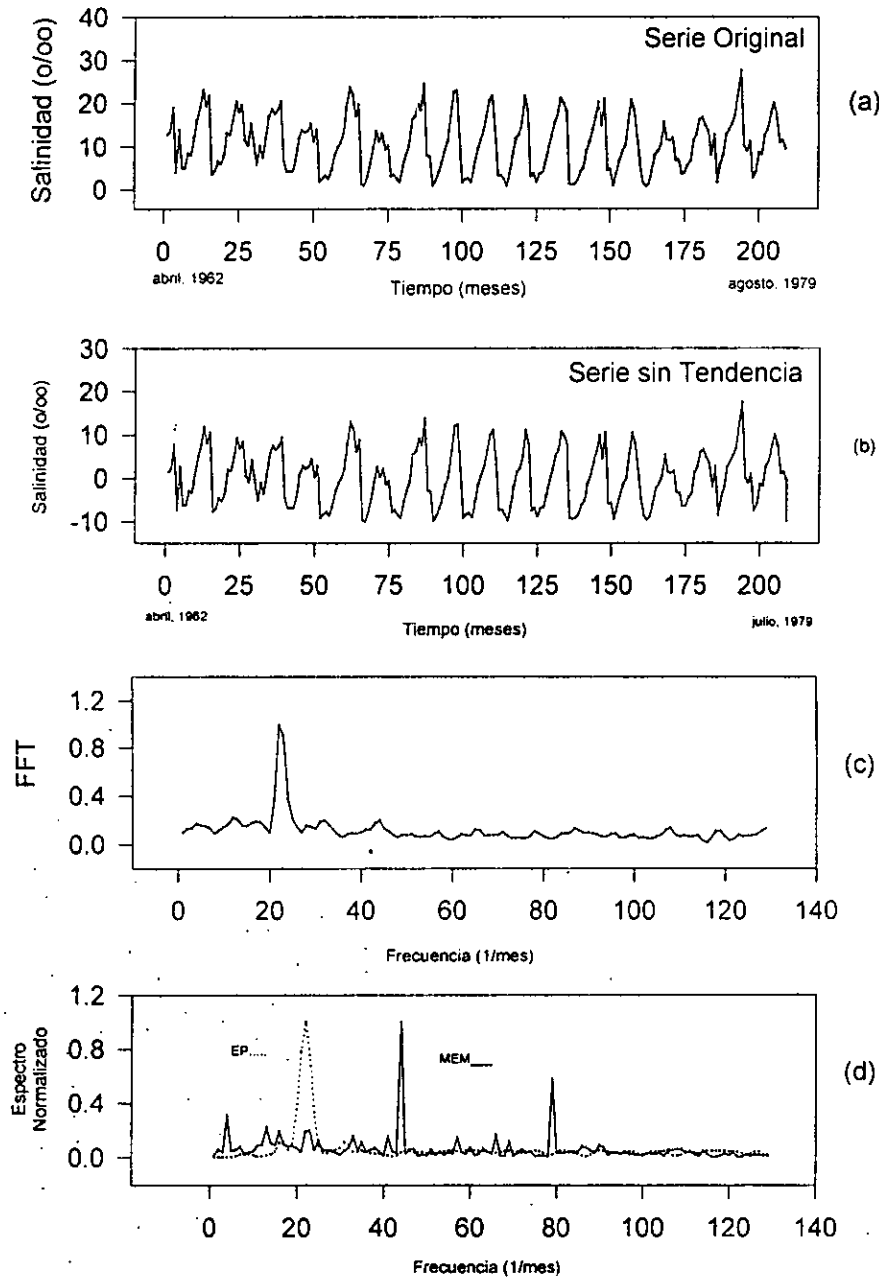
Tabla 65. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Tampico, Tamaulipas.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 5.9$ meses	$T_1 = 12.1$ meses	$T_1 = 12.1$ meses
$T_2 = 3.2$ meses		
$T_3 = 85.3$ meses (7.1 años)		

Al igual que en el caso de la precipitación, en esta localidad y en las siete restantes, se determinaron las Series de Tiempo a partir de registros mensuales, con el objeto de no enmascarar los posibles ciclos mensuales dentro de los anuales (Tabla 65 y Fig. 96). Con respecto a las periodicidades observadas en la salinidad, se apreció en todas las localidades estudiadas, una estrecha asociación de aquéllas con los ciclos de las precipitaciones.

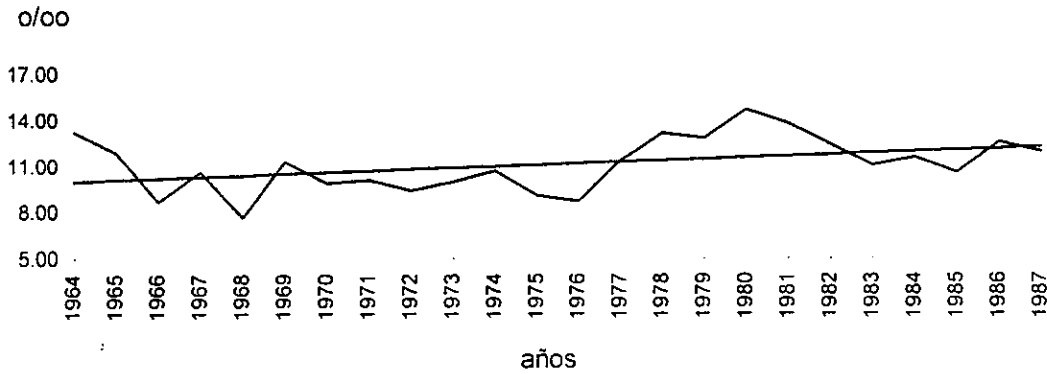


Figura 76. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Tampico, Tamaulipas. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía



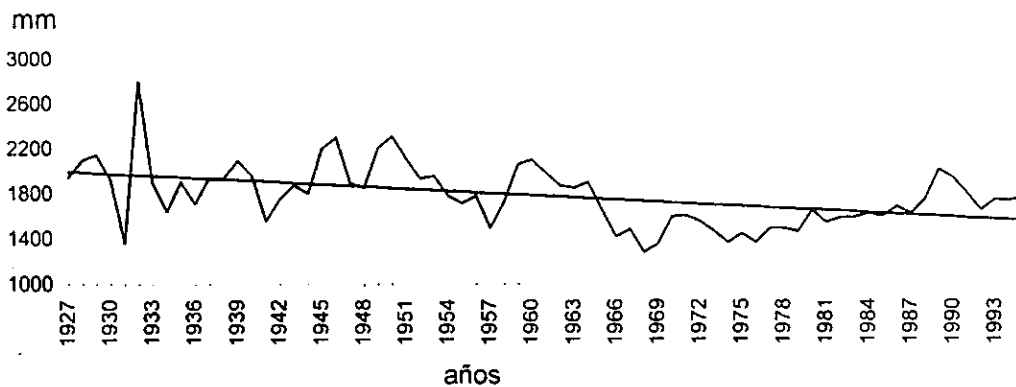
El análisis de tendencia de la salinidad en Tampico mostró una pendiente positiva de  $b = 0.09$ , lo cual indica que en el periodo de 1964 a 1987 se ha registrado un incremento del 0.09 ‰ por año, que hace un total, para todo el intervalo analizado, de 2.2 ‰, es decir, que la concentración ha variado de 10.0 ‰ a 12.2 ‰ (Fig. 77).

Figura 77. Tendencia de la salinidad del Agua en la zona costera de Tampico durante el periodo de 1964 a 1987.



El análisis de la tendencia de la evaporación para la región de Tampico muestra que ésta fue negativa, con una pendiente de  $b = -6.49$ , el cual indica que durante el periodo analizado de 64 años, 1927 a 1993, se ha registrado una merma de 6.4 mm por año, lo que hace un total para el periodo de 441.8 mm, lo que significa que, la evaporación total anual ha variado de 1995.7 mm a 1553.9 mm (Fig. 78).

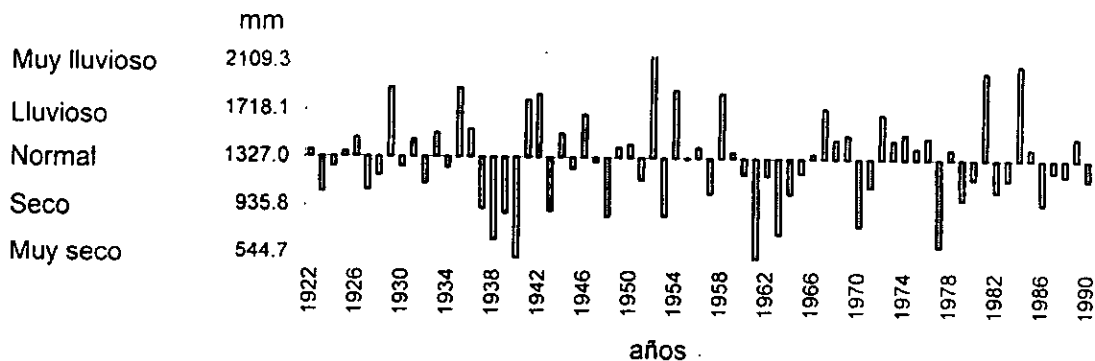
Figura 78. Tendencia de la evaporación expresada en mm, en la zona costera de Tampico, Tamaulipas durante el periodo de 1927 a 1995.



## 2) Tuxpam de Rodríguez Cano.

El análisis del error probable de la lluvia en Tuxpam mostró que los intervalos pluviométricos se distribuyeron entre los 544.7 mm y 2109.3 mm, es decir que, la fluctuación máxima anual en 71 años ha sido de 1564.6 mm; es difícil determinar por medio de este análisis posibles periodicidades o grupos de comportamiento específico ya que el patrón es variable año con año. De manera particular el año categorizado como muy lluvioso fue el de 1952, en el que se registraron siete ciclones; los años con categoría de muy secos fueron 1940, 1961 y 1977, en los que la incidencia ciclónica fue de 8, 11 y 4 ciclones, respectivamente, sin embargo el efecto de éstos no repercutió en la región de Tuxpam debido a que tocaron tierra más hacia el norte, en la región que corresponde al estado de Tamaulipas; por otro lado, durante 1940 y 1977 se registraron eventos El Niño con categoría 2 y 3, respectivamente (Fig. 79).

Figura 79. Error probable de la Precipitación en Tupam de Rodríguez Cano, Veracruz.



La tendencia de la precipitación en Tuxpam registró una pendiente positiva de  $b = 1.3695$ ; el incremento calculado se ubicó dentro del intervalo de 1288.6 mm a 1385.8 mm, es decir, que un lapso de 71 años, de 1922 a 1993, el incremento fue de 97.2 mm, lo que significa un gradiente de 1.36 mm/año (Fig. 80). De acuerdo al Sistema Modificado, el tipo climático de la región corresponde al  $Ax'(w_1)(e)w''$ , cuyos límites pluviométricos abarcan de 60 a 2500 mm por año.

Figura 80. Tendencia de la Precipitación en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz durante el periodo de 1922 a 1993.

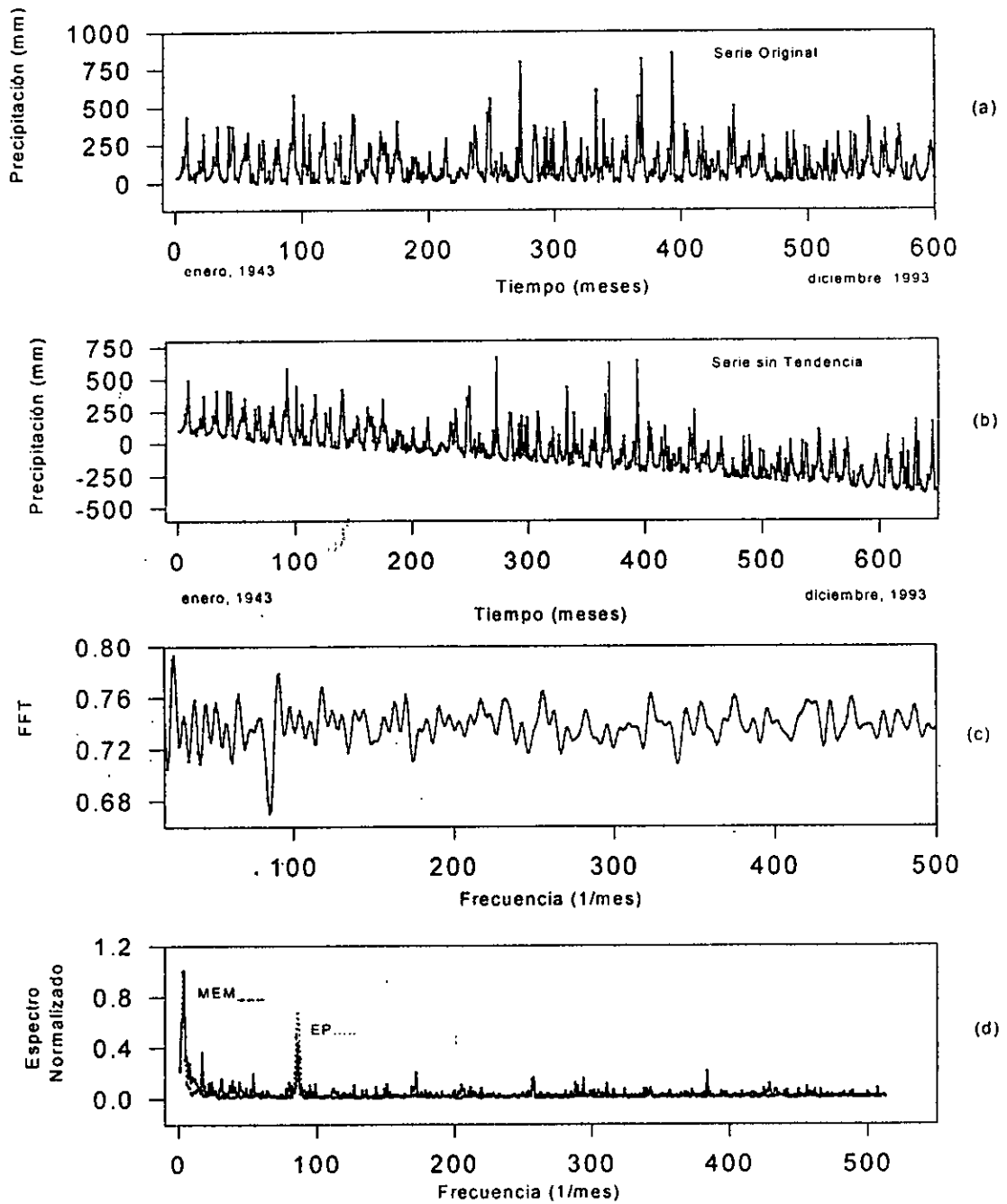


Las periodicidades en la precipitación (Tabla 66 y Fig. 81) reflejan ciclos asociados principalmente a las temporadas estacionales (Nortes, con cuatro meses; Secas, con dos meses y Lluvias, con 6 meses), en lo que se refiere a las mensuales; las anuales se encuentran asociadas a varios ciclos solares: al de 5.3 años, al de 28.4 años y al de 42.7 años, que es la mitad del ciclo secular.

Tabla 66. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.

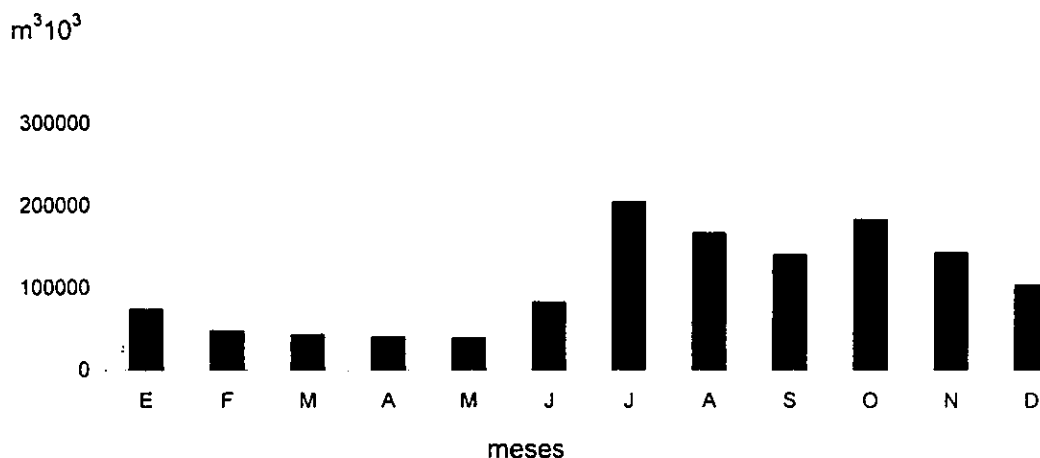
Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 341.2$ meses (28.4 años)	$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)	$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)
$T_2 = 12$ meses	$T_2 = 12$ meses	$T_2 = 12$ meses
$T_3 = 63.9$ meses (5.3 años)	$T_3 = 4$ meses	
$T_4 = 5.9$ meses	$T_4 = 3.0$ meses	
$T_5 = 2.6$ meses		

Figura 81. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



Los niveles promedio mensuales del volumen total de escurrimiento durante un periodo de 34 años mostraron un incremento en los meses de julio a octubre, siendo el primero el que mayor cantidad registra; también se observa que hay una merma en el mes de septiembre, la cual podría obedecer a la ocurrencia de una sequía de medio verano, pues en esta localidad es septiembre el mes que menos volumen de precipitación registra. En el resto del año, que abarca de diciembre a junio, los niveles son significativamente más bajos. (Fig. 82).

Figura 82. Hidrograma promedio mensual del Río Tuxpam, Veracruz. en  $m^3 10^3$ .



Debido a la falta de una serie completa de registros de los valores promedio mensuales de escurrimiento en una serie larga, no fue posible el cálculo, tanto del patrón anual, como de la regresión, elementos indispensables para poder establecer su tendencia.

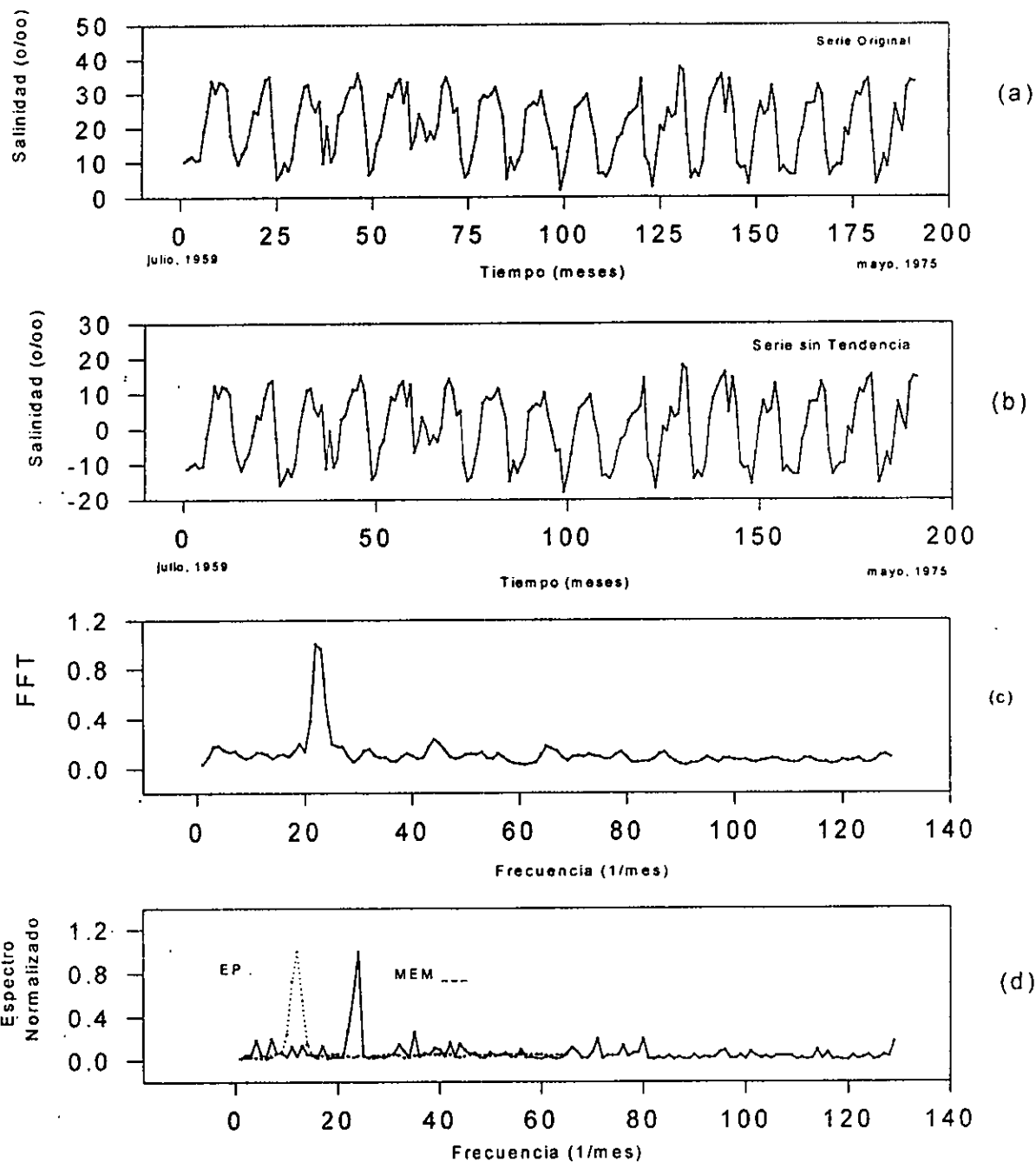
La periodicidad de la salinidad en la zona costera de Tuxpam registró una asociación con las temporadas climáticas de la lluvia (Tabla 67 y Fig. 83). Por otro lado, se estimaron dos ciclos: uno de 7.1 años y otro de 3.5 años, que corresponden a dos de los varios ciclos solares mencionados por Otaola *et al.*, (1993).

Tabla 67. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.1$ meses	$T_1 = 12.1$ meses	$T_1 = 11.6$ meses
$T_2 = 85$ meses (7.1 años)		
$T_3 = 42$ meses (3.5 años)		

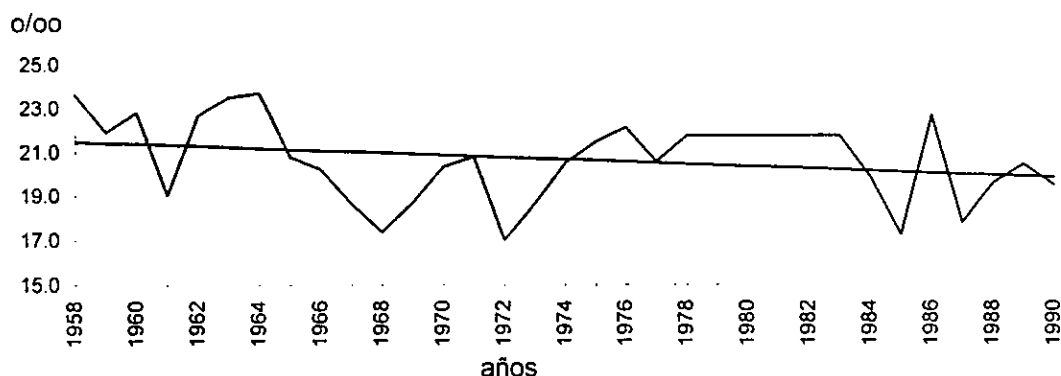
Al igual que en el caso de la precipitación se determinó la Serie de Tiempo de la salinidad a partir de registros mensuales (Tabla 71 y Fig. 83).

Figura 103. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía



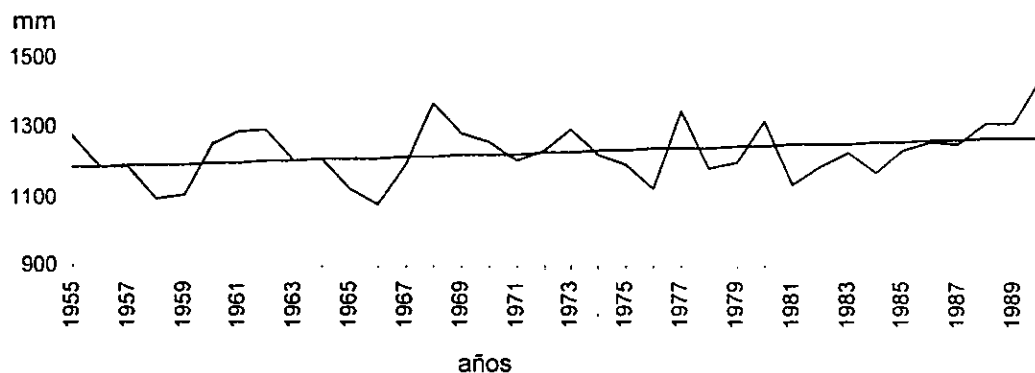
La tendencia de la salinidad en Tuxpam de Rodríguez Cano registró una pendiente negativa de  $b = -0.05$ , durante el periodo de 1958 a 1990, lo cual implica que un lapso de 32 años la salinidad ha pasado de 21.5 ‰ a 19.8 ‰, con un gradiente anual de 0.09 ‰ (Fig. 84).

Figura 84. Tendencia de la salinidad del Agua en la zona costera de Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz durante el periodo de 1958 a 1990.



El análisis de tendencia de la evaporación en Tuxpam de Rodríguez Cano registró una tendencia positiva con una  $b = 2.42$ , con un aumento en la evaporación de 6.4 mm por año, lo que hace un total para todo el periodo de 441.8 mm, es decir, que pasó de 1190.0 mm a 1274.9 mm en 68 años (Fig. 85).

Figura 85. Tendencia de la evaporación en la zona costera de Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz durante el periodo de 1955 a 1990.



### 3) Puerto de Veracruz.

El análisis del error probable de la lluvia en el Puerto de Veracruz mostró que los intervalos pluviométricos se distribuyeron entre los 911.4 mm y 2439.6 mm, es decir, que la fluctuación máxima anual en 86 años ha sido de 1528.2 mm; se observan varios grupos de periodos alternados de sequía y pluviosidad cuya duración es variable y corta, de entre 4 y 5 años; los años categorizados como secos en extremo fueron 1917, 1950 y 1953; en 1917 se registraron 2 ciclones y un evento El Niño de intensidad dos y en los otros dos años se reportaron 13 y 14 ciclones, respectivamente; sin embargo estos ciclones aunque abundantes en número no tocaron tierra en la región del Puerto; por otro lado, 1932, 1954, 1955 y 1981 correspondieron a la categoría de lluviosos en



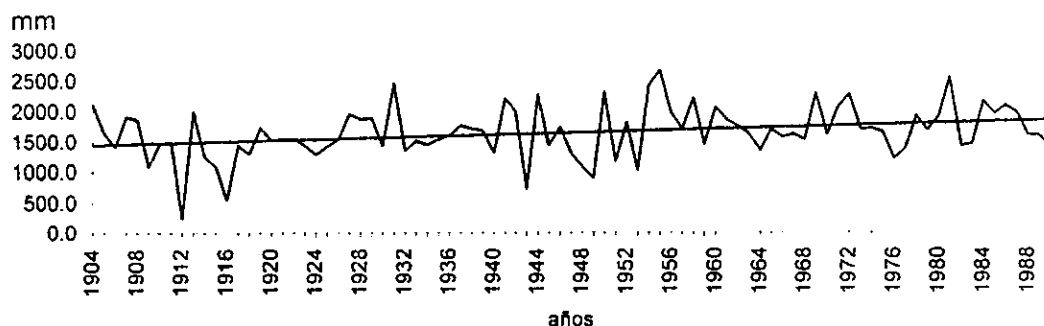
extremo y los eventos ciclónicos que se reportaron en esos años fueron 11, 11 y 12, respectivamente; en el último año no se registró ningún meteoro de este tipo (Fig. 86).

Figura 86. Error probable de la Precipitación en el Puerto de Veracruz.



La tendencia de la precipitación en el Puerto de Veracruz registró una pendiente positiva, calculada a través de la regresión por el método de mínimos cuadrados y dio una  $b = 4.484$ ; el incremento calculado se ubicó dentro del intervalo de 1454.1 mm y 1839.7 mm, es decir, que en un lapso de 86 años, de 1904 a 1990, hubo un incremento de 385.6 mm, que implica un gradiente de 4.48 mm/año. De acuerdo al Sistema Modificado, el clima de la zona corresponde al tipo  $Aw_2(w)(i)w''$ , cuyos límites abarcan de 60 a 2500 mm por año (Fig. 87).

Figura 87. Tendencia de la Precipitación en el Puerto de Veracruz durante el periodo de 1904 a 1990.



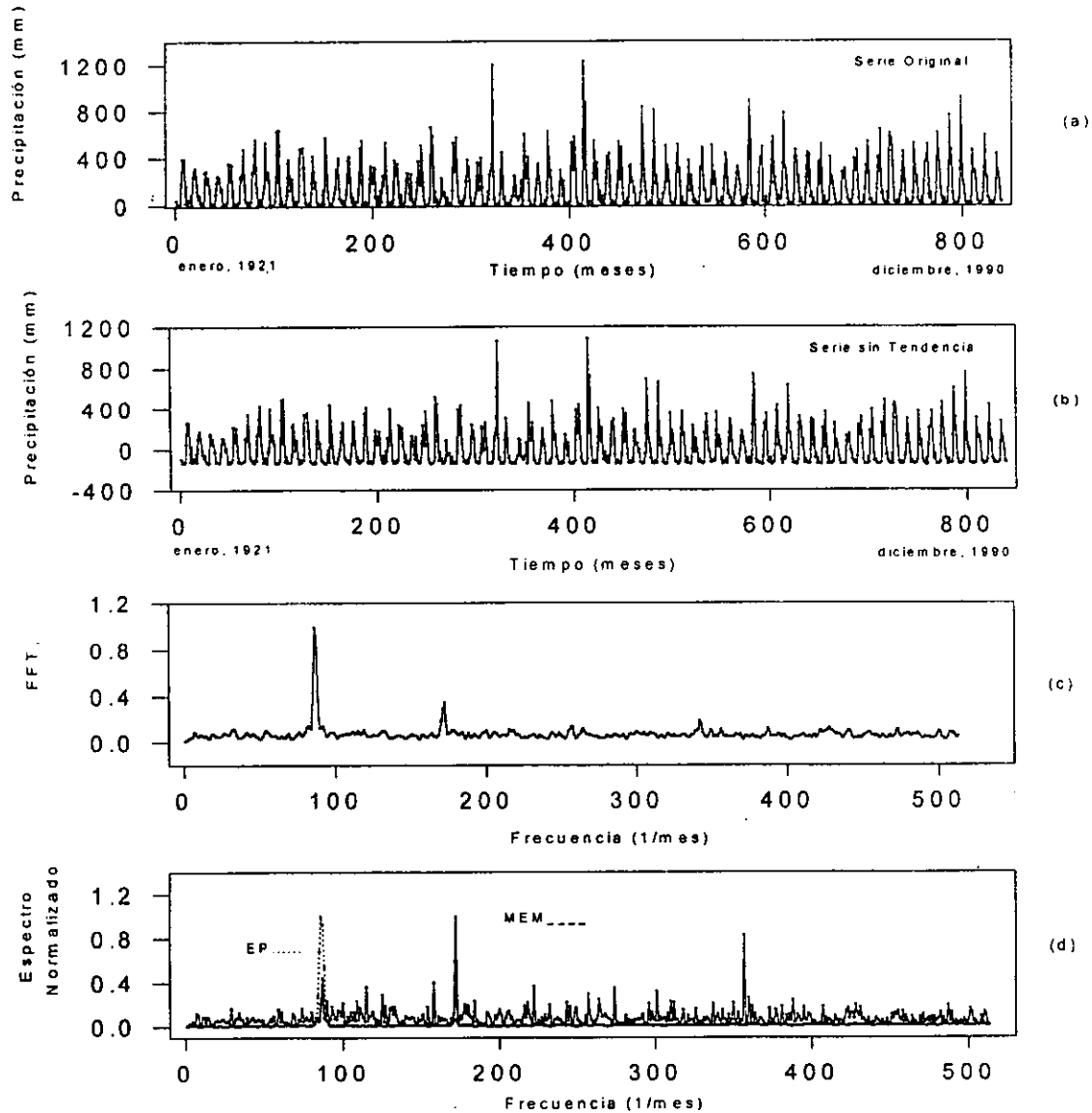
Los ciclos calculados para la localidad del Puerto de Veracruz fueron: el de 5.9 meses, que se correlaciona con la temporada de Lluvias; el de 3 meses, que lo hace con la temporada de Nortes y la de Secas, aproximadamente, y el de 12 meses que corresponde al ciclo anual del movimiento de translación. A diferencia de las estaciones anteriores en esta localidad no se encontraron periodicidades mayores a un año (Tabla 72 y Fig. 88).

Otros de los ciclos calculados a través del análisis de Series de Tiempo muestra una asociación con los ciclos estacionales. Los resultados se muestran en la Tabla 68 y figura 88.

Tabla 68. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en el Puerto de Veracruz.

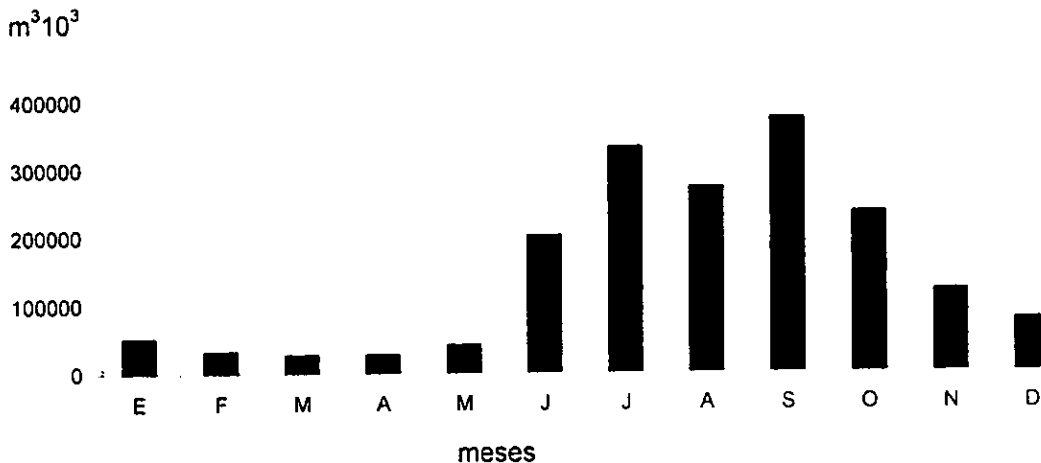
Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 5.9$ meses	$T_1 = 12$ meses	$T_1 = 12$ meses
$T_2 = 2.8$ meses	$T_2 = 5.9$ meses	
$T_3 = 11.9$ meses	$T_3 = 3$ meses	
$T_4 = 5.9$ meses		

Figura 88. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en el Puerto de Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



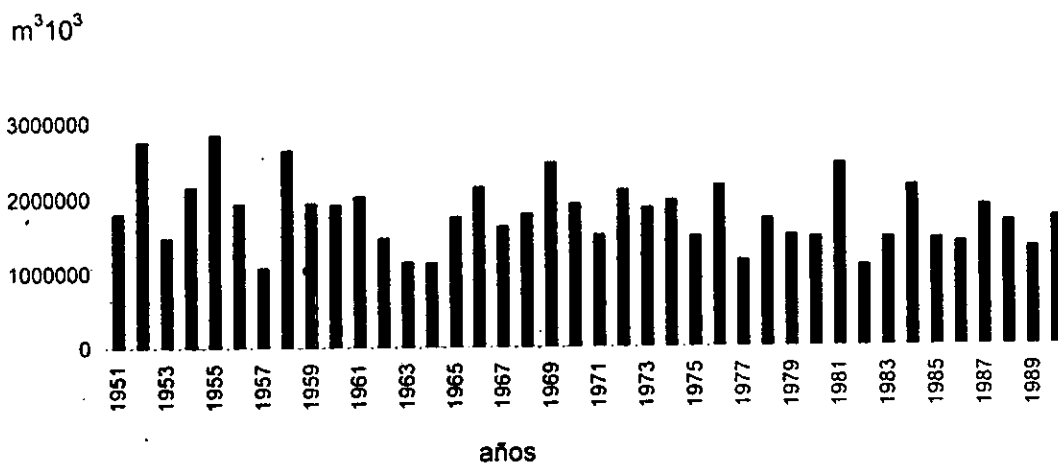
Los niveles promedio mensuales del volumen total de escurrimiento durante un periodo de 39 años muestran un incremento en los meses de junio a octubre, siendo septiembre el que mayor cantidad registra; también se observa que hay una merma en el mes de agosto que podría explicarse por la presencia de canícula o sequía de medio verano durante este mes en la región del Puerto de Veracruz. En el resto del año, que abarca de diciembre a mayo, los valores son significativamente más bajos (Fig. 89).

Figura 89. Hidrograma promedio mensual del Río La Antigua, Veracruz en  $m^3 \cdot 10^3$ .



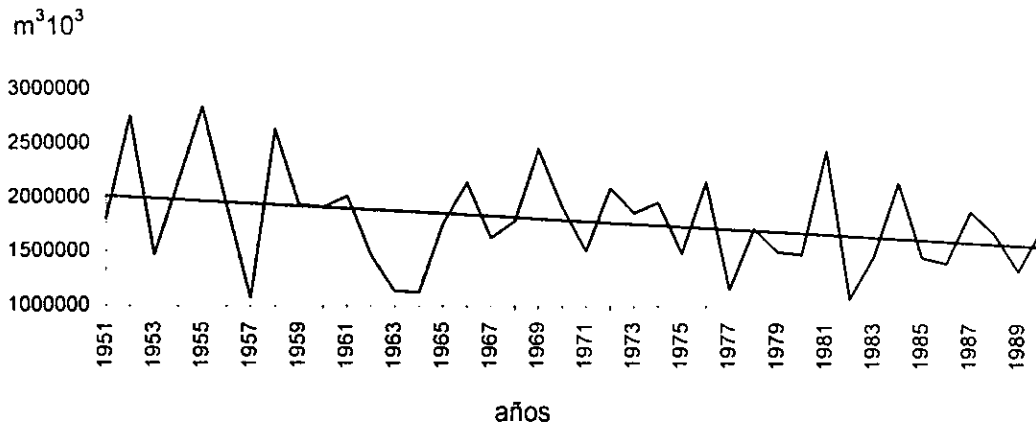
En lo que respecta a su comportamiento anual, se observa que hay un decremento en el volumen total del escurrimiento, lo cual se contrapone con el comportamiento de la tendencia de la precipitación (Fig. 90).

Figura 90. Comportamiento del volumen total anual de escurrimiento en  $10^3 m^3$  del Río La Antigua durante el periodo de 1953-1990.



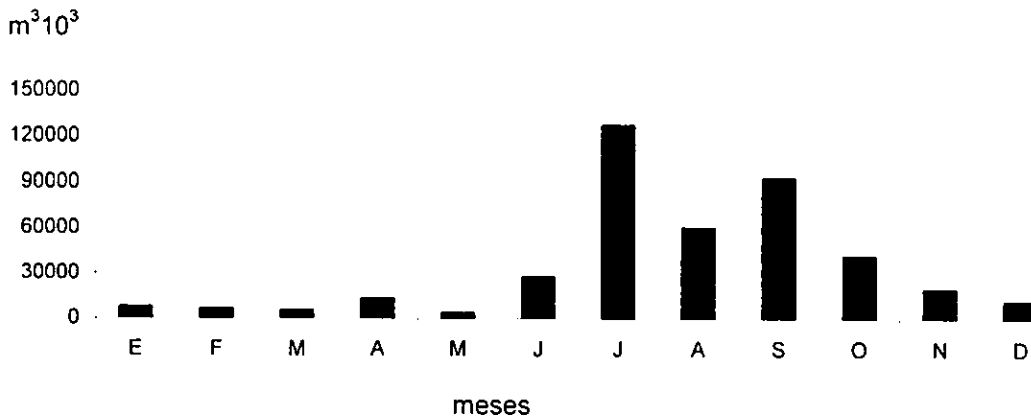
La tendencia del volumen de escurrimiento muestra, al igual que la de la precipitación, un decremento, con una pendiente negativa de  $b = -11,926.12 m^3/año$  y un intervalo que va de  $2,012,408 m^3/año$  a  $154,789 m^3/año$ ; esto conlleva un gradiente negativo de  $1,857,619$  en 37 años y una merma en el volumen de  $50,205 m^3/año$  (Fig. 91).

Figura 91. Tendencia del volumen total de escurrimiento en  $m^3 \cdot 10^3$  del Río La Antigua durante el periodo de 1953 a 1990.



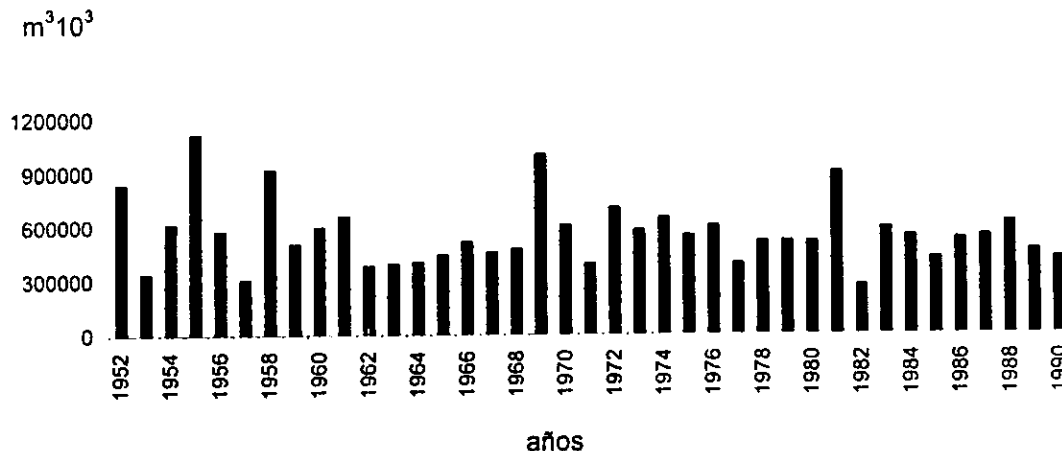
Los niveles promedio mensuales del volumen total de escurrimiento durante un periodo de 38 años muestran un incremento en los meses de julio a septiembre, siendo julio el de mayor cantidad; también se observa que hay una merma en el mes de agosto que podría obedecer a la presencia de una canícula durante este mes. En el resto del año, que abarca de octubre a junio los niveles son significativamente más bajos (Fig. 92).

Figura 92. Hidrograma promedio mensual del Río Jamapa, Veracruz en  $10^3 m^3$ .



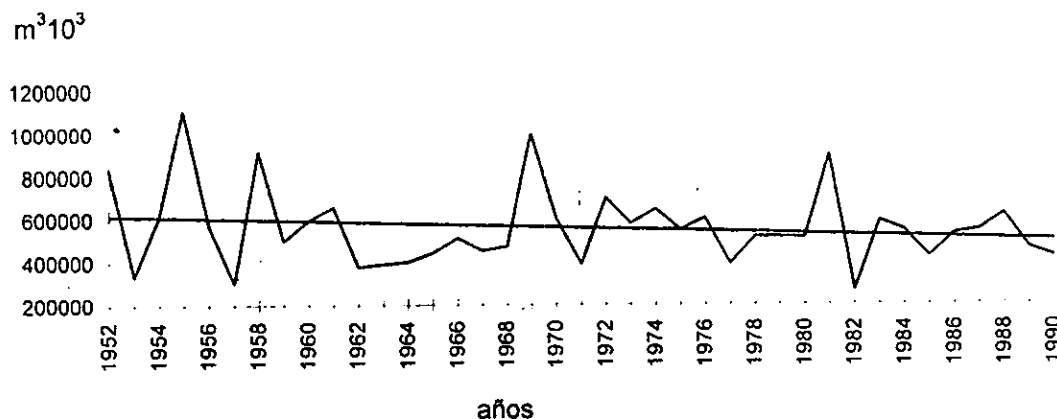
Con respecto a su comportamiento anual, se observa que hay un claro decremento en el volumen total del escurrimiento, aunque con algunos "picos" cíclicos de incremento, lo cual se contrapone con el comportamiento de la precipitación (Fig. 93).

Figura 93. Comportamiento del volumen total anual de escurrimiento en  $m^3 \cdot 10^3$  del Río Jamapa durante el periodo de 1953-1990.



La tendencia del volumen de escurrimiento presenta, al igual que la de la precipitación, un decremento, con una pendiente negativa de  $b = -3176 m^3/año$  y un intervalo que va de  $617,754 m^3/año$  a  $497,046 m^3/año$ , lo cual arroja un gradiente negativo de  $120,708$  en 37 años y una merma de  $3,263 m^3/año$  (Fig. 94).

Figura 94. Tendencia del volumen total de escurrimiento en  $m^3 \cdot 10^3$  del Río Jamapa durante el periodo de 1953 a 1990.

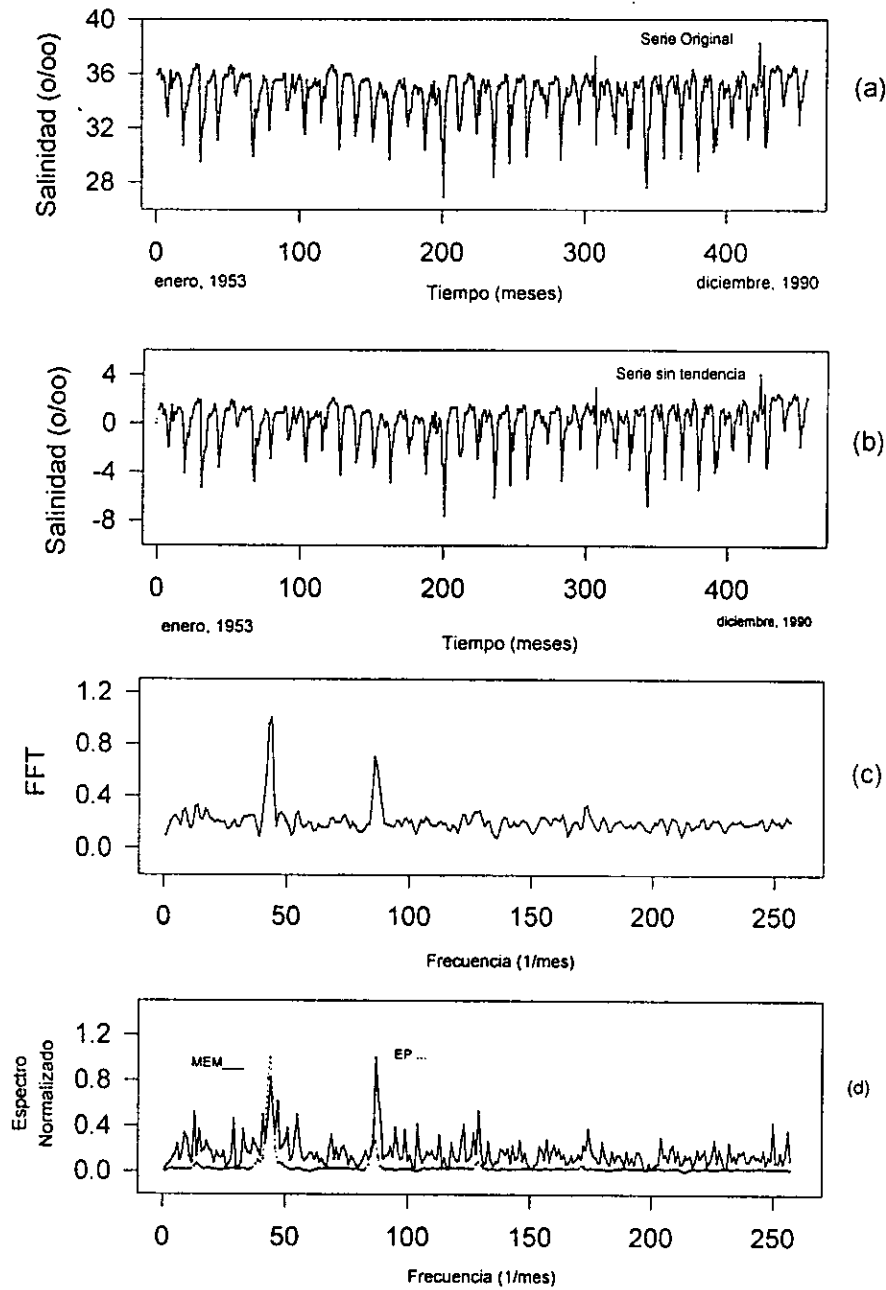


La periodicidad de la salinidad en la zona costera del Puerto de Veracruz registró una asociación con las temporadas climáticas de la lluvia (Tabla 69 y Fig. 95). Por otro lado, se calcularon dos ciclos: uno de 3.5 años y otro de 8.5 años, que corresponden a dos de los varios ciclos solares mencionados por Otaola *et al.*, (1993).

Tabla 69. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en el Puerto de Veracruz.

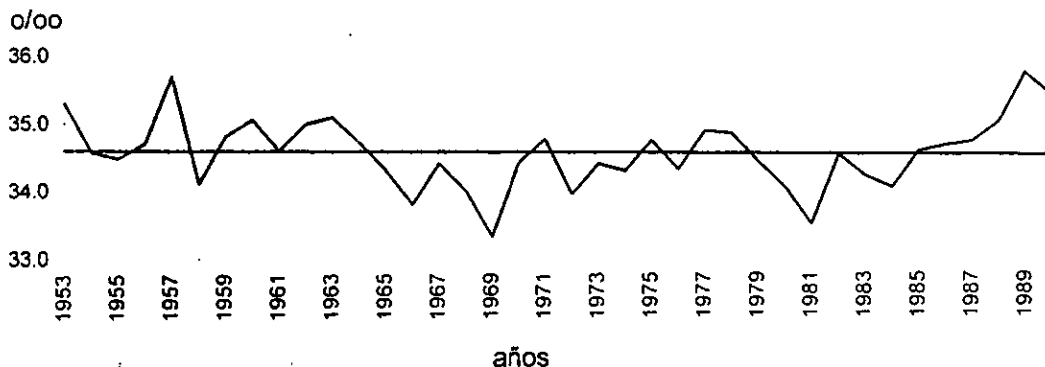
Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 5.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses
$T_2 = 42.6$ meses (3.5 años)	$T_2 = 6.0$ meses	$T_2 = 6.0$ meses
$T_3 = 11.9$ meses	$T_3 = 42.6$ meses (3.5 años)	
$T_4 = 18.2$ meses (1.5 años)		
$T_5 = 102.3$ meses (8.5 años)		

Figura 95. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en el Puerto de Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía



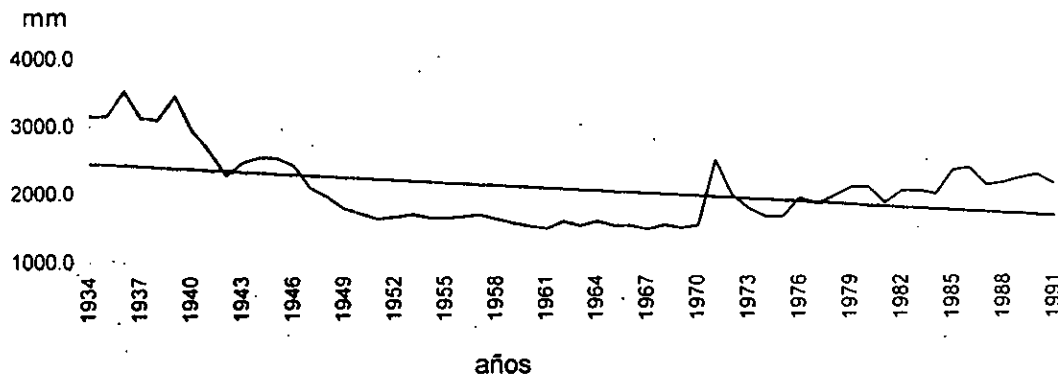
El análisis de tendencia de la salinidad en el Puerto de Veracruz mostró que ésta fue negativa, con una pendiente de  $b = -0.003$ , lo cual indica que ha habido una merma en la salinidad de  $0.002 ‰$ , que hace un total de  $0.1 ‰$ , para todo el período analizado, de 1953 a 1990, en donde la salinidad pasó de  $34.6 ‰$  a  $34.5 ‰$  (fig. 96).

Figura 96. Tendencia de la salinidad del Agua en la zona costera del Puerto de Veracruz durante el periodo de 1953 a 1990.



El análisis de tendencia de la evaporación en el Puerto de Veracruz tuvo un gradiente negativo con una  $b = -14.3$ , lo que significa que durante 57 años ha pasado de una evaporación promedio anual de  $2443.5 \text{ mm}$  a  $1625.2 \text{ mm}$ , es decir, que se registró una merma total, para el período de 1934 a 1991 de  $818.3 \text{ mm}$ , y cuyo gradiente anual de merma corresponde  $14.3 \text{ mm por año}$  (Fig. 97).

Figura 97. Tendencia de la evaporación en la zona costera del Puerto de Veracruz durante el periodo de 1934 a 1991.

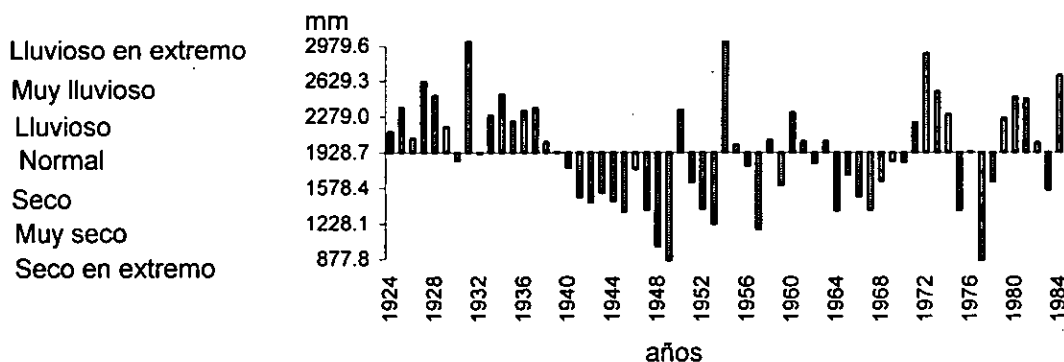


#### 4) Alvarado, Veracruz.

El análisis del error probable de la lluvia en Alvarado mostró que los intervalos pluviométricos se distribuyeron entre los  $877.8 \text{ mm}$  y  $2979.6 \text{ mm}$ , es decir, que la fluctuación máxima anual en 60 años ha sido de  $2101.8 \text{ mm}$ ; se observan cinco grupos de períodos alternados: el primero, el tercero y el quinto lluviosos y el segundo y el cuarto, secos; dentro de los primeros, alcanzaron la categoría de lluvioso en extremo los años de 1931 y 1954, en que se registraron nueve y once ciclones, respectivamente, que tocaron tierra en esta región; dentro de los períodos secos, el segundo fue bastante prolongado, ya que abarcó de 1940 a 1970, aproximadamente y durante ellos los años de 1948, 1949 y 1977 fueron secos en extremo; a lo largo de los dos primeros se

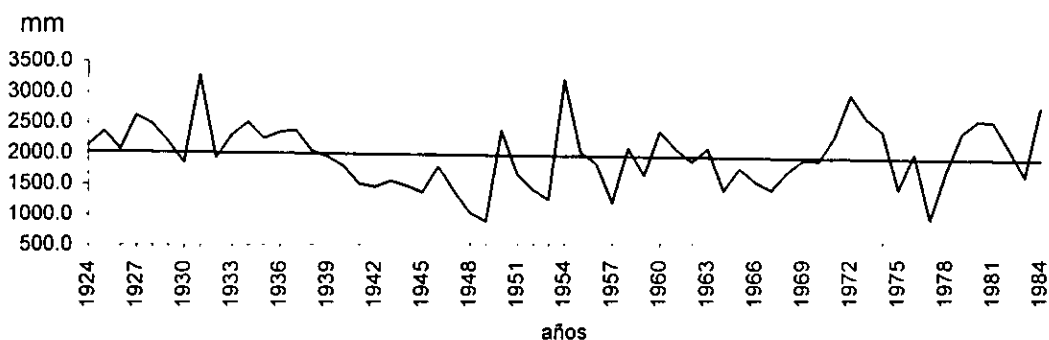
registraron nueve y trece ciclones, respectivamente, sin embargo la mayoría de ellos no tocaron tierra en esta región; en 1977, la incidencia ciclónica fue de solo cuatro eventos. (Fig. 98).

Figura 98. Error probable de la lluvia en Alvarado, Veracruz.



La tendencia de la precipitación en Alvarado registró una pendiente negativa, lo que se explica por la tendencia a la sequía, que abarcó desde 1940 hasta 1971, aunque posteriormente se incrementó ligeramente la lluvia. La pendiente calculada a través de la regresión por el método de mínimos cuadrados dio una  $b = -3.46$ ; el decremento calculado se ubicó dentro del intervalo de 2032.8 m y 1824.6 mm, es decir, que en un lapso de 60 años, de 1924 a 1984, hubo una merma de 208.2, lo que significa un gradiente de 4.47 mm por año. De acuerdo al Sistema Modificado, el tipo de clima corresponde al  $Aw_2(i)w^r$ , en el que los límites de precipitación se encuentran entre los 60 y 2500 mm anuales (Fig. 99).

Figura 99. Tendencia de la Precipitación en Alvarado, Veracruz durante el periodo de 1924 a 1984.



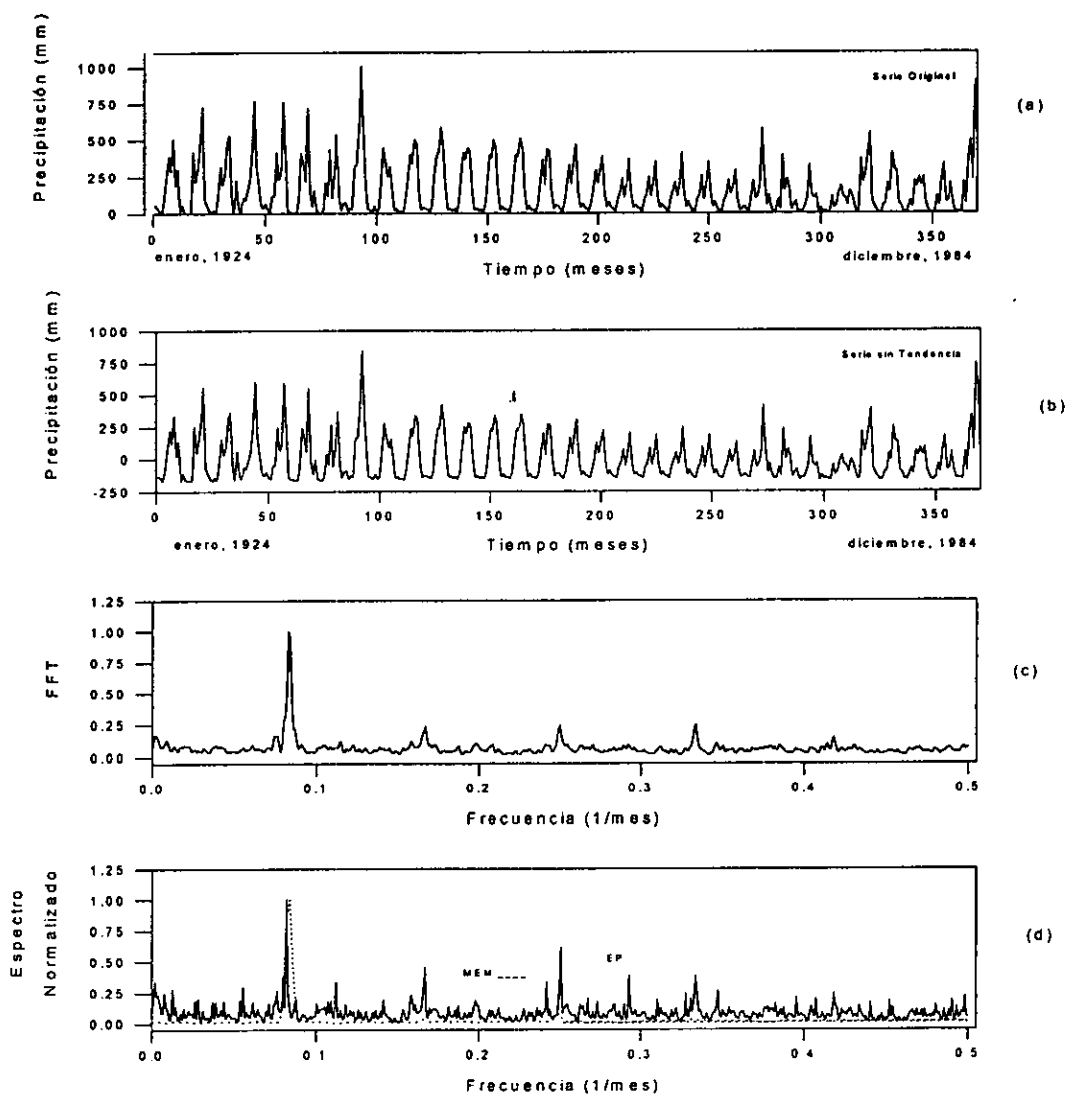
Los ciclos de la precipitación en Alvarado, calculados a través del análisis de Series de Tiempo, muestran una asociación con los ciclos estacionales; otros, de mayor magnitud temporal, se encuentran asociados a la mitad del ciclo solar secular (42.7 años); los resultados se muestran en la Tabla 70 y Fig. 100).



Tabla 70. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Alvarado, Veracruz.

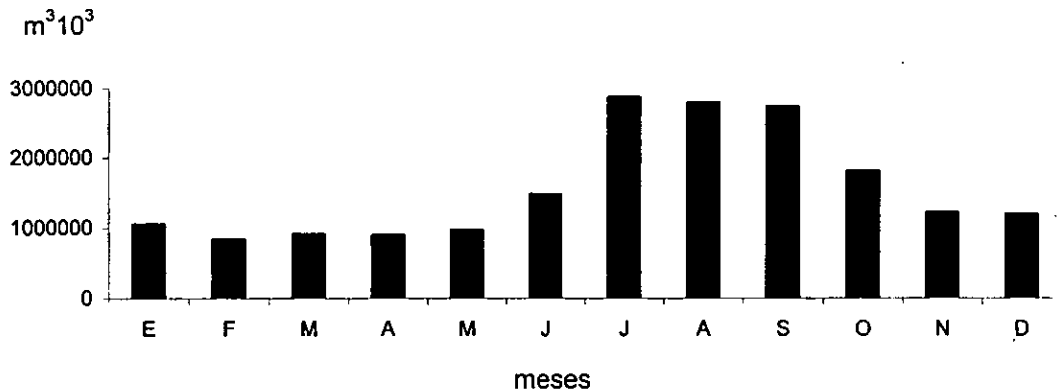
Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 12.1$ meses	$T_1 = 12$ meses	$T_1 = 11.9$ meses
$T_2 = 3.9$ meses	$T_2 = 4$ meses	
$T_3 = 5.9$ meses	$T_3 = 5.9$ meses	
$T_4 = 512.8$ meses (42.7 años)		

Figura 100. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Alvarado, Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



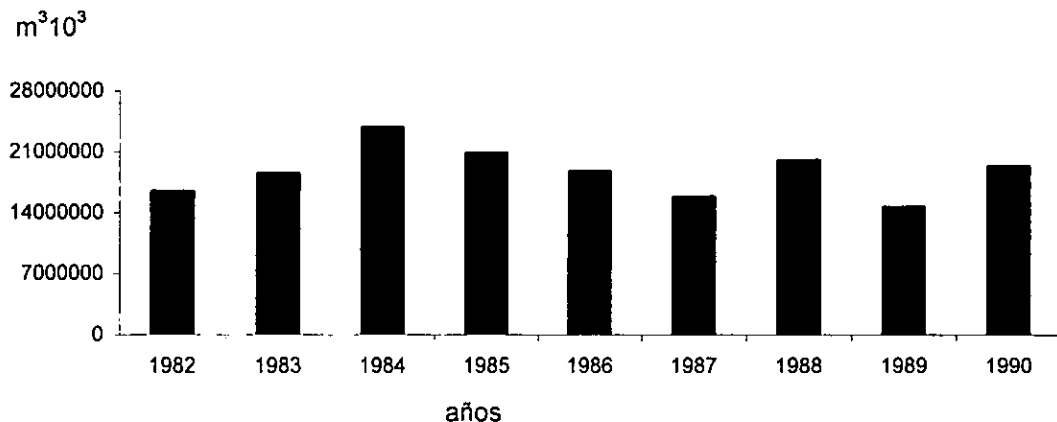
Los niveles promedio mensuales del volumen total de escurrimiento durante un período de nueve años muestran un incremento en los meses de junio a octubre; los meses de julio a septiembre son los que mayor cantidad refieren. Durante el resto del año, que abarca de noviembre a mayo, los niveles son significativamente más bajos (Fig. 101).

Figura 101. Hidrograma promedio mensual del Río Papaloapan en  $m^3 10^3$ .



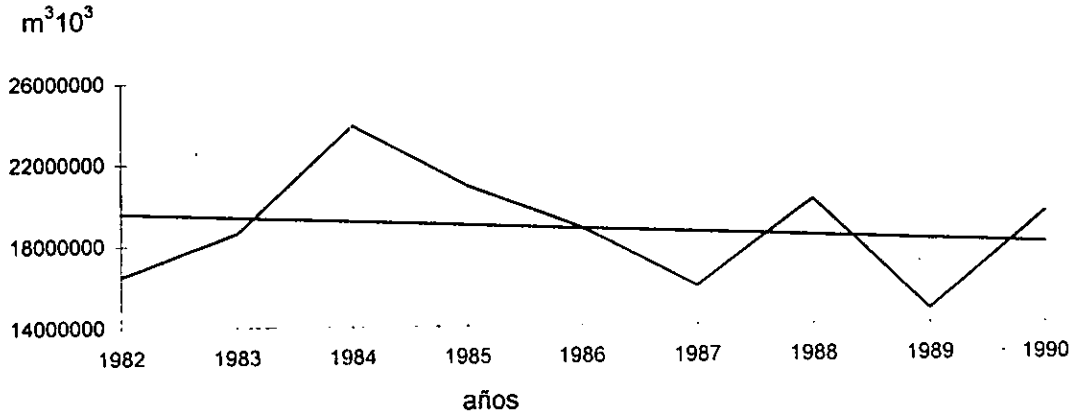
Con respecto a su comportamiento anual, se observa que hay una oscilación en el volumen total del escurrimiento; sin embargo, el número de registros es muy escaso como para determinar una oscilación específica (Fig. 102).

Figura 102. Comportamiento del volumen total anual de escurrimiento en  $m^3 10^3$  del Río Papaloapan durante el período de 1953-1990.



La tendencia del volumen de escurrimiento observa, al igual que la de la precipitación, un decremento, con una pendiente negativa de  $b = -210790 m^3/año$  y un intervalo que va de  $19,584,264 m^3/año$  a  $17,897,942 m^3/año$ , lo cual implica un gradiente negativo de  $1,686,322$  en 37 años y una merma de  $45,576 m^3/año$  (Fig. 103).

Figura 103. Tendencia del volumen total de escurrimiento en  $m^3 10^3$  del Río Papaloapan durante el periodo de 1953 a 1990.

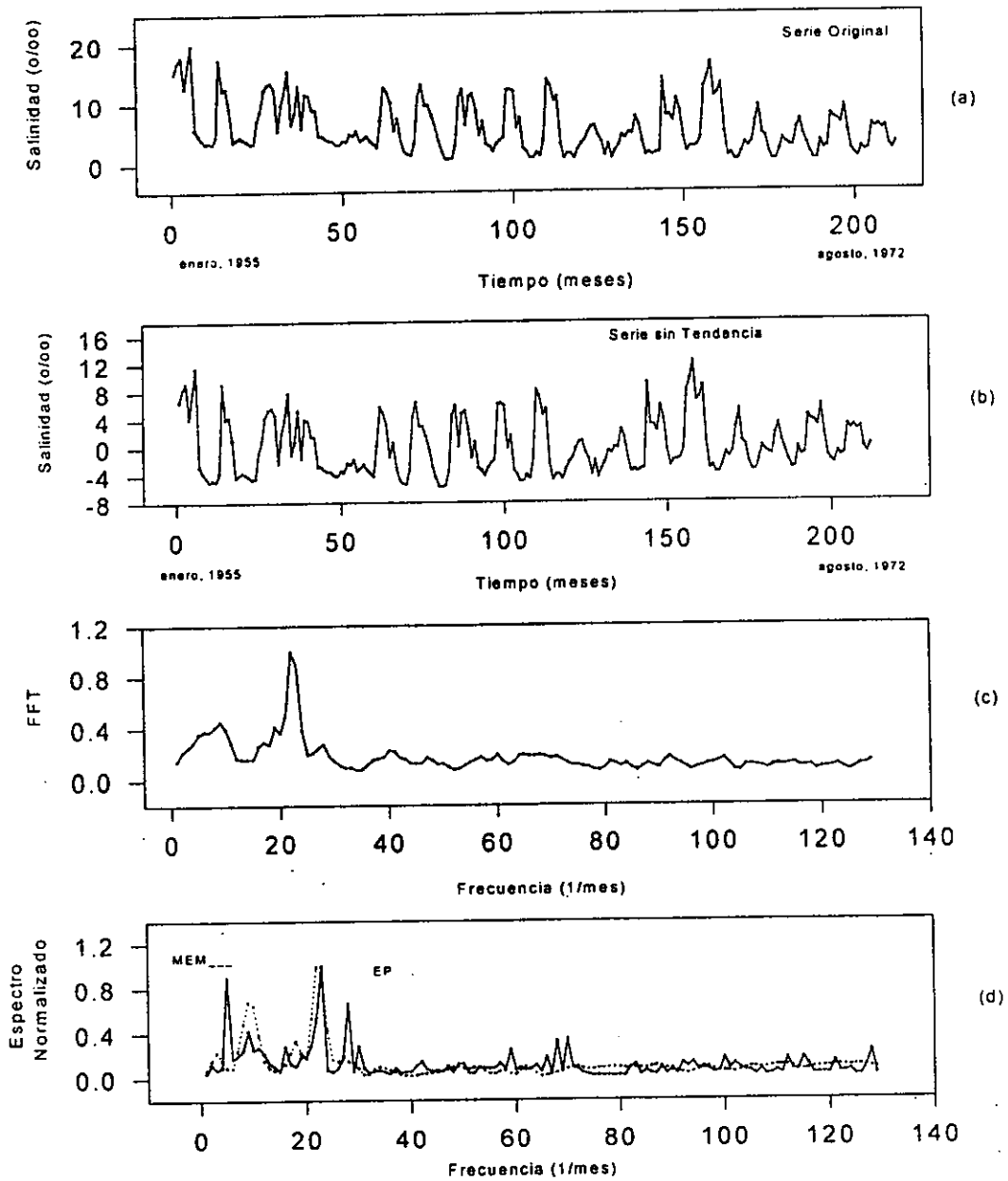


La periodicidad de la salinidad en la zona costera en Alvarado registró una asociación con las temporadas climáticas de la lluvia (Tabla 71 y Fig. 104). Por otro lado, se calcularon tres ciclos de mayor amplitud de 2.6 años, 5.3 años y 10.6 años, que corresponden a algunos de los varios ciclos solares mencionados por Otaola *et al.*, (1993).

Tabla 71. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Alvarado, Veracruz.

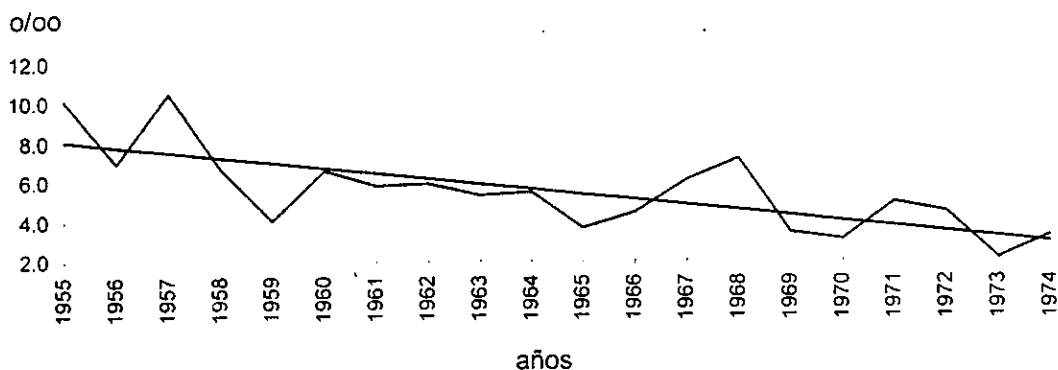
Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 12.1$ meses	$T_1 = 12.1$ meses
$T_2 = 63.9$ meses (5.3 años)	$T_2 = 32$ meses (2.6 años)	$T_2 = 32$ meses (2.6 años)
$T_3 = 9.4$ meses		$T_3 = 128$ meses (10.6 años)
$T_4 = 32$ meses (2.6 años)		

Figura 104. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Alvarado, Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía



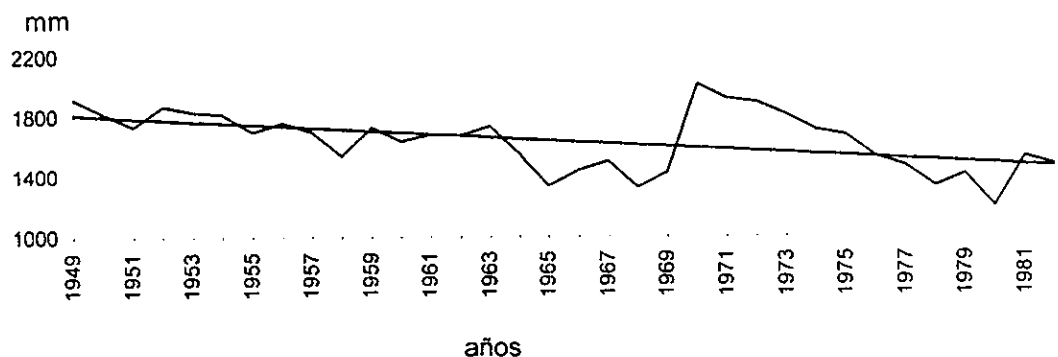
La tendencia de la salinidad para la localidad de Alvarado registró una pendiente negativa con una  $b = -0.27$ , lo cual significa que a través de 19 años, de 1955 a 1974, se ha reportado una merma en la concentración de la salinidad de 5.2 ‰, ya que pasó de 8.1 ‰ a 2.9 ‰, que equivale a un gradiente anual de 0.27 ‰ (Fig. 105).

Figura 105. Tendencia de la salinidad del Agua en la zona costera de Alvarado, Veracruz durante el periodo de 1955 a 1974.



El análisis de tendencia de la evaporación en Alvarado mostró una pendiente negativa con una  $b = -10.72$ , es decir, que en un lapso de 33 años, durante el periodo de 1949 a 1982, ha decrecido la evaporación en 354 mm, ya que pasó de 1809.5 mm a 1455.4 mm, con un gradiente de merma anual de 10.7 mm por año (Fig. 106).

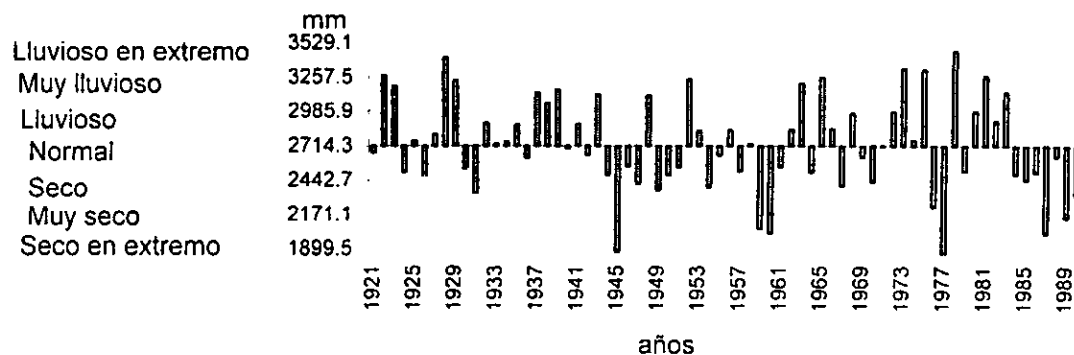
Figura 106. Tendencia de la evaporación en la zona costera de Alvarado, Veracruz durante el periodo de 1949 a 1982.



### 5) Coatzacoalcos.

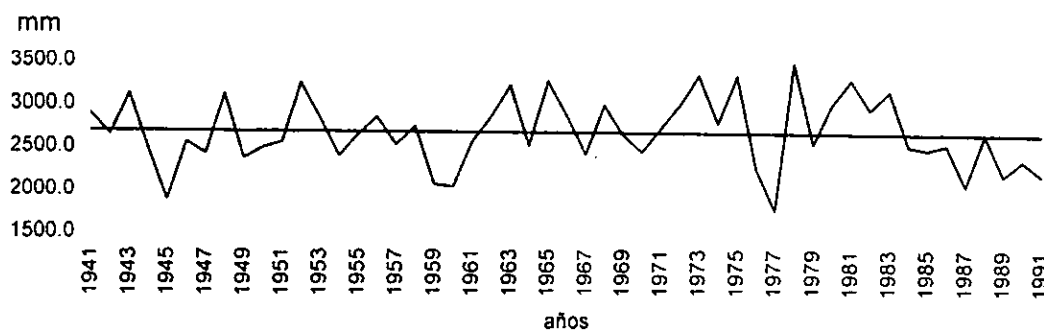
El análisis del error probable de la lluvia en Coatzacoalcos mostró que los intervalos pluviométricos se distribuyeron entre los 1899.5 mm y 3529.1 mm, es decir, que la fluctuación máxima anual en 69 años ha sido de 1629.6 mm. No se observan períodos alternados y más bien existe un patrón de irregularidad anual; los años con categoría de secos en extremo fueron 1945, 1959, 1960 y 1977; en los tres primeros se registraron ocho, once, once y siete ciclones, respectivamente, sin embargo la gran mayoría de ellos no tocaron tierra en esta región; durante 1977, sólo hubo cuatro eventos ciclónicos. Los años lluviosos en extremo correspondieron a 1928 y 1978, en los que se reportaron seis y tres ciclones, sin embargo tampoco tocaron tierra (Fig. 107).

Figura 107. Error probable de la Precipitación en Coatzacoalcos, Veracruz.



La tendencia de la precipitación en Coatzacoalcos registró una pendiente negativa. La pendiente calculada a través de la regresión por el método de mínimos cuadrados dio una  $b = -1.26$ ; el decremento calculado se ubicó dentro del intervalo de 2690.1 mm y 2626.9 mm, es decir, que en un lapso de 50 años, de 1941 a 1991, hubo una merma de 63.2 mm, lo que significó un gradiente de 1.26 mm por año. El tipo climático, de acuerdo al Sistema Modificado, corresponde a  $Am(i)gw$ , cuyos límites pluviométricos anuales abarcan de 1000 a 2500 mm (Fig. 108).

Figura 108. Tendencia de la Precipitación en Coatzacoalcos, Veracruz durante el periodo de 19441 a 1991.

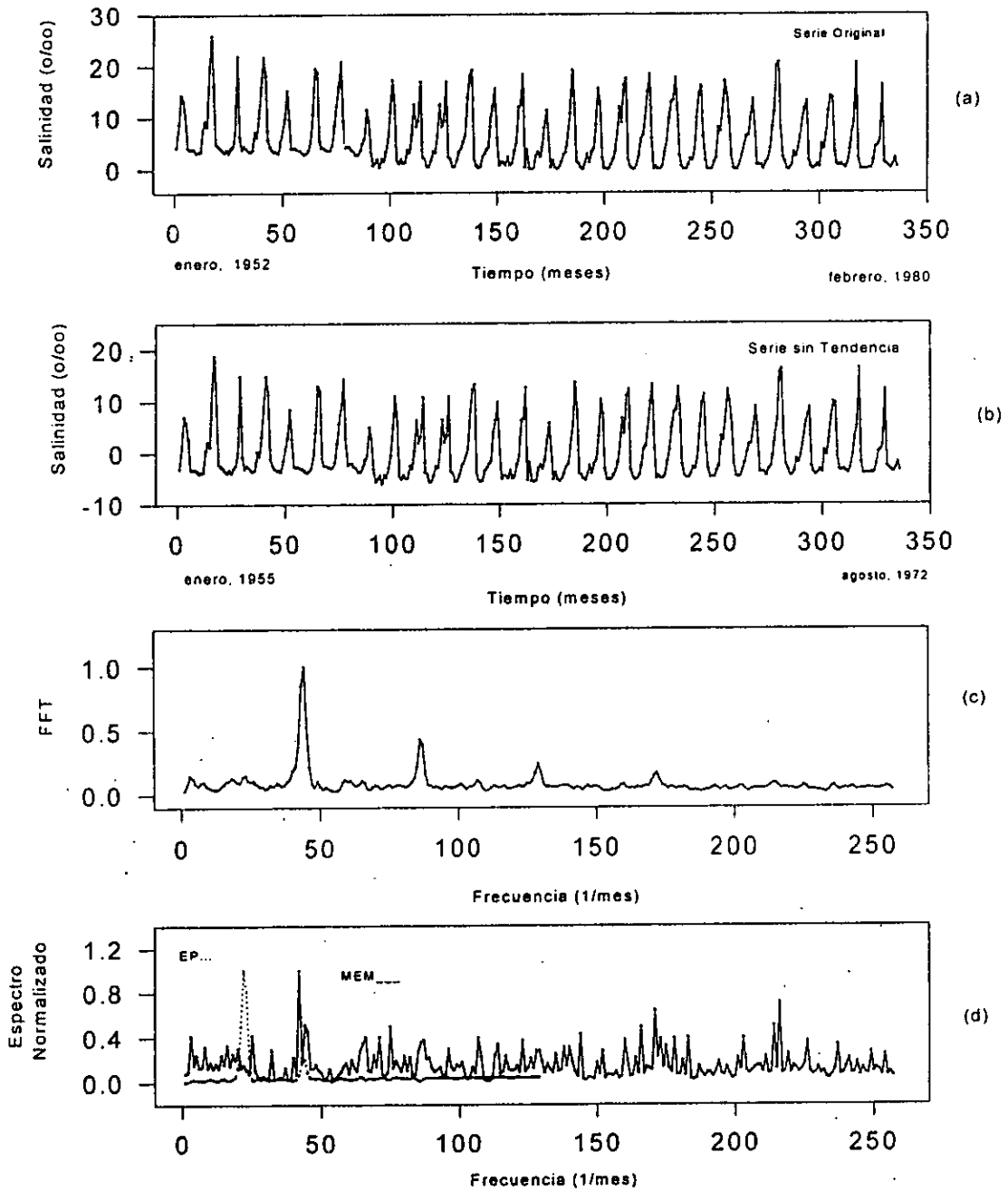


Los ciclos de la precipitación en Coatzacoalcos, calculados a través del análisis de Series de Tiempo, muestran una asociación con los ciclos estacionales; existen también otros, de mayor magnitud temporal, que están asociados al doble ciclo solar (28.4 años) y a la mitad del ciclo secular (42.7 años); los resultados se muestran en la tabla 72 y figura 109.

Tabla 72. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Coatzacoalcos, Veracruz.

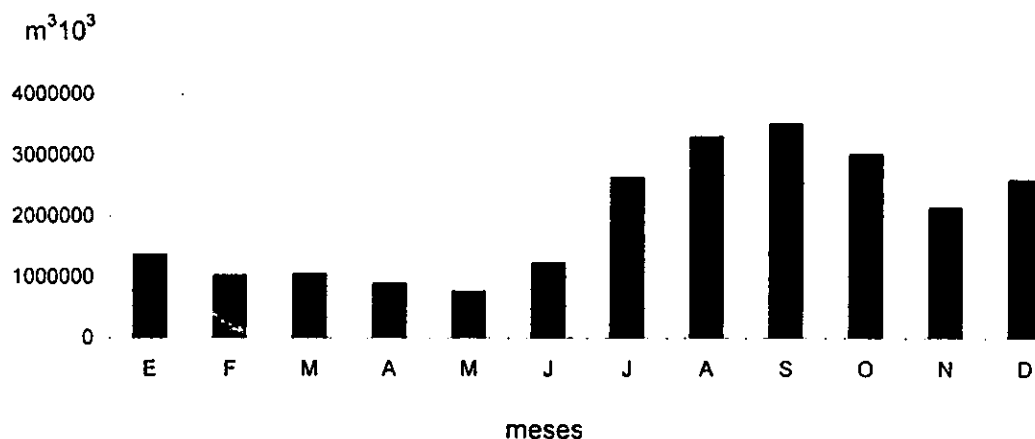
Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.1$ meses	$T_1 = 341.2$ meses (28.4 años)	$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)
$T_2 = 3.8$ meses	$T_2 = 11.6$ meses	$T_2 = 11.9$ meses
$T_3 = 2.8$ meses		

Figura 109. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Coatzacoalcos, Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



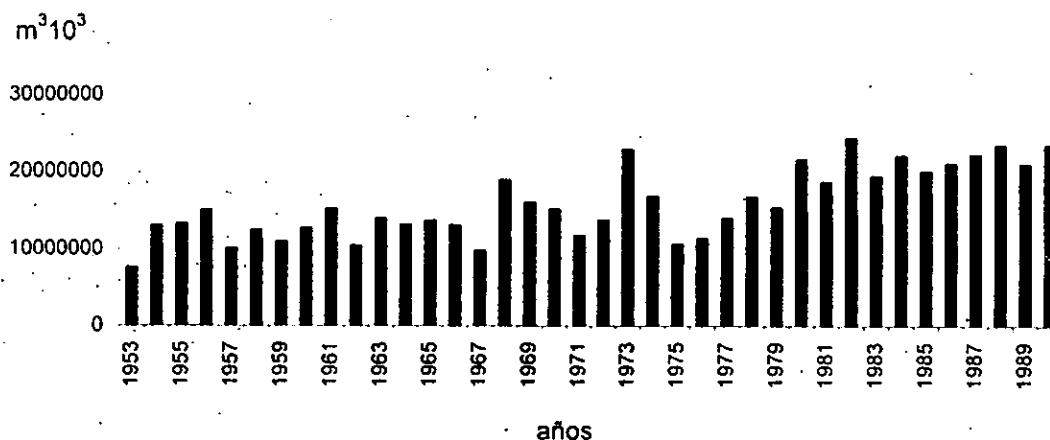
Los niveles promedio mensuales del volumen total de escurrimiento durante un período de 37 años muestran un incremento en los meses de julio a octubre; en el resto del año, que abarca de noviembre a junio, los valores son significativamente más bajos (Fig. 110).

Figura 110. Hidrograma promedio mensual del Río Coatzacoalcos en  $m^3 \cdot 10^3$ .



En lo que se refiere a su comportamiento anual, se observa que hay un claro incremento en el volumen total del escurrimiento (Fig. 111).

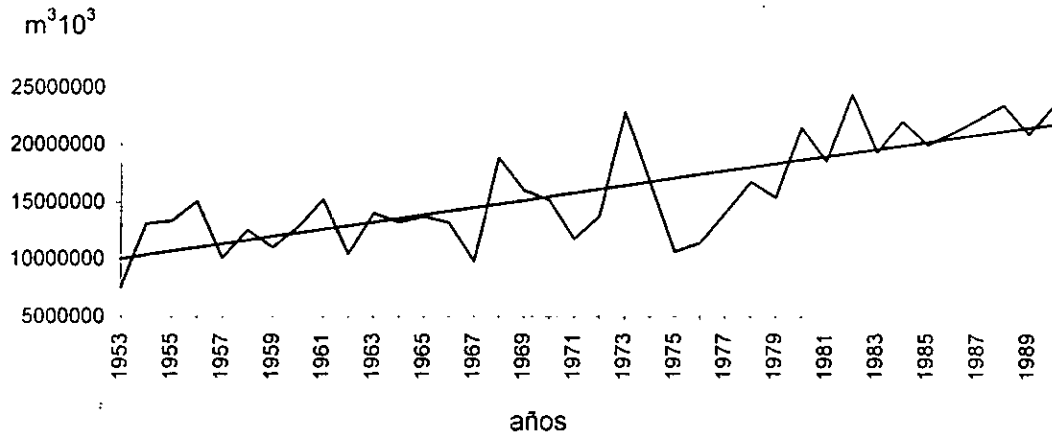
Figura 111. Comportamiento del volumen total anual de escurrimiento en  $10^3 m^3$  del Río Coatzacoalcos durante el periodo de 1953-1990.



La tendencia del volumen de escurrimiento presenta, al igual que la de la precipitación, un incremento, con una pendiente positiva de  $b = 316,465 m^3/año$  y un intervalo que va de  $10,048,116 m^3/año$  a  $21,757,346 m^3/año$ ; esto arroja un gradiente positivo de  $11,709,230$  en 37 años y un incremento de  $316,465 m^3/año$  (Fig. 112).



Figura 112. Tendencia del volumen total de escurrimiento en  $m^3 \cdot 10^3$  del Río Coatzacoalcos durante el período de 1953 a 1990.

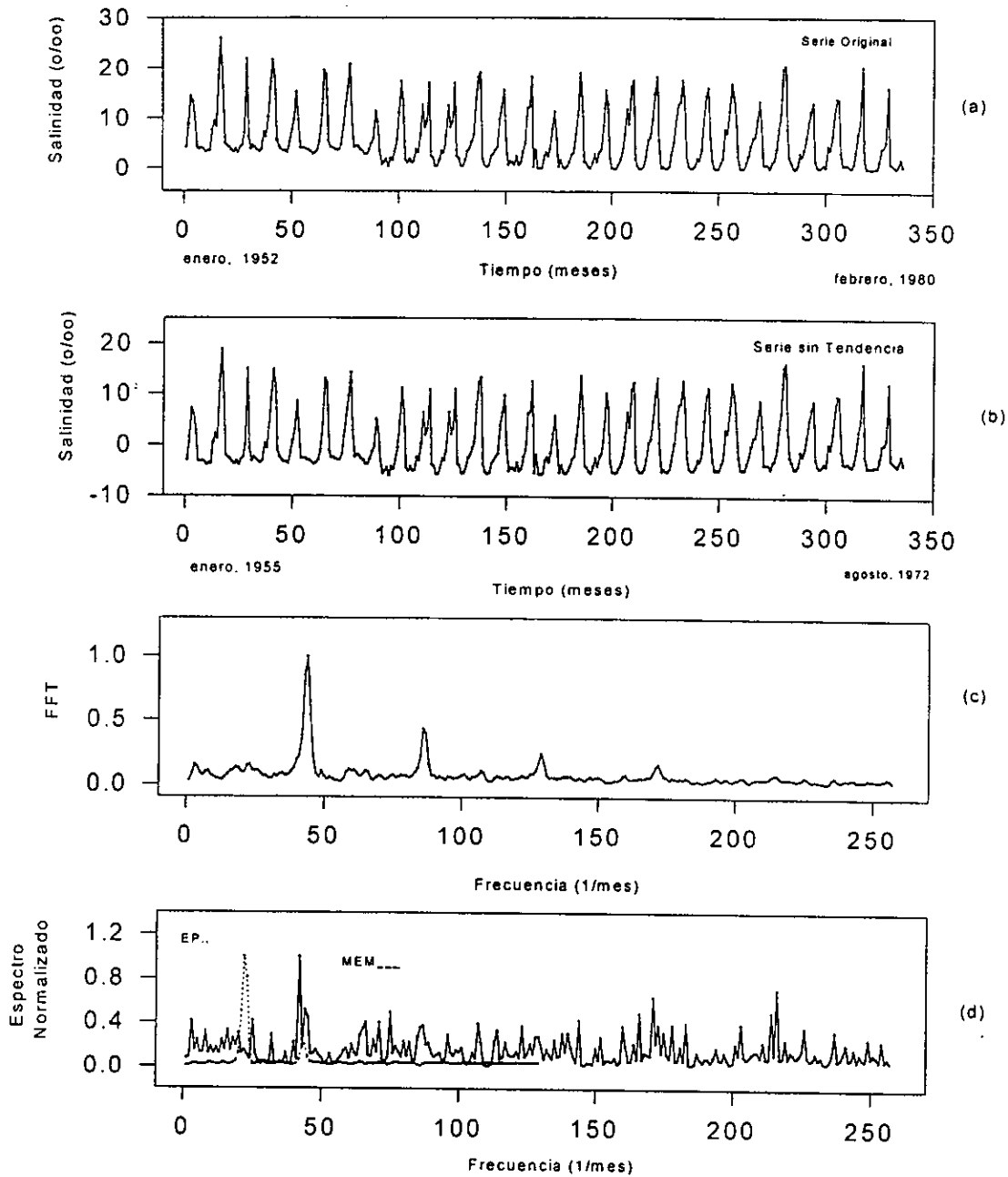


La periodicidad de la salinidad en la zona costera de Coatzacoalcos registró una asociación con las temporadas climáticas de la lluvia (Tabla 73 y Fig. 113). Por otro lado, se calcularon dos ciclos con una periodicidad mayor: uno de 1.7 años y otro de 21.3 años, correspondiendo, éste último, al doble ciclo solar o de Hale.

Tabla 73. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Coatzacoalcos, Veracruz.

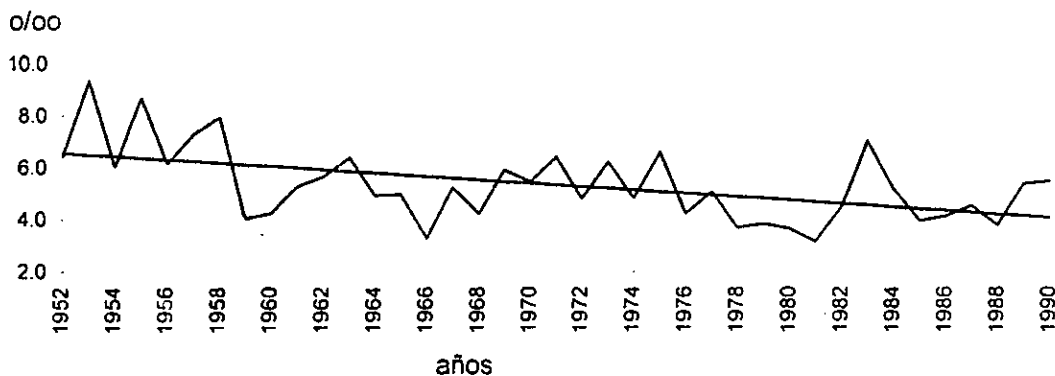
Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 6$ meses	$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 12.1$ meses
$T_2 = 2.9$ meses	$T_2 = 6$ meses	$T_2 = 5.9$ meses
$T_3 = 21$ meses (1.7 años)	$T_3 = 4$ meses	
$T_4 = 13.1$ meses		
$T_5 = 4.8$ meses		
$T_6 = 255.7$ meses (21.3 años)		

Figura 113. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Coatzacoalcos, Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía



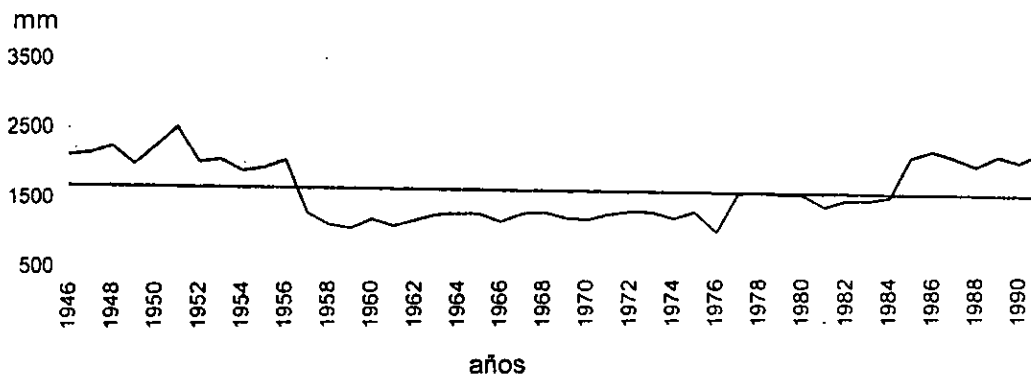
La tendencia de la salinidad en Coatzacoalcos resultó negativa, con una pendiente de  $b = -0.06$ , lo cual significa que en un periodo de 38 años, de 1952 a 1990, hubo una baja en la salinidad de 2.6 ‰, ya que fluctuó de 6.6 ‰ a 4.0 ‰, lo que implica un gradiente de 0.06 ‰ por año de merma en la concentración salina (fig. 114).

Figura 114. Tendencia de la salinidad del Agua en la zona costera de Coatzacoalcos, Veracruz durante el periodo de 1952 a 1990.



La tendencia de la evaporación en la región de Coatzacoalcos fue negativa y tuvo una pendiente de  $b = -5.54$ , lo que significa que durante 45 años, que abarcaron el periodo de 1946 a 1991, se registró una merma de 249.3 mm, ya que pasó de 1682.5 mm a 1433.2 mm, lo que implica un gradiente anual de 5.5 mm (fig. 115).

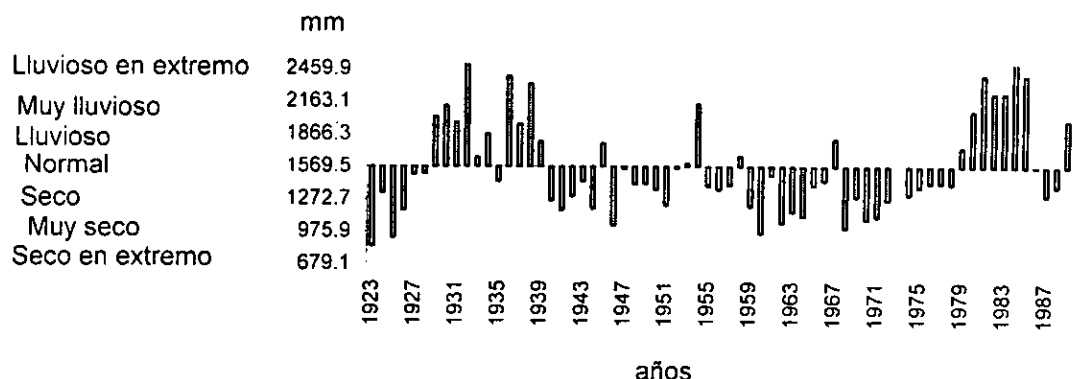
Figura 115. Tendencia de la evaporación en la zona costera de Coatzacoalcos, Veracruz durante el periodo de 1946 a 1991.



## 6) Ciudad del Carmen.

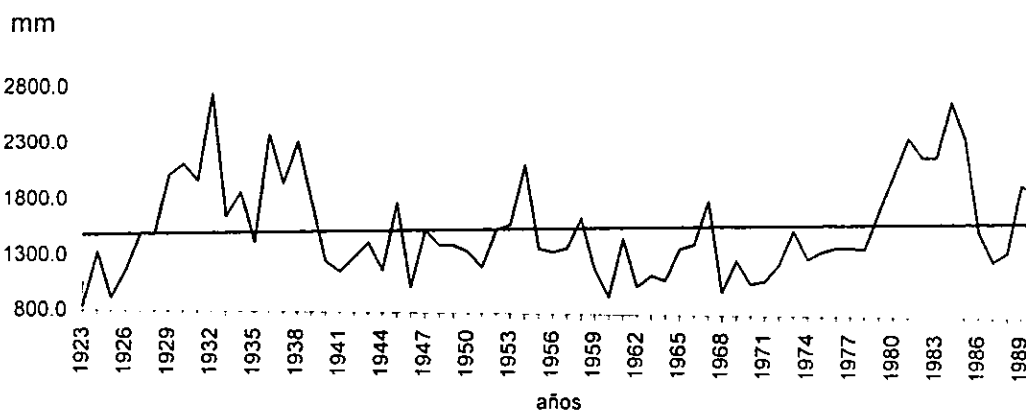
El análisis del error probable de la lluvia en Cd. del Carmen mostró que los intervalos pluviométricos se distribuyeron entre los 679.1 mm y 2459.9 mm, es decir, que la fluctuación máxima anual en 67 años ha sido de 1780.8 mm; se observaron cuatro grupos de periodos alternados: el primero y el tercero secos y el segundo y el cuarto, lluviosos. Dentro del primero de ellos se alcanza la categoría de muy secos en 1923 y 1925 en que se registran siete y dos ciclones, respectivamente; en el primero de ellos, la mayoría de los ciclones no tocaron tierra en la zona de estudio. Dentro de los periodos lluviosos, 1932, 1936, 1938, 1981, 1984 y 1985 alcanzaron la categoría de lluviosos en extremo; a lo largo de estos años se reportó la incidencia de 11, 16, 8, 0, 2 y 7 ciclones, respectivamente, lo que explica, probablemente, el incremento del volumen de la lluvia; en 1984, en el que no se registran ciclones, hubo en cambio, ocho eventos con categoría de tormentas tropicales. (Fig. 116).

Figura 116. Error probable de la Precipitación en Cd. del Carmen, Campeche.



La tendencia de la precipitación en Cd. del Carmen registra una pendiente positiva, lo que se explica por la tendencia a la pluviosidad que abarcó desde 1980 hasta 1990. La pendiente calculada a través de la regresión por el método de mínimos cuadrados dio una  $b = 2.5$ ; el decremento calculado se ubicó dentro del intervalo de 1487.3 mm y 1651.6 mm, es decir, que en un lapso de 67 años, de 1923 a 1990, hubo una merma de 164.3 mm, lo que implica un gradiente de 2.45 mm por año. El tipo climático, de acuerdo al Sistema Modificado, corresponde al  $Ax'(w_2)(i)gw''$ , cuyos límites pluviométricos abarcan de 60 a 2500 mm, de tal manera que, en ninguno de los años registrados, los niveles pluviométricos excedieron dichos límites (Fig. 117).

Figura 117. Tendencia de la Precipitación en Cd. del Carmen, Campeche durante el periodo de 1923 a 1990.

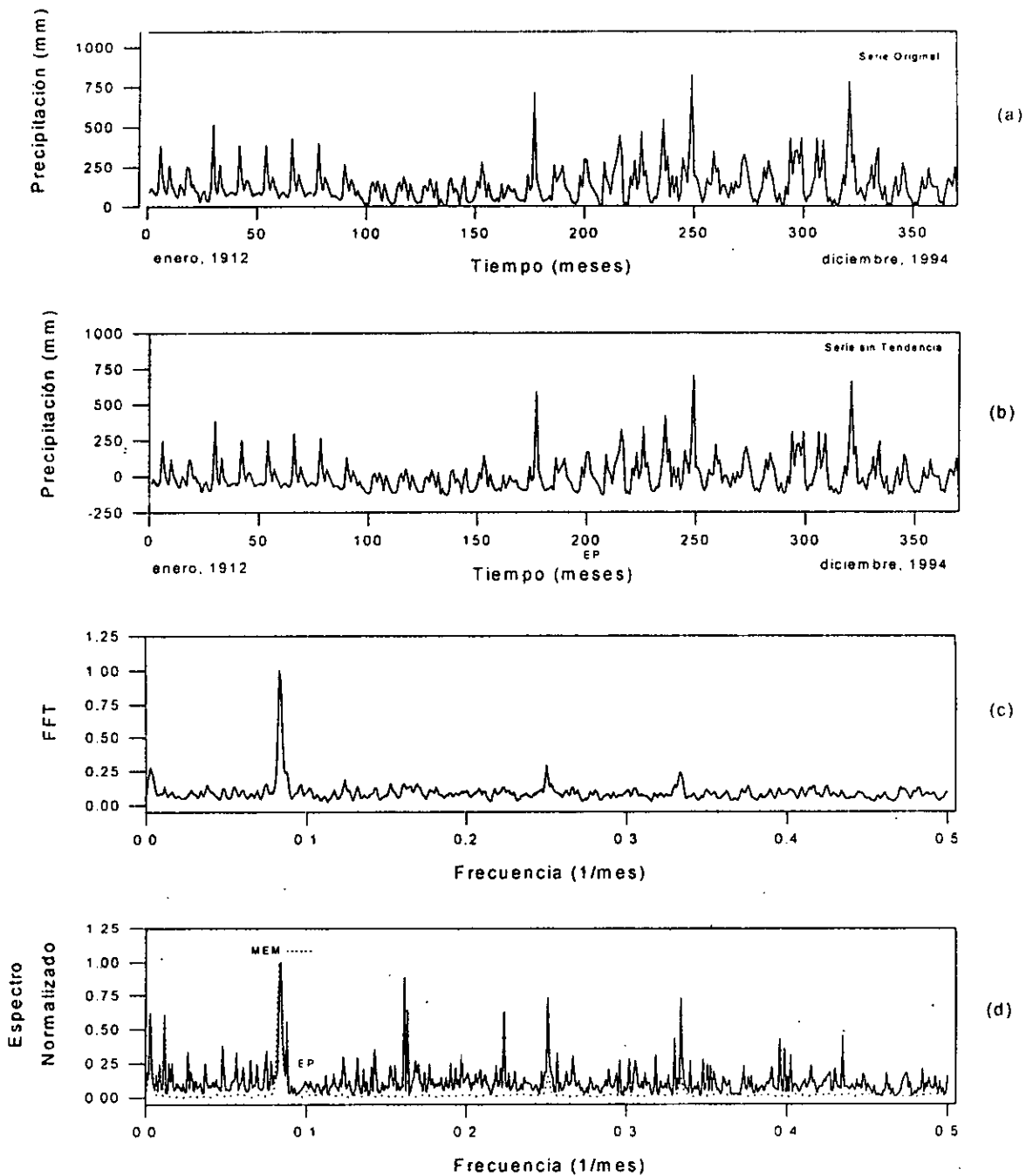


Los ciclos de la precipitación en Ciudad del Carmen, calculados a través del análisis de Series de Tiempo muestran una asociación con los ciclos estacionales; también se registran otros que están asociados al ciclo solar, entre los cuales se observan el del doble ciclo solar de 28.4 años y el de 7.1 años mencionado por Otaola *et al.*, (1993); los resultados se muestran en la tabla 74 figura 118.

Tabla 74. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Cd. del Carmen, Campeche.

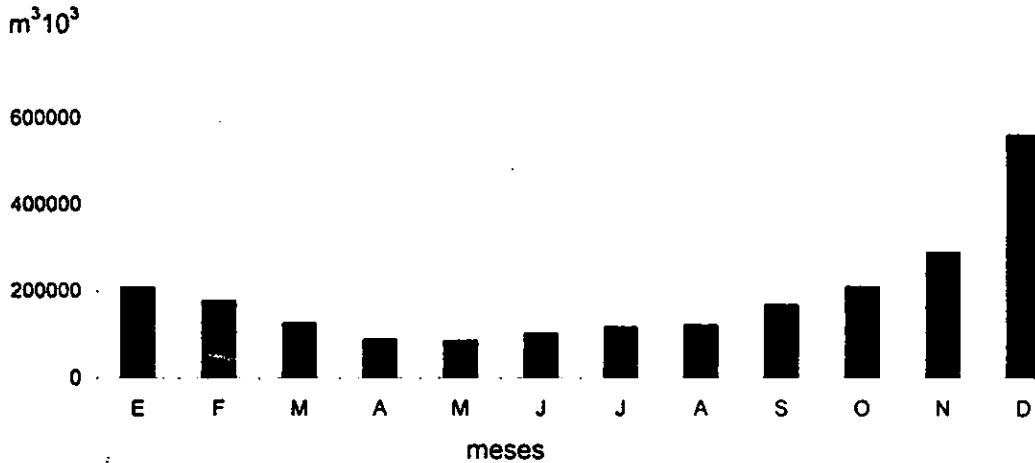
Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 12$ meses	$T_1 = 12$ meses
$T_2 = 6.2$ meses	$T_2 = 341.2$ meses (28.4 años)	$T_2 = 255.7$ meses (21.3 años)
$T_3 = 3.9$ meses	$T_3 = 4$ meses	$T_3 = 3.9$ meses
$T_4 = 85.3$ meses (7.1 años)	$T_4 = 2.9$ meses	$T_4 = 2.9$ meses
$T_5 = 341.2$ meses (28.4 años)		

Figura 118. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Cd. del Carmen, Campeche. (a) Serie Original, (b) Serie sin tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



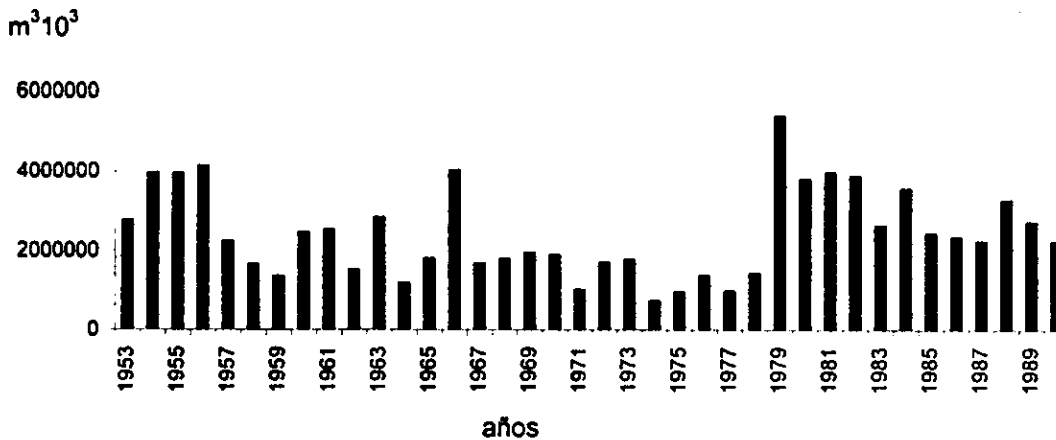
Los niveles promedio mensuales del volumen total de escurrimiento durante un periodo de 37 años muestran un incremento en el mes de diciembre; durante el resto del año, que abarca de enero a noviembre, los valores son significativamente más bajos (Fig. 119).

Figura 119. Hidrograma promedio mensual del Río San Pedro en  $m^3 \cdot 10^3$ .



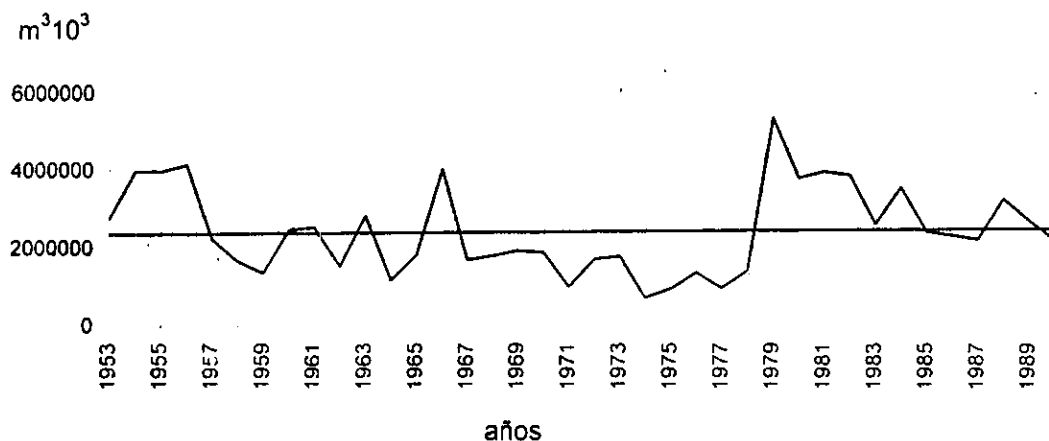
Respecto de su comportamiento anual, se observa que hay una oscilación en el volumen total del escurrimiento que concuerda con el comportamiento periódico de la precipitación (Fig. 120).

Figura 120. Comportamiento del volumen total anual de escurrimiento en  $m^3 \cdot 10^3$  del Río San Pedro durante el periodo de 1953-1990.



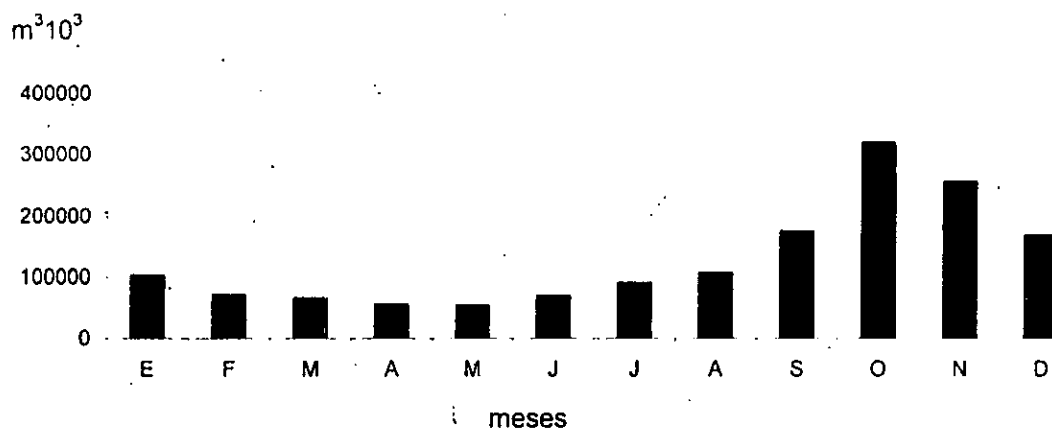
La tendencia del volumen de escurrimiento muestra, al igual que la de la precipitación, un incremento, con una pendiente positiva de  $b = 4071 m^3/año$  y un intervalo que va de  $2,354,815 m^3/año$  a  $2,505,467 m^3/año$ , el cual implica un gradiente positivo de  $150,652 m^3/año$  en 37 años y un incremento de  $4071 m^3/año$  (Fig. 121).

Figura 121. Tendencia del volumen total de escurrimiento en  $m^3 \cdot 10^3$  del Río San Pedro durante el período de 1953 a 1990.



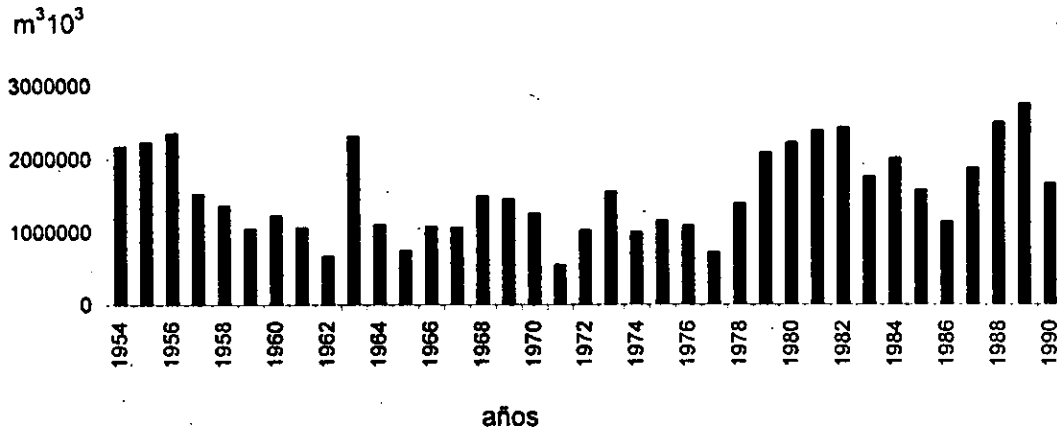
Los valores promedio mensuales del volumen total de escurrimiento durante un período de 36 años muestran un incremento en los meses de septiembre a diciembre y es octubre el que mayor cantidad refiere; durante el resto del año, que abarca de enero a agosto, los valores son significativamente (Fig. 122).

Figura 122. Hidrograma promedio mensual del Río Candelaria en  $m^3 \cdot 10^3$ .



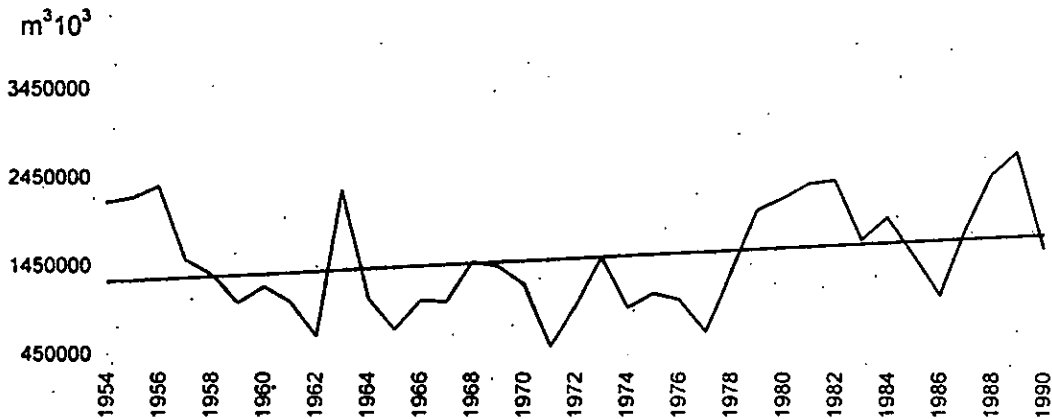
Con respecto su comportamiento anual, se observa que hay una periodicidad en el volumen total del escurrimiento que concuerda con el comportamiento periódico de la precipitación (Fig. 123).

Figura 123. Comportamiento del volumen total anual de escurrimiento en  $m^3 \cdot 10^3$  del Río Candelaria durante el período de 1953-1990.



La tendencia del volumen de escurrimiento presenta, al igual que la de la precipitación, un incremento, con una pendiente positiva de  $b = 14612 \text{ m}^3/\text{año}$  y un intervalo que va de  $1,271,844 \text{ m}^3/\text{año}$  a  $1,797,893 \text{ m}^3/\text{año}$ , lo cual implica un incremento de  $526,049 \text{ m}^3/\text{año}$  y un incremento anual de  $14,217 \text{ m}^3/\text{año}$  (Fig. 124).

Figura 124. Tendencia del volumen total de escurrimiento en  $m^3 \cdot 10^3$  del Río Candelaria durante el período de 1953 a 1990.



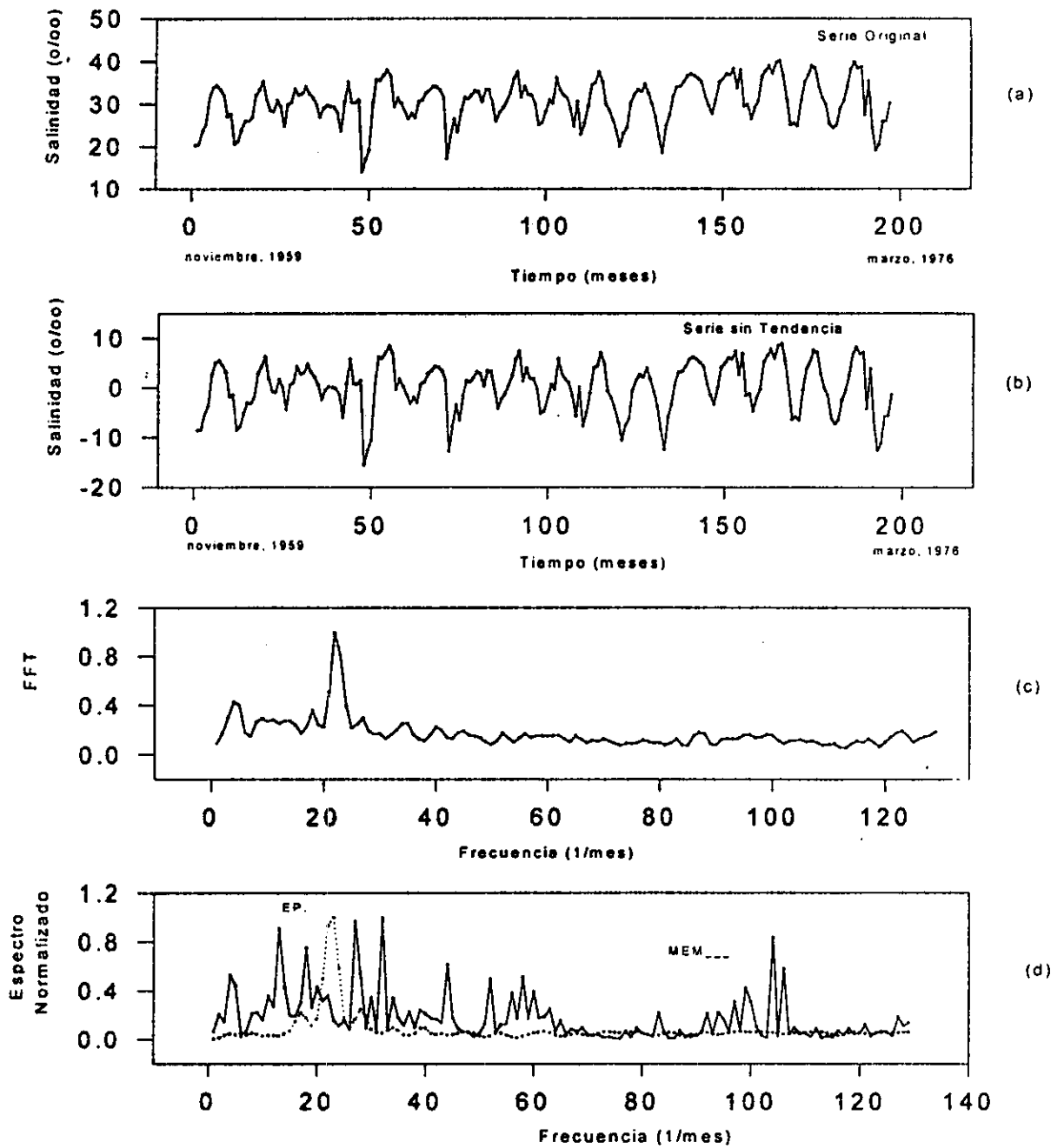
La periodicidad de la salinidad en la zona costera de Cd. del Carmen registró una asociación con las temporadas climáticas de la lluvia (Tabla 75 y Fig. 125). Por otro lado, se calculó un ciclo de 7.1 años que corresponde a uno de los varios ciclos solares mencionados por Otaola *et al.*, (1993).

Tabla 75. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Cd. del Carmen, Campeche.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 12.1$ meses	$T_1 = 11.6$ meses
$T_2 = 15$ meses	$T_2 = 85.3$ meses (7.1 años)	
$T_3 = 4$ meses		
$T_4 = 85.3$ meses (7.1 años)		

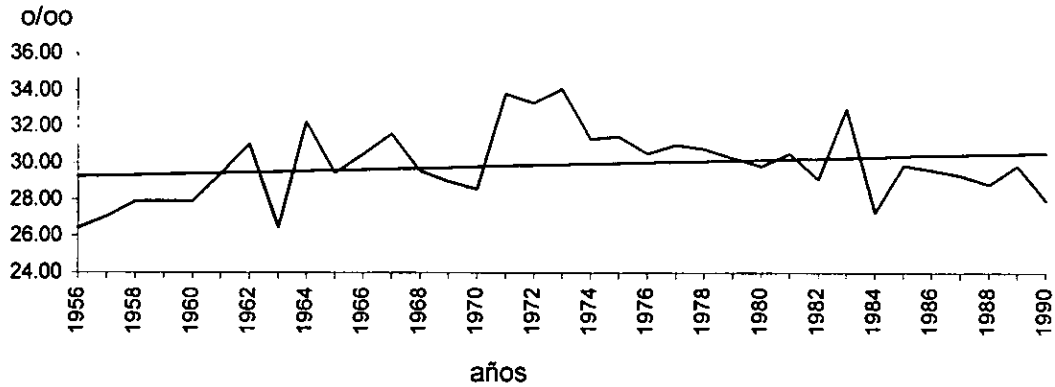


Figura 125. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Cd. del Carmen, Campeche. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía



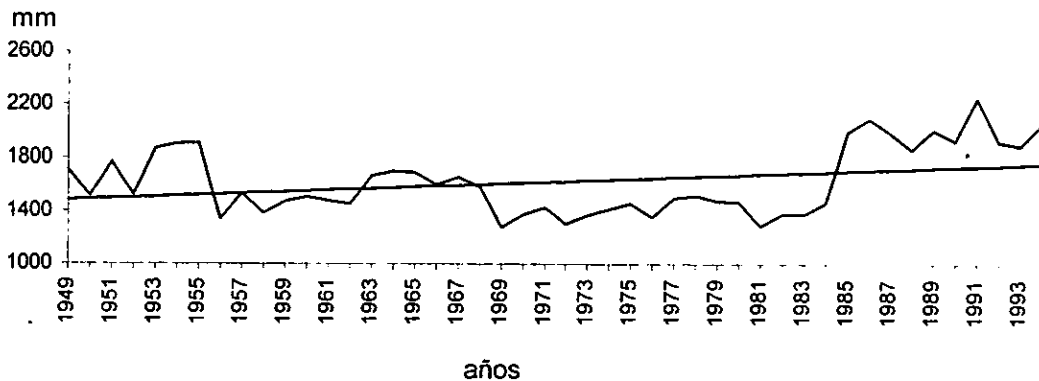
El análisis de tendencia de la salinidad del agua en Cd. del Carmen mostró una tendencia positiva, con una pendiente de  $b = 0.03$ , lo cual significa que durante 34 años, de 1956 a 1990, hubo un incremento de 1.3 ‰, pues ésta pasó de 29.2 ‰ a 30.5 ‰, lo que implica un gradiente anual de 0.03 ‰ (fig. 126).

Figura 126. Tendencia de la salinidad del Agua en la zona costera de Cd. del Carmen, Campeche durante el período de 1956 a 1990.



La tendencia de la evaporación en Cd. del Carmen mostró una tendencia positiva, con una  $b = 6.18$ , lo cual significa que en un período de 45 años, de 1949 a 1994, la evaporación se incrementó en 278.2 mm, al fluctuar entre 1448.8 mm y 1763.0 mm; esto implica un gradiente anual de 6.1 mm (fig. 127).

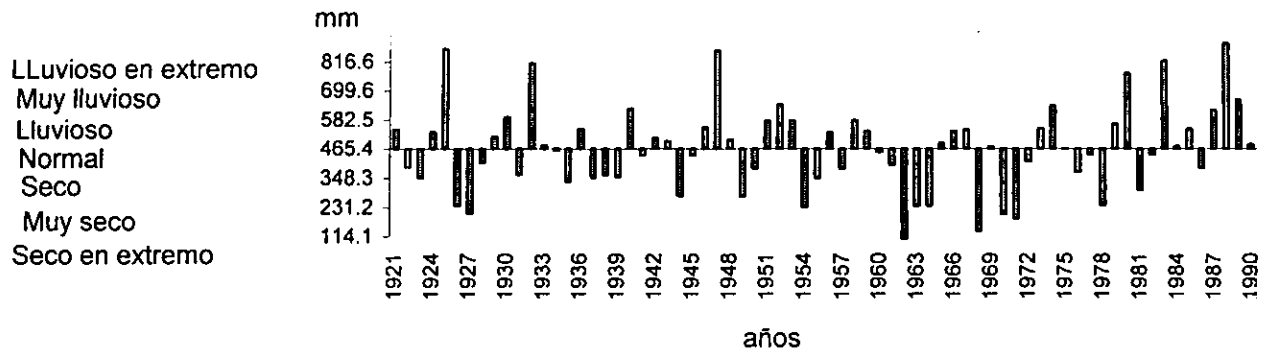
Figura 127. Tendencia de la evaporación en la zona costera de Cd. del Carmen, Campeche durante el período de 1949 a 1994.



## 7) Progreso.

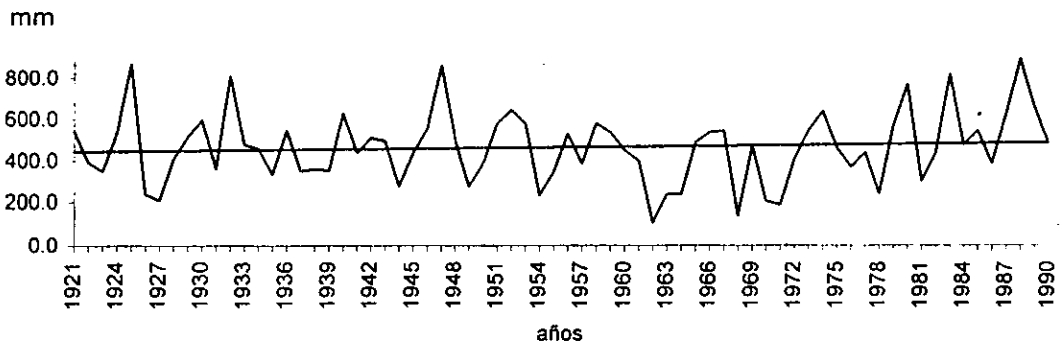
El análisis del error probable de la lluvia en Progreso mostró que los intervalos pluviométricos se distribuyeron entre los 114.1 mm y 816.6 mm, es decir, que la fluctuación máxima anual en 69 años ha sido de 702.5 mm; se observan múltiples períodos alternados de corta duración, de dos a cuatro años; alcanzaron la categoría de lluvioso en extremo los años de 1925, 1932, 1947 y 1988, y la incidencia ciclónica durante ellos fue de dos, once, nueve y cinco eventos, respectivamente; los años secos en extremo fueron 1962 y 1967 y en ellos se registraron nueve y ocho ciclones, respectivamente, de los cuales ninguno tocó tierra en esta región (Fig. 128).

Figura 128. Error probable de la Precipitación en Progreso, Yucatán.



La tendencia de la precipitación en Progreso registró una pendiente positiva. La pendiente calculada a través de la regresión por el método de mínimos cuadrados dio una  $b = 0.628$ ; el incremento calculado se ubicó dentro del intervalo de 443.6 mm y 487.0 mm, es decir, que en un lapso de 69 años, de 1921 a 1990, hubo un incremento de 43.4 mm, es decir, que el gradiente fue de 0.628 mm por año. De acuerdo al Sistema Modificado, el tipo de clima en la región corresponde al  $BS_0(h')w(x')iw''$ ; en estos tipos de clima, los límites pluviométrico están dados en relación al  $r_h$  que corresponde a la cantidad mínima necesaria de precipitación anual (expresada en cm), y su relación con las ecuaciones  $r_h = 2t + 28$ , cuando el porcentaje de lluvia invernal oscila entre menos de 5 y hasta 5.2 y la de  $r_s = 2t + 21$ , cuando el porcentaje es superior a 10.2; esta ecuación que se aplica en la región de Progreso, en donde  $t$  es la temperatura media anual; los límites anuales de precipitación han fluctuado entre 114.1 mm y 816.6 mm y por lo tanto su  $r_h$  correspondió a 67.55 y 418.8, respectivamente, lo que implica que aún en ambos casos extremos se cumple con los límites marcados en el Sistema Modificado (Fig. 129).

Figura 129. Tendencia de la Precipitación en Progreso, Yucatán durante el período de 1921 a 1990.

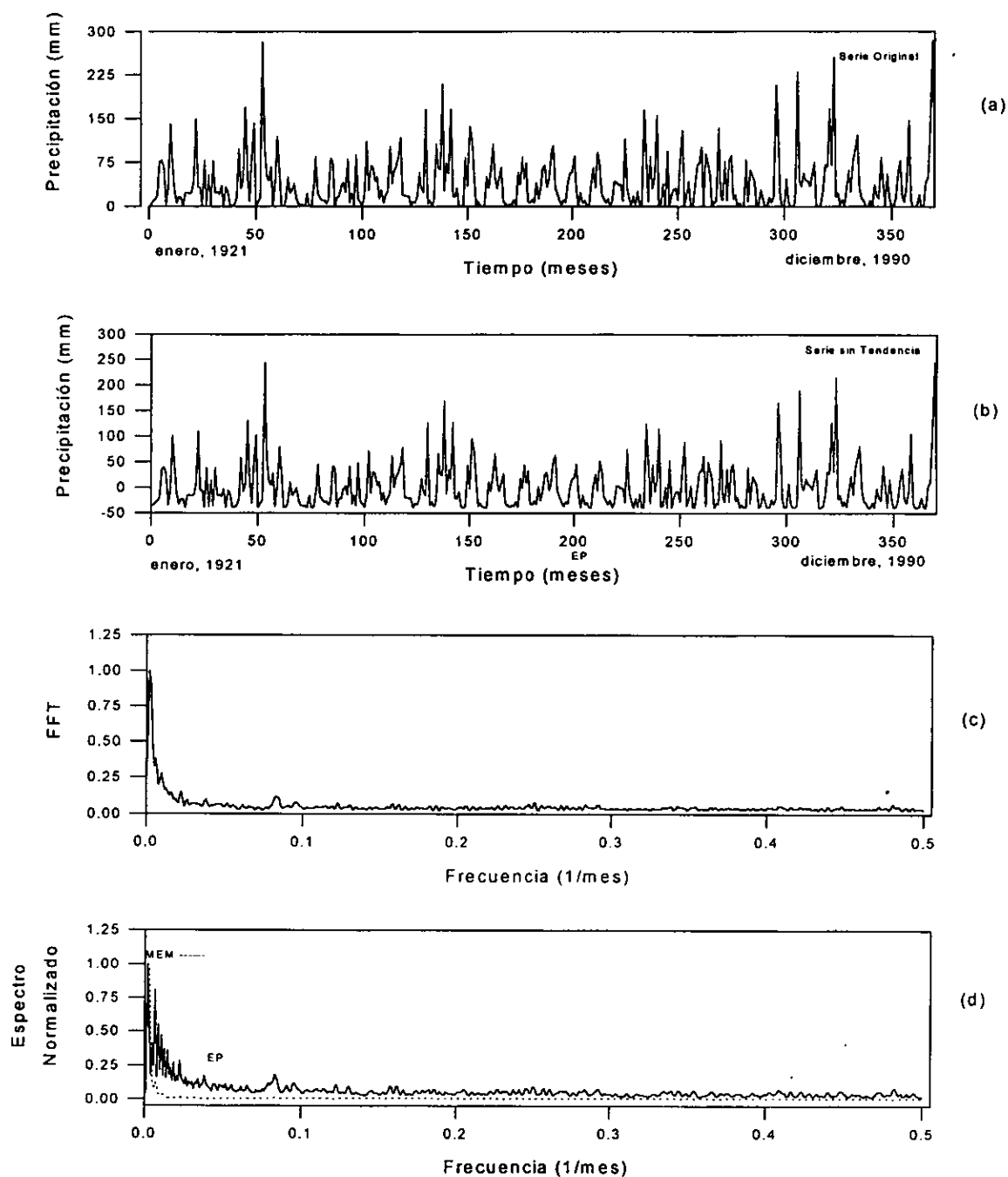


La precipitación en Progreso presentó ciclos de diferentes escalas temporales: los asociados a la periodicidad anual (11.9 meses a 12.1 meses) y los de mayor amplitud, que abarcaron 42.7 años y que corresponden a la mitad del ciclo secular solar; los resultados se muestran en la tabla 76 y figura 130.

Tabla 76. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Progreso, Yucatán.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)	$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)	$T_1 = 512.8$ meses (42.7 años)
$T_2 = 146.1$ meses (12.1 años)	$T_2 = 11.9$ meses	
$T_3 = 11.9$ meses		

Figura 130. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Progreso, Yucatán: (a) Serie Original, (b) Serie sin tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.

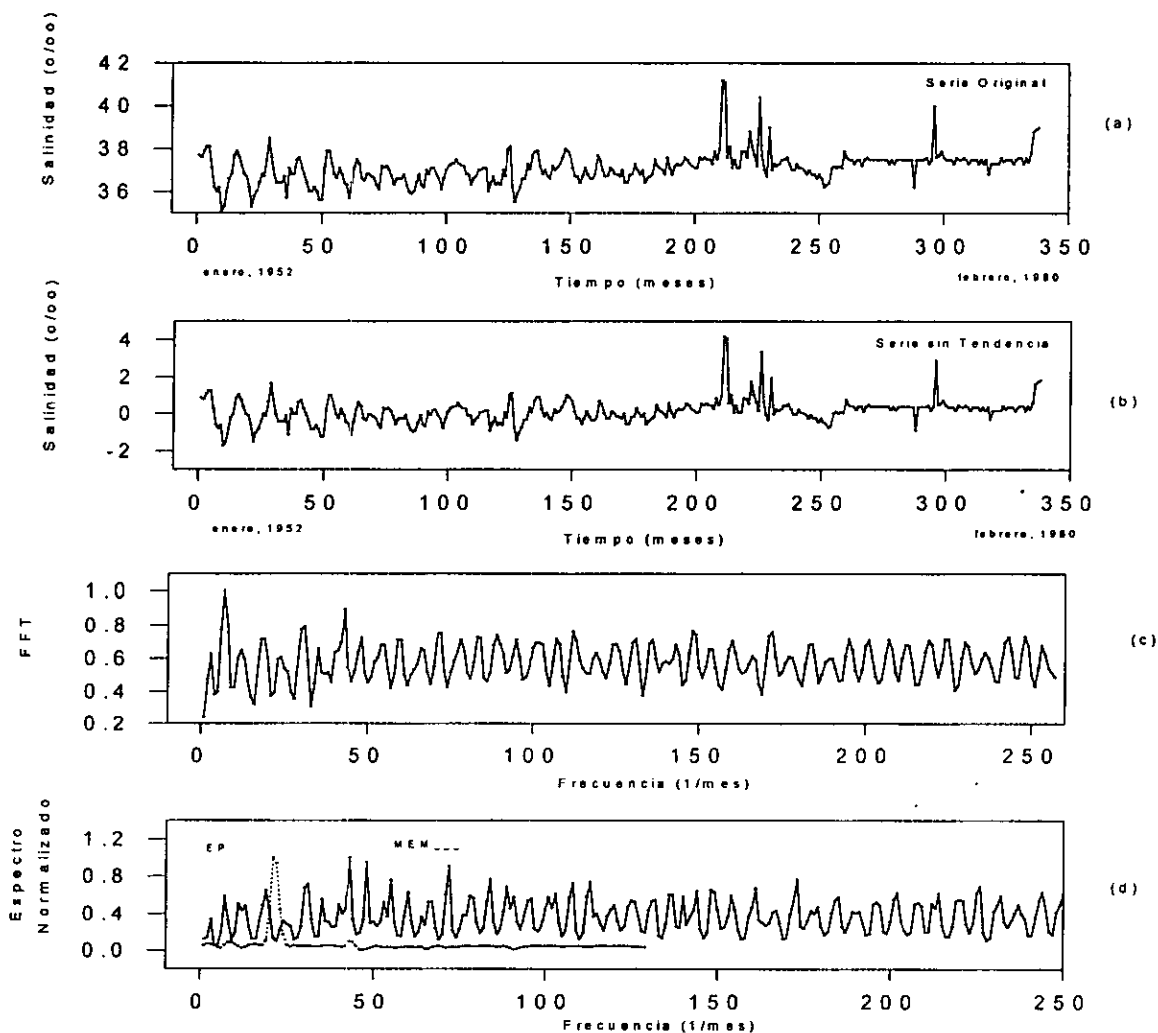


La periodicidad de la salinidad en la zona costera de Progreso registró una asociación con las temporadas climáticas de la lluvia (Tabla 77 y Fig. 131). Por otro lado, se calcularon cuatro ciclos de mayor periodicidad: de 1.4 años, 4.2 años, 7.1 años y 21.3 años, que corresponden a varios de los varios ciclos solares mencionados por Otaola *et al.*, (1993).

Tabla 77. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Progreso, Yucatán.

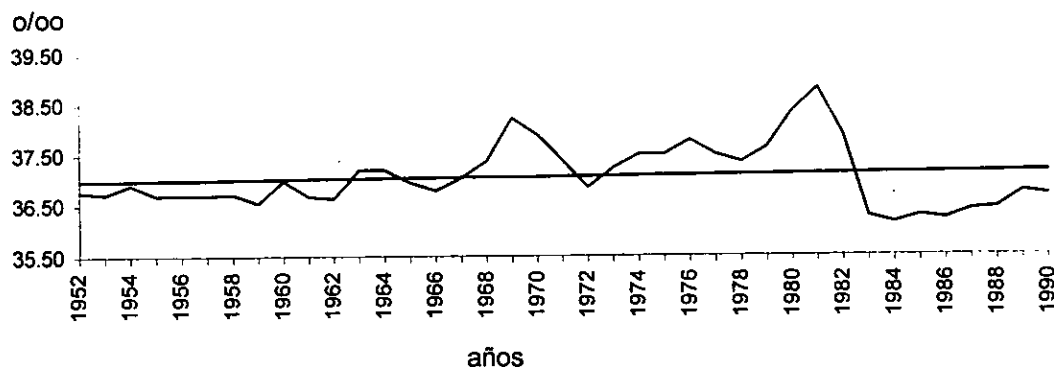
Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 255.7$ meses (21.3 años)	$T_1 = 85.3$ meses (7.1 años)	$T_1 = 12.7$ meses
$T_2 = 51.2$ meses (4.2 años)	$T_2 = 12.1$ meses	
$T_3 = 85.3$ meses (7.1 años)	$T_3 = 255.7$ meses (21.3 años)	
$T_4 = 17$ meses (1.4 años)	$T_4 = 17$ meses	

Figura 131. Series de Tiempo de la Salinidad promedio mensual en Progreso, Yucatán: (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía:



La tendencia de la salinidad en Progreso registró una tendencia positiva, con una  $b = 0.004$ , lo cual significa que en un lapso de 38 años, de 1952 a 1990, la salinidad se incrementó de 36.98 ‰ a 37.1 ‰, es decir, 0.16 ‰; con un gradiente anual de 0.004 ‰ (fig. 132).

Figura 132. Tendencia de la salinidad del Agua en la zona costera de Progreso, Yucatán durante el período de 1952 a 1990.



El análisis de la tendencia de la evaporación en Progreso mostró una pendiente de  $b = 11.69$ , lo cual significa que en un período de 74 años, de 1921 a 1995, se registró un aumento en la evaporación de 865 mm, al haber una fluctuación de 1454.4 mm a 2319.4 mm, con un total de incremento de 865 mm y un gradiente anual de 11.6 mm (Fig. 133).

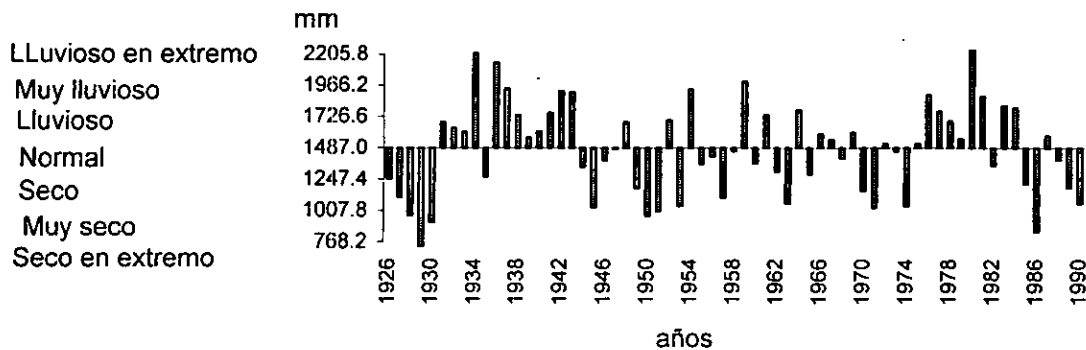
Figura 133. Tendencia de la evaporación en la zona costera de Progreso, Yucatán durante el período de 1921 a 1990.



## 8) Cozumel.

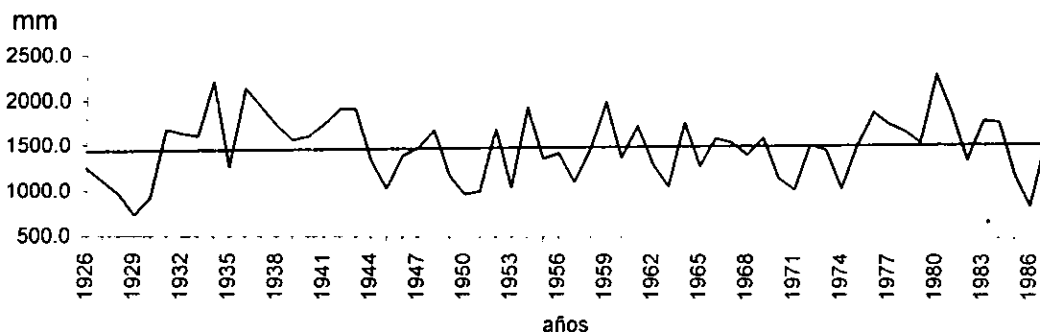
El análisis del error probable de la lluvia en Cozumel mostró que los intervalos pluviométricos se distribuyeron entre los 768.2 mm y 2205.8 mm, es decir, que la fluctuación máxima anual en 61 años ha sido de 1437.6 mm; se observan cinco grupos de períodos alternados: el primero, tercero y quinto fueron secos, aunque el segundo presentó bastantes irregularidades y el segundo y el cuarto se consideraron lluviosos. dentro de los primeros, alcanzaron la categoría de muy secos los años de 1929 y 1986, en que se registraron tres y cuatro ciclones, respectivamente, de los cuales ninguno tocó tierra en la región; durante los períodos lluviosos, 1935 y 1980 se consideraron lluviosos en extremo y en ellos se reportaron seis y cuatro ciclones, respectivamente, de los cuales tres en el primero y dos en el segundo tocaron tierra en la región (Fig. 134).

Figura 134. Error Probable de la Precipitación en Cozumel, Quintana Roo.



La tendencia de la precipitación en Cozumel registra una pendiente positiva. La pendiente, calculada a través de la regresión por el método de mínimos cuadrados, dio una  $b = 1.75$ ; el incremento calculado se ubicó dentro del intervalo de 1433.6 mm y 1540.5 mm, es decir, que en un lapso de 61 años, de 1926 a 1987, hubo un incremento de 106.9 mm, con un gradiente de 1.75 mm por año. De acuerdo al Sistema Modificado, el tipo de clima en la zona corresponde al Am(f)iw", cuyos límites de precipitación anual abarcan de 1000 a 2500 mm. Es importante resaltar que éste es el único de todos los casos estudiados cuyos límites han excedido los marcados por el Sistema; esto significa que podría hablarse de un cambio del tipo de clima hacia los subhúmedos (Fig. 135).

Figura 135. Tendencia de la Precipitación en Cozumel, Quintana Roo durante el período de 1926 a 1987.

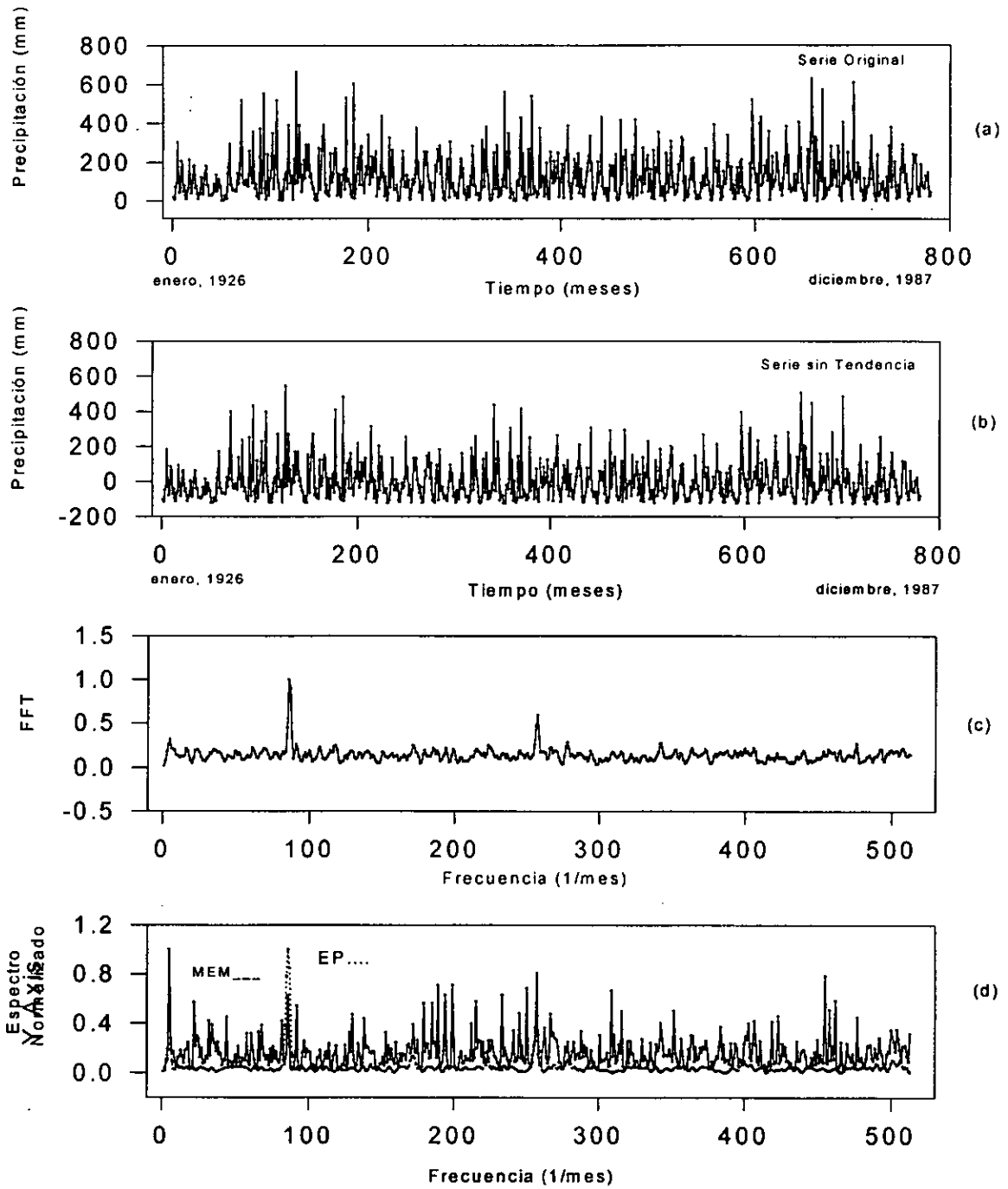


Los ciclos de la precipitación en Cozumel, calculados a través del análisis de Series de Tiempo, muestran una asociación con los ciclos estacionales; igualmente se presentan otros, de mayor magnitud temporal, asociados al doble ciclo solar (21.3 años); los resultados se muestran en la tabla 78 y figura 136.

Tabla 78. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Cozumel, Quintana Roo.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 255.7$ meses (21.3 años)	$T_1 = 12$ meses	$T_1 = 12$ meses
$T_2 = 4$ meses	$T_2 = 4$ meses	$T_2 = 4$ meses
$T_3 = 2.2$ meses	$T_3 = 255.7$ meses (21.3 años)	$T_3 = 255.7$ meses (21.3 años)
$T_4 = 5.1$ meses		$T_4 = 4.6$ meses

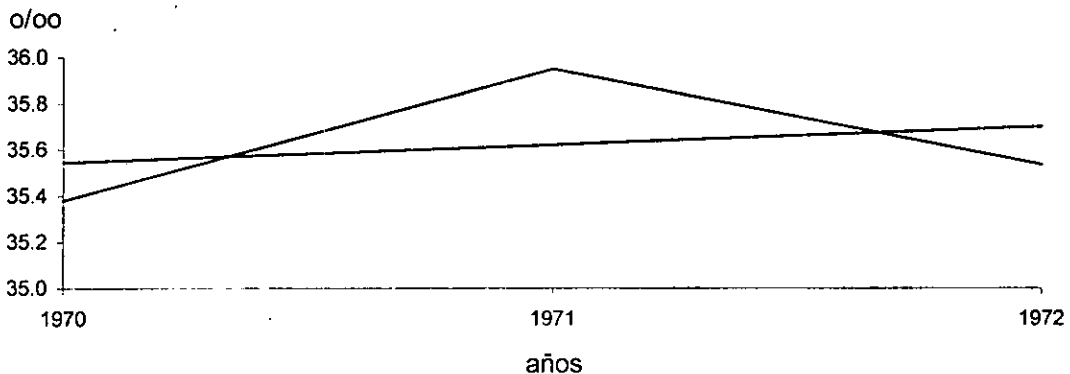
Figura 136. Series de Tiempo de la Precipitación total mensual en Cozumel, Quintana Roo: (a) Serie Original, (b) Serie sin tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





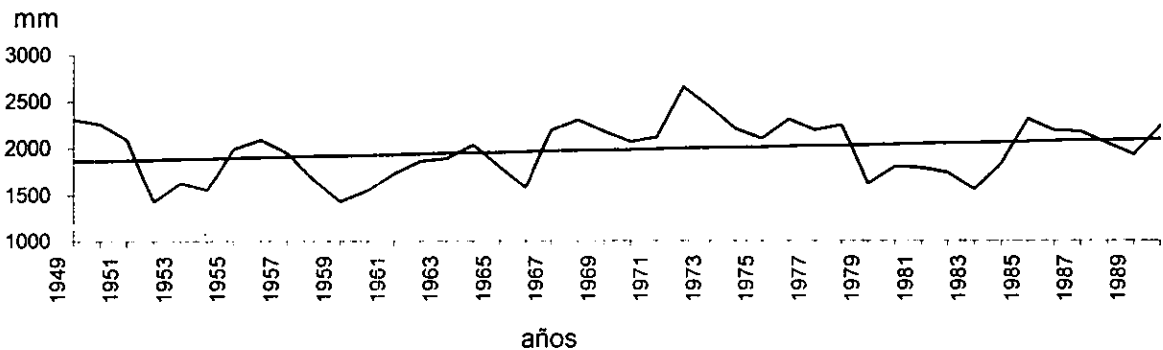
El análisis de tendencia de la salinidad en Cozumel mostró que ésta fue positiva, con una pendiente de  $b = 0.077$ , lo cual significa que durante un periodo de 3 años, de 1970 a 1972, se registró un incremento de 0.84 ‰, ya que hubo una fluctuación de 35.7 ‰ a 36.54 ‰, con un gradiente anual de 0.28 ‰ (Fig. 137). Cabe señalar que la prueba de tendencia, en este caso particular, carece de validez estadística debido al escaso número de registros.

Figura 137. Tendencia de la salinidad del Agua en la zona costera de Cozumel, Quintana Roo durante el periodo de 1970 a 1972.



El análisis de la tendencia de la evaporación en Cozumel evidencio una tendencia positiva de  $b = 5.51$ , durante un periodo de 41 años, de 1949 a 1990, con una fluctuación de 1860.7 mm a 2086.9 mm; esto implica que la evaporación se incrementó en 226.2 mm, con un gradiente anual de 5.5 mm (Fig. 138).

Figura 138. Tendencia de la evaporación en la zona costera de Cozumel, Quintana Roo durante el periodo de 1949 a 1990.



El análisis del comportamiento de la salinidad en la zona costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano durante un lapso promedio de 30 años, mostró que el patrón no es semejante para todas las localidades (Tabla 79): mientras que en la porción norte y sur del Golfo, así como en el Caribe Mexicano, se apreció un ligero incremento de 1‰ en promedio; en la zona centro se detectó un decremento promedio de 2.4 ‰. Cabe señalar que tanto el incremento como el decremento en la concentración de la salinidad del agua superficial de las zonas portuarias del Golfo de México y Caribe Mexicano, no pueden considerarse como altos, ya que dichos intervalos corresponden más bien a las oscilaciones propias de los elementos modificadores de la salinidad.

como la precipitación, la incidencia ciclónica, los nortes de tipo húmedo, la temperatura y la evaporación, definiéndose entonces una variabilidad climática y no un cambio o variación del clima.

Tabla 79. Tendencia de la Salinidad en el Golfo de México durante un lapso promedio de 30 años, expresado en %.

Localidad	No. de años	Intervalo de salinidad	Incremento ó decremento de la salinidad	gradiente salino anual
Tampico	23	10.0 a 12.2	2.2	0.09
Tuxpam de R. Cano	32	21.5 a 19.8	-1.7	0.05
Puerto de Veracruz	37	34.6 a 34.5	-0.1	0.002
Alvarado	19	8.1 a 2.9	-5.2	0.27
Coatzacoalcos	38	6.6 a 4.0	-2.6	0.06
Cd. del Carmen	34	29.2 a 30.5	1.3	0.03
Progreso	38	36.9 a 37.4	0.16	0.004
Cozumel	3	36.5 a 35.7	0.8	0.28

De acuerdo a las periodicidades de la salinidad del agua superficial calculadas para cada puerto analizado (Tabla 80) se observan diversos ciclos importantes; uno de ellos, el de 6 meses, podría estar vinculado con los cambios estacionales y el régimen de lluvias y en consecuencia con el volumen de descarga de los diferentes afluentes que desembocan en los puertos mencionados, que para toda el Golfo de México y Caribe Mexicano abarca de mayo a octubre, es decir, 6 meses; el ciclo de 12 meses, podría responder al ciclo de la circulación del golfo, que tiene la misma duración y que ya se mencionó en el capítulo anterior (Leiper, 1970 y Vukovich, 1988). Los otros períodos calculados corresponden a ciclos mayores, entre los que se encuentran el de 3.5 y 5.3 años, posiblemente vinculados con la ocurrencia de los eventos El Niño; por último, los ciclos de 10.6 y 21.3 años reflejan una periodicidad cercana a los ciclos de manchas solares de Hale y de Wolf, respectivamente. Cabe puntualizar que los períodos en la salinidad se corresponden, en una buena medida, con los obtenidos para la temperatura del agua en las mismas localidades y en los mismos períodos.

Tabla 80. Periodicidades calculadas para la salinidad del agua superficial en ocho localidades portuarias del Golfo de México durante un lapso promedio de 30 años.

Localidad	No. de años observados	Ciclos dominantes		
Tampico	23	5.9 meses	12.1 meses	7.1 años
Tuxpam de R. Cano	32	12.1 meses	3.5 años	7.1 años
Puerto de Veracruz	37	6 y 12 meses	3.5 años	8.5 años
Alvarado	19	12.1 meses	2.6 y 5.3 años	10.6 años
Coatzacoalcos	38	4, 6 y 12 meses	1.7 años	21.3 años
Cd. del Carmen	34	12.1 meses	7.1 años	
Progreso	38	12 meses	1.4 y 4.2 años	7.1 y 21.3 años

Con respecto al comportamiento de la salinidad del agua superficial en las ocho regiones portuarias analizadas, se observa que las diferencias de ésta en años con eventos La Niña y en años con eventos El Niño, fueron muy bajas durante las tres temporadas climáticas: en Nortes, 0.3 %; en Secas, 0.5 %; en Lluvias, 0.2 % (Tabla 81).

Tabla 81. Salinidad promedio del agua superficial expresada en ‰ durante años con eventos El Niño y La Niña por temporada climática, en las ocho localidades portuarias durante el periodo de 1950 a 1990.

Localidad	El Niño			La Niña		
	Nortes ‰	Secas ‰	Lluvias ‰	Nortes ‰	Secas ‰	Lluvias ‰
Tampico, Tamaulipas	10.54	18.09	8.89	10.94	17.29	9.60
Tuxpam de R. Cano, Ver.	24.0	30.6	15.3	23.5	30.5	15.6
Puerto de Veracruz	35.3	35.7	33.5	35.4	35.6	33.7
Coatzacoalcos, Ver.	3.5	11.3	5.8	3.0	8.6	5.0
Alvarado, Ver.	5.09	9.30	5.47	7.32	8.55	4.52
Cd. del Carmen, Campeche	25.7	33.3	32.1	25.9	32.9	31.4
Progreso, Yucatán	36.8	37.2	37.1	37.0	37.1	37.1
Cozumel, Quintana Roo	35.5	35.6	35.6	35.7	35.9	35.5

El nivel de asociación que existe entre la salinidad y la precipitación con sus ocho modificadores, calculado a través de herramientas estadísticas del tipo lineal para las diferentes escalas temporales, mostró una gran diferencia entre el promedio anual y el de las temporadas de Nortes, Secas y Lluvias, ya que en el primero, probablemente, se enmascaran los resultados a consecuencia de una estandarización tanto de las variables empleadas, como de sus registros. Por otra parte, el grado de asociación durante las temporadas climáticas se podría considerar con una mayor robustez estadística, ya que en éstas se hizo, además, una previa discriminación de las variables a correlacionar, mientras que en la anual se contemplaron todas, lo que de entrada ingresa un error, pues los eventos meteorológicos tales como "nortes" o masas de aire polar modificada y los ciclones no se registran a lo largo del año, sino que ocurren por períodos.

Dentro de los principales modificadores de la salinidad del agua del mar se encuentra la precipitación, con una asociación fuerte e inversa; los coeficientes de correlación más altos se calcularon para la temporada de Lluvias, con una  $r = -0.35$  en promedio, seguidos en orden decreciente por las temporadas de Nortes, con una  $r = -0.27$  en promedio y de Secas con una  $r = -0.24$  en promedio; los coeficientes más altos se registraron en las localidades de Tampico, el Puerto de Veracruz, Alvarado, Cd. del Carmen y Cozumel, mientras que los más bajos lo fueron para Tuxpam de Rodríguez Cano, Coatzacoalcos y Progreso.

Las variaciones periódicas de la lluvia ha sido reportada por diversos investigadores, entre ellos Carrasco (1945), quien señala períodos que varían de 8 meses a 260 años, en cuyos ciclos se alternan períodos secos y húmedos, con una frecuencia mayor en un 20% de los primeros en comparación a los segundos; dentro de los ciclos calculados por este autor, se encuentra el de 35 años, denominado ciclo de Bruckner; además de otros cuyas periodicidades corresponden a 50 y 80 años. Por otro lado, García, *et al.*, (1982), reportan que la precipitación en la Ciudad de México se encuentra fuertemente asociada con los ciclos de las manchas solares, a consecuencia del efecto que sobre el clima terrestre provocan los cambios de la actividad del sol; los períodos de la precipitación que calculan a través de análisis armónicos corresponden a ciclos de 11 años, que corresponden al ciclo de Wolf; un aspecto más que determinan es que la precipitación en la ciudad de México tiene un comportamiento de espejo y que su parteaguas se ubica en 1925; García, *et al.*, (1982), calculan para el período 1855-1914, un coeficiente de correlación entre la precipitación y el número de manchas solares de  $r = 0.86$ , mientras que para el período 1930-1953,  $r = -0.90$  ( $p < 0.05$ ); durante el lapso de 1915 a 1929, y refieren un rompimiento importante en los coeficientes de correlación, los cuales decrecen y se invierten, y los atribuyen a cambios en la actividad solar detectados durante ese período. A este respecto, en el presente estudio se encontró que para los períodos 1869-1925 y 1926-1977, los coeficientes de correlación expresados en las tablas del capítulo anterior, son semejantes a los reportados por García, *et al.*, (1982); las discrepancias corresponden a diferencias en los intervalos de registros empleados; por otro lado, García, *et al.*, sugieren que podrían esperarse cambios en los volúmenes de la precipitación alrededor del año 2063 como resultado de otro período de alteración en la actividad solar.

Una de las formas más contundentes para afirmar que no existe un cambio climático, sino una variabilidad del mismo, está basada en los análisis de series de tiempo (Tabla 82), prueba a través de la cual se confirma que existen diversos ciclos en el comportamiento de la precipitación y que éstos indican, tanto el estrecho vínculo que existe entre el clima de la Tierra y el Sol a través del movimiento de translación, movimiento que da pie a las estaciones del año, como la variabilidad climática de cada año, resultado de las alteraciones en la energía emitida por el Sol y cuya acción se determinó, para este estudio, a partir de los ciclos de manchas solares. Dentro de los estudios desarrollados acerca de los ciclos de precipitación en el Golfo de México se encuentra el de Lamb y Pepler (1986), efectuado en el Atlántico tropical, quienes calculan periodicidades en el comportamiento de los volúmenes de la lluvia de 2.5, 5 y 14 años, siendo la segunda de ellas, la de 5 años, la que más se acerca a los ciclos calculados en el presente estudio.

Tabla 82. Periodicidades calculadas para la precipitación en ocho localidades portuarias del Golfo de México y Caribe Mexicano durante un lapso promedio de 70 años.

Localidad	No. de años observados	Ciclos dominantes		
Tampico	70	2.5, 4.1 y 12 meses	17 años	
Tuxpam de R. Cano	86	4, 5.9 y 12 meses	5.3 y 28.4 años	42.7 años
Puerto de Veracruz	71	2.8, 5.9 y 11.9 meses		
Alvarado	60	4, 3.9 y 12 meses	42.7 años	
Coatzacoalcos	50	2.1, 3.6 y 11.6 meses	28.4 años	42.7 años
Cd. del Carmen	67	3.9, 6.2 y 12 meses	28.4 años	7.1 años
Progreso	69	11.9 meses	12.1 años	42.7 años
Cozumel	61	2.2, 4 y 12 meses	21.3 años	

El análisis de la tendencia de la precipitación constituyó otra herramienta para conocer el comportamiento de la lluvia ; éste muestra que existen alteraciones en el volumen de las precipitaciones, tanto en sentido positivo, como negativo; sin embargo, estos cambios no son de ninguna manera extremos, desde el punto de vista de la Climatología, ya que no modifican los límites establecidos para cada uno de los tipos climáticos en la zona de estudio, lo cual implica, por consiguiente, la imposibilidad de afirmar que lo observado sea parte de un cambio o variación del clima, sino que más bien constituye una variabilidad de éste (Tabla 83). Por otro lado, las diferencias observadas en las tendencias, tanto en sentido positivo como negativo, podrían obedecer a la respuesta de cada localidad ante los elementos y los factores del clima y al efecto que sobre ellas ejercen los ciclos de la actividad solar.

Tabla 83. Tendencia de la Precipitación en el Golfo de México durante un lapso promedio de 70 años.

Localidad	No. de años observados	Intervalo pluviométrico registrado (mm)	Incremento y/o decremento pluviométrico total (mm)	gradiente pluviométrico anual (mm)
Tampico	70	1188.7 a 769.0	-392.7	5.5 mm
Tuxpam de R. Cano	86	1454.1 a 1839.7	385.6	4.48 mm
Puerto de Veracruz	71	1288.6 a 1385.8	97.2	1.36 mm
Alvarado	60	2032.8 a 1824.6	-208.2	3.47 mm
Coatzacoalcos	50	2690.1 a 2626.9	-63.2	1.26 mm
Cd. del Carmen	67	1487.3 a 1651.0	1651.6	164.3 mm
Progreso	69	443.6 a 487.0	43.4	0.6 mm
Cozumel	61	1433.6 a 1540.5	106.9	1.75 mm

Debido a resultados encontrados en las correlaciones entre los volúmenes de precipitación y los eventos El Niño se agruparon los años con eventos El Niño y La Niña (Tabla 84), para determinar las diferencias entre los volúmenes de lluvia registradas entre ellos.

Tabla 84. Precipitación total expresada en mm durante años con eventos El Niño y La Niña, por temporada climática, en las ocho localidades portuarias durante el periodo de 1920 a 1990.

	El Niño			La Niña		
	Nortes mm	Secas mm	Lluvias mm	Nortes mm	Secas mm	Lluvias mm
Tampico, Tamaulipas	125.4	27.6	803.6	134.2	32.4	848.6
Tuxpam de R. Cano, Ver.	175.4	76.0	1064.3	201.8	97.2	1057.7
Puerto de Veracruz	118.5	23.3	1470.3	139.8	35.5	1550.4
Coatzacoalcos, Ver.	746.0	104.5	1991.6	674.1	93.0	1870.5
Alvarado, Ver.	225.3	39.5	1547.9	279.4	56.6	1673.3
Cd. del Carmen, Campeche	381.8	78.9	1019.0	370.8	104.4	1146.5
Progreso, Yucatán	101.6	23.9	374.9	85.5	15.9	343.1
Cozumel, Quintana Roo	349.5	84.5	942.8	374.0	102.3	1047.0

Las oscilaciones de la precipitación durante años con eventos El Niño contrastan más que en el caso de la temperatura. El mayor intervalo se ubicó durante la temporada de Lluvias con 40.3 mm, mientras que en Secas fue de 9.9 mm y en Nortes de 4.5 mm; cabe resaltar que durante los años con evento La Niña los volúmenes de precipitación fueron mayores, sin embargo esta diferencia es poco significativa.

Las diferencias entre los años con evento El Niño y La Niña, resultaron bajas en las localidades analizadas; cabe señalar que en la región del Golfo de México y el Caribe Mexicano, se registra regularmente la sequía de medio verano, la cual desaparece en los años con evento El Niño; Pereyra, *et al.*, (1994), refieren lo anterior para la mayor parte del estado de Veracruz, con excepción de localidades como Xalapa, Naolinco y Orizaba, donde se la sequía de medio verano no sólo no desaparece sino que registra un incremento. Sin embargo, la poca diferencia que se aprecia en el volumen de la lluvia obedece posiblemente, a que después del período de sequía intraestival, se observa un incremento en los volúmenes de precipitación, lo que equilibra el volumen total anual de lluvias, razón por la cual las diferencias entre años con evento La Niña o El Niño no son significativas.

En este sentido Cavazos y Hastenrath (1990), correlacionaron el Índice de Oscilación del Sur (SOI) con los volúmenes de precipitación de la República Mexicana y encontraron que cuando ocurre un evento El Niño, al cual corresponde un SOI negativo, se incrementa la precipitación el norte del país, en las costas del Pacífico central y sobre la Península de Yucatán; mientras que cuando ocurre un evento La Niña, que corresponde a un SOI positivo, la precipitación se incrementa en el centro de México y en el Istmo de Tehuantepec. Tejeda, *et al.*, (1992), encuentran que la precipitación en Veracruz, inicialmente registra una merma, seguida de un incremento, en años con evento El Niño de intensidad moderada, mientras que en eventos El Niño de intensidad fuerte ocurre lo contrario, lo cual confirma lo mencionado en el párrafo anterior. Por otro lado, las alteraciones en los patrones de precipitación y temperatura no sólo del Golfo de México y el Caribe, sino de todo el país, son la resultante de las modificaciones en los patrones de la circulación general de la atmósfera, patrones que se modifican con los eventos El Niño y la Oscilación del Norte y que fueron analizados en el primer capítulo.

Existen trabajos que pronostican los cambios en los volúmenes de precipitación, como consecuencia de un cambio climático, entre estos se encuentran el de Nicholson y Entekhabi (1987) para la región de Sud-Africa; Noda y Tokioka (1989) sugieren un modelo de las precipitaciones convectivas y no convectivas basado en un modelo de circulación general en el vinculan la capa superficial del océano; Becker *et al.*, (1993) sugieren que el cambio climático podría alterar la dinámica estacional del ciclo del agua y proponen diversos escenarios en la cuenca del Río Elba en Francia; Lorente y Redaño (1992); sugieren un modelo de balance hídrico a partir de un

posible calentamiento global del clima a escala global; McDonald *et al.*, (1996) proponen un modelo basado en procesos de balance hídrico en la región de Mohave, E.U.; sin embargo, y hasta el momento ninguno de los escenarios planteados ha podido por sí mismo explicar los patrones de comportamiento cíclico, debido en parte al número de registros y al tipo de tratamiento estadístico.

Con respecto a la temperatura del aire como modificador de la salinidad, se observó que ésta incide en un 43% en promedio durante la temporada de Lluvias, mientras que durante la de Nortes es en un 25% y durante la de Secas en un 3%.

En lo que se refiere a la evaporación como modificador de la salinidad, se observó que existe un vínculo importante, de manera similar durante las tres temporadas, con una asociación promedio de  $r = 38$  ( $p < 0.05$ ) en Secas y de  $r = 33$  ( $p < 0.05$ ) en Lluvias y Nortes. Uno de los puntos que sobresalen en el análisis de la evaporación, es su tendencia: en cuatro las localidades se observó una tendencia de incremento y en otras cuatro, de decremento (Tabla 85); esto confirma que, al ser su patrón de evaporación irregular, no existe entonces una tendencia global de calentamiento en las localidades analizadas, por lo que nuevamente se puede aseverar que lo que se observa en el Golfo de México y el Caribe Mexicano corresponde a una variabilidad natural del clima y no a una variación de éste.

Tabla 85. Tendencia de la Evaporación en el Golfo de México durante un lapso promedio de 70 años.

Localidad	No. de años observados	Intervalos de evaporación registrados (mm)	Incremento o decremento de la evaporación (mm)	gradiente de evaporación anual (mm)
Tampico	68	1995.7 a 1553.9	-441.8	6.4
Tuxpam de R. Cano	35	1190.0 a 1274.9	84.9	2.4
Puerto de Veracruz	57	2443.5 a 1625.2	-818.3	14.3
Alvarado	33	1809.2 a 1455.4	-354.1	10.7
Coatzacoalcos	45	1682.5 a 1433.2	-249.3	5.5
Cd. del Carmen	45	1484.8 a 1763.0	278.2	6.1
Progreso	74	1454.4 a 2319.4	865	11.6
Cozumel	41	1860.7 a 2086.9	226.2	5.5

Por otro lado, también se analizaron los patrones de evaporación en años con eventos El Niño y La Niña (Tabla 86), con la finalidad de observar diferencias en el patrón de la evaporación; los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias significativas entre años en los que se registra uno u otro evento.

Tabla 86. Evaporación total durante años con eventos El Niño y La Niña, por temporada climática, en las ocho localidades portuarias durante el período de 1920 a 1990.

	El Niño			La Niña		
	Nortes mm	Secas mm	Lluvias (mm)	Nortes (mm)	Secas (mm)	Lluvias (mm)
Tampico, Tamaulipas	379.4	324.0	1059.4	388.1	311.7	1071.2
Tuxpam de R. Cano, Ver.	281.0	214.7	712.5	271.4	205.7	769.1
Puerto de Veracruz	629.0	358.8	1145.0	608.8	371.4	1152.4
Coatzacoalcos, Ver.	362.8	314.0	871.6	362.4	306.6	894.3
Alvarado, Ver.	404.7	305.2	924.7	407.4	315.0	908.8
Cd. del Carmen, Campeche	368.2	332.9	906.3	381.2	335.9	916.5
Progreso, Yucatán	495.7	372.1	943.3	516.2	387.9	968.9
Cozumel, Quintana Roo	525.2	422.5	1087.5	516.8	389.6	1056.8

Las diferencias entre la evaporación registrada en años con El Niño con respecto a los de La Niña, al igual que en las otras variables climatológicas, fueron poco significativas. En la temporada de Secas, la evaporación fue ligeramente mayor durante El Niño, con un intervalo promedio de 2.6 mm, mientras que durante Nortes y Lluvias los volúmenes de evaporación fueron mayores durante los años con evento La Niña, y correspondieron a 0.8 mm y 11 mm.

La cobertura nubosa, expresada como número de días nublados, mostró una correlación importante con la salinidad, que durante la temporada de lluvias alcanzó sus coeficientes máximos, con una  $r = 0.48$  ( $p < 0.05$ ) en promedio, mientras que durante la temporada de Nortes y Secas se alcanzaron coeficientes de correlación promedio de  $r = 0.34$  ( $p < 0.05$ ) y  $r = 0.32$  ( $p < 0.05$ ), respectivamente. En lo referente a la asociación entre el número de días despejados y la salinidad, esta relación fue más baja en comparación a la de la salinidad con los días nublados: la asociación entre los días despejados y la salinidad tuvo una  $r = 0.31$  en promedio, mientras que, durante la temporada de Secas y en la de Lluvias y Nortes fue del 0.22 y 0.21, respectivamente.

Los coeficientes de correlación calculados entre la salinidad y los ciclos de manchas solares, resultaron bajos para la temporada de Secas, con una  $r = 0.14$  ( $p < 0.05$ ) en promedio, mientras que durante Nortes y Secas lo fue de  $r = 0.27$  ( $p < 0.05$ ) y  $r = 0.25$  ( $p < 0.05$ ), respectivamente. Los análisis no lineales, fueron más contundentes, ya que, permitieron apreciar el vínculo significativo entre la salinidad y los ciclos de manchas solares, relación que se da a través de los ciclos de Wolf y de Hale, de 10 y 21 años. Lo anterior se desprende del nexo que hay entre la salinidad y las precipitaciones y de la importante asociación entre estas últimas.

La asociación entre la salinidad y la ocurrencia de los eventos El Niño, el comportamiento es bastante irregular; mientras que en algunas localidades como Alvarado, Cd. del Carmen y Cozumel el coeficiente de correlación está por arriba del 85%, en otras localidades como Tuxpam de Rodríguez Cano, Tampico, el Puerto de Veracruz y Progreso es prácticamente inexistente; esto se debe, posiblemente, a que la respuesta local que se genera a partir de las alteraciones en la circulación general de la atmósfera en todo el país depende de los factores climáticos locales.

Otro aspecto importante se refiere al número de ciclones que se forman y tocan tierra en el Golfo de México y Caribe Mexicano. El análisis desarrollado muestra que la ocurrencia de ciclones tropicales es inversa en los años con eventos El Niño, es decir, que existe una merma sustantiva en la formación y desarrollo de los ciclones durante estos años, mientras que, durante años con eventos La Niña, la incidencia ciclónica se incrementa de manera importante, tal y como puede observarse en las figuras, 139, 140 y 141; el análisis del número y trayectorias ciclónicas que abarcó, para este estudio, el período 1871-1990, permitió determinar que en estos 120 años se registraron 48 eventos El Niño, durante los cuales se generaron 317 ciclones en el Golfo de México y el Caribe Mexicano, mientras que para el mismo lapso y región, hubo 72 eventos La Niña y dentro de ellos, 551 ciclones generados, lo que en proporción significa que se desarrollaron 1.5 mayor número de ciclones durante La Niña. Se esquematiza la trayectoria de estos meteoros en 1981 (con situación La Niña), en el cual se registraron once meteoros, mientras que durante 1982 y 1983 (ambos con situación El Niño), se registraron cinco y cuatro eventos, respectivamente.

Figura 139. Trayectorias ciclónicas en el Golfo de México y Caribe Mexicano durante el año de 1981.

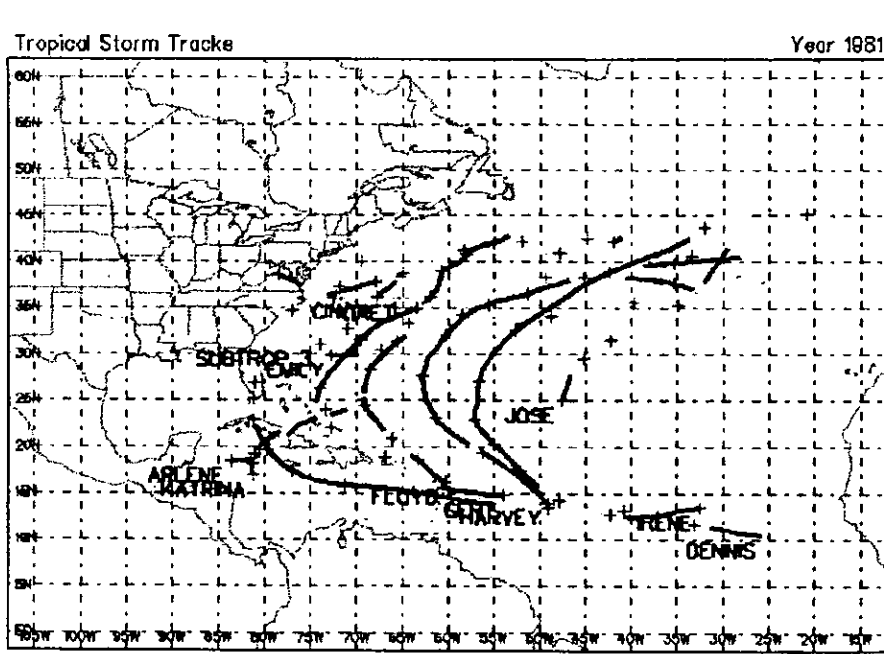


Figura 140. Trayectorias ciclónicas en el Golfo de México y Caribe Mexicano durante el año de 1982.

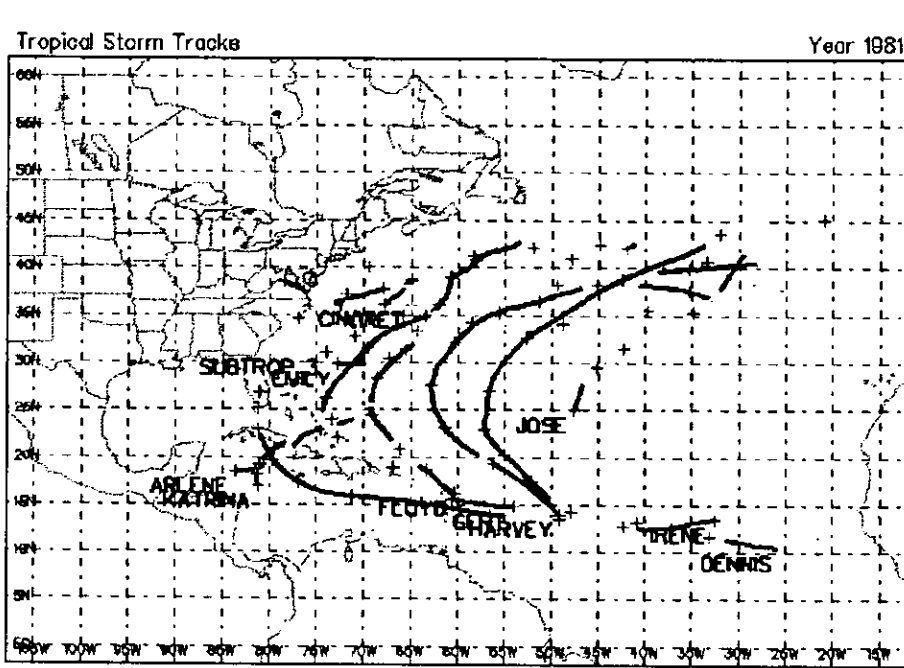
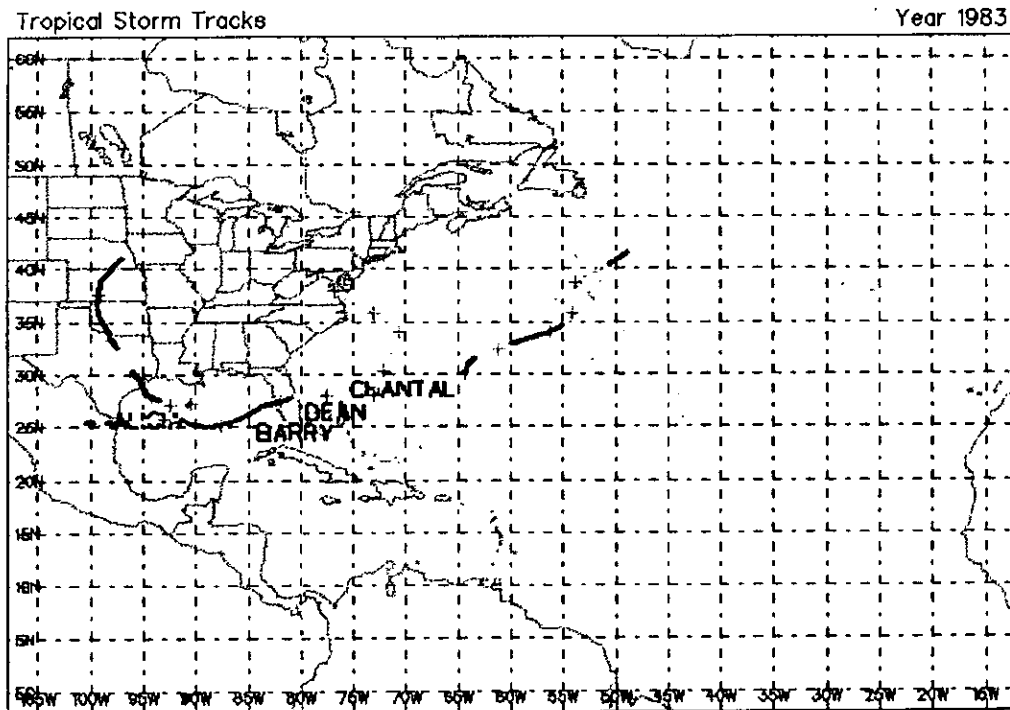




Figura 141. Trayectorias ciclónicas en el Golfo de México y Caribe Mexicano durante el año de 1983.



Dentro de los estudios desarrollados para explicar las alteraciones climáticas en el Golfo de México, y particularmente la incidencia ciclónica se encuentra el de Mosiño y Morales (1988), donde logran un avance importante en el planteamiento de tales configuraciones al plantear la siguiente hipótesis: las distintas etapas o fases de la evolución de un Niño suficientemente fuerte para durar más de un año (un par de años), traen consigo cambios en la intensidad de los cinturones de vientos, como resultado del transporte de energía latente o cinética de una franja de vientos a otra, implícito, tanto en el desplazamiento de vórtices ciclónicos de una latitud baja hacia otra más alta, como de la situación contraria, es decir, del corrimiento de anticiclones de latitudes altas hacia otras más bajas, tendiendo a frenar dicho intercambio a ambos cinturones de viento, lo cual se traduce en un índice zonal bajo; esto ocasiona que el alisio se debilite sobre el Mar Caribe y el Golfo de México debido, en la mayor parte de los casos, a la interrupción de la cresta subtropical por vaguadas superiores a 700 mb, orientadas en dirección N-S, que inducen a los ciclones tropicales a ganar latitud sobre la Península de Florida, dejando las costas occidentales del Golfo de México desprovistas de estas perturbaciones tropicales. Antes bien, el altiplano mexicano se ve invadido, en tales ocasiones, por una lengua de aire seco de origen continental, que subside por dicha porción del país, lo que inhibe las lluvias orográficas-convectivas que, en ausencia de estas invasiones, se presentan durante el verano del hemisferio norte, que es la época de ocurrencia de los ciclones tropicales en ambos litorales.

Los autores anteriores concluyen que la interrupción del alisio no solamente representa una cortadura en la cresta subtropical de alta presión a través de la cual las perturbaciones tropicales avanzan al norte hacia latitudes mayores, sino que, además de suspender el flujo normal del aire húmedo a latitudes relativamente bajas (15° a 25°N), en el oeste del Golfo de México, sobre el continente, presenta una oportunidad a las lenguas de aire seco, provenientes del norte, de invadir el territorio nacional inhibiendo las lluvias en plena temporada de ciclones, que es la temporada lluviosa en la mayoría de los años. Así pues, una circulación persistentemente ciclónica sobre la Península de Florida y sobre Cuba propicia el establecimiento de lenguas de aire seco de origen continental sobre la mayor parte de la mitad este de la República Mexicana. Asimismo, la incidencia de ciclones en la porción norte de la costa del Pacífico de México se hace más frecuente con la

presencia de las vaguadas polares a 700 mb ubicadas sobre el NW de la República Mexicana, así como de celdas de alta presión, resultantes, ambas situaciones sinópticas, de la interrupción de la cresta subtropical ya citada, en dos longitudes separadas por más de 60° ecuatoriales. Sin embargo, el esquema anterior varía considerablemente con la posición y amplitud de las vaguadas polares, según el régimen de circulación zonal de los vientos del Oeste dentro de los cuales viajan dichas vaguadas, así como la velocidad de éstas.

Los ciclones tropicales como modificadores de la salinidad mostraron, al igual que las otras variables analizadas, un patrón poco definido, es decir, que mientras en algunas localidades como Alvarado, Coatzacoalcos, Cd. del Carmen y Cozumel el vínculo fue estrecho y correspondió al 95%, 52%, 95% y 53%, en otras, como Tampico, Veracruz, Progreso y Tuxpam de Rodríguez Cano fue bajo e incluso inverso respectivamente y correspondió al -0.21%, 0.18%, 0.13% y -0.05%.

En lo que se refiere a la temporada de Lluvias, los coeficientes de correlación negativos entre la nubosidad y la incidencia ciclónica se deben, de acuerdo a Morales, (1989), a que durante la temporada de ciclones abundan los cielos claros y azules, los cuales han sido denominados por los meteorólogos como "cielos azul ciclónicos", con poca humedad atmosférica y, por lo tanto, con un incremento entre la oscilación térmica, tal y como se calculó en la presente investigación, en los meses con años que registraron una abundancia de eventos ciclónicos, de manera importante en Tamaulipas y Veracruz. Mosiño y Reyna (1989), confirman que la causa de la disminución de la precipitación durante la mitad cálida del año, julio, agosto o septiembre, puede deberse a la presencia de un ciclón tropical en el este del Golfo de México, que sin entrar a territorio mexicano, recurva hacia el NE del Golfo. Paralelamente, debe existir una solución de continuidad en la cresta subtropical de alta presión en forma de una vaguada mayor en la costa este de Estados Unidos, rodeada por el anticiclón semipermanente Bermuda-Azores, al oriente y por una celda anticiclónica, al poniente, centrada sobre el estado de Texas. Esta se forma como un desprendimiento hacia el oeste de aquel, de tal manera que el gradiente de las isohipsas entre Monterrey y Tampa, Florida, es apreciable, y penetra al país, proveniente del interior del continente, una lengua de aire seco en las alturas, que invade la mitad oriental de la República Mexicana, produciendo cielos despejados o ligeramente nublados, de los que se desprenden lluvias ligeras y escasas. Paradójicamente, es el evento ciclónico el que le da carácter a la situación de sequía, no obstante que tal perturbación, cuando entra a tierra en el Golfo de México, produce el efecto contrario, es decir, abundantes lluvias.

Existe un déficit de las lluvias en el Golfo de México en años con ciclones originados en la zona marítima cercana a Cabo Verde, al oeste de África; para explicar esto Morales (1989), propone que los ciclones o huracanes formados en la cuarta zona, la localizada en Cabo Verde, se convierten en meteoros de gran intensidad debido a que en su largo recorrido pueden absorber a otras perturbaciones menos grandes que se crucen en su trayectoria, como tormentas tropicales o depresiones; este suceso provoca que los alisios concentren su dinámica en la turbulencia del océano y ya no lleguen al continente con la misma fuerza e intensidad. Al debilitarse los vientos alisios, el país ya no recibe suficiente humedad de las Ondas del Este y de los ciclones formados en otras regiones, como lo es la del Caribe, ya que gran parte de las corrientes húmedas que llegan al territorio se deben a la constancia y persistencia de estos flujos de viento. En las zona del Golfo de México y la Península de Yucatán, al igual que en otras regiones del país, se observa, entonces, una merma en las precipitaciones; así, al disminuir la humedad edáfica y atmosférica, aumentan las temperaturas en ese lapso, ocasionando una sequía de medio verano; las zonas de la República Mexicana donde se presenta la sequía intraestival, corresponden a las mismas donde se disipan los ciclones tropicales del Atlántico y son áreas donde no se registran lluvias intensas, cuando estos hidrometeoros están lejos de las costas mexicanas.

## **DISCUSIÓN GENERAL**

Todos los resultados expuestos demuestran que, al igual que en siglos anteriores, el clima presenta variabilidades que son consecuencia, principalmente, de los ciclos solares y de las oscilaciones propias de la circulación general de la atmósfera; sin embargo, pese a que se han alcanzado situaciones termoplumiométricas extremas que han derivado en sequías o inundaciones, así como en años extremadamente cálidos y fríos, no se ha podido encontrar en esta investigación elementos suficientes para plantear una situación de Cambio Climático. A continuación se presentan los diversos elementos obtenidos en este capítulo.

La evaporación constituye, junto con la precipitación y la temperatura, otro indicador importante del comportamiento del clima, ya que la primera responde de manera directa al patrón de las otras dos; es así que, si existiera una tendencia de calentamiento, aunada a un decremento en la precipitación debería observarse, en consecuencia, una merma en el volumen evaporado; sin embargo, este patrón no se registró para las localidades estudiadas: mientras que en la porción norte del Golfo de manera casi general se apreció un decremento, en el sur del Golfo de México y en el Caribe se registró un incremento. Cabe señalar que los intervalos de fluctuación calculados para la región de estudio (Tabla 91), no constituyeron un indicador contundente para aseverar la existencia de un cambio climático, sino más bien de una variabilidad propia del clima.

De acuerdo a Jauregui (1979), el intervalo para definir las fluctuaciones climáticas se da en un lapso de entre cinco y hasta 100 años; esto permite, entonces, afirmar que las oscilaciones termo-pluviométricas que se analizaron en el presente estudio no son indicadoras de un Cambio Climático, sino que constituyen variabilidades naturales del clima. Por su parte, Florescano (1969), menciona que los desastres agrícolas, ocurridos en el Valle de México en los siglos XVI y XVII, espaciados aproximadamente cada 30 años, (1597-98, 1624-25, 1661 y 1692), curiosamente, fueron también años de crisis agrícolas en el Centro de Francia (Beauvais) (Le Roy Ladurie, 1990); este hecho se puede explicar por el enlace climático que ocurre a través de teleconexiones entre México y Europa, situación que fue analizada en el capítulo I. La falta de lluvias, sobre todo en los primeros meses de la siembra, abril, mayo y junio, se presentó en el siglo XVIII asociada a invasiones de aire polar que evidenciaron la permanencia de un régimen de circulación zonal bajo y que produjeron heladas prematuras en agosto y septiembre en la Altiplanicie Mexicana; así como las sequías de comienzo y fines del siglo XVIII y las de principios del siglo XIX coinciden con periodos en que la circulación del hemisferio norte se debilitó considerablemente, lo cual es evidenciado por una menor frecuencia de vientos del SW, en Inglaterra, Lamb (1967), igual ocurrió en la década de los setentas de este siglo, en la que tuvieron lugar penetraciones profundas de aire frío en los trópicos que se explican por una condición en la circulación general de la atmósfera, caracterizada como circulación zonal baja.

Los diferentes análisis de los registros pluviométricos muestran una tendencia general decreciente en el último tercio del siglo XIX, siendo en la mayoría de los casos el quinquenio 1892-1896 el más seco; esta situación se extendió al centro y norte del país y aun más allá de la frontera norte. En 1881 las invasiones de aire polar ocasionaron heladas en Ozuama, Veracruz sobre la planicie costera y las sequías registradas en México durante este mismo periodo coincidieron con una disminución brusca de la lluvia en vastas regiones tropicales, como lo ha reportado Krauss (1955), citado por Jauregui (1979). Este tipo de circulación predominantemente meridional de finales del siglo pasado estuvo asociado también con un decremento de la temperatura a escala planetaria y, posiblemente, a un índice de circulación zonal bajo

La precipitación comenzó a aumentar en México, en general, durante las dos primeras décadas del presente siglo, alcanzado un primer máximo a partir de los años veinte, que se prolongó en algunos lugares hasta los años treinta observándose, en general, menor frecuencia de periodos con lluvia deficitaria (sin embargo hubo sequías como la de 1932 que abarcó casi todo el país). El aumento general de la lluvia en los años veinte y treinta en México, estuvo asociado con una intensificación de la circulación zonal hemisférica observada en las latitudes templadas, es decir, con frecuencia de tipos de circulación dominados por los tiempo del oeste en Europa, Lamb (1967), lo que ocasionó un desplazamiento general, hacia el norte, de las celdas subtropicales en el Atlántico y Pacífico y, consecuentemente, una intensificación de los vientos alisios húmedos en la región del:

Caribe; esta intensificación alcanzó su máximo precisamente en la década 1921-30, para luego empezar a decrecer. Angeli y Korhover (1975), citado por Jáuregui (1979), sugieren que hubo un desplazamiento latitudinal y longitudinal de 5° por arriba de lo normal de las celdas semipermanentes de alta presión situadas en ambos océanos, en el periodo 1900-1965; finalmente, este último autor señala que hay una relación estrecha entre la posición media de los anticiclones semipermanentes y las variaciones de la lluvia en el centro de México, registradas en la estación de Tacubaya.

Las lluvias deficitarias de finales del siglo XIX y principios del actual en México, se corresponden con posiciones australes extremas de los centros de acción, tanto del Pacífico como del Atlántico; a medida que éstos se desplazan hacia el norte, las precipitaciones tienden a aumentar al reforzarse los alisios. El anticiclón de las Azores alcanzó su máxima posición septentrional en la década de 1935-45, cuando los volúmenes de la lluvia

en México habían comenzado a decrecer; a partir de ese periodo, inició su migración hacia el sur y hacia el este, según lo señalan Angeli y Korshover(1975); en el otro océano, el anticiclón del Pacífico tuvo un corrimiento hacia el suroeste.

El movimiento hacia el sur y hacia el este del anticiclón de las Azores, después de 1945, ha sido relacionado por Windstanley (1973) con la sequía reciente al sur del Sahara (en el Sahel). En el caso de México, los movimientos de ambos centros de acción en las direcciones señaladas han sido determinantes para las precipitaciones, ya que el país se encuentra en medio de ellos; es así que, por un lado, el desplazamiento hacia el sur de la celda de las Azores en las últimas décadas ha significado una menor posibilidad de formación de perturbaciones y tormentas en los alisios del Atlántico tropical frente a las costas de África, las cuales después se desplazarían hacia nuestras costas, y por otro, su corrimiento simultáneo hacia el este ha implicado, al mismo tiempo, una menor influencia del flujo anticiclónico en la vecindad del Golfo de México y del Mar Caribe. Sin embargo, esta situación no ha resultado tan drástica para el resto del país, ya que se cuenta con las precipitaciones generadas por la celda del Pacífico, cuyo origen se debe, en buena parte, a las lluvias convectivas, las depresiones y tormentas tropicales y a los ciclones generados en este océano.

Angel y Korshover consideran que, posiblemente, la escasez de ciclones en el Atlántico a partir de 1970, haya sido ocasionada en parte por el desplazamiento hacia el sur de la celda de las Azores, observado en los últimos años. La segunda mitad de los años 50's y hasta terminar la década de los 70's representa, en general, un periodo en que las lluvias fueron crecientes en gran parte de México, coincidiendo con un incremento en la actividad ciclónica en las vecindad de nuestras costas, particularmente en el Pacífico. En 1973 ocurrió el menor número de tormentas tropicales en el Atlántico en los últimos 40 años, de acuerdo a Frank y Herbert (1974); a pesar de la reducción en la actividad ciclónica en estos últimos años, los efectos de estos meteoros se reflejaron en excedentes de lluvia en 1970, 1971, 1972 y 1973 en el noreste del país y en la vertiente del Golfo de México. Finalmente, y de acuerdo a los autores citados, el volumen total de las lluvias de origen ciclónico en una gran porción de la República Mexicana se compensa, ya que, mientras en el Atlántico se ha registrado una merma en la incidencia ciclónica, en el Pacífico se ha reportado un aumento.

De nuevo, como a fines del siglo pasado, la mayor variabilidad de las lluvias en parte de México coincidió con una elevada frecuencia de tipos de circulación meridional que se prolongaron incluso más allá del semestre invernal. Las tormentas invernales tuvieron en el país mayor frecuencia e intensidad Klaus y Jauregui (1975) citado por Jauregui (1979). Como resultado, las lluvias invernales mostraron una tendencia a aumentar, particularmente en la vertiente del Golfo; por otra parte, la frecuencia de heladas en los meses de transición también tendió a incrementarse.

Paralelamente a la presencia de señales de una variabilidad climática en algunas zonas localizadas del norte de México, han aparecido en otras regiones del planeta condiciones meteorológicas anómalas; en Europa Occidental, por ejemplo, durante el verano de 1976 se registró en Francia e Inglaterra la peor sequía desde el año de 1725, al grado que los productos agrícolas de esos países se encarecieron.

Otro efecto posible de estas penetraciones anormalmente profundas en los trópicos, de vientos templados del oeste, más allá del semestre invernal, tanto en México como en otras regiones tropicales, es que dicha circulación ayuda a inhibir el desarrollo de tormentas tropicales. Tanto este factor, como las temperaturas inusualmente bajas del agua del mar fueron la causa principal del reducido número de ciclones y tormentas tropicales que se han observado en el Atlántico Norte desde 1972, según señala Hope (1975). Sin embargo, ya

para la temporada de 1975 los factores mencionados mostraron una reducción en magnitud y extensión en el Atlántico tropical, evidenciándose una tendencia hacia una actividad ciclónica normal. La rama ascendente en latitud de estas penetraciones de aire, comparativamente frío, estuvo constituida por una corriente de aire tropical tibio que pudo ocasionar las ondas de calor en las latitudes templadas que en el verano de 1976 padecieron en Europa Occidental, donde las temperaturas se elevaron en forma inusual.

La precipitación es el elemento climático más importante para los estudios de hidrología, porque su variación en el terreno y en el tiempo se hacen notorios en los escurrimientos de los ríos. Las cuencas hidrográficas son zonas de la superficie terrestre con un sistema de corrientes que dependen de las características fisiográficas y climatológicas, principalmente. La topografía es un elemento muy significativo pues, además de intervenir como

factor climático, también proporciona la pendiente necesaria para la circulación del fluido y, en muchos casos, es el parteaguas que da lugar a la delimitación de las cuencas o subcuencas fluviales.

Es importante señalar que los análisis lineales aplicados a los registros de precipitación refieren variabilidades o tendencias, pero estas últimas no constituyeron una herramienta estadística que pudiera definir cambios en los climas regionales estudiados, aunque aportaron los límites, tanto en un sentido positivo como negativo, necesarios para caracterizarlos dentro del sistema climático empleado para esta investigación; sin embargo, los análisis no lineales aplicados a los registros, los de series de tiempo, proporcionaron una prueba contundente de las variabilidades que existen a diferentes escalas de tiempo, tal y como lo señalan Garbrecht y Fernández (1994), en un trabajo desarrollado en Oklahama, con el objeto de determinar la confianza en el uso de métodos no lineales para el estudio de las fluctuaciones y las tendencias.

Las áreas drenadas más significativas en el Golfo de México están delimitadas, al norte, por el río Pánuco y al sureste, por los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos; esta condición de acarreo de enormes volúmenes de agua, se debe, en esta zona, al mayor alejamiento del litoral del sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental y, por ende, a la ampliación de la llanura costera del Golfo de México, a diferencia de las áreas más pequeñas ubicadas en la parte central, que están determinadas por las condiciones topográficas de la Sierra Volcánica Transversal al aproximarse a la costa, con excepción de la cuenca del Río Tonalá, que se encuentra comprendida en el Istmo de Tehuantepec. La mayor parte de estas áreas presenta una forma alargada, excluyendo las cuencas de los Ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Pánuco que a simple vista tienen tendencia a ser circulares (Jiménez, 1979). En general, las cuencas de la región presentan, en sus partes altas, topografías muy accidentadas, por lo que los escurrimientos son violentos, pero su velocidad disminuye conforme se aproximan a la llanura costera, gracias a la suavización de la pendiente.

Cuando estas dos características son marcadas en una sola cuenca, es decir, amplias llanuras costeras y topografía accidentada con grandes pendientes, como es el caso de las cuencas de los Ríos Papaloapan y Pánuco, dan lugar a grandes y periódicas inundaciones, porque el agua que desciende no es oportunamente desalojada e invade los terrenos más bajos. Por otra parte, los ríos Coatzacoalcos y Tonalá cuentan con escasas pendientes en las áreas de sus cuencas, pero la influencia de las intensas precipitaciones y la lentitud del desplazamiento de sus aguas propician el cubrimiento de extensas zonas de topografía reducida (Jiménez, 1979).

De acuerdo con estudios desarrollados en la costa SE del Golfo de México por Mulholland, *et al.* (1997), la porción del Golfo que pertenece a Estados Unidos es fisiográficamente diversa, aunque está dominada por una planicie costera amplia; una gran parte de esta región es húmeda, con climas templado-cálidos, una estación lluviosa y una tasa de evaporación alta durante el verano, mientras que el clima del Sur de Florida y E de México es subtropical, con tres estaciones marcadas: una lluviosa, una invernal y una seca. Estos autores afirman que los modelos de los climas regionales sugieren que el Cambio Climático es el resultado de un incremento del doble en los niveles de CO<sub>2</sub>, a partir de la era pre-industrial, que ha generado cambios en el volumen de la precipitación en el área, aunque no señalan el sentido de estos cambios; éstos últimos, afirman, son altamente inciertos, y sin embargo los escenarios más probables propuestos por ellos indican altos niveles de precipitación en toda la porción norte de México; igualmente, establecen que las porciones interiores de la región del Golfo de México registran un incremento pluvial sólo en verano, el cual se intensifica en la época de temporadas ciclónicas. Este incremento en la lluvia ha podido ser corroborado en la presente investigación mediante los hidrogramas de todo el Golfo de México, los cuales reflejan también picos descendentes que corresponden a la temporada de Secas.

En el examen de los hidrogramas se observa que en aquellas zonas donde el clima es húmedo durante los primeros meses del año, existen importantes escurrimientos, no así en los que la sequía los nulifica; esto se aprecia en las gráficas de las estaciones hidrométricas del norte de la Cuenca del Río Pánuco y en la parte alta del Río Papaloapan en donde los climas son secos, en contraste con los de toda la región, salvo algunas excepciones. Cabe señalar que el número de registros hidrográficos reportados para los diferentes ríos en la zona de estudio son escasos y presentan un sin número de faltantes, lo que imposibilita el cálculo de un análisis de series de tiempo; sin embargo, es de esperarse que si la precipitación registra diversos períodos, los volúmenes de los afluentes también lo presenten, tal y como lo determina El-Fandy, *et al.*, (1994), para el Río Nilo en Egipto, en donde calcula varios ciclos: de 200, 80, 66.7, 57.1, 44.4, 36, 28, 17.4, 16, 14, 12, 10, 9 y 7

años; sobresalen los ciclos de 80 y 10 años, que podrían estar asociados al ciclo secular de Gleissber y al de Wolf, respectivamente. No obstante, los autores del estudio no sugieren una explicación a lo encontrado aunque refieren que los volúmenes del río Nilo necesariamente están vinculados con los volúmenes de la precipitación en la región.

## CONCLUSIONES

- La precipitación constituyó un modificador importante que actuó en un sentido inverso sobre la salinidad en las aguas costeras del Golfo de México y el Caribe Mexicano con un 27.5% durante la temporada de Nortes, en un 24.1% en la de Secas y con un 35.6% en la de Lluvias.
- En las zonas costeras del Golfo de México y el Caribe Mexicano la salinidad del agua superficial se modificó por la temperatura del agua en un 53.7% mientras que por la temperatura del aire lo estuvo en un 46.3%.
- En una escala temporal, la temperatura del agua en la región costera modificó la salinidad en un 41.3% durante Nortes, en un 32% en Secas y en un 46% durante Lluvias; mientras que, la temperatura del aire modificó la salinidad en un 27.6% en Nortes, en un 35% en Secas y en un 39% durante Lluvias.
- En una escala espacial la mayor asociación entre la temperatura del agua de la zona costera y la salinidad en orden descendente lo fue para Tampico (100%), Cozumel (77%), Alvarado (40%) y el Puerto de Veracruz (30%). Mientras que entre la temperatura del aire y la salinidad lo fueron: Tampico (100%), Cd. del Carmen (47%) y Alvarado (34%).
- La evaporación modificó la salinidad en mayor proporción durante la temporada de Secas en un 38.2%, en Nortes con un 33.8% y en Lluvias con un 33.6%. En una escala espacial y en orden descendente lo fue en mayor medida en Tampico (-84%) y en Tuxpam de Rodríguez Cano (-38.1%). En lo que se refiere a la tendencia, el 50% de las localidades mostró un patrón de incremento, mientras que en el otro 50% el patrón fue decreciente.
- Las diferencias en el volumen evaporado en años con eventos La Niña y con eventos El Niño fue mínima; durante la temporada de Secas fue 0.1% mayor en años con eventos El Niño, en Lluvias fue 0.3% mayor en años con eventos La Niña y durante Nortes no hubo diferencia.
- Los días despejados contribuyeron a modificar la salinidad del agua en la zona costera en mayor medida durante la temporada de Secas con un 35.4%, en Nortes con un 29.1% y en Lluvias con un 22.3%. En una escala espacial y en orden descendente lo fueron Cozumel (43%), Alvarado (48%), Cd. del Carmen (43%), Tuxpam de Rodríguez Cano (34%) y Tampico (31%).
- Los días con cobertura nubosa modificaron la salinidad, mayormente, durante la temporada de Lluvias, con un 48%, en Nortes con un 34.2% y en Secas con un 32.3%. Especialmente y en orden descendente lo fue en Cozumel (88%), Alvarado (46.4%), Tuxpam de Rodríguez Cano (43.1%) y Tampico (38.1%).
- Los eventos El Niño constituyeron otro de los modificadores de la salinidad, con una relación del 34.3% durante la temporada de Nortes, con 32.1% en Lluvias y con un 31.1% en Secas. Especialmente la incidencia fue mayor en Tampico (99%), y, en orden descendente, Coatzacoalcos (35%) y Cozumel (26%), como consecuencia de las modificaciones en la precipitación.
- Los ciclos de las manchas solares se asociaron con de la salinidad en la zona costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano; en mayor medida durante la temporada de Nortes, con un 27.3%, en Lluvias con un 25% y en Secas con un 14%. Especialmente, las asociaciones más altas lo fueron para Cozumel (75%), y, en orden decreciente, para Cd. del Carmen (38%) y Tuxpam de Rodríguez Cano (21%).

- La incidencia ciclónica durante la temporada de Lluvias modificó la salinidad en la zona costera y espacialmente incidió de manera importante en Alvarado (95%), Cd. del Carmen (95%), Cozumel (53%) y Coatzacoalcos (52.1%), por presentarse en estas localidades un recurvamiento mayor de éstos meteoros con respecto a las otras localidades .
- La incidencia ciclónica en el Golfo de México y el Caribe Mexicano fue del 63.5% en años con eventos La Niña, mientras que en años con evento El Niño fue del 36.5%.
- Las descargas de los ríos constituyeron un modificador importante de la salinidad en las aguas costeras del Golfo de México y el Caribe Mexicano, mayormente en la temporada de Lluvias, con un 42%, durante Nortes con un 39.4% y en Secas con un 29.2%. Regionalmente incidieron, en orden descendente, en el Puerto de Veracruz (55%), Tampico (50%), Cd. del Carmen (42%) y Coatzacoalcos (28%).
- La mayor oscilación de la precipitación en la zona costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano se registró en Tampico (392.7mm) y, en orden descendente lo fueron: el Puerto de Veracruz (385.6mm), Alvarado (208.2 mm), Cd. del Carmen (164.3 mm), Cozumel (106.9 mm), Tuxpam de Rodríguez Cano (97.2 mm), Coatzacoalcos (63.2 mm) y Progreso (43.3 mm). En ninguno de los casos los registros extremos superaron límites demarcados en el tipo climático de cada localidad.
- La tendencia de la precipitación mostró un patrón heterogéneo en todo el Golfo de México y el Caribe Mexicano; en el 50% de las localidades (Tuxpam de Rodríguez Cano, Puerto de Veracruz, progreso y Cozumel) la tendencia fue positiva, es decir de incremento, mientras que en Tampico, Alvarado, Coatzacoalcos y Cd. del Carmen la tendencia fue negativa.
- Se registró un pequeño incremento en el volumen de la lluvia en la zona costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano en años con eventos La Niña, con respecto a los años con evento El Niño, como consecuencia de las alteraciones en la celda anticiclónica Bermuda-Azores; el aumento promedio para el Golfo de México y el Caribe Mexicano fue de 0.1% en Nortes; de 0.3% durante Secas y de 1.4% en Lluvias.
- La precipitación mostró ciclos asociados con las temporadas climáticas de Nortes, Secas y Lluvias (4, 2 y 6 meses respectivamente), con el movimiento de translación (12 meses), con los eventos El Niño (5 y 7 años) y con los ciclos solares (12 y 21.3 años).
- Las oscilaciones registradas en la salinidad durante un período promedio de 50 años fueron bajas: mientras en Alvarado se observaron las mayores con 5.2‰, las menores lo fueron en el Puerto de Veracruz con 0.1‰.
- Las diferencias que se registran en la salinidad en las regiones costeras del Golfo de México y el Caribe Mexicano en años con eventos La Niña y El Niño son porcentualmente bajas; durante la temporada de Nortes fue 0.1% mayor en años con eventos La Niña; en Secas fue 0.5% mayor en años con eventos El Niño y en Lluvias fue de 0.1% mayor en años con eventos El Niño. A diferencia de lo que ocurre en las regiones portuarias, la salinidad en las áreas superficiales del talud y la zona oceánica en años con eventos El Niño y eventos La Niña esta notablemente diferenciada: los intervalos de oscilación fueron mayores en años con eventos El Niño; durante Nortes fueron del orden de 16‰ y de 15‰, respectivamente; en Secas fue de 20‰ y 10‰, respectivamente y en Lluvias fue del 24‰ y 20‰, respectivamente.
- El comportamiento en los volúmenes de escurrimiento en el Golfo de México mostró en dos localidades (Tampico y Alvarado), el mismo patrón decreciente que se observó en la precipitación, mientras que en las otras tres (Puerto de Veracruz, Coatzacoalcos y Cd. del Carmen) fue inverso.
- El comportamiento de las variables climatológicas mostró que las oscilaciones calculadas durante un lapso de 70 años en promedio, corresponden a una variabilidad climática y no a un cambio climático.

## CAPITULO IV

### CAMBIOS EN EL NIVEL MEDIO DEL MAR DURANTE EL PERIODO 1952-1990.

En este capítulo el objetivo fue determinar si las oscilaciones observadas en el nivel medio del mar de la zona del Golfo de México y el Caribe Mexicano durante el periodo 1952-1990, correspondieron a una variación ó a una variabilidad climática. Para lograrlo se desarrolló un análisis del nivel medio de mar en siete puertos del Golfo de México que fueron: Tampico, Tuxpam de Rodríguez Cano, Puerto de Veracruz, Alvarado, Coatzacoalcos, Cd. del Carmen y Progreso; el octavo puerto, Cozumel, que representaría la zona del Caribe Mexicano, no pudo ser incluido en esta parte del estudio debido a que, hasta la fecha, sus registros mareográficos no han sido publicados por las instituciones responsables de hacerlo; es por esto que el objetivo no consiguió abarcar a toda la región. El análisis se hizo con registros mareográficos de 1952 hasta 1990; sin embargo, las series de valores de dichos puertos estuvieron incompletas, por lo que fue necesario calcularlos a partir de las predicciones, utilizando para ello la ecuación sugerida por Warrick, *et al.*, 1993, en la que se emplearon, además, los bancos de nivel y los planos de referencia. Es necesario mencionar que debido al cambio sexenal de los criterios de fijación de los bancos de referencia, el nivel de confianza en los datos, tanto calculados como registrados, fue menor. Por otro lado, se calcularon para todo el periodo los promedios mensuales, de: (1) El nivel medio del mar; (2) La bajamar inferior; (3) La bajamar; (4) La pleamar y (5) La pleamar superior, ya que es importante no sólo evaluar la tendencia del nivel medio del mar en el tiempo, sino también establecer sus condiciones promedio y extremas, mismas que pueden ser observadas a través de los parámetros anteriores.

Los resultados más importantes muestran un incremento del nivel medio del mar de manera regular durante los meses de septiembre y octubre, consecuencia de la ocurrencia ciclónica, así como también un aumento en el nivel del mar durante años con eventos El Niño. Por otra parte, aunque los análisis de tendencia apuntan hacia un incremento promedio de 0.124 m, no resultaron ser una evidencia contundente para afirmar que existe un Cambio Global del Clima.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### a) Tampico, Tamaulipas.

El plano de referencia y las cotas de los seis bancos de nivel referidas al nivel medio del mar en Tampico, correspondió al período 1952-1990 y se obtuvieron los siguientes valores para estimar los registros faltantes, expresados en pies (Tabla 87).

Tabla 87. Plano de Referencia, Bancos y Promedio de Bancos de Tampico, Tamaulipas (pies).

Año	Plano de Referencia	Banco 1	Banco 2	Banco 3	Banco 4	Banco 5	Banco 6	Promedio de Bancos
1952		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1953		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1954		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1955		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1956		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1957		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1958		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1959		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1960		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1961		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825

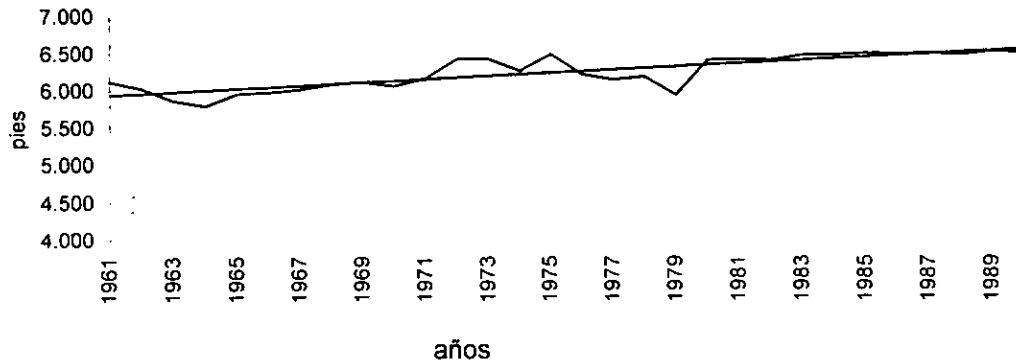


Tabla 92. Continuación.

1962								
1963	1.5							
1964		4.478	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1965	1.5	4.469	4.406	6.188	5.135	5.689	9.056	5.825
1966	1.5	4.469	4.396	6.178	5.125	5.679	9.049	5.816
1967	1.5	4.469	4.396	6.178	5.125	5.679	9.049	5.816
1968	1.5	4.469	4.396	6.178	5.125	5.679	9.049	5.816
1969	1.5	4.462	4.396	6.178	5.125	5.679	9.049	5.816
1970	0.8	4.462	4.390	6.172	5.118	5.673	9.042	5.810
1971	0.8	4.462	4.390	6.172	5.118	5.673	9.042	5.810
1972	0.8	4.462	4.390	6.172	5.118	5.673	9.042	5.810
1973	0.8	4.462	4.390	6.172	5.118	5.673	9.042	5.810
1974	0.8	4.462	4.390	6.172	5.118	5.673	9.042	5.810
1975	0.8	4.462	4.390	6.172	5.118	5.673	9.042	5.810
1976	0.8	4.462	4.390	6.172	5.118	5.673	9.042	5.810
1977	0.8	6.673	3.842	4.990	4.977	4.974		5.091
1978	0.8	6.673	3.842	4.990	4.977	4.974		5.091
1979	0.8	6.673	3.842	4.990	4.977	4.974		5.091
1980	0.8	6.673	3.842	4.990	4.977	4.974		5.091
1981	0.8	7.599	4.757	5.906				6.087
1982	0.8	7.599	4.757	5.906				6.087
1983	0.8	7.599	4.757	5.906				6.087
1984	0.8	7.599	4.757	5.906				6.087
1985	0.8	7.599	4.757	5.906				6.087
1986	0.8	7.599	4.757	5.906				6.087
1987	0.8	7.599	4.757	5.906				6.087
1988	0.8	7.599	4.757	5.906				6.087
1989	0.8	7.599	4.757	5.906				6.087
1990	0.8	7.599	4.757	5.906				6.087

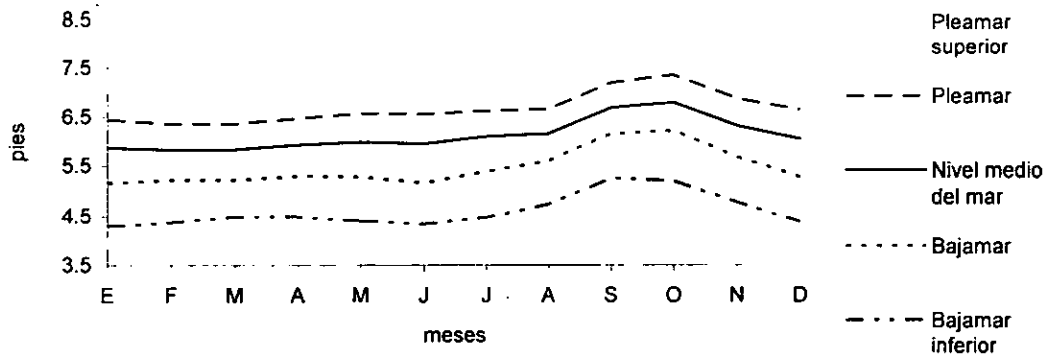
En el caso del Puerto de Cd. Madero, para poder completar la serie se calcularon 138 valores faltantes del nivel de mareas mensuales, equivalentes al 38% del total, por lo que se emplearon los valores de predicción de mareas. En el análisis de regresión lineal (Fig. 142), se observó una tendencia general de incremento en el nivel del mar que va de 5.937 pies (1.781m) a 6.525 pies (1.957m), con una pendiente de  $b = 0.020$ , es decir, que en un lapso de 38 años el incremento ha sido de 0.588 pies (0.176m), con un gradiente anual de 0.015 pies (0.004m). Sobresalen los años de 1964, 1974 y 1979 con marcado decremento, mientras que 1972, 1973 y 1975 muestran un incremento importante; en estos tres años se registraron eventos El Niño de intensidad 4, 4 y 1, respectivamente. Jerárquicamente Tampico ocupó el segundo lugar en el incremento del nivel del mar.

Figura 142. Nivel medio del mar en Cd. Madero, Tamaulipas durante el período 1961-1990 en pies.



La marcha anual de los promedio mensuales del nivel de mareas, durante 29 años, reflejó, principalmente, variaciones estacionales del nivel del mar; para determinar lo anterior se utilizaron los registros existentes de la pleamar superior, la pleamar, el nivel medio del mar, la bajamar y la bajamar inferior. Los máximos se observaron durante los meses de septiembre y octubre y concuerdan con la evolución de la temporada ciclónica, que abarca de mayo a octubre y que cobra en aquellos meses su máxima intensidad; el resto de los meses no mostró oscilaciones importantes (Fig. 143). Los promedios mensuales de la pleamar superior, la pleamar, la bajamar y la bajamar inferior mostraron un comportamiento simétrico con el nivel medio del mar.

Figura 143. Promedios mensuales del nivel de mareas en el período 1955-1990 en Tampico.



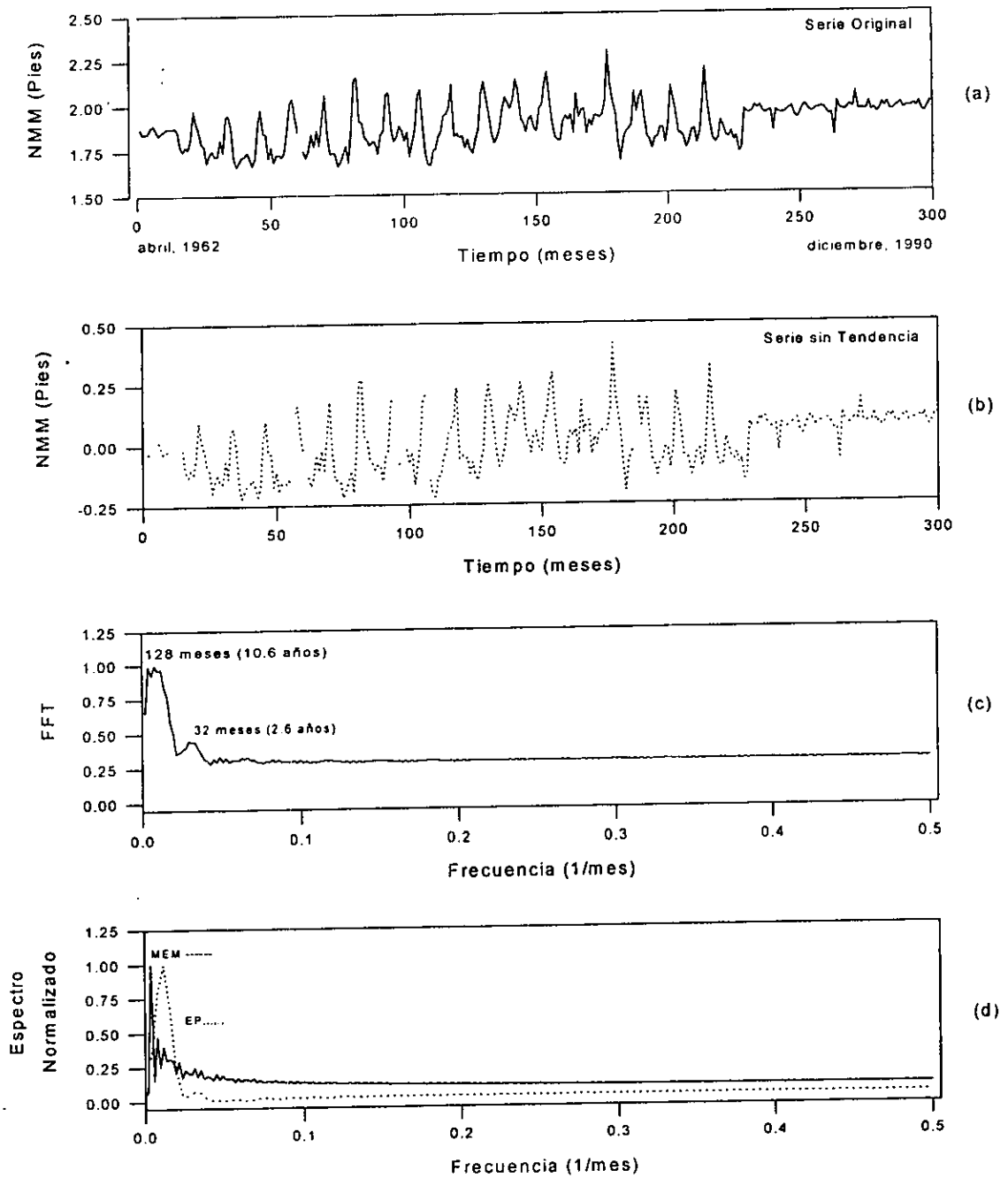
Con el objeto de analizar la periodicidad en el nivel medio del mar se calcularon Series de Tiempo que evidenciaron la existencia de una periodicidad asociada con tres de los ciclos solares: el de 7.1 años; el de 10.2 años, o ciclo de Wolf; y el de 21.3 años, o ciclo de Hale o doble solar (Tabla 88 y Fig. 144).

Tabla 88. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia en el nivel medio de mar en Tampico durante el período 1962-1990.

Máxima Entropía	Espectro de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 255.7$ meses (21.3 años)	$T_1 = 128$ meses (10.2 años)	$T_1 = 85.3$ meses (7.1 años)
$T_2 = 128$ meses (10.6 años)	$T_2 = 32$ meses (2.6 meses)	

Figura 144. Series de Tiempo del Nivel Medio del Mar promedio mensual en Tampico. (a) Serie Original, (b) Serie Sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.

Nivel Medio del Mar en Tampico, Tamps.



**b) Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.**

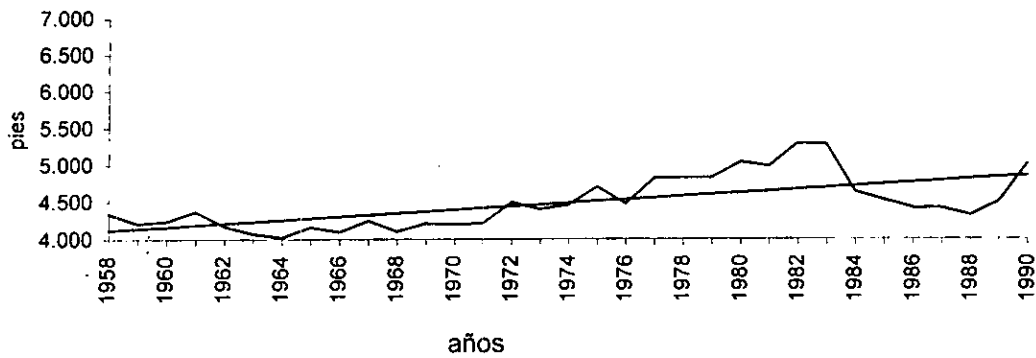
El plano de referencia y las cotas de los seis bancos de nivel referidas al nivel medio del mar en Tuxpam de Rodríguez Cano correspondieron al periodo 1952-1990, obteniéndose los siguientes niveles, que se emplearon para estimar los registros faltantes (Tabla 89).

Tabla 89. Plano de Referencia, Bancos y Promedio de Bancos de Tuxpam de Rodríguez Cano (pies).

Años	Plano de Referencia	Banco 1	Banco 2	Banco 3	Banco 4	Banco 5	Banco 6	Promedio de Bancos
1957		4.183	4.186	4.898	4.554	4.636		4.491
1958		4.183	4.186	4.898	4.554	4.636		4.491
1959		4.183	4.186	4.898	4.554	4.636	4.905	4.560
1960		4.183	4.186	4.898	4.554	4.636	4.905	4.560
1961		4.183	4.186	4.898	4.554	4.636	4.905	4.560
1962								
1963								
1964		4.186	4.498	4.554	4.636	4.905	4.183	4.494
1965	1.6	4.186	4.498	4.554	4.636	4.905	4.183	4.494
1966	1.6	4.186	4.898	4.554	4.636	4.905	4.183	4.560
1967	1.6	4.186	4.898	4.554	4.636	4.905	4.183	4.560
1968	1.6	4.186	4.898	4.554	4.636	4.905	4.183	4.560
1969	1.6	4.186	4.898	4.554	4.636	4.905	4.183	4.560
1970	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.688
1971	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.688
1972	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.688
1973	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.688
1974	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.688
1975	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.688
1976	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.688
1977	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.764
1978	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.764
1979	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.764
1980	0.9	4.314	5.026	4.682	4.764	5.033	4.311	4.764
1981	0.9	5.026	4.682	4.764	5.033			4.876
1982	0.9	5.026	4.682	4.764	5.033			4.876
1983	0.9	5.026	4.682	4.764	5.033			4.876
1984	0.9	5.026	4.682	4.764	5.033			4.876
1985	0.9	5.026	4.682	4.764	5.033			4.876
1986	0.9	5.026	4.682	4.764	5.033			4.876
1987	0.9	5.026	4.682	4.764	5.033			4.876
1988	0.9	5.026	4.682	4.764	5.033			4.876
1989	0.9	5.026	4.682	4.764	5.033			4.876
1990	0.9	5.026	4.682	4.764	5.033			4.876

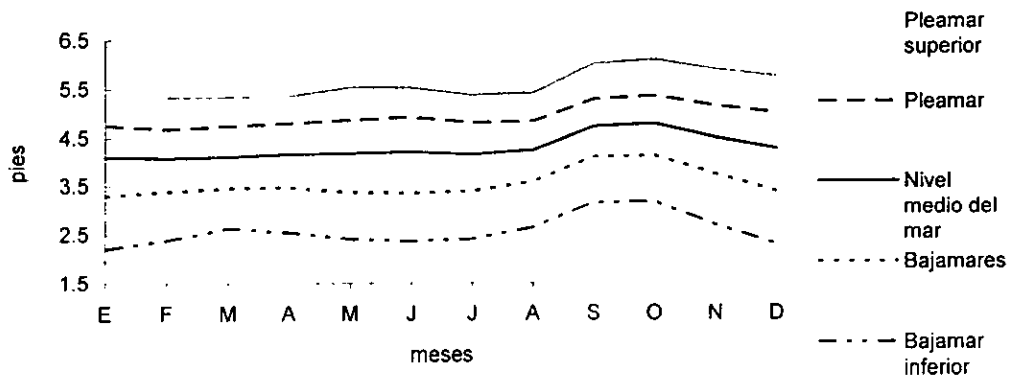
En esta localidad se estimaron 111 valores faltantes del nivel de mareas, que equivalieron al 28% del total. En el análisis de regresión lineal, en la figura 145, se observó una tendencia homogénea de incremento durante el periodo 1958-1990, que va de 4.116 pies (1.234m) a 4.855 pies (1.456m), con una pendiente de  $b = 0.023$ ; es decir, que en un lapso de 32 años hubo un incremento de 0.739 pies (0.221m) y un gradiente de 0.02 pies (0.006m) por año, y esta localidad registró el mayor incremento con respecto a los demás puertos del Golfo de México. Sobresalieron los incrementos del nivel registrados en 1982 y 1983, años en que hubo presencia de eventos El Niño.

Figura 145. Nivel medio del mar en pies en Tuxpam de Rodríguez Cano durante el periodo 1958-1990.



Al igual que en Tampico, la marcha anual de los promedio mensuales del nivel de mareas en 32 años, reflejó incrementos durante los meses de septiembre y octubre, al igual que en el Puerto de Tampico, los de mayor presencia en ciclones y tormentas tropicales; en el resto del año se observó un comportamiento sin oscilaciones marcadas (Fig. 146). Los promedios mensuales de la pleamar superior, la pleamar, la bajamar y la bajamar inferior mostraron un comportamiento simétrico con el nivel medio del mar.

Figura 146. Promedios mensuales del nivel de mareas en el período 1955-1990 en Tuxpam de Rodríguez Cano.

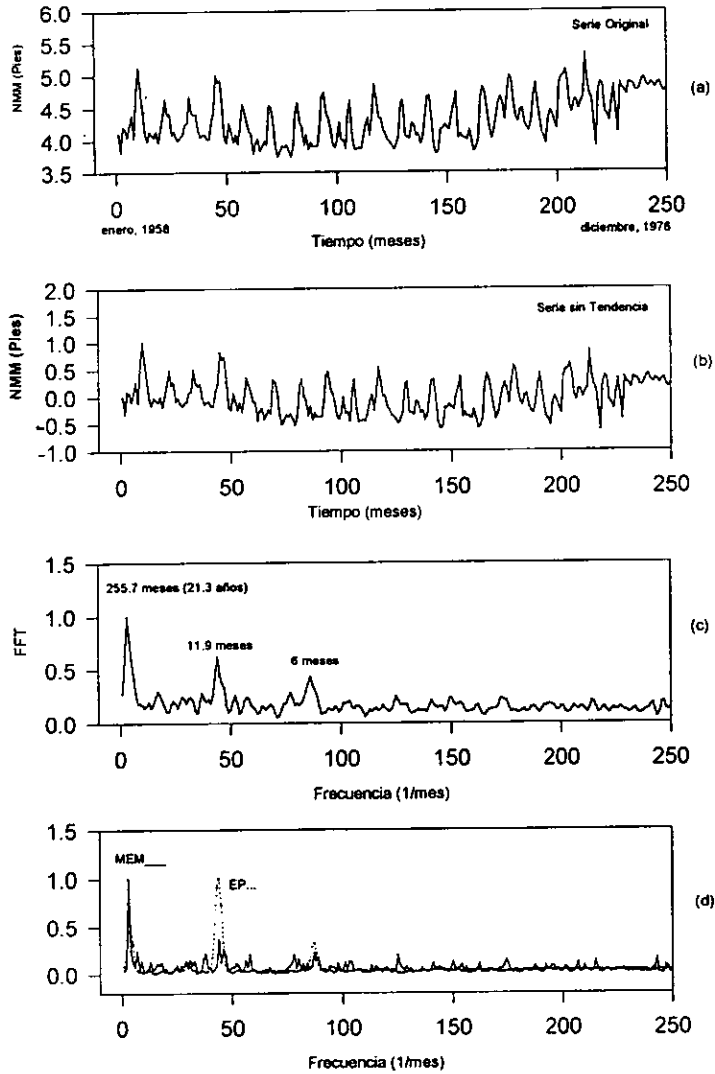


El análisis de Series de Tiempo del Nivel medio del mar mostró la existencia de una periodicidad asociada con ciclos estacionales de 6 y 11.9 meses y con tres ciclos solares: el de 7.1 años; el de 14.2 años, o ciclo de Wolf; y el de 21.3 años o ciclo de Hale o doble ciclo solar; el patrón cíclico fue semejante al calculado para Tampico (Tabla 90 y Fig. 147).

Tabla 90. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia en el nivel medio del mar en Tuxpam de Rodríguez Cano durante el período 1962-1990.

Máxima Entropía	Espectro de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 255.75$ meses (21.3 años)	$T_1 = 255.7$ meses (21.3 años)	$T_1 = 11.9$ meses
$T_2 = 11.9$ meses	$T_2 = 11.9$ meses	$T_2 = 170$ meses (14.2 años)
$T_3 = 85.3$ meses (7.1 años)	$T_3 = 6$ meses	$T_3 = 5.9$ meses
$T_4 = 13.8$ meses		

Figura 147. Series de Tiempo del Nivel Medio del Mar promedio mensual en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) Serie Original, (b) Serie Sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



## c) Puerto de Veracruz.

El plano de referencia y las cotas de los seis bancos de nivel referidas al nivel medio del mar para el Puerto de Veracruz correspondieron al periodo 1952-1990 y se obtuvieron los siguientes niveles, que se emplearon para calcular los registros faltantes (Tabla 91).

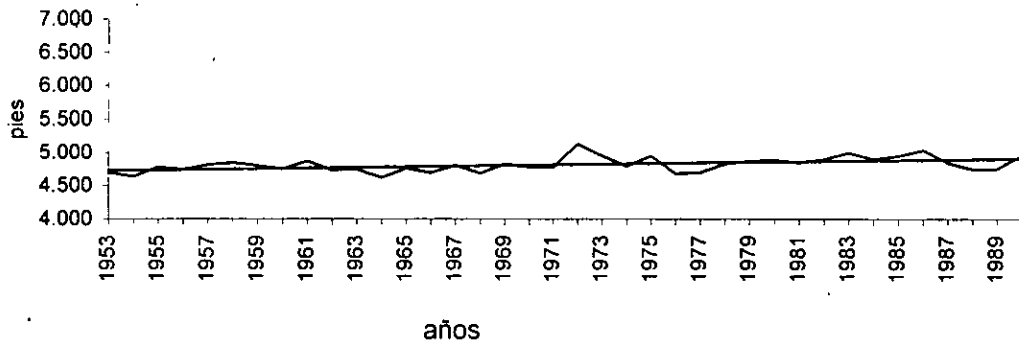
Tabla 91. Plano de Referencia, Bancos y Promedio de Bancos del Puerto de Veracruz durante el periodo de 1952 a 1990 (pies).

Años	Plano de Referencia	Banco 1	Banco 2	Banco 3	Banco 4	Banco 5	Banco 6	Promedio de Bancos
1952			7.645	10.765	6.742			8.384
1953			7.645	10.765	6.742			8.384
1954			7.645	10.765	6.742			8.384
1955			7.645	10.765	6.742	6.929		8.020
1956			7.645	10.765	6.742	6.929		8.020
1957		6.926	7.645	10.765	6.742	6.929		7.801
1958		6.926	7.645	10.765	6.742	6.929		7.801
1959		6.926	7.645	10.765	6.742	6.929	6.030	7.506
1960		6.926	7.645	10.765	6.742	6.929	6.030	7.506
1961		6.926	7.645	10.765	6.742	6.929	6.030	7.506
1962								
1963								
1964		6.926	10.765	6.742	6.929	6.030		7.478
1965	1.7	6.26	10.765	6.742	6.929	6.030		7.478
1966	1.7	6.926	10.765	6.742	6.929	6.030		7.478
1967	1.7	6.926	10.765	6.742	6.929	6.030		7.478
1968	1.7	6.926	10.765	6.742	6.929	6.030		7.478
1969	1.7	6.926	10.765	6.742	6.929	6.030		7.478
1970	1.0	6.913	6.729	6.916	6.017	7.632		6.841
1971	1.0	6.913	6.729	6.916	6.017	7.632		6.841
1972	1.0	6.913	6.729	6.916	6.017	7.632		6.841
1973	1.0	6.913	6.729	6.916	6.017	7.632		6.841
1974	1.0	6.913	6.729	6.916	6.017	7.632		6.841
1975	1.0	6.913	6.729	6.916	6.017	7.632		6.841
1976	1.0	6.913	6.729	6.916	6.017	7.632		6.841
1977	1.0	6.913	6.729	6.916	6.017	7.632		6.841
1978	1.0	6.913	6.729	6.916	6.017	7.632		6.841
1979	1.0	6.913	6.729	6.916	6.017	7.632		6.841
1980	1.0	6.913	6.148	6.916	6.017	7.632		6.540
1981	1.0	6.936	6.148	7.024	6.050			6.540
1982	1.0	6.936	6.148	7.024	6.050			6.540
1983	1.0	6.936	6.148	7.024	6.050			6.540
1984	1.0	6.936	6.148	7.024	6.050			6.540
1985	1.0	6.936	6.148	7.024	6.050			6.540
1986	1.0	6.936	6.148	7.024	6.050			6.540
1987	1.0	6.936	6.148	7.024	6.050			6.540
1988	1.0	6.936	6.148	7.024	6.050			6.540
1989	1.0	6.936	6.148	7.024	6.050			6.540
1990	1.0	6.936	6.148	7.024	6.050			6.540

En el Puerto de Veracruz se calcularon sólo cinco valores faltantes del nivel de mareas mensual, equivalentes al 1% del total, ya que fue la única estación mareográfica que contó con registros continuos para el periodo 1953-1990, lo cual implica la robustez estadística más fuerte de todas las localidades estudiadas. El análisis de regresión mostró una tendencia positiva, observable en la figura 148, en el periodo 1953-1990, que va de 4.722

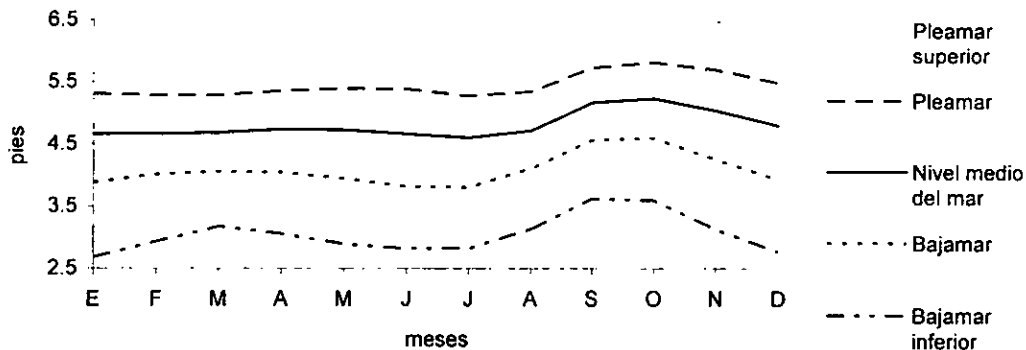
pies (1.416m) a 4.903 pies (1.470m), con una pendiente de  $b = 0.004$ ; esto significa que en un lapso de 37 años el aumento ha sido de 0.181 pies (0.054), con un gradiente anual de 0.004 pies (0.001m); es el puerto que registró uno de los menores incrementos con respecto a los restantes. Sobresale el aumento en el nivel en 1972 y 1983, años con presencia de eventos El Niño.

Figura 148. Nivel medio del mar en pies del Puerto de Veracruz durante el período 1953-1990.



En este puerto se observó un incremento durante los meses de septiembre y octubre en la marcha anual de los promedios mensuales del nivel medio del mar durante 37 años, lo cual obedeció a la mayor ocurrencia de ciclones tropicales, el incremento observado durante estos meses fue semejante el calculado para Tampico y Tuxpam; en los otros meses no se reflejaron oscilaciones apreciables (Fig. 149). Los promedios mensuales de la pleamar superior, la pleamar, la bajamar y la bajamar inferior mostraron un comportamiento simétrico con el nivel medio del mar.

Figura 149. Promedios mensuales del nivel de mareas en el período 1955-1990 en el Puerto de Veracruz.



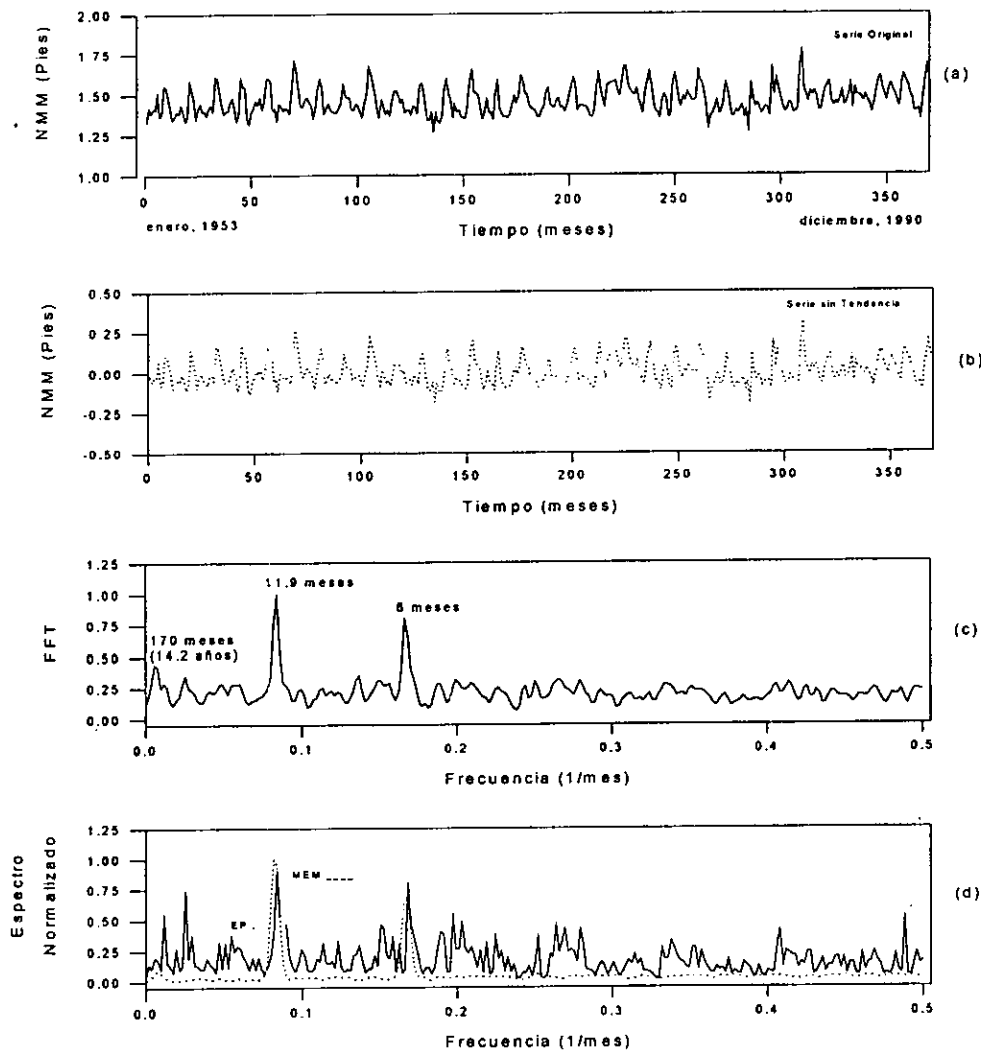
El análisis de Series de Tiempo del Nivel medio del mar mostró que existe una periodicidad asociada con ciclos estacionales de 6 y 11.9 meses y con dos ciclos solares: el de 7.1 años y el de 21.3 años o ciclo de Hale o doble solar, estos dos períodos también se observaron en las localidades de Tampico y Tuxpam; el ciclo de 7 años correspondió también a uno de los ciclos calculados para los eventos El Niño (Tabla 92 y Fig. 150).



Tabla 92. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia en el nivel medio del mar en el Puerto de Veracruz durante el período 1962-1990.

Máxima Entropía	Espectro de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.3$ meses	$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 12.1$ meses
$T_2 = 5.9$ meses	$T_2 = 6$ meses	$T_2 = 6$ meses
$T_3 = 39.3$ meses	$T_3 = 170$ meses (14.2 años)	
$T_4 = 85.3$ meses (7.1 años)		

Figura 150. Series de Tiempo del Nivel Medio del Mar promedio mensual en el Puerto de Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie Sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



**d) Coatzacoalcos, Veracruz.**

El plano de referencia así como el promedio de los seis bancos empleado en el cálculo del nivel medio del mar estimado para Coatzacoalcos, están descritos en la Tabla 93.

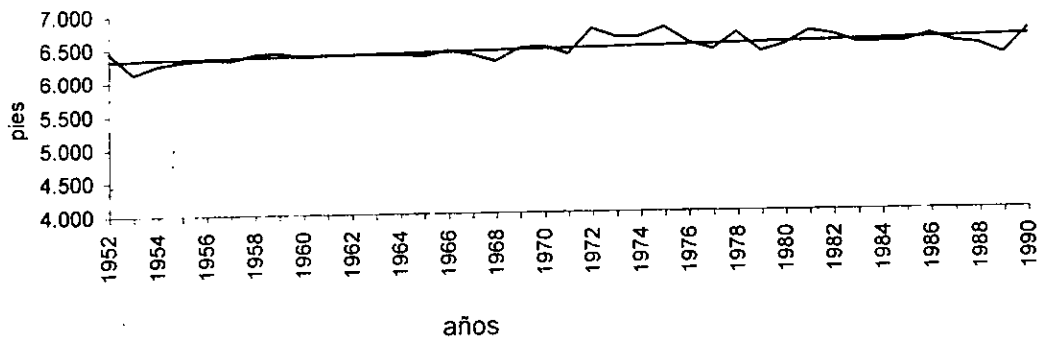
Tabla 93. Plano de Referencia, Bancos y Promedio de Bancos en pies para Coatzacoalcos durante el período 1952-1990 (pies).

Años	Plano de Referencia	Banco 1	Banco 2	Banco 3	Banco 4	Banco 5	Banco 6	Promedio de Bancos
1952		14.085	14.715	10.630				13.143
1953		14.085	14.715	10.630				13.143
1954		14.085	14.715	10.630				13.143
1955		14.085	14.715	10.630	10.630			12.515
1956		14.085	14.715	10.630	10.630			12.515
1957		14.085	14.715	10.630	10.630			12.515
1958		14.085	14.715	10.630	10.630			12.515
1959		14.085	14.715	10.630	10.630			12.515
1960		14.085	14.715	10.630	10.630			12.515
1961		14.085	14.715	10.630	10.630			12.515
1962								
1963								
1964								
1965								
1966	1.7	8.983	14.085	14.715	42.194	10.630		18.121
1967	1.7	8.983	14.085	14.715	42.194	10.630		18.121
1968	1.7	8.983	14.085	14.715	42.194	10.630		18.121
1969	1.7	8.983	14.085	14.715	42.194	10.630		18.121
1970	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1971	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1972	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1973	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1974	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1975	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1976	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1977	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1978	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1979	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1980	0.9	14.085	13.157	42.194	10.808	5.925	10.630	16.133
1981	0.9	14.121	13.202	10.808	5.919	10.634		10.937
1982	0.9	14.121	13.202	10.808	5.919	10.634		10.937
1983	0.9	14.121	13.202	10.808	5.919	10.634		10.937
1984	0.9	14.121	13.202	10.808	5.919	10.634		10.937
1985	0.9	14.121	13.202	10.808	5.919	10.634		10.937
1986	0.9	14.121	13.202	10.808	5.919	10.634		10.937
1987	0.9	14.121	13.202	10.808	5.919	10.634		10.937
1988	0.9	14.121	13.202	10.808	5.919	10.634		10.937
1989	0.9	14.121	13.202	10.808	5.919	10.634		10.937
1990	0.9	14.121	13.202	10.808	5.919	10.634		10.937

En este puerto se calcularon 132 valores faltantes, que equivalen al 28% del total de los registros del nivel de mareas, durante el período 1952-1990. En esta localidad el análisis de regresión lineal mostró una tendencia de incremento durante este periodo, con un valor inicial de 6.326 pies (1.897m) y uno final de 6.593 pies (1.977m); la pendiente fue de  $b = 0.007$ , el incremento total en 38 años fue de 0.267 pies (0.080m), es decir, hubo un gradiente anual de 0.007 pies (0.002m); este puerto junto al igual que el de Veracruz, registró un escaso

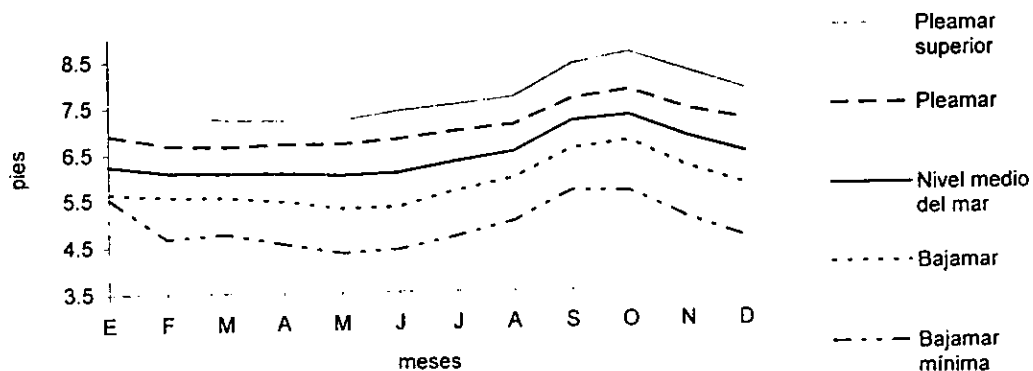
aumento en el nivel del mar. Sobresalieron los aumentos de nivel del mar durante 1972 y 1975, ambos años con presencia de eventos El Niño (Fig. 151).

Figura 151. Nivel medio del mar en pies en Coatzacoalcos durante el periodo 1952-1990.



En esta localidad se apreció un incremento de la marcha anual de los promedio mensuales del nivel de mareas durante los meses de septiembre y octubre, debido al aumento de ciclones durante estos meses, y este aumento también se observó en Tampico, Tuxpam y el Puerto de Veracruz. Los otros meses no reflejaron oscilaciones importantes (Fig. 152). Los promedios mensuales de la pleamar superior, la pleamar, la bajamar y la bajamar inferior mostraron un comportamiento simétrico con el nivel medio del mar.

Figura 152. Promedios mensuales del nivel de mareas en Coatzacoalcos durante el periodo 1955-1990.

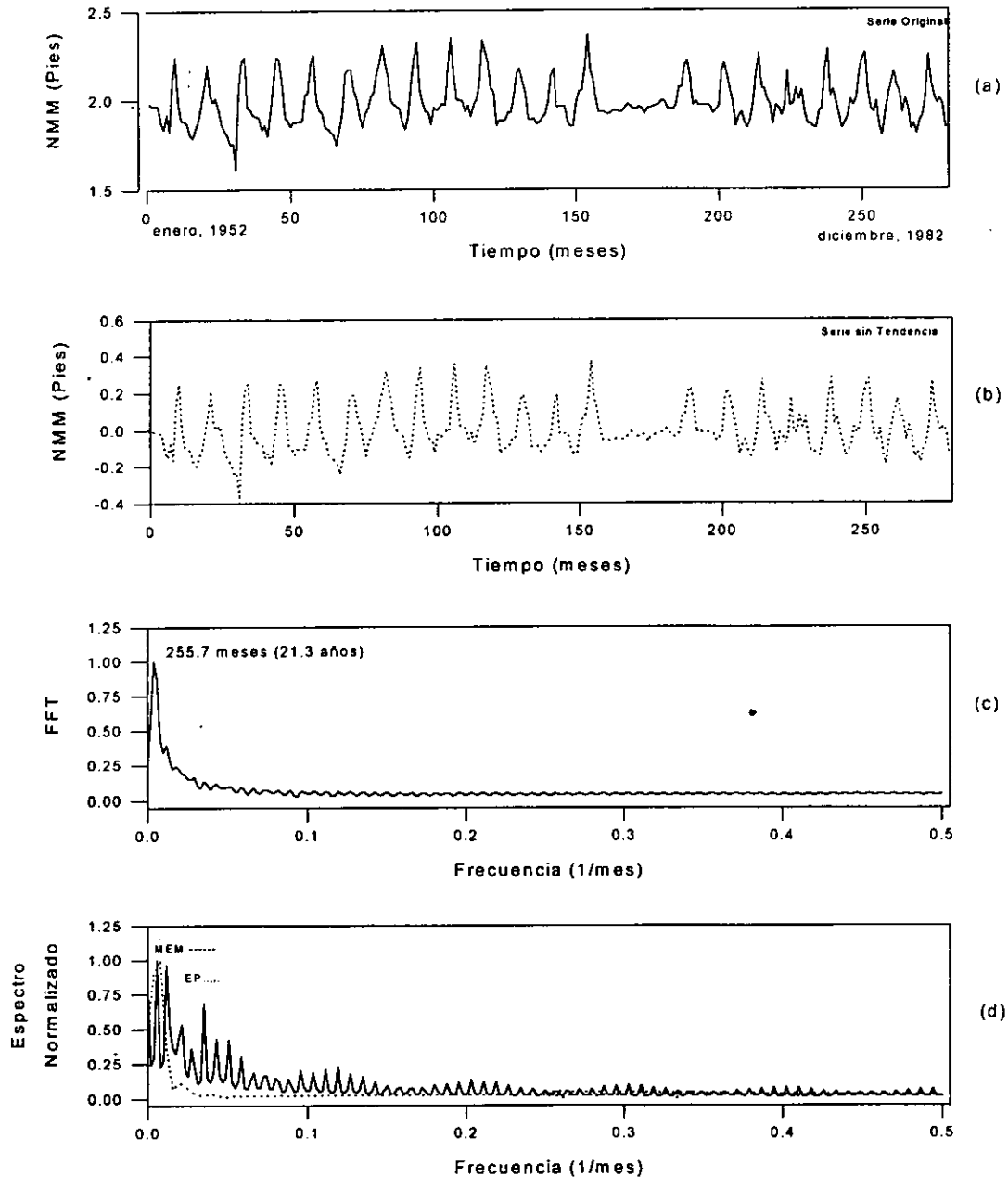


El análisis de Series de Tiempo del Nivel medio del mar mostró que existe una periodicidad asociada con tres ciclos solares: el de 7.1 años; el de 10.6 años o ciclo de Wolf; y el de 21.3 años o ciclo de Hale o doble solar, los ciclos calculados en los otros puertos también correspondieron a los de esta localidad. El ciclo de 7 años, encontrado también en los puertos anteriores, está vinculado igualmente con los eventos El Niño (Tabla 94 y Fig. 153).

Tabla 94. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia en el nivel medio del mar en Coatzacoalcos durante el periodo 1962-1990.

Máxima Entropía	Espectro de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 170.6$ meses (14,2 años)	$T_1 = 255.7$ meses (21.3 años)	$T_1 = 128$ meses (10.6 años)
$T_2 = 85.3$ meses (7.1 años)		
$T_3 = 28.4$ meses (2.3 años)		

Figura 153. Series de Tiempo del Nivel Medio del Mar en Coatzacoalcos. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



## e) Alvarado, Veracruz.

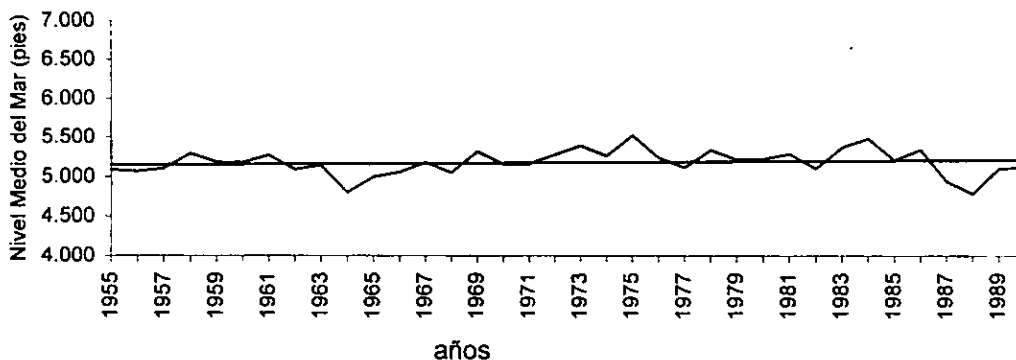
Los valores del nivel de referencia y del promedio de los siete bancos para Alvarado, empleados en la estimación de los registros faltantes, se muestran en la Tabla 95.

Tabla 95. Plano de Referencia, Bancos y Promedio de Bancos en Alvarado durante el período 1954-1990 (pies).

Años	Plano de Referencia	Banco 1	Banco 2	Banco 3	Banco 4	Banco 5	Banco 6	Banco 7	Promedio de Bancos
1954		7.359	5.214	4.964	7.615	11.556	3.996		6.784
1955		7.359	5.214	4.964	7.615	11.556	3.996		6.784
1956		7.359	5.214	4.964	7.615	11.556	3.996		6.784
1957		7.359	5.214	4.964	7.615	11.556	3.996		6.784
1958		7.359	5.214	4.964	7.615	11.556	3.996		6.784
1959		7.359	5.214	4.964	7.615	11.556	3.996	3.996	6.386
1960		7.359	5.214	4.964	7.615	11.556	3.996	3.996	6.386
1961		7.359	5.214	4.964	7.615	11.556	3.996		
1962									
1963									
1964									
1965									
1966	1.5	4.078	5.214	4.964	7.615	11.556	5.177	3.996	6.086
1967	1.5	4.078	5.214	4.964	7.615	11.556	5.177	3.996	6.086
1968	1.5	4.078	5.214	4.964	7.615	11.556	5.177	3.996	6.086
1969	1.5	4.078	5.214	4.964	7.615	11.556	5.177	3.996	6.086
1970	0.8	4.078	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1971	0.8	4.075	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1972	0.8	4.075	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1973	0.8	4.075	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1974	0.8	4.075	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1975	0.8	4.075	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1976	0.8	4.075	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1977	0.8	4.075	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1978	0.8	4.075	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1979	0.8	4.075	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1980	0.8	4.075	4.961	7.612	11.552	5.174	3.993		6.228
1981	0.8	4.075	4.965	7.612	11.552	5.174	3.993		6.184
1982	0.8	4.075	4.965	7.612	11.552	5.174	3.993		6.184
1983	0.8	4.075	4.965	7.612	11.552	5.174	3.993		6.184
1984	0.8	4.075	4.965	7.612	11.552	5.174	3.993		6.184
1985	0.8	4.075	4.965	7.612	11.552	5.174	3.993		6.184
1986	0.8	4.075	4.965	7.612	11.552	5.174	3.993		6.184
1987	0.8	4.075	4.965	7.612	11.552	5.174	3.993		6.184
1988	0.8	4.075	4.965	7.612	11.552	5.174	3.993		6.184
1989	0.8	4.075	4.965	7.612	11.552	5.174	3.993		6.184
1990	0.8	4.075	4.965	7.612	11.552	5.174	3.993		6.184

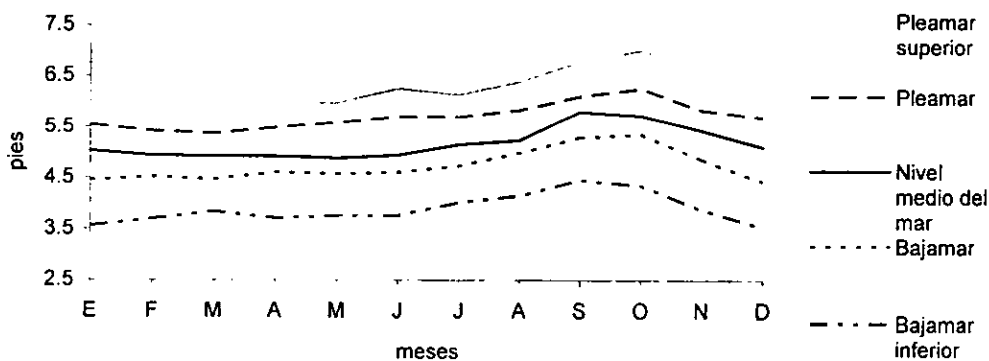
Para la localidad de Alvarado se estimaron 113 valores faltantes del nivel de mareas mensual, que equivalieron al 26.9% del total y, a través de la regresión lineal, se observó que hubo un escaso incremento en todo el período analizado, 1955-1990, de 0.056 pies (0.168m), con una pendiente de  $b = 0.001$ , un valor inicial de 5.151 pies (1.545m) y un valor final de 5.207 pies (1.562m), es decir, que el incremento total fue de 0.056 pies (0.016m) en 35 años, con gradiente anual de 0.0016 pies (0.0004m); este puerto registró el menor incremento con respecto al resto de los puertos del Golfo, junto con el de Veracruz y Coatzacoalcos; sobresalió el aumento registrado en 1975, año con evento El Niño (Fig. 154).

Figura 154. Tendencia del nivel medio del mar en Alvarado durante el periodo 1920-1990.



En esta estación se observó un incremento menor en la marcha anual de los promedio mensuales en 35 años del nivel de mareas durante septiembre y octubre, meses en los que se registra mayor incidencia ciclónica, cabe señalar que, en los demás puertos analizados se repitió este comportamiento. En lo que respecta a los otros meses del año se observaron pequeñas oscilaciones, las cuales, sin embargo, en ningún caso superan los niveles de septiembre y octubre (Fig. 155). Los promedios mensuales de la pleamar superior, la pleamar, la bajamar y la bajamar inferior mostraron un comportamiento simétrico con el nivel medio del mar.

Figura 155. Promedios mensuales del nivel de mareas durante el periodo 1955-1990 en Alvarado.

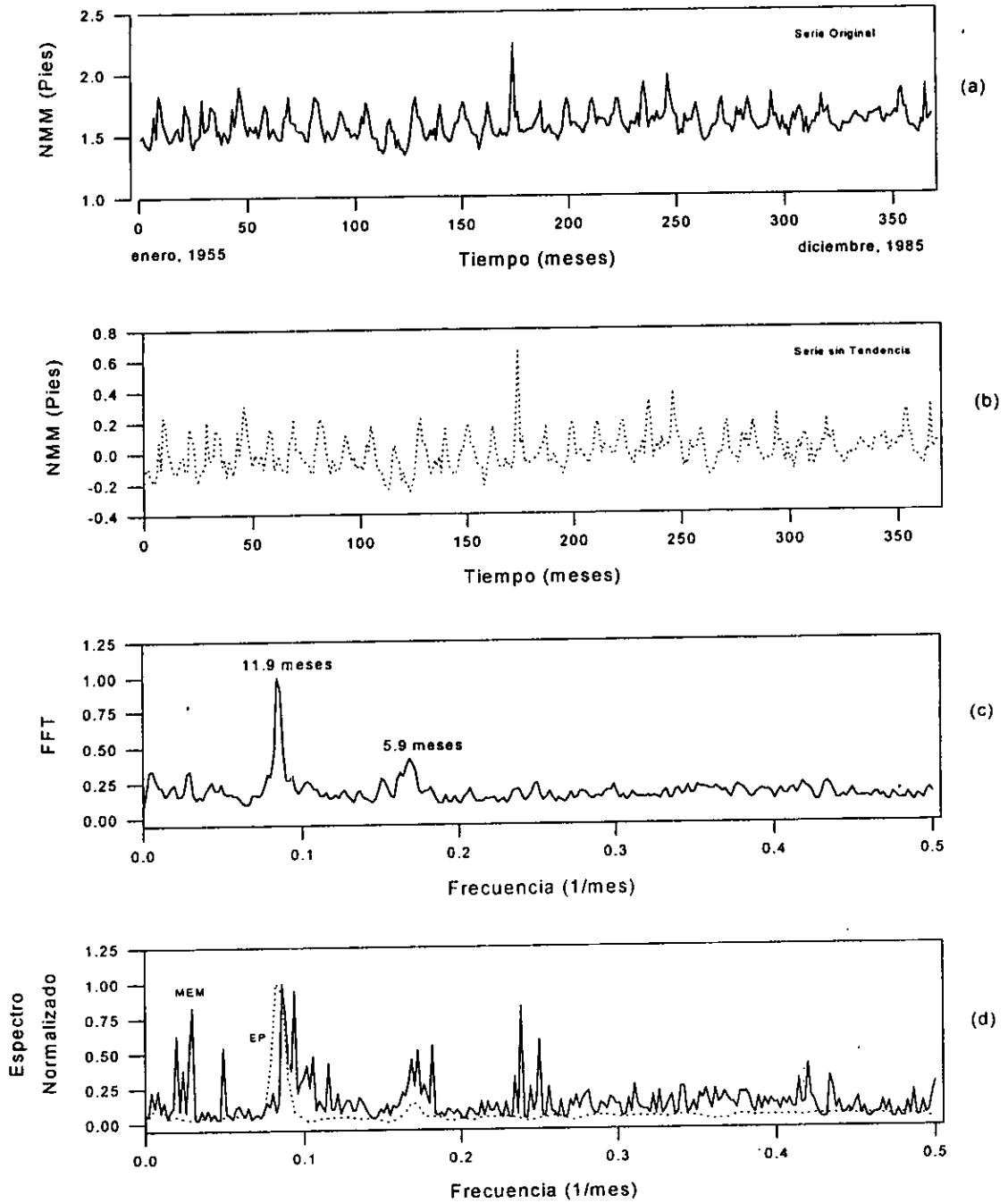


El análisis de Series de Tiempo del Nivel medio del mar mostró que existe una periodicidad asociada con ciclos estacionales de 6 y 11.9 meses y con uno de los ciclos solares, el de Wolf (10.6 años), destacó que al igual que en el Puerto de Veracruz, también se observan los mismos ciclos, mientras que, en los otros puertos (Tampico, Tuxpam y Coatzacoalcos), se observó además, el doble ciclo solar (Tabla 96 y Fig. 156).

Tabla 96. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia en el nivel medio del mar en Alvarado durante el periodo 1962-1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 12.1$ meses
$T_2 = 5.9$ meses	$T_2 = 5.9$ meses	$T_2 = 128$ meses (10.6 años)
$T_3 = 170.6$ meses (14.2 años)	$T_3 = 170.6$ meses (14.2 años)	$T_3 = 5.9$ meses
$T_4 = 20.4$ meses (1.7 meses)	$T_4 = 34.1$ meses (2.8 años)	

Figura 156. Series de Tiempo del Nivel Medio del Mar en Alvarado. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



f) Ciudad del Carmen, Campeche.

Los valores del plano de referencia y del promedio de los nueve bancos en Ciudad del Carmen, empleados para estimar los registros faltantes, se presentan en la Tabla 97.

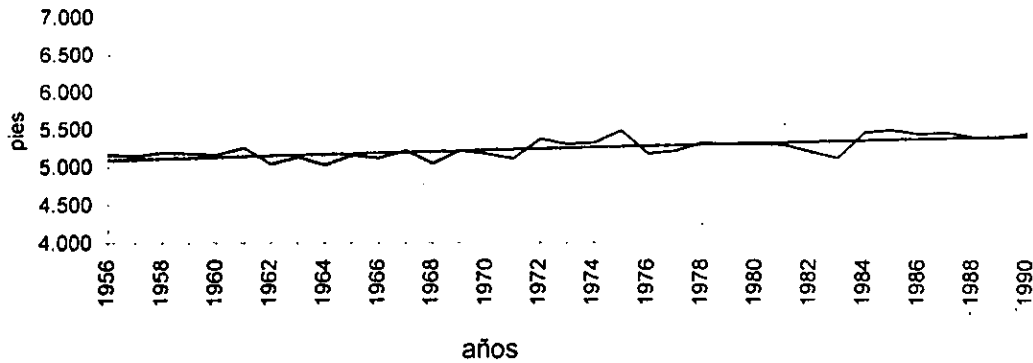
Tabla 97. Plano de Referencia, Bancos y Promedio de Bancos en Ciudad del Carmen durante el período 1956-1990 (pies).

Años	Plano de Referencia	Banco 1	Banco 2	Banco 3	Banco 4	Banco 5	Banco 6	Banco 7	Banco 8	Banco 9	Promedio de Bancos
1956		6.454	4.882	4.705	4.697	4.639	6.595	7.664	4.564	4.731	5.426
1957		6.454	4.882	4.705	4.697	4.639	6.595	7.664	4.564	4.731	5.426
1958		6.454	4.882	4.705	4.697	4.639	6.595	7.664	4.564	4.731	5.426
1959		6.454	4.882	4.705	4.697	4.639	6.595	7.664	4.564	4.731	5.426
7.664		6.454	4.882	4.705	4.697	4.639	6.595	7.664	4.564	4.731	5.426
7.664		6.454	4.882	4.882	4.697	4.639	6.595	7.664	4.564	4.731	5.426
1962											
1963											
1964											
1965											
1966	1.4	6.454	4.882	4.705	4.597	4.639	6.595	7.664	4.564	4.731	5.426
1967	1.4	6.454	4.882	4.705	4.597	4.639	6.595	7.664	4.564	4.731	5.426
1968	1.4	6.454	4.882	4.705	4.597	4.639	6.595	7.664	4.564	4.731	5.426
1969	1.4	6.454	4.882	4.705	4.597	4.639	6.595	7.664	4.564	4.731	5.426
1970	0.8	6.483	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624	7.694	4.593	4.761	5.455
1971	0.8	6.433	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624	7.694	4.593	4.761	5.450
1972	0.8	6.433	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624	7.694	4.593	4.761	5.450
1973	0.8	6.433	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624	7.694	4.593	4.761	5.450
1974	0.8	6.433	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624	7.694	4.593	4.761	5.450
1975	0.8	6.433	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624	7.694	4.593	4.761	5.450
1976	0.8	6.433	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624	7.694	4.593	4.761	5.450
1977	0.8	6.433	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624	7.694	4.593	4.761	5.450
1978	0.8	6.433	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624	7.694	4.593	4.761	5.450
1979	0.8	6.433	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624	7.694	4.593	4.761	5.450
1980	0.8	6.433	4.912	4.734	4.626	4.669	6.624			4.761	5.450
1981	0.8	6.450	4.610	4.600	4.636	6.605	7.678				5.763
1982	0.8	6.450	4.610	4.600	4.636	6.605	7.678				5.763
1983	0.8	6.450	4.610	4.600	4.636	6.605	7.678				5.763
1984	0.8	6.450	4.610	4.600	4.636	6.605	7.678				5.763
1985	0.8	6.450	4.610	4.600	4.636	6.605	7.678				5.763
1986	0.8	6.450	4.610	4.600	4.636	6.605	7.678				5.763
1987	0.8	6.450	4.610	4.600	4.636	6.605	7.678				5.763
1988	0.8	6.450	4.610	4.600	4.636	6.605	7.678				5.763
1989	0.8	6.450	4.610	4.600	4.636	6.605	7.678				5.763
1990	0.8	6.450	4.610	4.600	4.636	6.605	7.678				5.763

Para la localidad de Ciudad del Carmen se calcularon 51 valores faltantes del nivel medio del mar, que equivalieron al 12% del total; esta estación, al igual que el Puerto de Veracruz, contó con una serie de registros bastante completa. En la figura 157, correspondiente a la regresión lineal, se apreció un patrón de incremento en el nivel durante el período analizado de 34 años, (1956-1990): el registro inicial fue de 5.091 pies (1.527m) y el final de 5.416 pies (1.624m), con una pendiente de  $b = 0.009$ ; el aumento total ha sido 0.325 pies (0.097m), con un gradiente anual de 0.009 pies (0.002m); el incremento de este puerto fue intermedio, con respecto al resto de los puertos del Golfo. Sobresalió el aumento del nivel en 1972 y 1975, años en los que se registró evento El Niño.

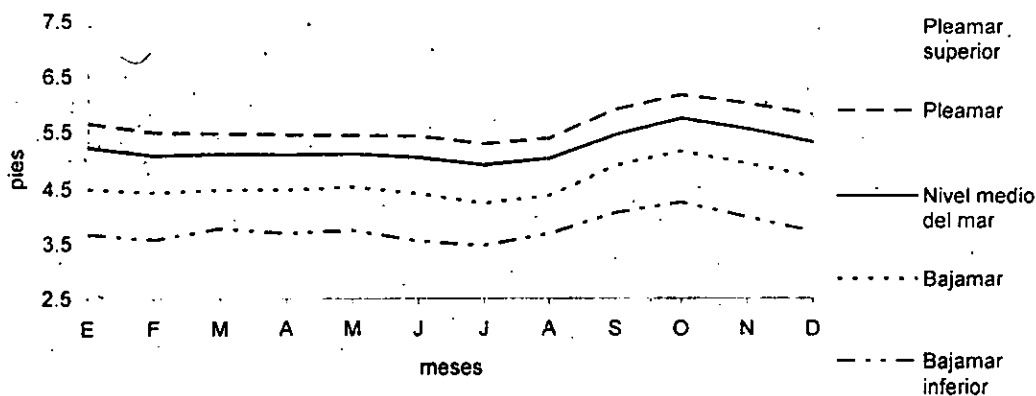


Figura 157. Nivel medio del mar en pies en Ciudad del Carmen, durante el período 1956-1990.



En esta localidad se apreció un incremento en la marcha anual de los promedios mensuales del nivel de mareas en 37 años, a partir de septiembre, se calculó su máximo en octubre, para luego decrecer; cabe señalar que en estos meses se registra el mayor número de ciclones y tormentas tropicales, este patrón de incremento también se observó en las otras localidades (Tampico, Tuxpam, Veracruz, Alvarado y Coatzacoalcos). En el resto de los meses no se apreciaron oscilaciones de consideración (Fig. 158). Los promedios mensuales de la pleamar superior, la pleamar, la bajamar y la bajamar inferior mostraron un comportamiento simétrico con el nivel medio del mar.

Figura 158. Promedios mensuales del nivel de mareas en el período 1955-1990 en Cd. del Carmen.

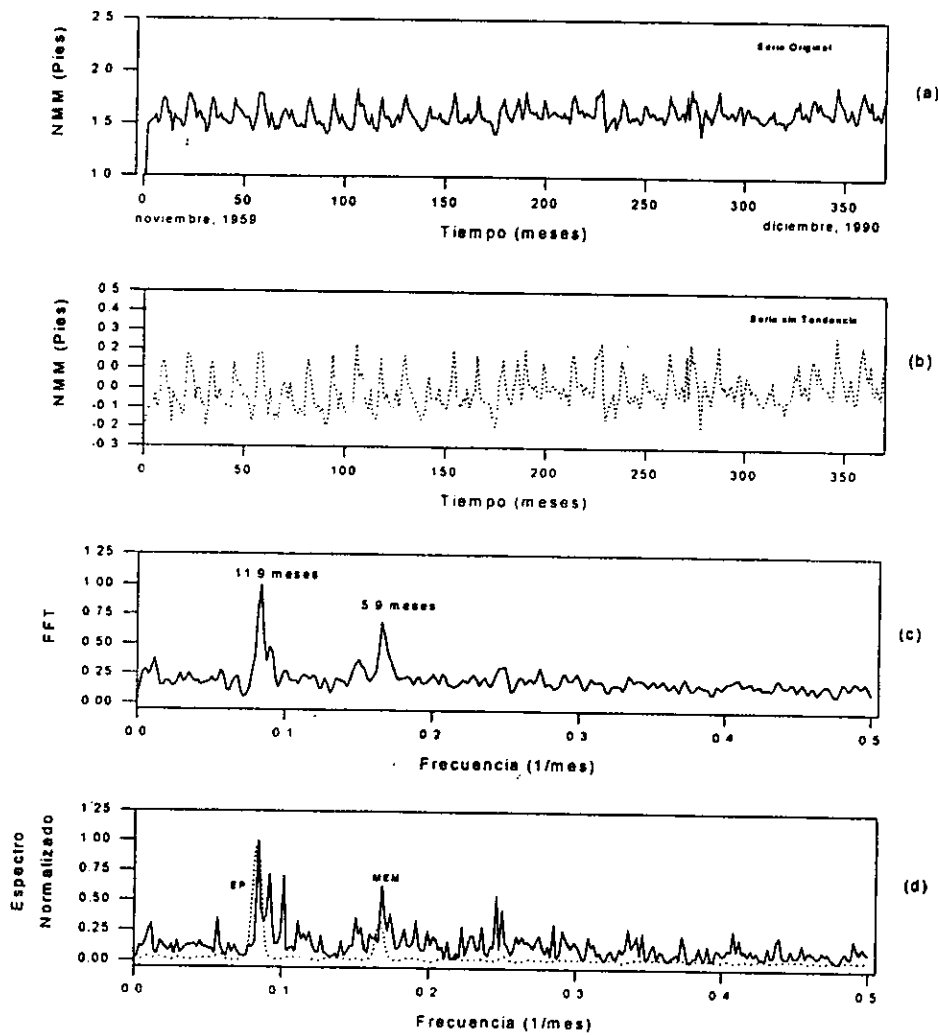


El análisis de Series de Tiempo del Nivel medio del mar mostró la existencia de una periodicidad asociada con ciclos estacionales de 6 y 11.9 meses y con el ciclo solar de 7.1 años, señalado por Otaola *et al.*, (1993), el cual también corresponde a uno de los calculados para los eventos El Niño (Tabla 98 y Fig. 159), destacó que, a diferencia de las otras localidades, en ésta, no se detectaron los ciclos solares de 10.2 y 21.3 años.

Tabla 98. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia en el nivel medio del mar en Cd. del Carmen durante el período 1962-1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses
$T_2 = 9.8$ meses	$T_2 = 6.0$ meses	$T_2 = 6.0$ meses
$T_3 = 5.9$ meses	$T_3 = 85.3$ meses (7.1 años)	
$T_4 = 4.0$ meses		
$T_5 = 18$ meses (1.5 años)		

Figura 159. Series de Tiempo del Nivel Medio del Mar en Ciudad del Carmen. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



## g) Progreso, Yucatán.

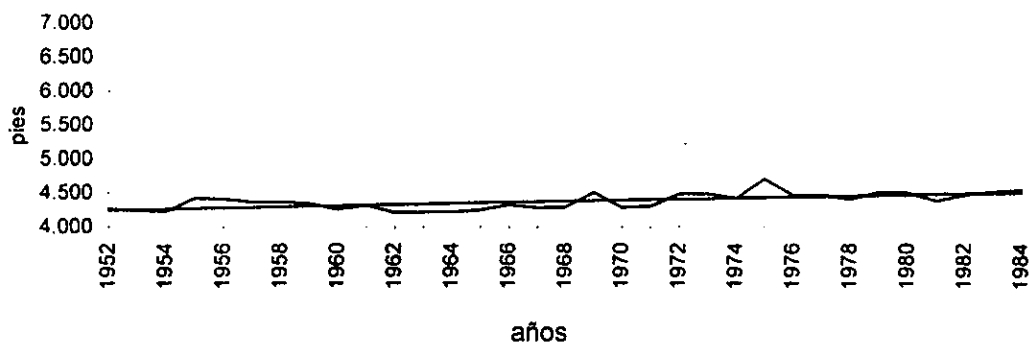
Por último se presentan en la tabla 99 los valores del nivel de referencia y el promedio de los seis bancos para el cálculo del nivel medio del mar en Progreso, empleados para el estimar los valores faltantes.

Tabla 99. Plano de Referencia, Bancos y Promedio de Bancos en Progreso durante el periodo 1952-1985 (pies).

Años	Plano de Referencia	Banco 1	Banco 2	Banco 3	Banco 4	Banco 5	Banco 6	Promedio de Bancos
1952		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609		17.579
1953		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609		17.579
1954		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609		17.579
1955		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609		17.579
1956		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609		17.579
1957		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609		17.579
1958		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609		17.579
1959		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609		17.579
1960		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609	9.236	16.189
1961		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609	9.236	16.189
1962								
1963								
1964		22.442	22.475	22.475	12.894	7.609	9.236	16.189
1965	1.9	22.442	22.475	22.475	12.894	7.609	9.236	16.189
1966	1.9	22.347	22.399	22.399	12.835	7.540		17.504
1967	1.9	22.347	22.399	22.399	12.835	7.540		17.504
1968	1.9	22.347	22.399	22.399	12.835	7.540		17.504
1969	1.9	22.347	22.399	22.399	12.835	7.540		17.504
1970	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1971	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1972	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1973	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1974	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1975	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1976	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1977	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1978	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1979	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1980	1.0	22.330	22.383	22.383	12.819	7.523		17.488
1981	1.0	22.219	22.298	22.308	12.760			19.896
1982	1.0	22.219	22.298	22.308	12.760			19.896
1983	1.0	22.219	22.298	22.308	12.760			19.896
1984	1.0	22.219	22.298	22.308	12.760			19.896
1985	1.0	22.219	22.298	22.308	12.760			19.896

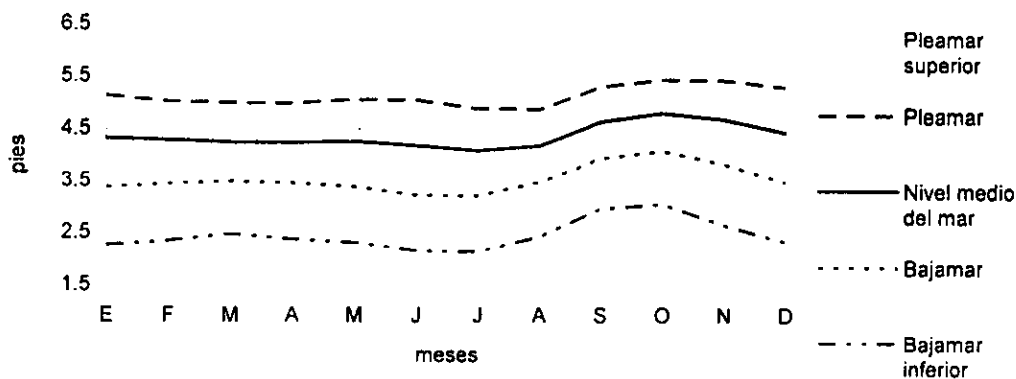
En Progreso se calcularon 35 valores faltantes del nivel medio del mar, que equivalieron al 8% del total; aunque esta estación también contó con registros bastante completos, los datos mareográficos publicados sólo abarcaron hasta 1985. En la figura 160 se observó una tendencia de incremento durante el periodo observado, 1952-1985, donde el valor mínimo fue de 4.243 pies (1.272m) y el máximo de 4.499 pies (1.3349m); el aumento total en 33 años fue de 0.256 pies (0.076m), con una pendiente de  $b = 0.007$  y un gradiente anual de 0.067 pies (0.020m); este puerto registró un incremento bajo, junto con Coatzacoalcos y Alvarado. Sobresalió el aumento en el nivel del mar durante 1975, año con evento El Niño de intensidad uno.

Figura 160. Nivel medio del mar en pies en Progreso para el período 1952-1984.



Al igual que en Cd. del Carmen, en Progreso se reflejó un incremento, al inicio de septiembre, durante el análisis de los promedios mensuales en 33 años del nivel de mareas, alcanzó su máximo nivel en noviembre y descendió paulatinamente a partir de febrero para registrar su nivel mínimo en agosto. El periodo de incremento abarcó no solo los meses de incidencia ciclónica sino también los que corresponden a la entrada de "nortes" o masas de aire polar modificado, que corresponden a noviembre, diciembre, enero y febrero (Fig. 161), cabe destacar que este incremento promedio en el nivel del mar no se observó en las localidades anteriores, lo que indica que el efecto eólico de los "nortes" sólo se apreció en esta localidad del Golfo de México; esto se explica porque la velocidad y dirección del viento registrada para esta localidad durante los meses invernales es la mayor, con respecto a las otras localidades, tal y como se corroboró en el capítulo II. Los promedios mensuales de la pleamar superior, la pleamar, la bajamar y la bajamar inferior mostraron un comportamiento simétrico con el nivel medio del mar.

Figura 161. Promedios mensuales del nivel de mareas en el período 1955-1990 en Progreso.

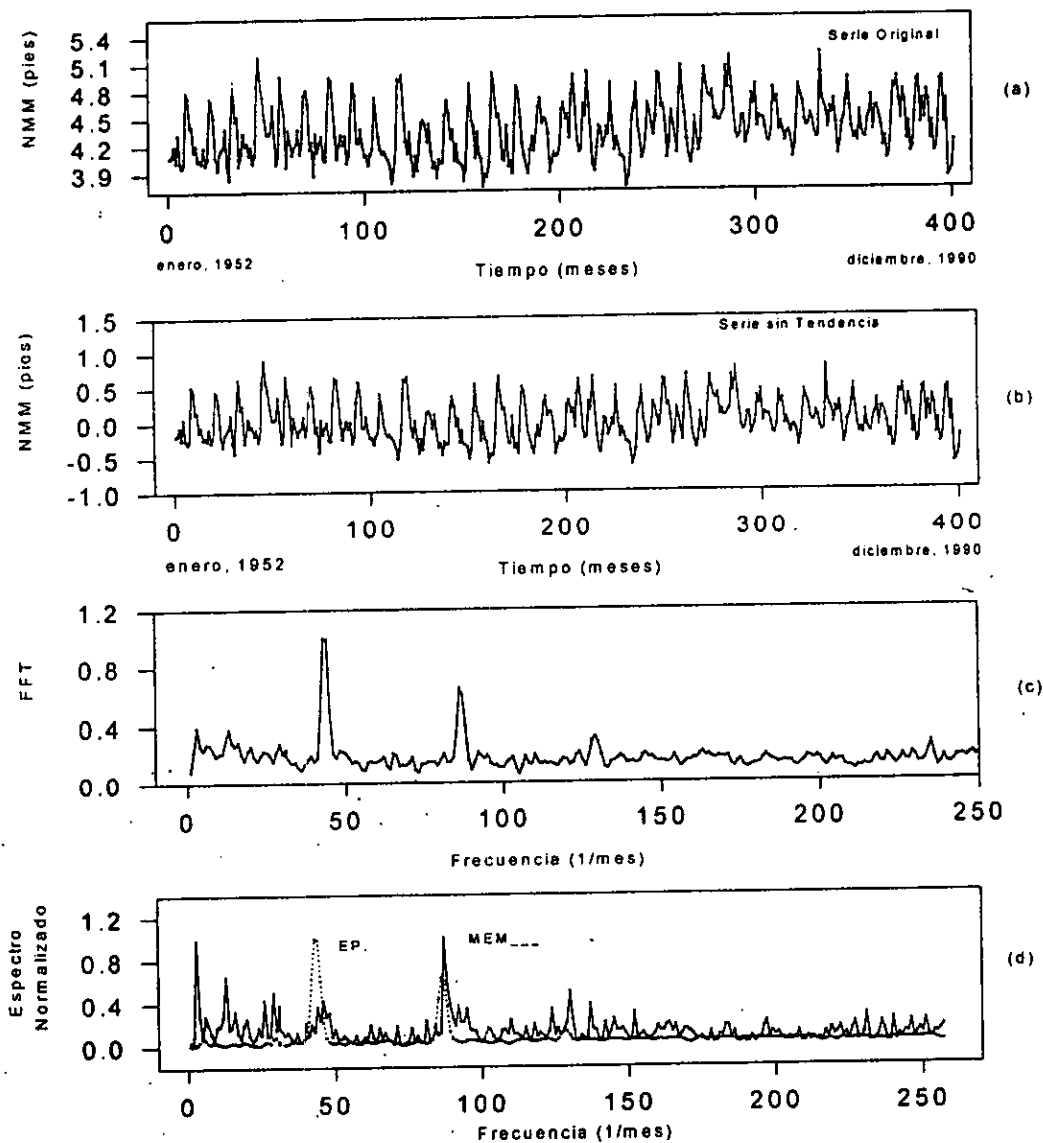


El análisis de Series de Tiempo del Nivel medio del mar mostró la existencia de una periodicidad asociada con ciclos estacionales de 6 y 11.9 meses y con dos de los ciclos solares: el de 3.5 y el de 21.3 años, este último denominado ciclo de Hale o doble solar, comportamiento semejante al calculado para Tampico, Tuxpam, y Coatzacoalcos. (Tabla 100 y Fig. 162).

Tabla 100. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia en el nivel medio del mar en Progreso durante el periodo 1952-1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 5.9$ meses	$T_1 = 11.9$ meses	$T_1 = 12.1$ meses
$T_2 = 255.7$ meses (21.3 años)	$T_2 = 6$ meses	$T_2 = 6$ meses
$T_3 = 42.6$ meses (3.5 años)	$T_3 = 42$ meses (3.5 años)	

Figura 162. Series de Tiempo del Nivel Medio del Mar en Progreso. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.

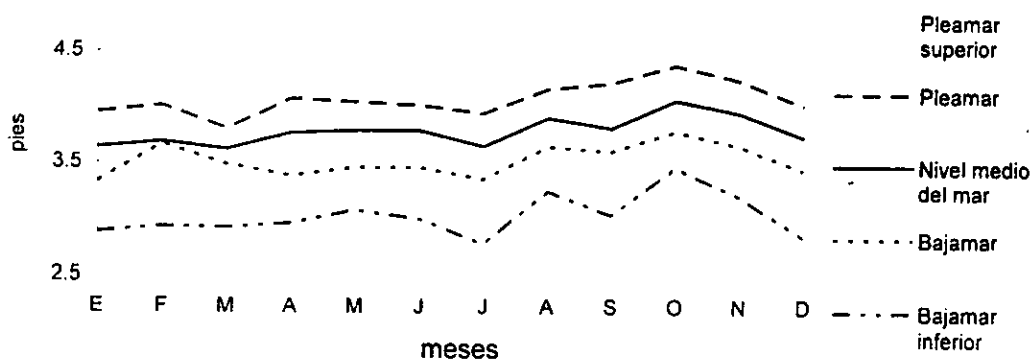


## h) Cozumel, Quintana Roo.

No fue posible efectuar para esta localidad, el análisis de regresión, para estimar la tendencia del comportamiento del nivel medio del mar y la serie de tiempo, debido a la carencia de registros publicados; únicamente se contó los registros promedio mensuales, insuficientes para correr pruebas mencionadas.

El comportamiento del incremento de los promedios mensuales del nivel de mareas se inicia en agosto y concluye en diciembre; sin embargo, éste es en realidad es muy ligero y el resto del año no se registran oscilaciones (Fig. 163) es de destacar el número de meses que abarca el incremento promedio mensual del nivel medio del mar, aumento que se observa de manera generalizada sólo durante los meses de septiembre y octubre en las otras localidades del Golfo de México y el Caribe Mexicano. Los promedios mensuales de la pleamar superior, la pleamar, la bajamar y la bajamar inferior mostraron un comportamiento simétrico con el nivel medio del mar.

Figura 163. Promedios mensuales del nivel de mareas en el período 1955-1990 en Cozumel.



## DISCUSIÓN

Los cambios en el nivel medio del mar se deben, en diversas escalas temporales y espaciales, a numerosas causas. Los mareógrafos miden las variaciones con respecto de una determinada cota, registrando así la modificación del nivel relativo del mar, ocasionada tanto por movimientos verticales de la Tierra como por cambios reales (eustáticos) del nivel oceánico. Los desplazamientos verticales de la Tierra son producidos por diferentes movimientos isostáticos naturales de sedimentación, por procesos tectónicos e, incluso, por actividades antropogénicas (la extracción de aguas subterráneas o de petróleo, el represamiento y la alteración de las descargas fluviales). Dentro de la escala temporal de 40 años empleada aquí son, probablemente, los factores climáticos los que más afectan las variabilidades del nivel eustático

Los resultados de las regresiones lineales de todas las localidades analizadas del Golfo de México y el Caribe Mexicano mostraron una tendencia positiva, lo que significa que durante el periodo observado se ha registrado un incremento en el nivel medio del mar (Tabla 101). Cabe señalar que en todas las localidades el incremento superó lo pronosticado para este siglo, que era de entre 1.0 a 2.0 mm, según lo señalan Barnett (1983); Barnett (1984); Aubrey (1985); Pirazzoli *et al.*, (1987); Barnett (1988); Ekman (1988); van der Veen (1988); Gornitz y Solow (1989) y Olermans (1989).

Tabla 101. Incremento del Nivel Medio del Mar en el Golfo de México y Caribe Mexicano.

Localidad	Período Observado en años	Incremento en pies	Incremento en metros	Incremento anual en pies	Incremento anual en metros	Porcentaje de registros calculados
Tampico	38	0.588	0.176	0.015	0.004	38%
Tuxpam de R.C.	32	0.739	0.221	0.020	0.006	28%
P. de Veracruz	37	0.181	0.054	0.181	0.054	1%
Coatzacoalcos	38	0.267	0.080	0.007	0.002	28%
Alvarado	35	0.056	0.168	0.001	0.0004	26.9%
Cd. del Carmen	34	0.325	0.097	0.009	0.002	12%
Progreso	33	0.256	0.076	0.067	0.020	8%

La falta de registros continuos en las mediciones del nivel medio del mar, además de la severa oscilación que se reporta entre los bancos de nivel y el plano de referencia y la carencia de un factor de corrección de los movimientos verticales de las masas continentales, generan una incertidumbre importante en lo que se refiere a la validez de los resultados. De cualquier manera, aunque incluyen este error sistemático, los resultados se discuten a continuación.

Se observó que existe una correspondencia directa de los años en los que se incrementa el nivel medio del mar con los eventos El Niño, igual que otras regiones del mundo, tal y como lo señalan Schoener y Tufts (1987); Lukas, (1988); Niebauer (1988); Tsiganov (1989); Childers, *et al.*, (1990); Kope y Botsford (1990); Latif y Willwock (1990); Das y Radhakrishna (1991); Hsieh y Hamon (1991); Goeber, *et al.*, (1991); Parker (1992); Rodas y Hernández (1994); Thompson y Tabata (1982). Todos estos autores mencionan, además, el vínculo de estos dos factores con los ciclos solares y los lunares.

En lo que respecta a la asociación del incremento en el nivel medio del mar con los ciclos de manchas solares existen diversos autores que también han encontrado resultados semejantes a los anteriores, como Mosetti (1990); en referencia al empleo de las Series de Tiempo para la evaluación a largo plazo de las alteraciones en el nivel medio del mar, Huang y Changwu (1984), Cheney *et al.*, (1989), Fuehrboeter (1989), señalan que los periodos magnéticos de la actividad solar son los responsables, en parte, de estas modificaciones.

Existen diferencias en el nivel medio del mar en años con eventos El Niño y con eventos La Niña, tal y como se muestra en la Tabla 102, en la que se expresan los promedios del nivel del mar en años con estos eventos. Se puede observar que las mayores alturas del nivel medio del mar en años con eventos El Niño se registraron en Alvarado, mientras que las menores lo fueron en Ciudad del Carmen.

Tabla 102. Promedio del nivel medio del mar en pies y en centímetros en años con eventos El Niño y La Niña.

	Eventos El Niño		eventos La Niña		diferencia promedio	
	pies	cm	pies	cm	pies	cm
Tampico	6.288	1.888	6.198	1.859	0.090	0.027
Tuxpam de R. Cano	4.521	1.356	4.465	1.339	0.059	0.017
Puerto de Veracruz	4.864	1.459	4.783	1.434	0.081	0.024
Coatzacoalcos	6.498	1.949	6.438	1.931	0.060	0.018
Alvarado	5.269	1.580	5.166	1.549	0.103	0.030
Cd. del Carmen	5.271	1.581	5.253	1.575	0.018	0.005
Progreso	4.416	1.324	4.346	1.303	0.070	0.021

Los análisis de series de tiempo realizados en siete localidades portuarias revelaron que existe una periodicidad en el incremento del nivel del mar, con una componente fundamental estrechamente asociada a tres ciclos solares: el de 11 años, denominado de Wolf; el de 22 años o de Hale; y uno grande, con una duración de entre 80 y 100 años, conocido como el ciclo secular o de Gleissberg.

Fue notorio en todas las localidades analizadas del Golfo de México y el Caribe Mexicano que el incremento en el nivel medio del mar se presentó durante los meses de septiembre y octubre, meses en los que se registra la mayor incidencia ciclónica; lo mismo se reporta en la región sur de Cuba (Rodas y Hernández, 1994).

En el caso del Golfo de México los cambios en el nivel medio del mar registrados en las zonas costeras pueden no sólo deberse a un cambio climático, sino también a las rupturas en el balance de la distribución de energía y materia de los geosistemas fluvio-marinos, que son de carácter antropogénico y que tienen que ver con las obras de ingeniería hidráulica, represas y canales de derivación para riego, obras de contención para el control de avenidas y desvíos en los escurrimientos de las corrientes fluviales; de acuerdo a Ortiz-Pérez (1994) ocasionan un problema añadido, ya que al quedar controlado el escurrimiento con la obras hidráulicas, se retienen los sedimentos río arriba, dejándose de acumular éstos en la cuenca sedimentaria de la planicie deltaica.

Las modificaciones en los volúmenes y trayectorias de las descargas fluviales inducidos por el hombre, en las acciones de represamiento de ríos, han ocasionado, indudablemente, alteraciones en la dinámica estacional del ciclo hidrológico; sin embargo, la falta de registros históricos en los afores de las descargas en una escala tanto espacial como temporal, impiden determinar los cambios ocurridos en la región del Golfo de México.

El incremento en el nivel medio del mar también podría estar asociado a los ciclos registrados en los volúmenes de precipitación pluvial, tal y como lo señalan Campbell (1983) y Stravisi y Ferraro (1986); por su parte Díaz y Kiladis (1983), atribuyen las oscilaciones en el nivel medio del mar a las anomalías de la temperatura superficial del océano resultantes, tanto de la influencia térmica de la atmósfera durante los meses invernales, como de la precipitación. Sin embargo, Rodas y Hernández (1994), señalan que los valores extremos del nivel medio del mar pueden ser utilizados en el estudio de la influencia de los fenómenos atmosféricos de escala sinóptica, pero sólo en calidad de indicador relativo, ya que también están implícitas oscilaciones de otro origen, como son las mareas. De acuerdo a Ritter *et al.*, (1983), la tensión aportada por el viento sobre grandes áreas oceánicas puede producir oscilaciones de forma regular y ser responsable de las variaciones en el nivel medio del mar.

Otra de los elementos que influye en la oscilación del nivel medio del mar es el viento; en algunas regiones, como la costa noreste de Brasil, se han registrado incrementos de entre 30 y 40 cm, reportados por Signorini y Miranda (1983). En este sentido Veronis y Stommel (1956), señalan que los cambios de la tensión superficial del viento constituyen una respuesta a las oscilaciones de la presión y la temperatura.

Se conoce muy poco acerca de la variabilidad en el almacenamiento e intercambio o transferencia de calor, debido a la cantidad de escalas espaciales y temporales que se necesitaría determinar para entenderla, en donde se incluirían las de días, estaciones, años y otras de mayor magnitud temporal, mientras que, desde el punto de vista espacial involucrarían, desde las pequeñas turbulencias hasta las ondas de Kelvin, Verstraete (1988); D'Asaro (1982) y Munk *et al.*, (1982), sugieren que el contenido de calor y de sal en los océanos que se registra en la expansión y contracción de la columna de agua es el resultado de los cambios en las estructuras termales y halinas; en este mismo sentido Palumbo y Mazzarella (1982), proponen una hipótesis hidrostática basada en los ciclos estacionales de la presión atmosférica, con la consecuente estacionalidad térmica del océano y su repercusión en las oscilaciones del nivel medio del mar. Es decir, si la masa de agua se mantiene constante, el volumen de los océanos y, consecuentemente, el nivel del mar, variará de acuerdo a los cambios en la densidad del agua; esta última propiedad está inversamente relacionada con la temperatura, por lo que la densidad disminuye a medida que los océanos se calientan y estos últimos se expanden, lo que aumenta el nivel del mar debido a cambios de volumen. Las alteraciones de la salinidad pueden ocasionar marcadas variaciones regionales en la densidad y el volumen del agua del mar, aunque este efecto es, relativamente, poco importante a escala mundial.

Finalmente, a pesar de que los resultados apuntan hacia un incremento del nivel medio del mar, se debe ser sumamente cauto antes de afirmar que el aumento calculado, si es que lo hay, obedece a un Cambio Global del Clima.



## CONCLUSIONES

- Todos los Puertos del Golfo de México registraron un incremento el nivel medio del mar promedio de 0.124 metros durante los últimos 40 años; Tuxpam de Rodríguez Cano registró el mayor incremento con 0.221 m.
- Existe una fuerte asociación periódica entre los incrementos del nivel medio del mar con los tres ciclos solares: el de Wolf de 11 años, el de Hale de 22 años y el secular, de entre 80 y 100 años.
- Existe una diferencia del 0.7% mayor en el nivel medio del mar en años con eventos El Niño respecto a años con eventos La Niña.
- En todas las localidades y durante el período analizado, se registró un aumento promedio en el nivel medio del mar en los meses de septiembre y octubre como resultado de la incidencia ciclónica.
- Las mejores asociaciones establecidas a partir de series de tiempo muestran que la incidencia ciclónica y los eventos El Niño están asociados fuertemente con los ciclos solares y con el incremento en el nivel medio del mar.
- Los resultados estimados no son suficientes para afirmar la ocurrencia de un Cambio Global del Clima en el Golfo de México y Caribe Mexicano.

## CAPÍTULO V

## COMPORTAMIENTO DE LOS VOLÚMENES DE CAPTURA DE DOCE ESPECIES PESQUERAS Y SU RESPUESTA A DISTINTAS VARIABLES OCEANO-ATMÓSFERA.

En esta última sección se analizan las alteraciones en los volúmenes de captura de doce especies pesqueras de importancia comercial en la plataforma continental, el talud y la llanura costera del Golfo de México y el Caribe Mexicano, tomando como referencia los resultados de las variables océano-atmósfericas obtenidos en los cuatro capítulos anteriores, incluido el comportamiento de los ciclos de las manchas solares en el período 1950-1990. El objetivo es, precisamente, determinar las interrelaciones existentes entre dichas variables ambientales y la conducta general de doce especies seleccionadas para su estudio. Dentro de éstas se encuentran tres de camarón (*P. setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*); entre los peces cartilaginosos está el cazón (*Rhizoprionodon*, spp), y dentro de los peces óseos el bonito (*Euthynnus*, spp.), la corvina (*Sciaenops*, spp.), el huachinango (*Lutjanus*), la lisa (*Mugil*, spp), el mero (*Epinephelus*, spp.), la mojarra (*Eugerres*, spp.), el pargo (*Lutjanus*, spp.), el robalo (*Centropomus*, spp.) y la sierra (*Scomberomorus*, spp.). Todos los volúmenes de captura se recopilieron de los Anuarios Estadísticos de Pesca durante el periodo 1963-1990, reportados como peso fresco desembarcado por estado; no fue posible determinar la captura por unidad de esfuerzo debido a que no se señalaba, dentro de los anuarios, ni el número de barco, de viajes o de lances que implica cada una de ellas; en el caso particular de la captura del camarón de Cd. del Carmen, fue posible estimar el esfuerzo pesquero, debido a la disponibilidad de las bitácoras de desembarque, por lo que el análisis para esta localidad resultó completo. El procesamiento de los volúmenes de captura de cada una de las especies analizadas se hizo por localidad portuaria e incluyó un análisis de componentes principales, un polinomial y una serie de tiempo. En el caso particular del camarón de Cd. del Carmen se incluyó además un análisis de correlación múltiple con las variables ambientales.

Algunos de los resultados de este apartado confirman cuantitativamente a través de las herramientas matemáticas utilizadas, lineales y no lineales, que la variabilidad en los volúmenes de captura depende en un 50% del efecto combinado de los factores ambientales que integran el sistema océano-atmósfera y no a la acción aislada de cada uno de ellos; estos resultados también señalan que la oscilación de los volúmenes de captura fue cíclica y se encuentra vinculada con procesos climáticos recurrentes como los eventos El Niño y los ciclos de actividad solar.

## a) Tamaulipas.

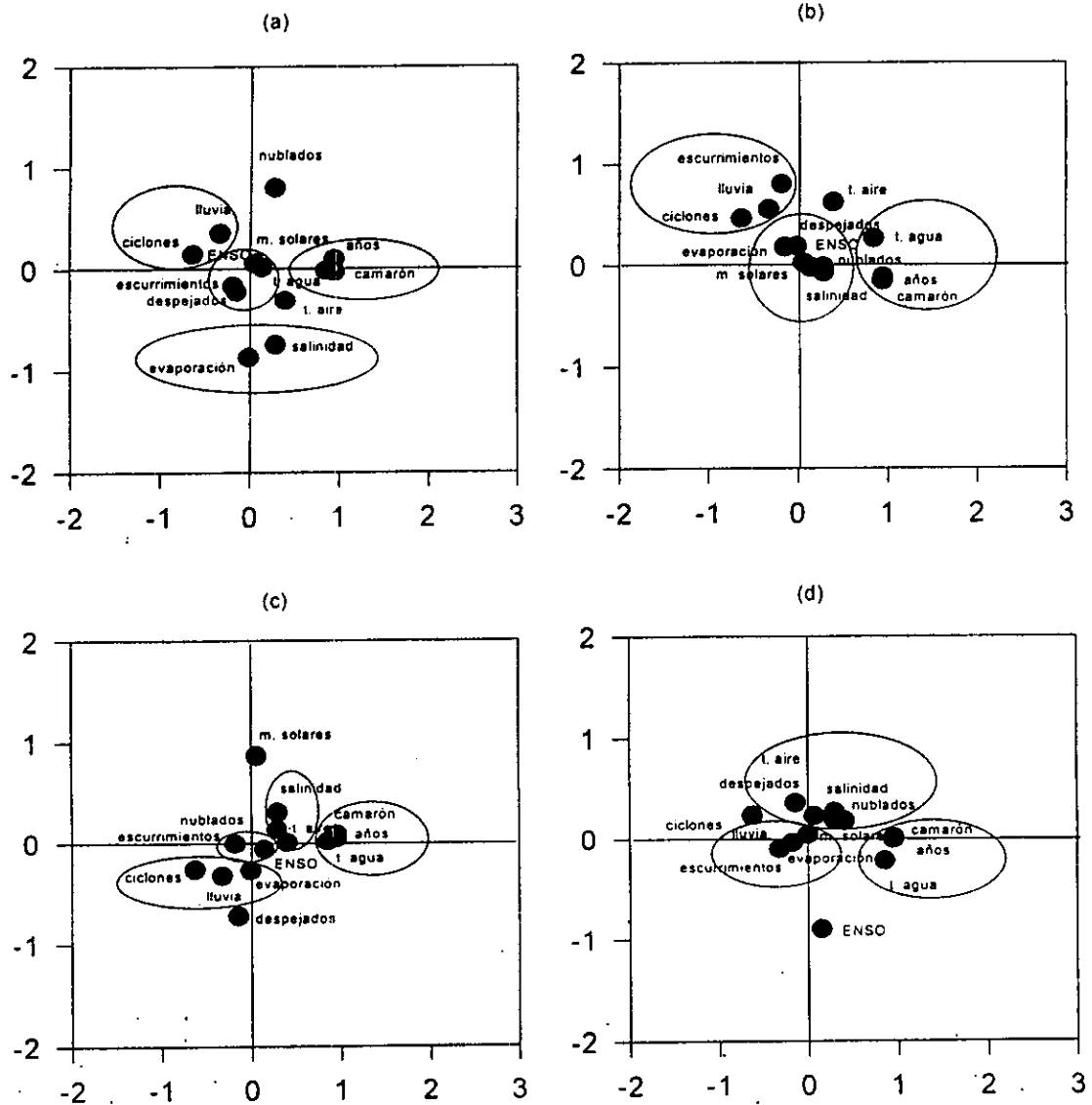
Camarón (*Penaeus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el camarón (*Penaeus* spp.), mostró los siguientes resultados: (Tabla 125 y Fig. 164); la captura total de camarón estuvo relacionada de manera inversa con la precipitación, las descargas fluviales y la incidencia ciclónica, tal y como lo señala la primera y segunda componente; la salinidad es el factor determinante en el volumen de captura, pues a medida que aquella se modifica, éste se altera en sentido inverso.

Tabla 103. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus* spp.) y las variables océano-atmósfera en Tampico.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.86363011	29.7202316	3.86363011	29.7202316
Factor 2	2.50109017	19.2391551	6.36472027	48.9593867
Factor 3	1.66676386	12.8212604	8.03148413	61.7806471
Factor 4	1.35347552	10.4113501	9.38495965	72.1919973
Factor 5	1.00966154	7.7666272	10.3946212	79.9586245

Figura 164. Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus* spp.) en Tampico.

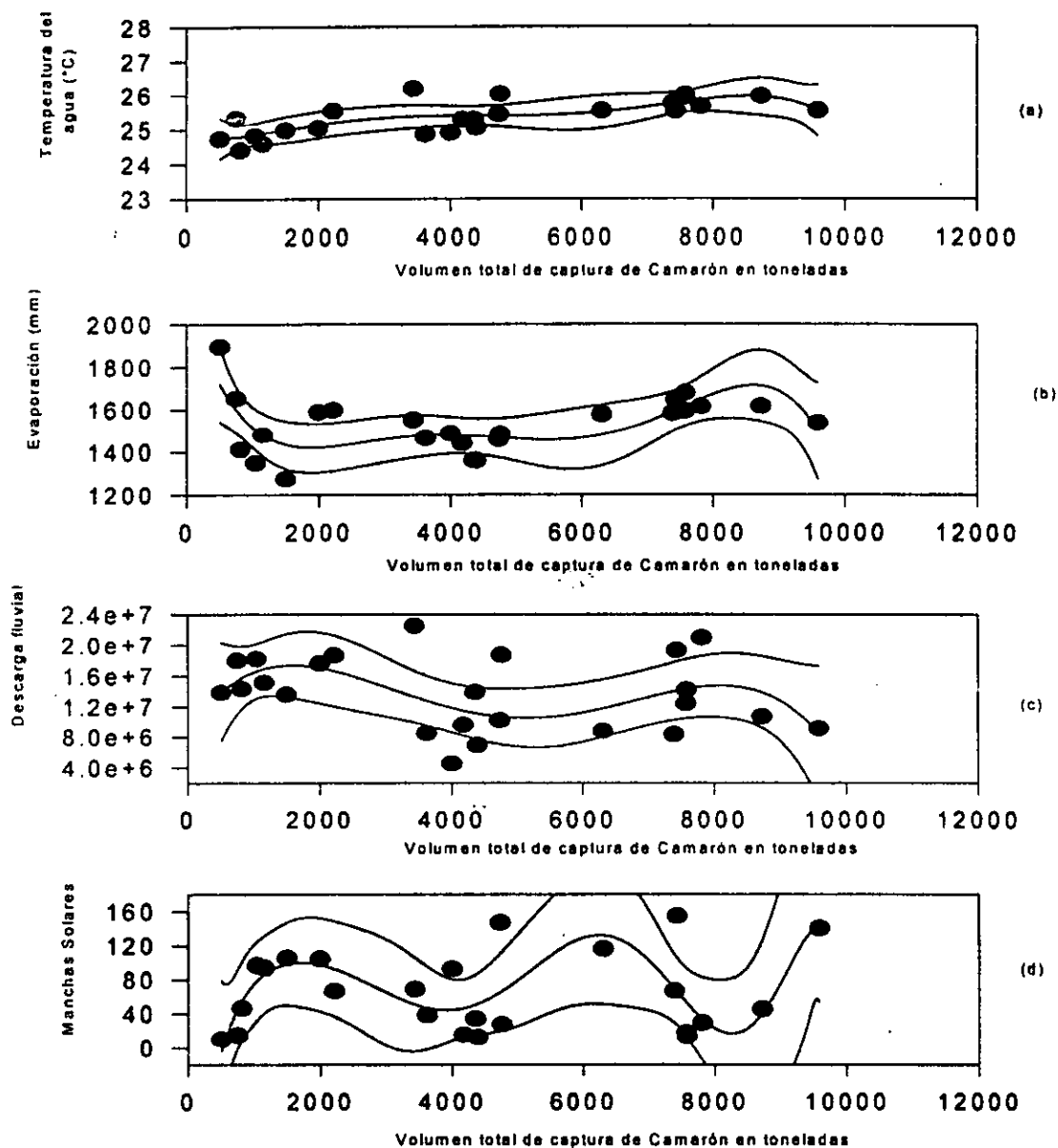


El análisis polinomial de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) se indica en la tabla 104 y figura 165, e indica, a través del orden del polinomio, la existencia de una alta complejidad dentro de esta comunidad con las variables ambientales, en donde el Sol constituye indudablemente una función forzante dentro del complejo sistema océano-atmósfera y para las poblaciones que cohabitan dentro de éste; en este caso la salinidad y sus modificadores constituyen una influencia cíclica dentro del sistema. Los niveles de confianza fue del 98%; sin embargo, su representación gráfica resulta altamente compleja, lo que la hace prácticamente imposible de interpretar bajo otro punto de vista. Es importante señalar que existe una concordancia importante con lo determinado a partir del análisis de componentes principales.

Tabla 104. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Tampico, con las variables ambientales.

	Temp. del agua	Evaporación	Descarga fluvial	Manchas Solares
Orden del polinomio	5	5	4	8
Regresión	$r^2 = 0.42$	$r^2 = 0.14$	$r^2 = 0.35$	$r^2 = 0.59$

Figura 165. Análisis polinomial de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Tampico. (a) captura vs temperatura del agua, (b) captura vs evaporación, (c) captura vs descargas fluviales, (d) captura vs manchas solares.

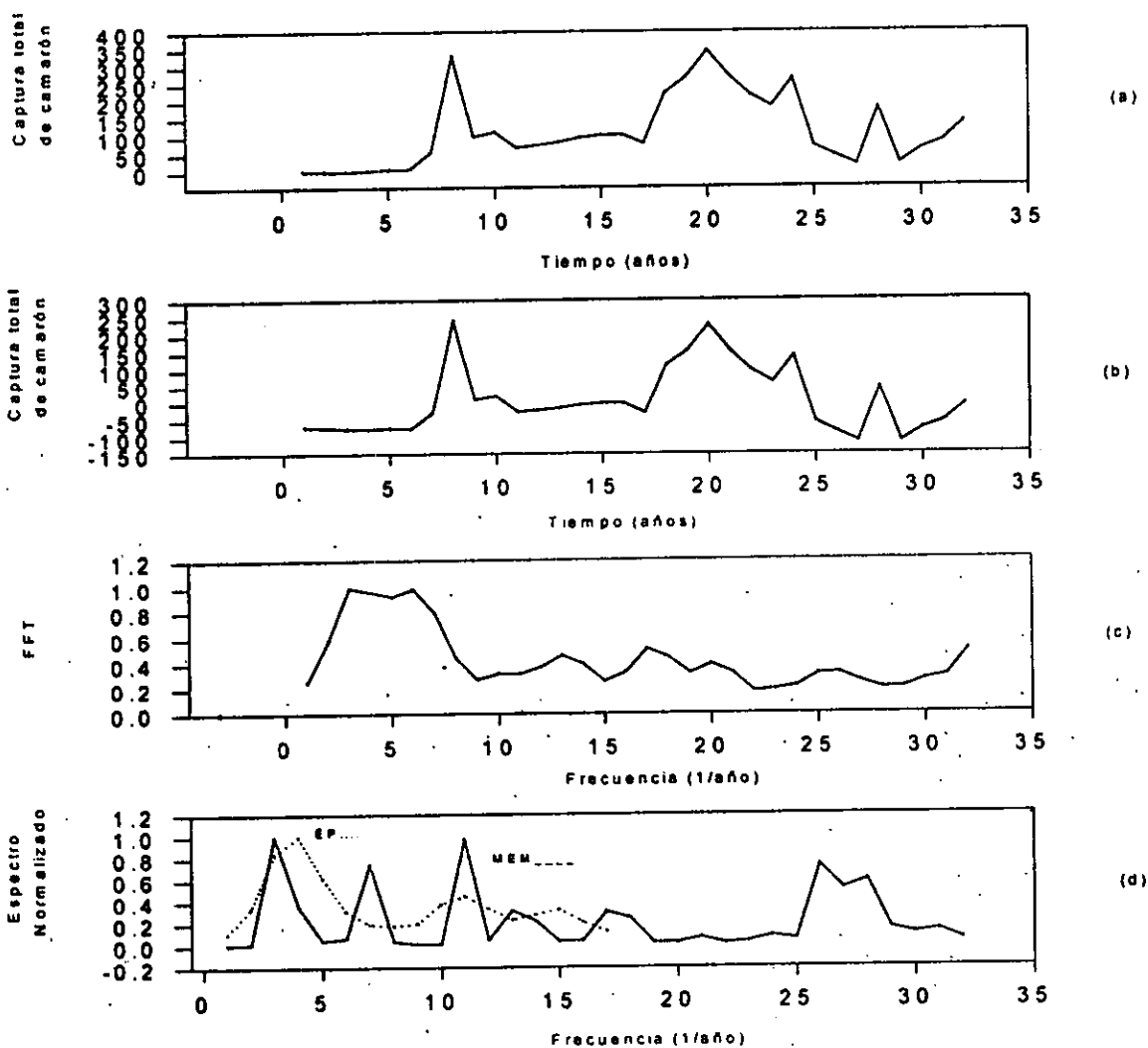


En los resultados del análisis de Series de Tiempo de la captura total de camarón (*Penaeus, spp.*), que se muestran en la tabla 105 y figura 166, se indica una asociación alta con la temporada climática de lluvias, que es de seis meses, correspondiente al de 0.5 años, mientras que el de 2.5 años es equivalente a uno de los ciclos de ocurrencia de los eventos El Niño.

Tabla 105. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de camarón (*Penaeus, spp.*) en Tampico, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 6$ meses	$T_1 = 6$ meses	$T_1 = 2.5$ años
$T_2 = 0.08$ años	$T_2 = 0.09$ años	$T_2 = 0.08$ años
$T_3 = 0.1$ años		

Figura 166. Series de Tiempo de la captura total de camarón (*Penaeus spp.*) en Tampico. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



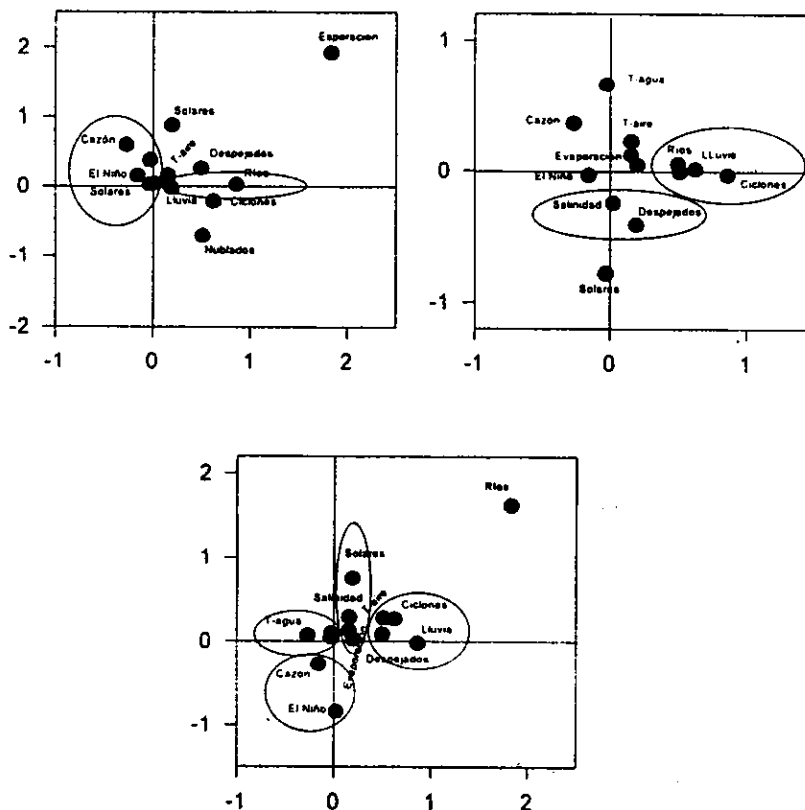
Cazón (*Rhizoprionodon* spp.)

El análisis de componentes principales para el cazón (*Rhizoprionodon* spp.), mostró los siguientes resultados: (Tabla 106 y Fig. 167); las variables ambientales modifican la captura del cazón de la siguiente manera: en la primera componente se observa que existe una relación inversa entre las descargas de los ríos, las precipitaciones y la incidencia ciclónica con la ocurrencia de los eventos El Niño; se aprecia por otro lado que existe una relación negativa o inversa con los ciclos de las manchas solares y las capturas de cazón. Es posible señalar que la salinidad es el principal modificador del volumen de la captura y que cuando ésta se ve alterada por los modificadores antes señalados, la captura también lo hace y en un sentido inverso.

Tabla 106. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon* spp.) y las variables océano-atmósfera en Tampico.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.065167	25.54306	3.065167	25.54306
Factor 2	2.280617	19.00514	5.345784	44.54820
Factor 3	1.590247	13.25205	6.936031	57.80026
Factor 4	1.086865	9.05721	8.022896	66.85746
Factor 5	1.079112	8.99260	9.102008	75.85006

Figura 167. Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon* spp.) en Tampico.

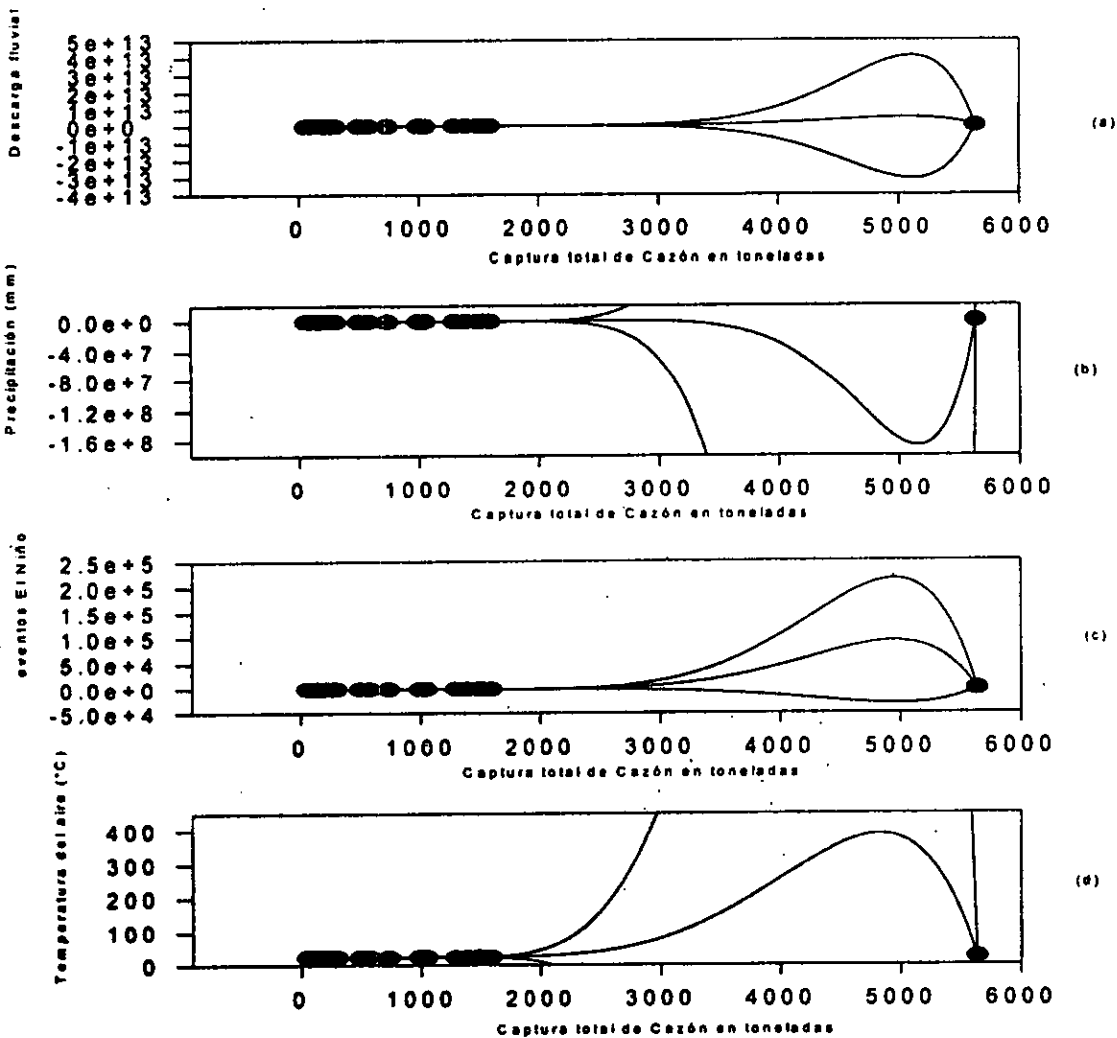


El análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestra en la tabla 107 y figura 168, en donde se observa a través del orden calculado, que las asociaciones dentro del ecosistema son complejas como para poder explicarlas de forma simple. Cabe señalar que, aunque el intervalo de confianza del 98%, la representación gráfica resulta complicada de explicarse. Es indudable que las variables forzantes dentro de esta población son la salinidad y sus modificadores en primer término y, en segundo, la temperatura del agua, tal y como lo corrobora el análisis de componentes principales.

Tabla 107. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Tampico, con las variables ambientales.

	Descarga fluvial	Precipitación	eventos El Niño	Temp. del aire
Orden del polinomio	9	9	7	6
Regresión	$r^2 = 0.50$	$r^2 = 0.50$	$r^2 = 0.37$	$r^2 = 0.48$

Figura 168. Análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Tampico. (a) captura vs descarga fluvial, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs eventos El Niño, (d) captura vs temperatura del aire.

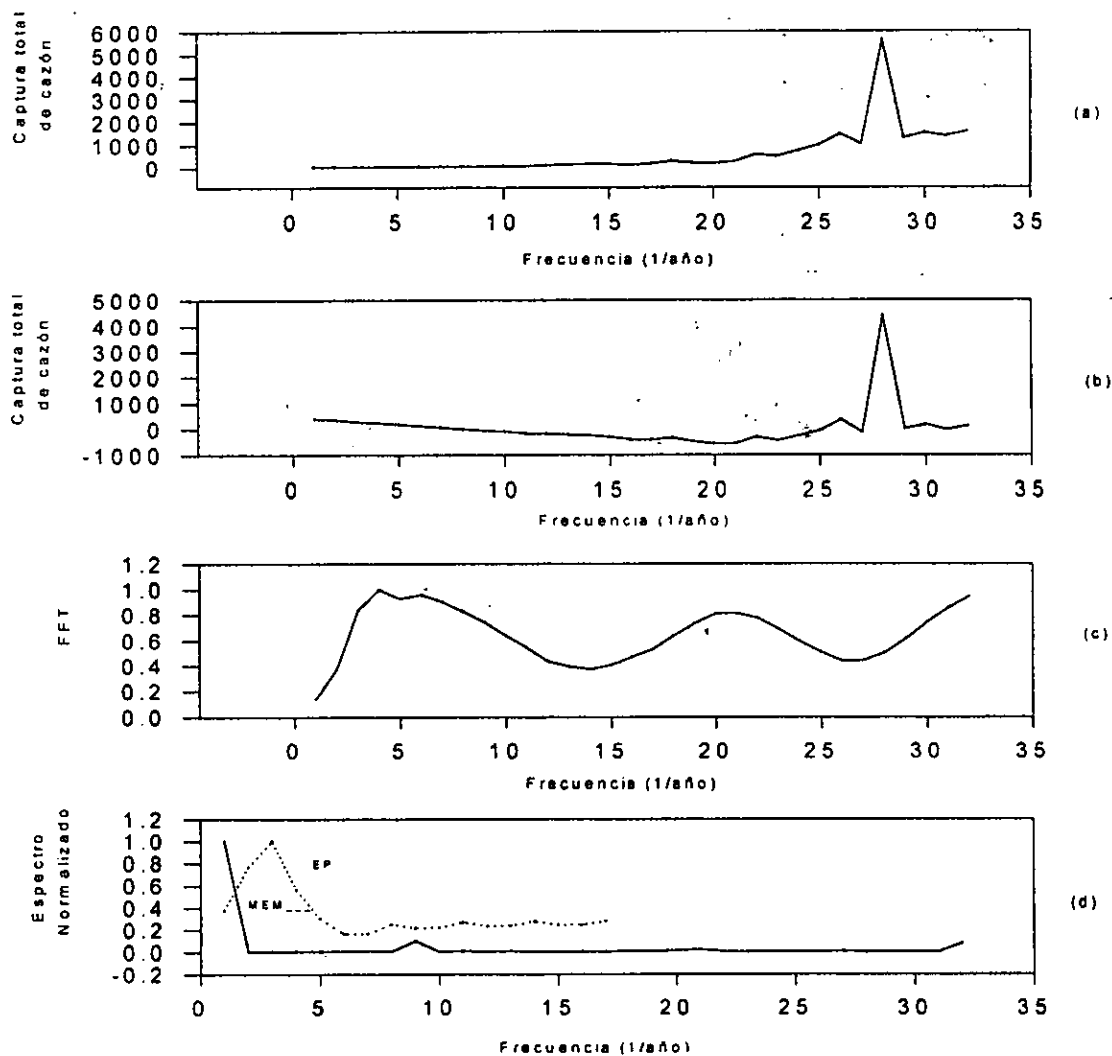


Los resultados del análisis de Series de Tiempo de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestran en la tabla 108 y figura 169, en donde aprecian cuatro ciclos vinculados, posiblemente, con ciclos solares que corresponden a los de: 2.06; 3.2; 8 y 21.3 años; otro ciclo, el de 16 años, podría constituir un armónico secundario de la edad de la captura promedio, que sería de cuatro años; sin embargo, se carece de estudios desarrollados acerca de la longevidad de estos organismos por lo que no es posible corroborar esta hipótesis.

Tabla 108. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Tampico, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 8$ años $T_2 = 2.06$ años	$T_1 = 21.3$ años $T_2 = 3.2$ años	$T_1 = 16$ años

Figura 169. Series de Tiempo de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Tampico. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





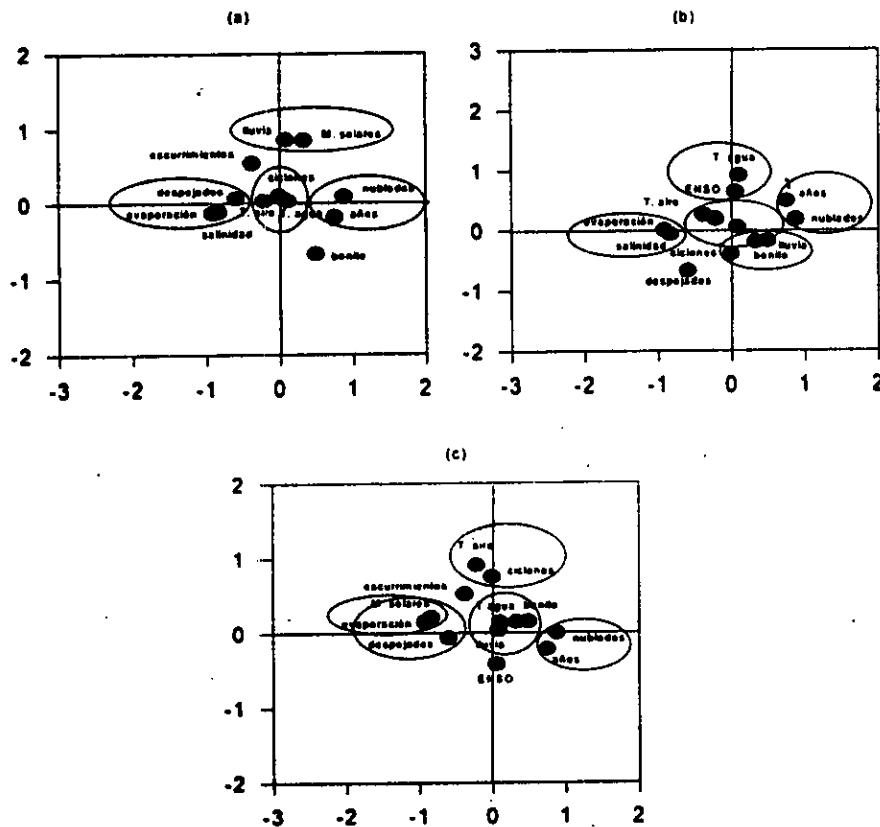
Bonito (*Euthynnus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el bonito (*Euthynnus*, spp.), mostró los siguientes resultados: (Tabla 108 y Fig. 170). La captura total se explica principalmente por el comportamiento de las siguientes variables: en la primera componente los días nublados estuvieron asociados de manera inversa con la evaporación y la salinidad; en la segunda componente, se determina que las descargas fluviales se relacionan de manera inversa con la captura total y la tercera componente muestra que, la temperatura del agua y los eventos El Niño están asociados de manera inversa con la incidencia ciclónica. Se puede afirmar entonces que la salinidad y sus modificadores son los responsables directos de los volúmenes de captura, seguidos, en orden de importancia, por la temperatura del agua.

Tabla 108. Eigenvalores calculados a través del Análisis de Componentes Principales para el bonito (*Euthynnus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Tampico.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.40706049	33.9004653	4.40706049	33.9004653
Factor 2	2.60064331	20.0049485	7.0077038	53.9054138
Factor 3	1.9468809	14.9760069	8.9545847	68.8814208
Factor 4	1.55782107	11.983239	10.5124058	80.8646598

Figura 170. Análisis de Componentes Principales para el bonito (*Euthynnus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Tampico.

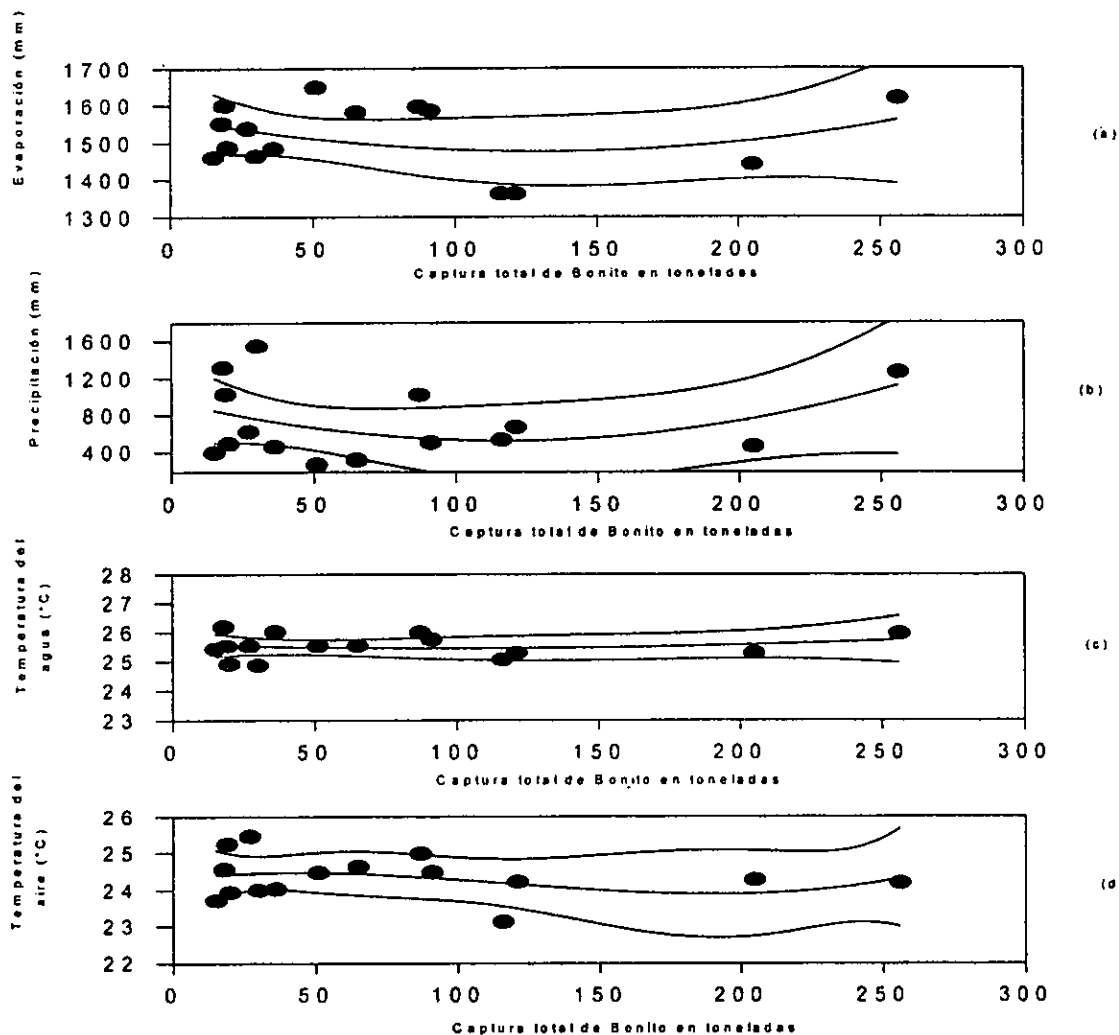


El análisis polinomial de las variables que incidieron de manera más directa en la captura del bonito (*Euthynnus*, spp.), se muestran en la tabla 109 y figura 171, en donde se observa que el orden polinomial estimado se podría considerar como bajo, en una escala del orden del 1 al 10; sin embargo, los resultados ponen de manifiesto que la complejidad de las relaciones entre la respuesta biológica, la captura y las variables ambientales es altamente compleja, lo cual se aprecia, la representación gráfica de los polinomios se expresó dentro de un intervalo de confianza del 98%. El comportamiento de la evaporación, la precipitación y las temperaturas del aire y del agua corroboran lo expuesto en el análisis de componentes principales.

Tabla 109. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de bonito (*Euthynnus*, spp.) en Tampico, con las variables ambientales.

	Evaporación	Precipitación	Temp. del agua	Temp. del aire
Orden del polinomio	2	4	2	3
Regresión	$r^2 = 0.02$	$r^2 = 0.12$	$r^2 = 0.02$	$r^2 = 0.20$

Figura 171. Análisis polinomial de la captura total de bonito (*Euthynnus*, spp.) en Tampico. (a) captura vs evaporación, (b) captura vs precipitación, (c) captura temperatura del agua, (d) captura temperatura del aire.



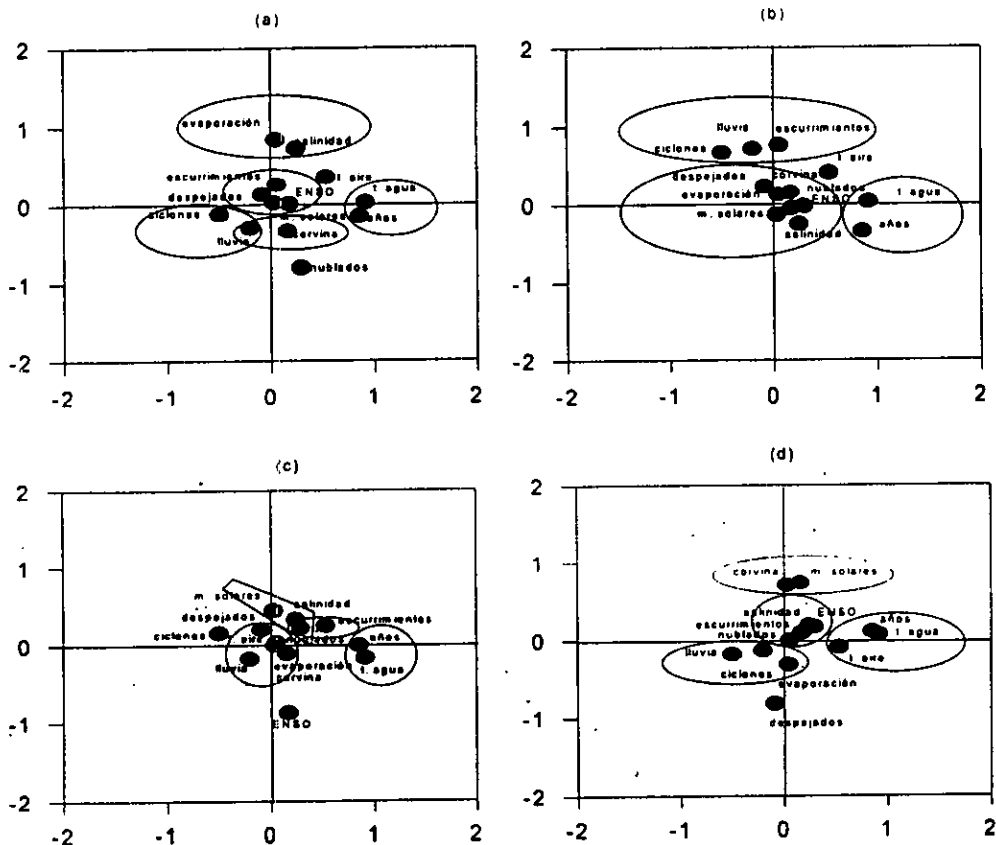
Corvina (*Sciaenops, spp.*)

El análisis de componentes principales para la corvina (*Sciaenops, spp.*), mostró los siguientes resultados: (Tabla 110 y Fig. 172). El volumen de la captura total se vio modificada por las variables ambientales de la siguiente forma: en la primera componente se observa que la temperatura del agua está relacionada de manera inversa con la incidencia ciclónica; en la segunda componente, resultó evidente que la captura total de la corvina está relacionada de manera directa con los días nublados e inversamente con la evaporación; se observa también que la salinidad esta asociada de manera inversa con la precipitación, con las descargas fluviales y con la incidencia ciclónica, tal como se corrobora en la tercera componente; es posible señalar entonces que son la salinidad y su modificadores, en primer término y, en segundo, la temperatura del agua; los principales modificadores de la captura total.

Tabla 110. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales de la corvina (*Sciaenops, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Tampico.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.2910708	25.3159293	3.2910708	25.3159293
Factor 2	2.59804297	19.9849459	5.88911377	45.3008752
Factor 3	1.62968953	12.5360733	7.51880331	57.8369485
Factor 4	1.43271027	11.0208483	8.95151358	68.8577968
Factor 5	1.06311858	8.17783522	10.0146322	77.035632

Figura 172. Análisis de Componentes Principales para la corvina (*Sciaenops, spp.*) en Tampico.

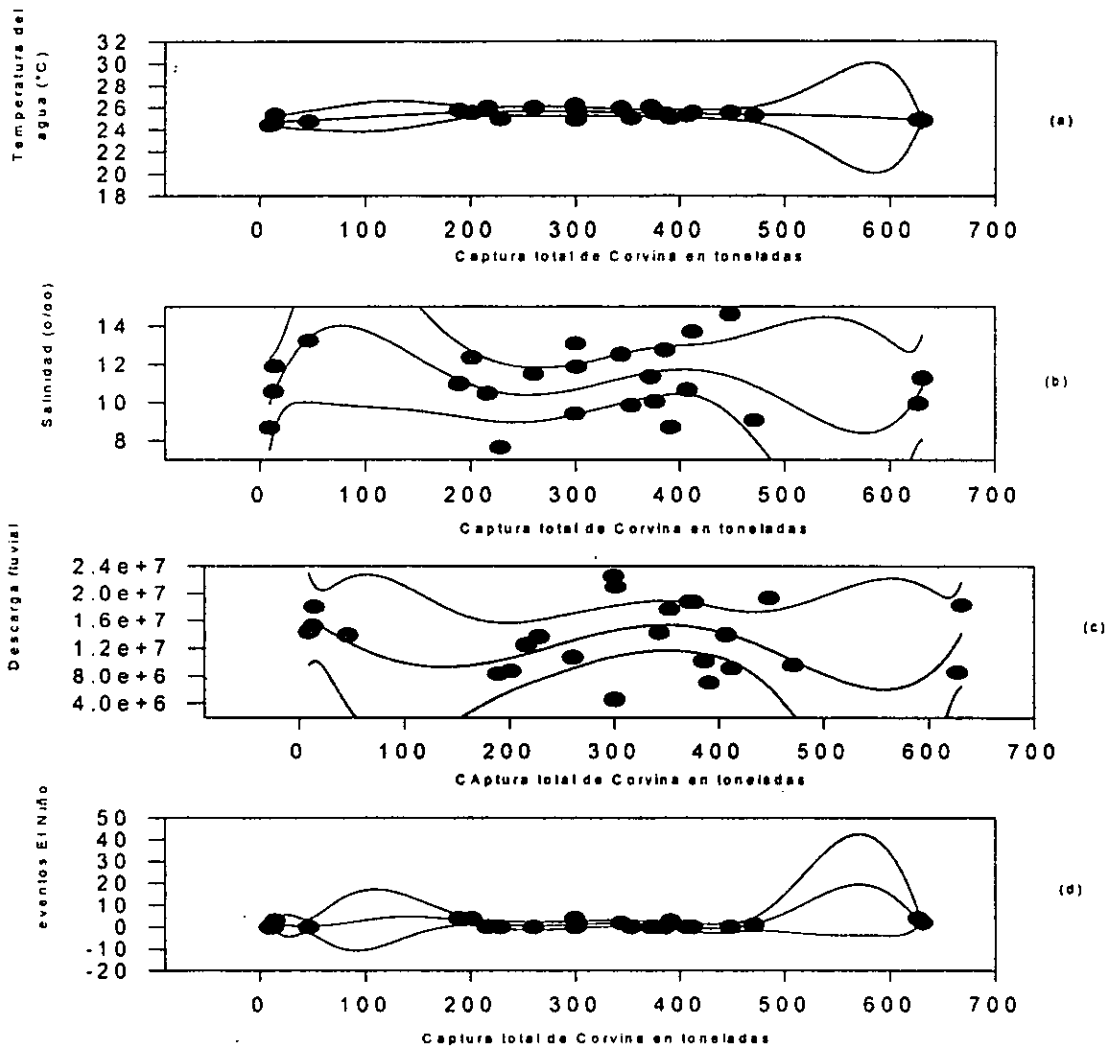


El análisis polinomial de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*), que se muestra en la tabla 111 y figura 173, indican una alta complejidad dentro del sistema, que presenta alteraciones importantes ocasionadas por los eventos El Niño, que modifican de manera importante las temperaturas del agua y, a partir de elementos de teleconexión atmosférica, alteran también los volúmenes de las descargas fluviales y, en consecuencia, de la salinidad. La representación gráfica se expresó dentro de un nivel de confianza del 98%, es altamente compleja, lo que hace prácticamente imposible su interpretación; sin embargo, se puede corroborar a través del análisis de componentes principales.

Tabla 111. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Tampico, con las variables ambientales.

	Temp. del agua	Salinidad	Descarga fluvial	eventos El Niño
Orden del polinomio	7	5	5	9
Regresión	$r^2 = 0.55$	$r^2 = 0.17$	$r^2 = 0.10$	$r^2 = 0.29$

Figura 173. Análisis polinomial de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Tampico. (a) captura vs temperatura del agua, (b) captura vs salinidad, (c) captura vs descarga fluvial, (d) eventos El Niño.

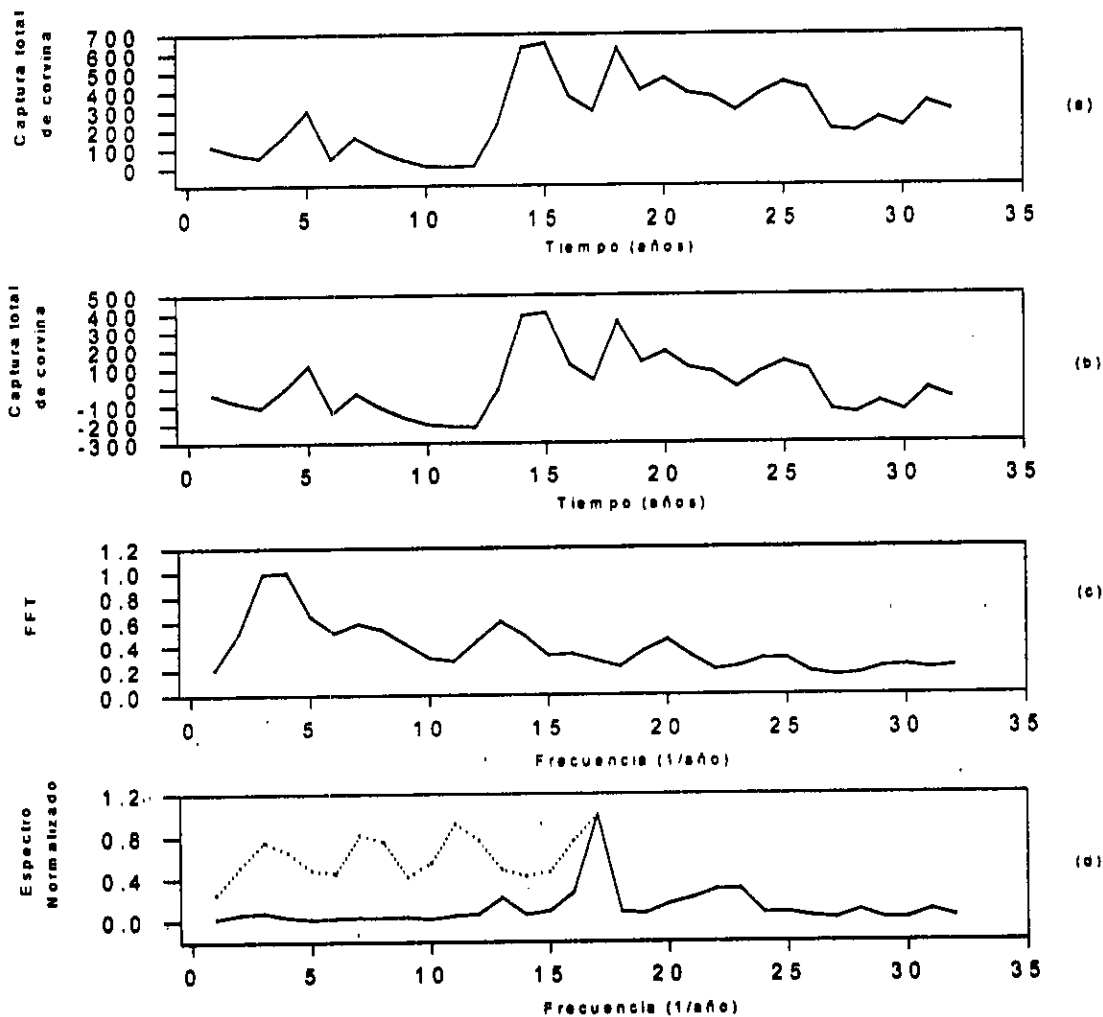


Los análisis de Series de Tiempo de la captura total de corvina (*Sciaenops*, spp.), expresados en la tabla 112 y figura 174 señalan que existen periodicidades estrechamente vinculadas con los ciclos solares de 3, 3.2, 3.3, 5.3, 10.6 y 21 años; el de 10.6 años se acerca a uno de los ciclos de los eventos El Niño; respecto al ciclo de 16 años, éste podría constituir un segundo armónico del de 4 años, que correspondería a la edad promedio de captura de la corvina; sin embargo no existen estudios que señalen la longevidad de esta organismo.

Tabla 112. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de corvina (*Sciaenops*, spp.) en Tampico, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 4$ años	$T_1 = 21$ años	$T_1 = 3.2$ años
$T_2 = 3$ años	$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 5.3$ años
$T_3 = 5.3$ años	$T_3 = 5.3$ años	$T_3 = 16$ años
	$T_4 = 3.3$ años	

Figura 174. Series de Tiempo de la captura total de corvina (*Sciaenops*, spp.) en Tampico. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



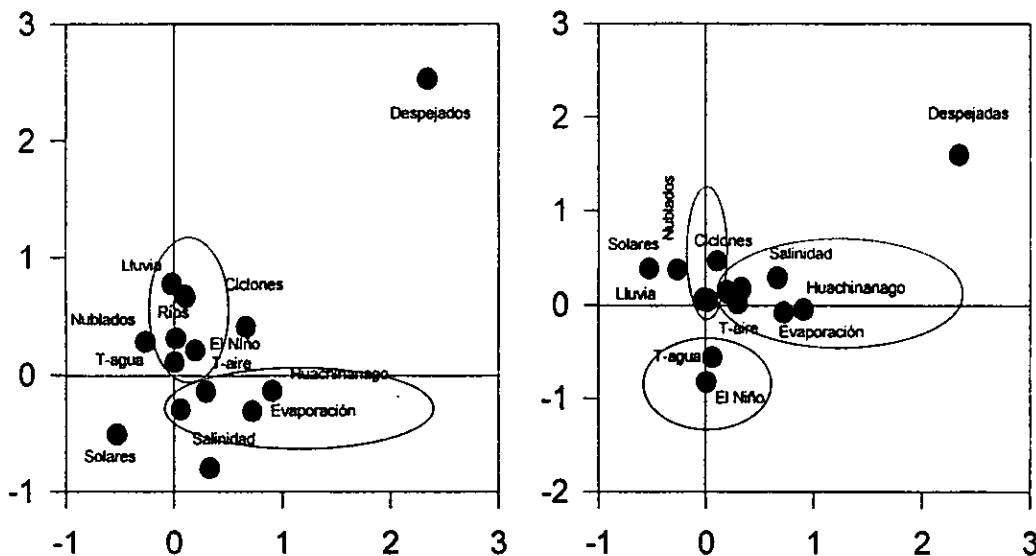
Huachinango (*Lutjanus*, spp.)

El análisis de los componentes principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.), se muestran en la tabla 113 y figura 175; las variables ambientales modifican el volumen de captura del huachinango de la siguiente forma: en la primera componente principal se observa que la captura total está asociada de manera positiva con los ciclos de las manchas solares y los eventos El Niño y negativa o inversamente con la temperatura del agua. Por otro lado, en la segunda componente se observa que la salinidad y los días despejados mantienen una relación negativa con la precipitación y la evaporación.

Tabla 113. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus* spp.) y las variables océano-atmósfera en Tampico.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.99161903	24.9301586	2.99161903	24.9301586
Factor 2	2.49203263	20.7669386	5.48365167	45.6970972
Factor 3	1.48667137	12.3889281	6.97032304	58.0860253
Factor 4	1.30241043	10.8534203	8.27273347	68.9394456

Figura 175. Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus* spp.) en Tampico.

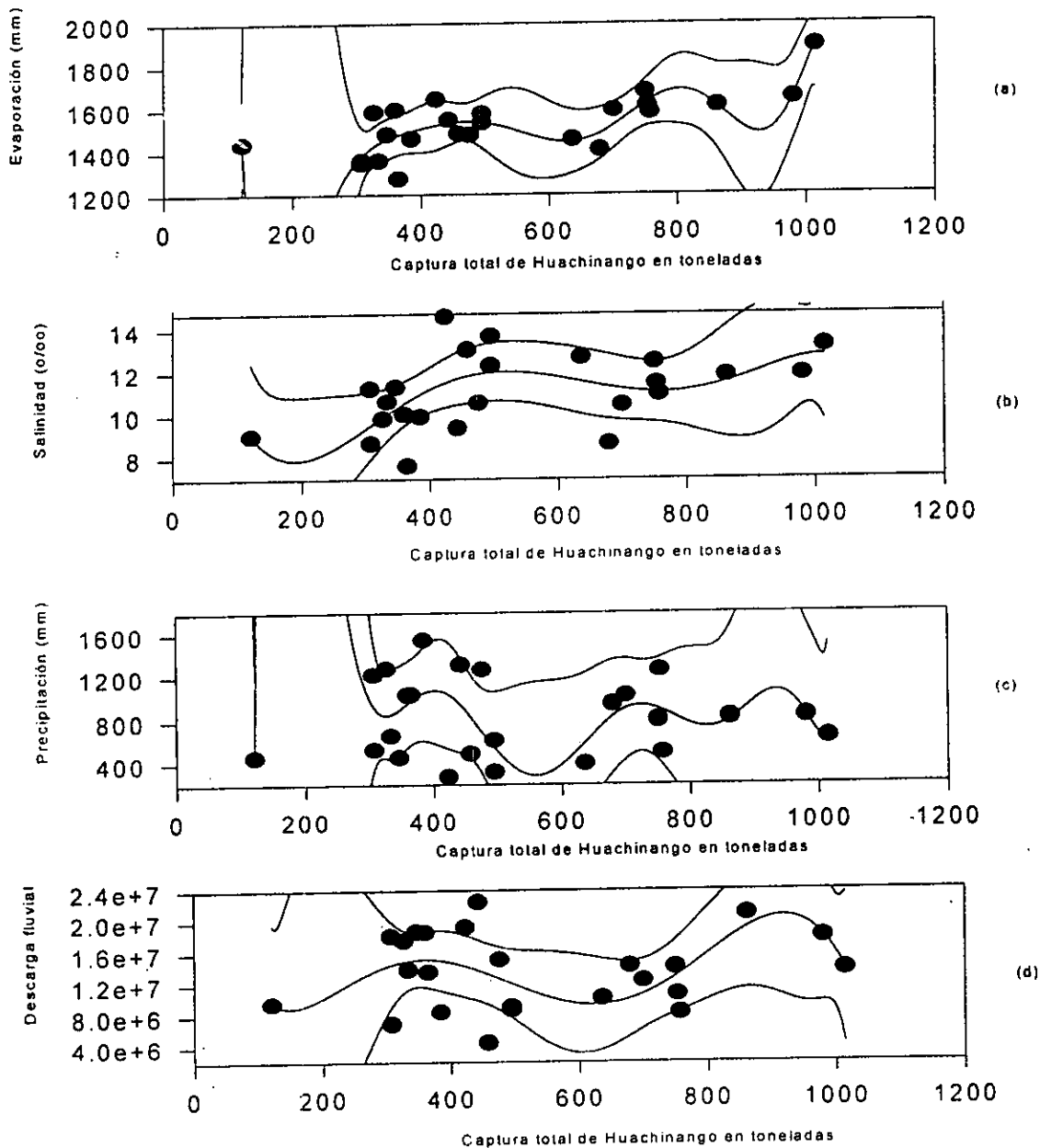


El análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp.), que se muestra en la tabla 114 y figura 176, indica, por el orden estimado del polinomio, que las relaciones existentes dentro del sistema océano-atmósfera que rodean esta población es altamente complejo; por otro lado, es la salinidad y sus modificadores la función forzante dentro del sistema; sin embargo y aunque el nivel de fue del 98%, su representación gráfica es prácticamente imposible de describir desde otra perspectiva diferente a la señalada. Es importante mencionar que se corrobora lo determinado a través del análisis de componentes principales.

Tabla 114. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Tampico con las variables ambientales.

	Evaporación	Salinidad	Precipitación	Descarga fluvial
Orden del polinomio	9	5	9	6
Regresión	$r^2 = 0.67$	$r^2 = 0.31$	$r^2 = 0.19$	$r^2 = 0.24$

Figura 176. Análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Tampico. (a) captura vs evaporación, (b) captura vs salinidad, (c) captura vs precipitación, (d) captura vs descarga fluvial.

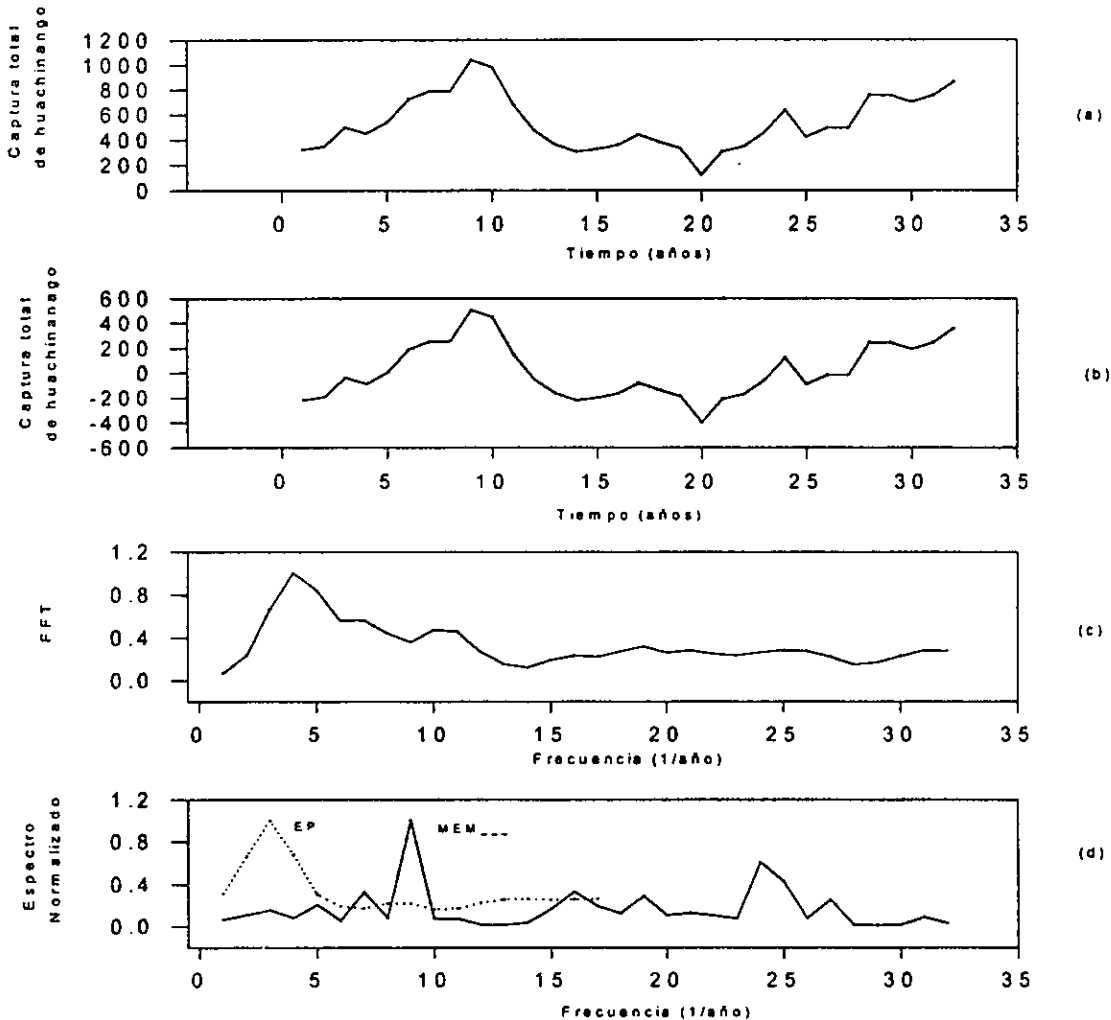


En los resultados de los análisis de Series de Tiempo de la captura total de huachinango (*Lutjanus spp.*), se muestra en la tabla 115 y figura 177, en donde se observa que existen ciclos altamente semejantes con cinco de los ciclos solares que corresponden a los de: 2.7; 3.5; 7.1; 8 y 21. 3 años; cabe señalar que el de 7.1 también corresponde a otro de los ciclos de los eventos El Niño, al igual que el de 10.6 años. En lo que se refiere al de 16 años, éste podría constituir un armónico secundario del de 4.2 años, que se podría interpretar como la edad promedio de la captura del huachinango.

Tabla 115. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de huachinango (*Lutjanus spp.*) en Tampico, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 8$ años	$T_1 = 21.3$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.7$ años	$T_2 = 7.1$ años	
$T_3 = 4.2$ años	$T_3 = 3.5$ años	
$T_4 = 10.6$ años		

Figura 177. Series de Tiempo de la captura total de huachinango (*Lutjanus spp.*) en Tampico. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





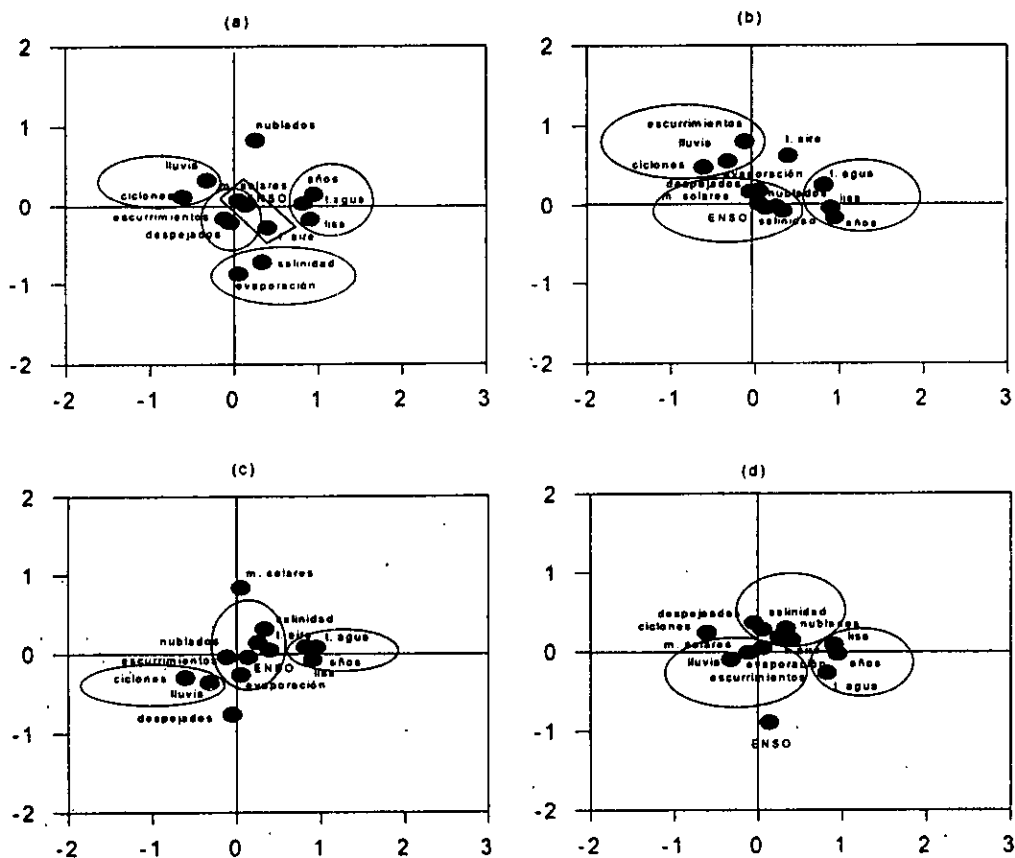
Lisa (*Mugil, spp.*)

Los resultados del análisis de componentes principales para la lisa (*Mugil, spp.*), mostró los siguientes resultados: (Tabla 116 y Fig. 178); la captura total de la lisa estuvo modificada por las variables ambientales de la siguiente forma: en la primera componente principal se observa que la temperatura del agua estuvo relacionada de manera inversa con la incidencia ciclónica; en la segunda componente se aprecia una relación inversa entre la evaporación y los días nublados; sobresale aquí que los volúmenes de captura estarán asociados de manera negativa con la precipitación, la incidencia ciclónica y las descargas fluviales. Esto significa que el modificador predominante de los volúmenes de captura es la salinidad con sus modificadores.

Tabla 116. Eigenvalores calculados a través del Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Tampico, Tamaulipas.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	27.7437248	27.7437248	3.60668422	27.7437248
Factor 2	20.1200835	20.1200835	6.22229508	47.8638083
Factor 3	12.8891586	12.8891586	7.8978857	60.7529669
Factor 4	10.4045002	10.4045002	9.25047072	71.1574671
Factor 5	8.01614052	8.01614052	10.292569	79.1736076

Figura 178. Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) en Tampico.

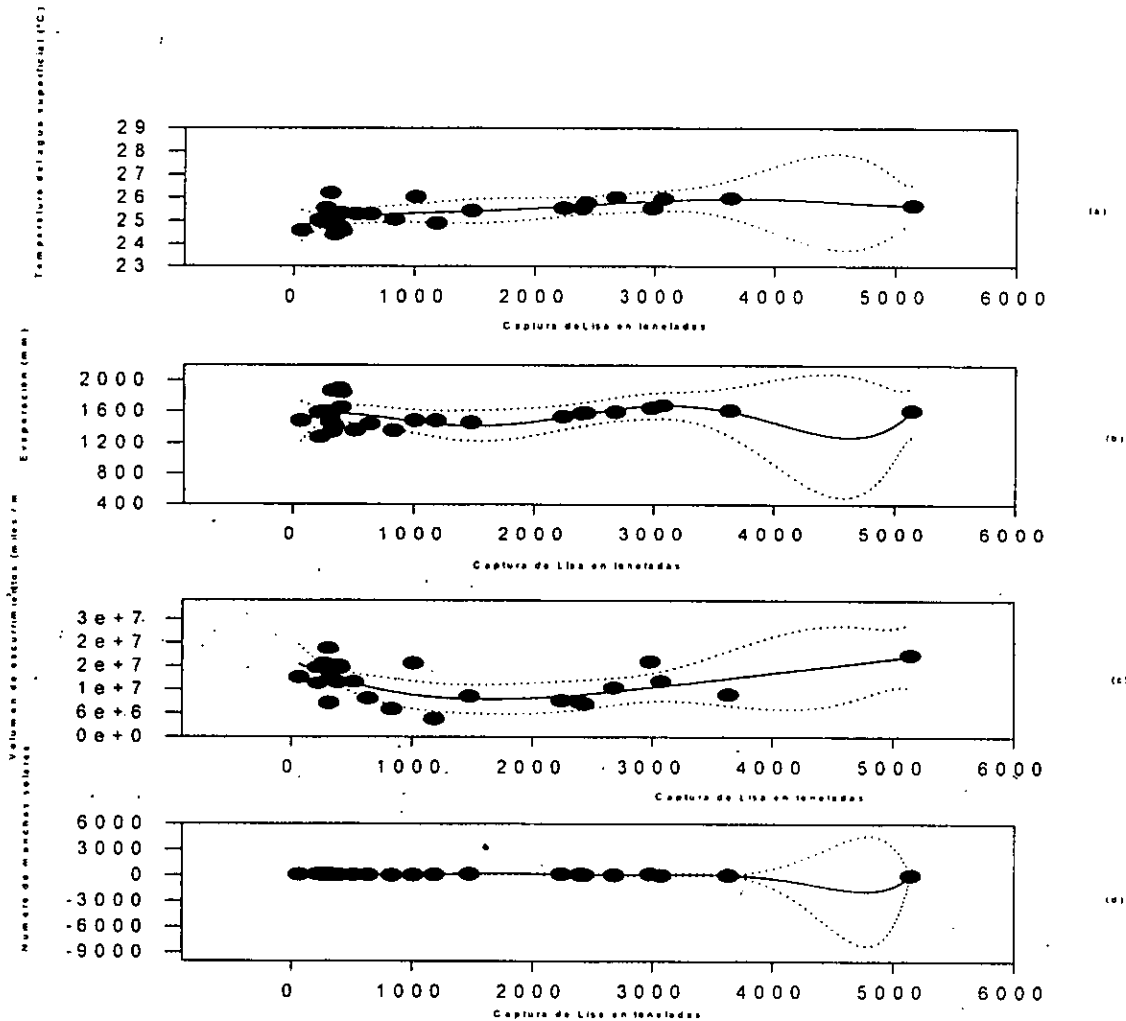


El análisis polinomial para la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) señalado en la tabla 117 y figura 179 indica una asociación altamente compleja y, al igual que en los casos anteriores, de tipo no lineal; en este caso sobresale el orden del polinomio calculado para los ciclos solares y el comportamiento de los volúmenes de captura y, en menor grado, aunque no por eso menos compleja, lo fueron para la temperatura del agua, la evaporación y, finalmente, para las descargas fluviales; estos resultados apoyan el supuesto de que las variabilidades observadas en las diferentes variables océano-atmósfera están estrechamente vinculadas con los ciclos solares. La alta complejidad representada gráficamente en los polinomiales hace compleja su interpretación; intervalo de confianza fue del 98%. Los resultados determinados por esta prueba corroboran los estimados a través del de componentes principales.

Tabla 117. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Tampico, con las variables ambientales.

Orden del polinomio	Temp. del agua	Evaporación	Descarga fluvial	Manchas Solares
Regresión	5 $r^2 = 0.42$	5 $r^2 = 0.14$	4 $r^2 = 0.35$	8 $r^2 = 0.59$

Figura 179. Análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Tampico. (a) captura vs temperatura del agua, (b) captura vs evaporación, (c) captura vs descarga fluvial, (d) captura vs manchas solares.

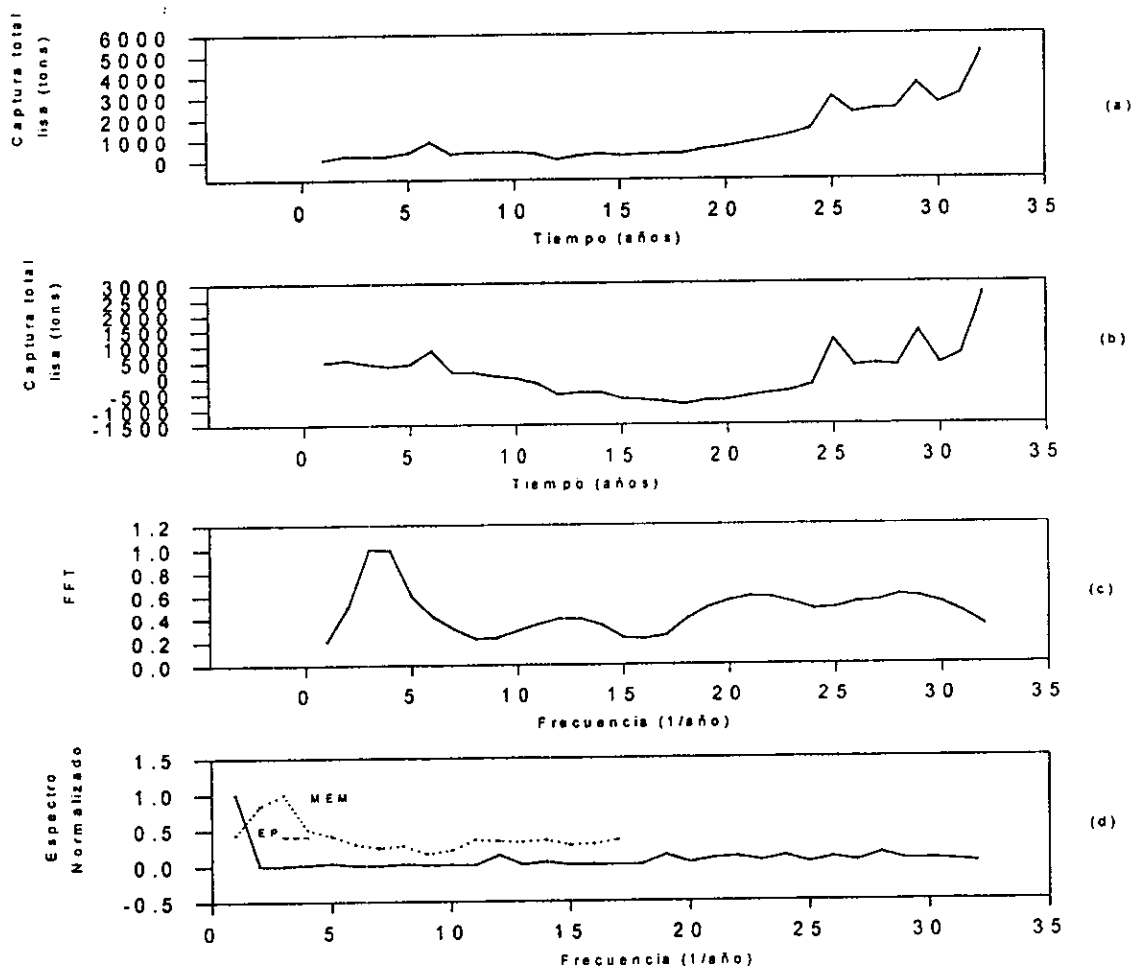


En la tabla 118 y figura 180 se muestran los resultados de las Series de Tiempo de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Tampico, en donde se reflejan cuatro de los ciclos solares: el de 2.3, el de 3.5, el de 21.3 y el de 32 años; existe otro de 5.8 años, vinculado a uno de los de los eventos El Niño y uno más, de 16 años, que constituiría un armónico secundario de un posible ciclo de cuatro años que podría corresponder a la longevidad promedio de captura de la lisa; sin embargo la falta de estudios la longevidad de esta especie impiden hacer una afirmación contundente al respecto.

Tabla 118. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Tampico durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 3.5$ años	$T_1 = 21.3$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.3$ años	$T_2 = 32$ años	
$T_3 = 5.8$ años	$T_3 = 2.3$ años	
	$T_4 = 5.8$ años	

Figura 180. Series de Tiempo de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Tampico. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



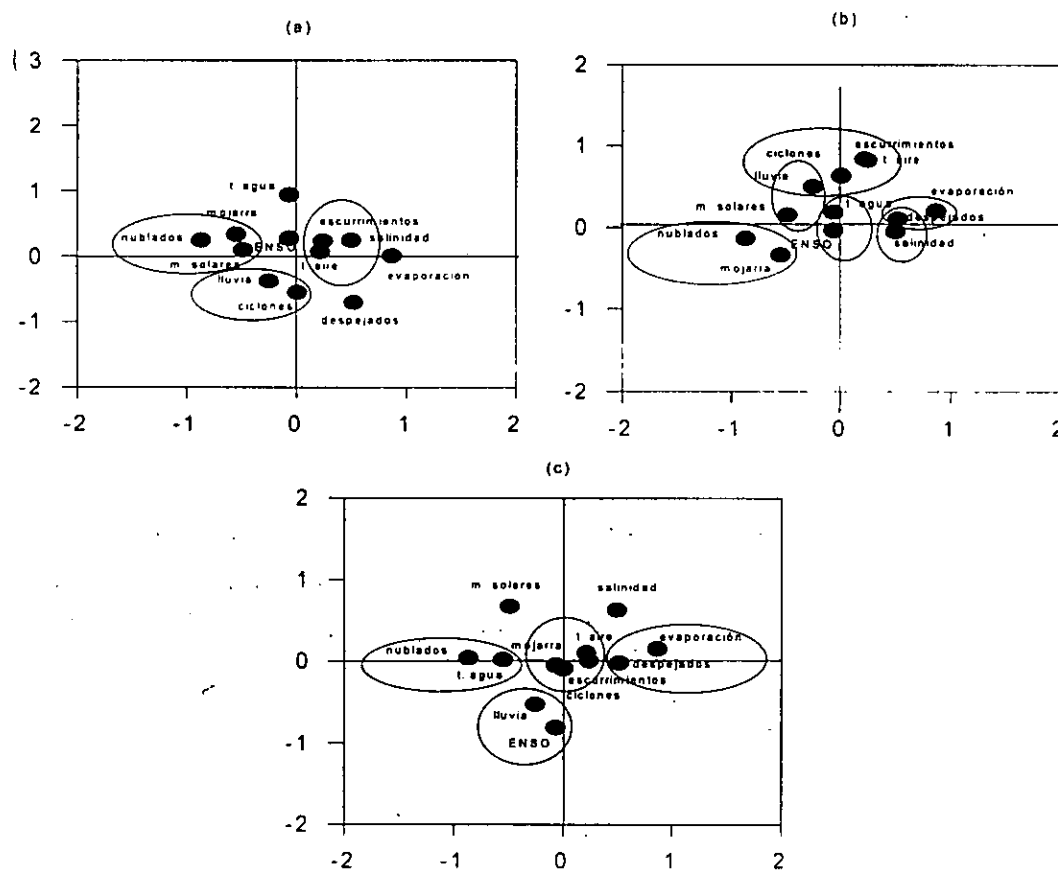
Mojarra (*Eugerres*, spp.)

El análisis de componentes principales de la mojarra (*Eugerres*, spp.), mostró los siguientes resultados: (Tabla 119 y Fig. 181); la captura de la mojarra se vio modificada por las variables ambientales de la siguiente forma; en la primera componente resultó una relación inversa entre la evaporación y los ciclos de manchas solares y resalta que la captura total está relacionada de manera inversa con los días despejados; en la segunda componente resultó una asociación inversa entre la incidencia ciclónica y la temperatura del agua, al igual que lo fueron la salinidad y la precipitación, con un vínculo negativo; sobresale en todos los casos un vínculo negativo e importante entre la captura total y la evaporación y, de forma positiva, con las temperaturas del aire y del agua.

Tabla 119. Eigenvalores calculados a través del Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Tampico.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.57926643	29.8272202	3.57926643	29.8272202
Factor 2	2.18265158	18.1887632	5.76191801	48.0159834
Factor 3	1.91023987	15.9186656	7.67215788	63.934649
Factor 4	1.40996406	11.7497005	9.08212194	75.6843495

Figura 181. Análisis de Componentes Principales de la mojarra (*Eugerres*, spp.) en Tampico.

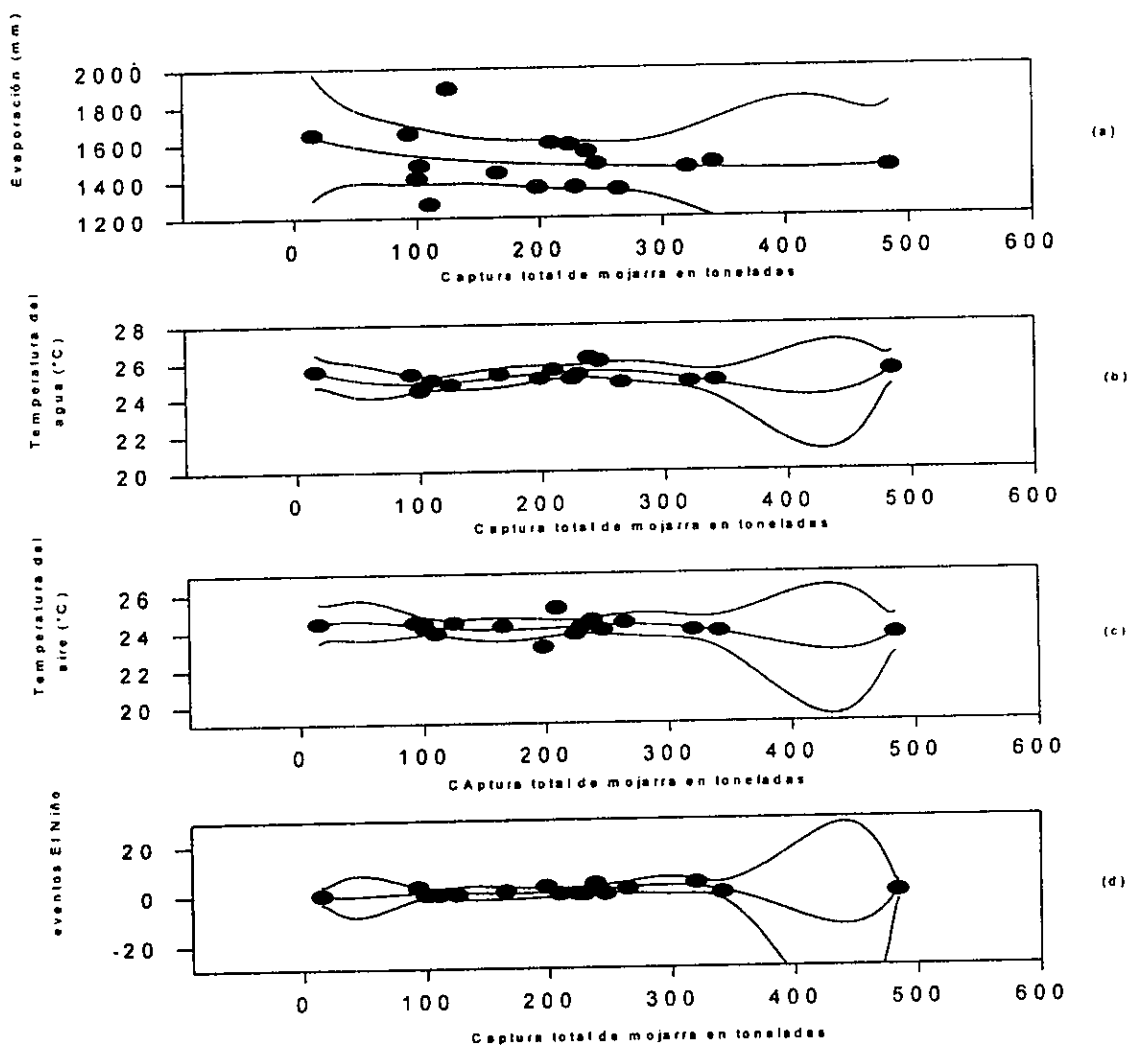


El análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) que se muestra en la tabla 120 y figura 182, indica la alta complejidad de las variables que modifican la salinidad, entre las que se encuentran, en primera instancia, los eventos El Niño, seguidos por la evaporación y las temperaturas del aire y del agua. La representación gráfica del comportamiento de las capturas asociadas con las cuatro variables ambientales que determinan en mayor grado las alteraciones del sistema, resultan altamente complejas y se encuentran dentro de un intervalo de confianza del 98%. Es importante mencionar que se corrobora lo determinado en el análisis de componentes principales.

Tabla 120. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Tampico, con las variables ambientales.

	Evaporación	Temp. del agua	Temp. del aire	eventos El Niño
Orden del polinomio	5	5	5	8
Regresión	$r^2 = 0.22$	$r^2 = 0.46$	$r^2 = 0.18$	$r^2 = 0.40$

Figura 182. Análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Tampico. (a) captura vs evaporación, (b) captura vs temperatura del agua, (c) captura vs temperatura del aire, (d) captura vs eventos El Niño.

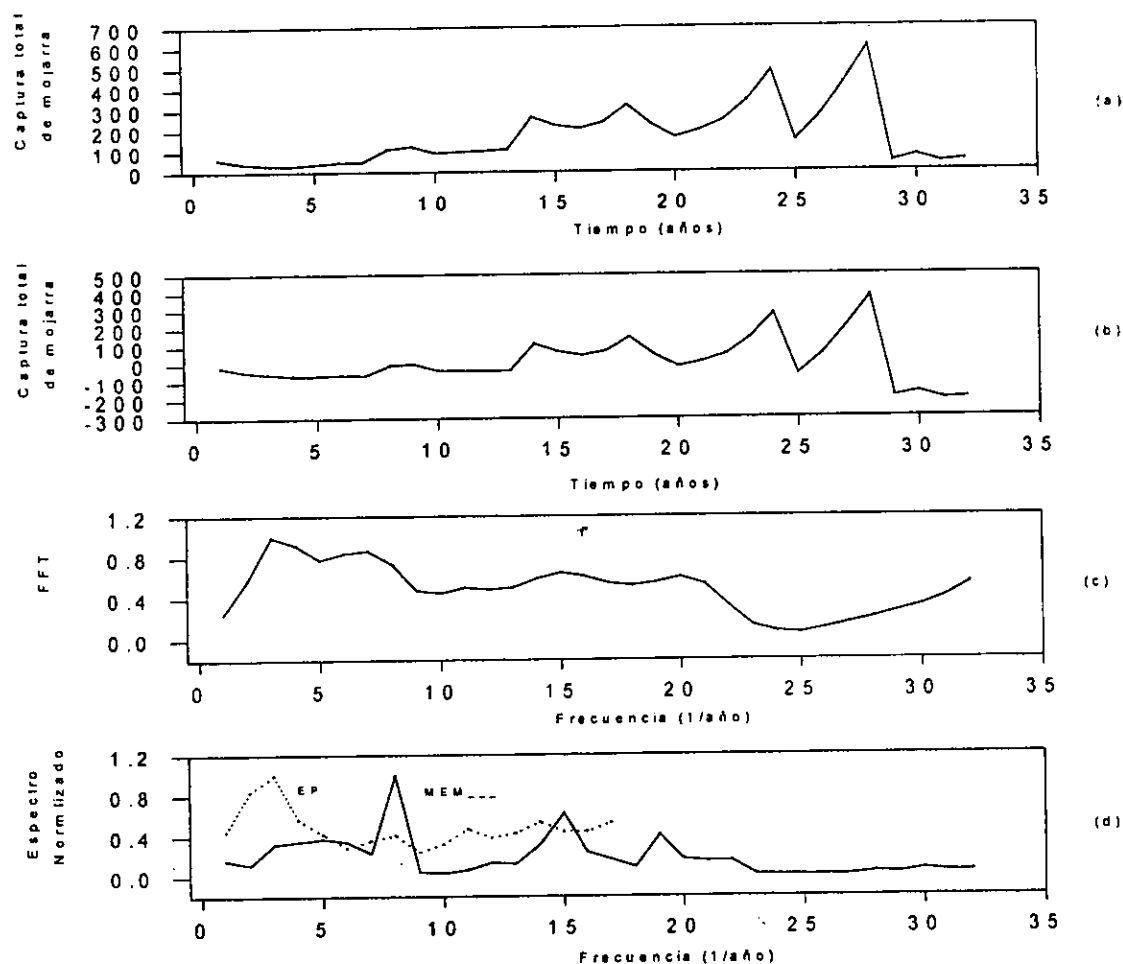


Los resultados del análisis de series de tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.), se muestran en la tabla 121 y figura 183; se señalan diversos ciclos que se encuentran asociados con los solares y que son los de 2.2, 2.9, 3.2, 8 y 32 años; el de 5.3 años corresponde a uno de los de los eventos El Niño; por último, el de 4 años podría estar vinculado con la longevidad promedio de captura de la mojarra, mientras que el de 16 años constituiría un armónico secundario de este ciclo.

Tabla 121. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.) en Tampico durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.4$ años	$T_1 = 32$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 4.5$ años	$T_2 = 5.3$ años	$T_2 = 2.2$ años
$T_3 = 8$ años	$T_3 = 3.2$ años	$T_3 = 4.0$ años
$T_4 = 2.9$ años		

Figura 183. Serie de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.) en Tampico. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



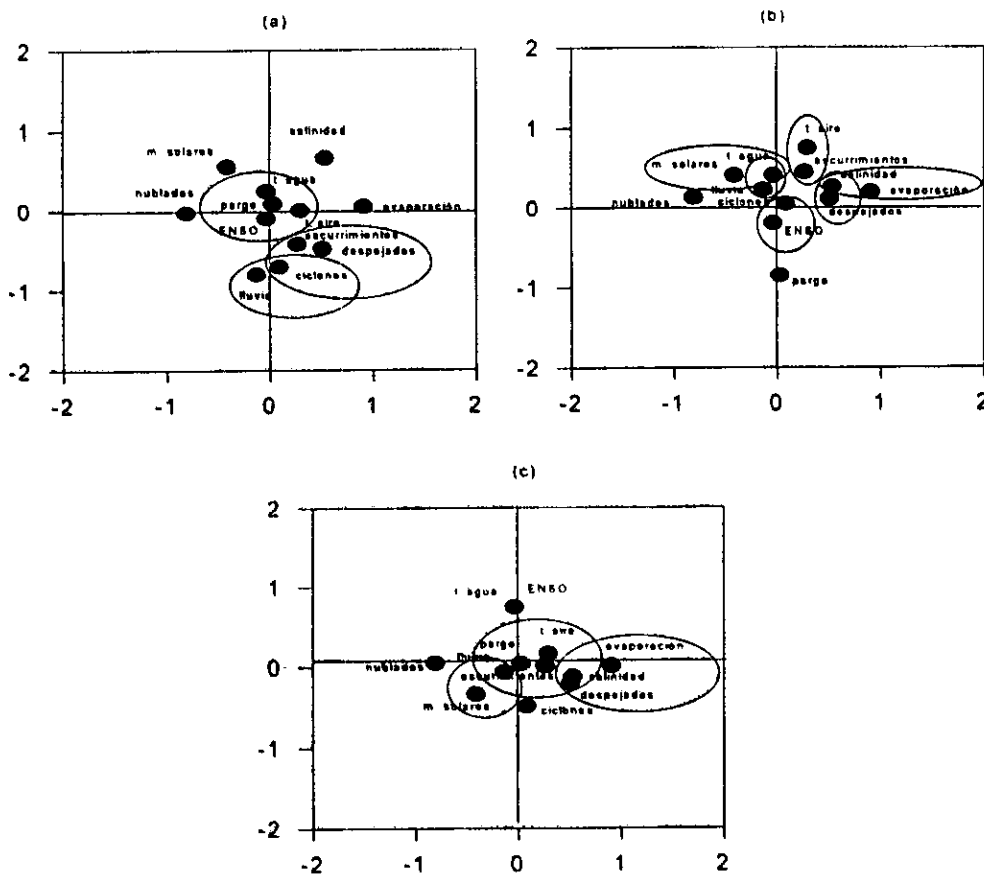
Pargo (*Lutjanus, spp.*)

El análisis de componentes principales del pargo (*Lutjanus, spp.*), mostró los siguientes resultados: (Tabla 122 y Fig. 184); los volúmenes de captura del pargo se modificaron por las variables ambientales de la siguiente forma: en la primera componente se observa que la evaporación mantiene una relación inversa con los días nublados; en la segunda componente resulta evidente que la captura total del pargo tiene una relación inversa con la incidencia ciclónica y las precipitaciones y también, que las capturas están vinculadas con los ciclos de manchas solares; por último, en la tercera componente fue notorio que la temperatura del agua incidió de manera negativa en la captura total. Se concluye entonces que la salinidad y la temperatura del agua son las variables principales que condicionan la captura.

Tabla 122. Eigenvalores calculados a través del Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) en Tampico

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.70454411	22.5378676	2.70454411	22.5378676
Factor 2	2.42541323	20.2117769	5.12995733	42.7496445
Factor 3	1.80999721	15.0833101	6.93995455	57.8329546
Factor 4	1.42913759	11.9094799	8.36909214	69.7424345

Figura 184. Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) en Tampico.

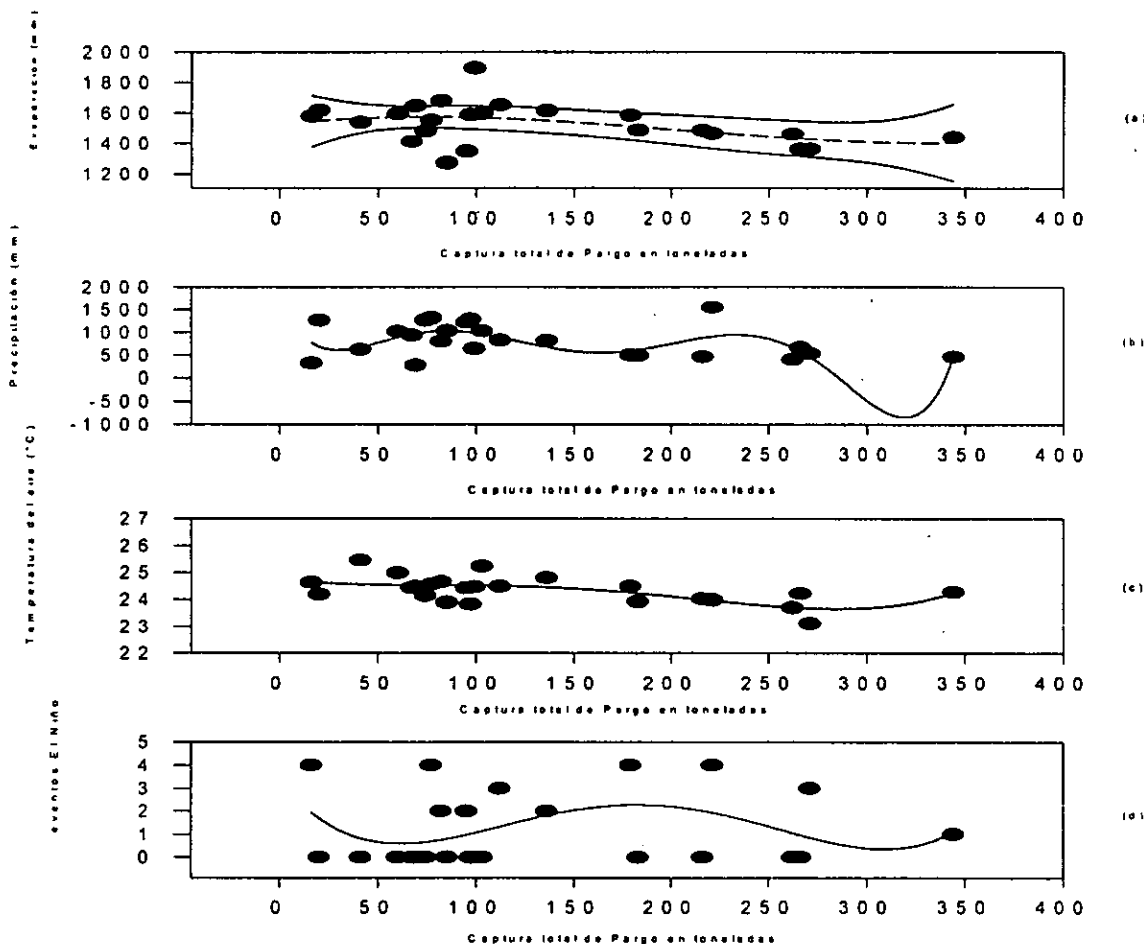


Los resultados del análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus*, spp.), señalados en la tabla 123 y figura 185, indican por el orden estimado, que la precipitación, como modificador de la salinidad, constituye una de las variables que más complejidad imprimen dentro de esta comunidad; la temperatura del aire, los eventos El Niño y la evaporación contribuyen también como variables forzantes dentro del sistema. La representación gráfica de los cuatro análisis polinomiales es altamente compleja; cabe señalar que la mayor parte de los puntos en la evaporación vs captura resultaron significativos, mientras que con las otras tres variables la confianza disminuyó de manera importante; estos correspondieron al 98% en la primera y en las otras tres el nivel fue del 95%, al grado, incluso, de no quedar representados dentro del diagrama; sin embargo, esto es sólo un indicativo más de la alta complejidad del sistema, que dificulta su representación a través de un análisis estadístico.

Tabla 123. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de pargo (*Lutjanus*, spp.) en Tampico con las variables ambientales.

	Evaporación	Precipitación	Temp. del aire	eventos El Niño
Orden del polinomio	3	6	4	4
Regresión	$r^2 = 0.11$	$r^2 = 0.15$	$r^2 = 0.39$	$r^2 = 0.13$

Figura 185: Análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus*, spp.) en Tampico, (a) Captura vs evaporación, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs temperatura del aire, (d) captura vs eventos El Niño.



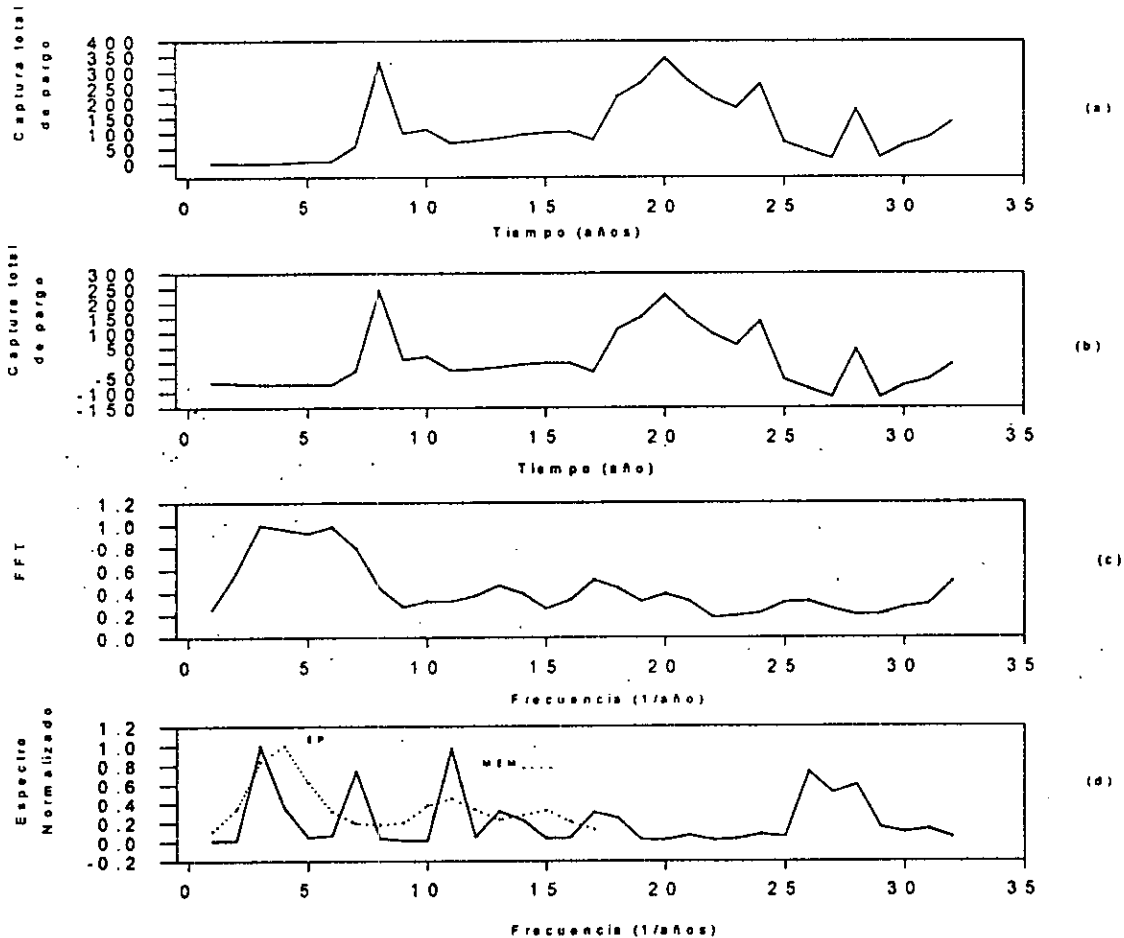


El análisis de series de tiempo de la captura total del pargo (*Lutjanus spp.*), se muestra en la tabla 124 y figura 186; que se señalan tres ciclos: el de 32, el de 10.6 y el de 2.1 años, este último el menor de los ciclos solares; posteriormente, se calculó uno más, de 3.2 años, que también corresponde a otro de los solares; en lo que se refiere a los periodos de 5.3 y 10.6 años, se encuentran cercanos a dos de las periodicidades de los eventos El Niño. El ciclo de 16 años, podría constituir un armónico del ciclo de 4 años y corresponder a la edad de captura promedio del pargo; sin embargo, no existen estudios acerca de la longevidad de esta especie con los que se pudiera confirmar esta hipótesis.

Tabla 124. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de pargo (*Lutjanus spp.*) en Tampico, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 32$ años	$T_1 = 16$ años	$T_1 = 10.6$ años
$T_2 = 2.1$ años	$T_2 = 5.3$ años	$T_2 = 3.5$ años
$T_3 = 10.6$ años	$T_3 = 3.2$ años	$T_3 = 2.2$ años

Figura 186. Series de Tiempo de la captura total de Pargo (*Lutjanus spp.*) en Tampico. (a) Serie Original, (b) Serie Sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) espectro de Potencia y Máxima Entropía.



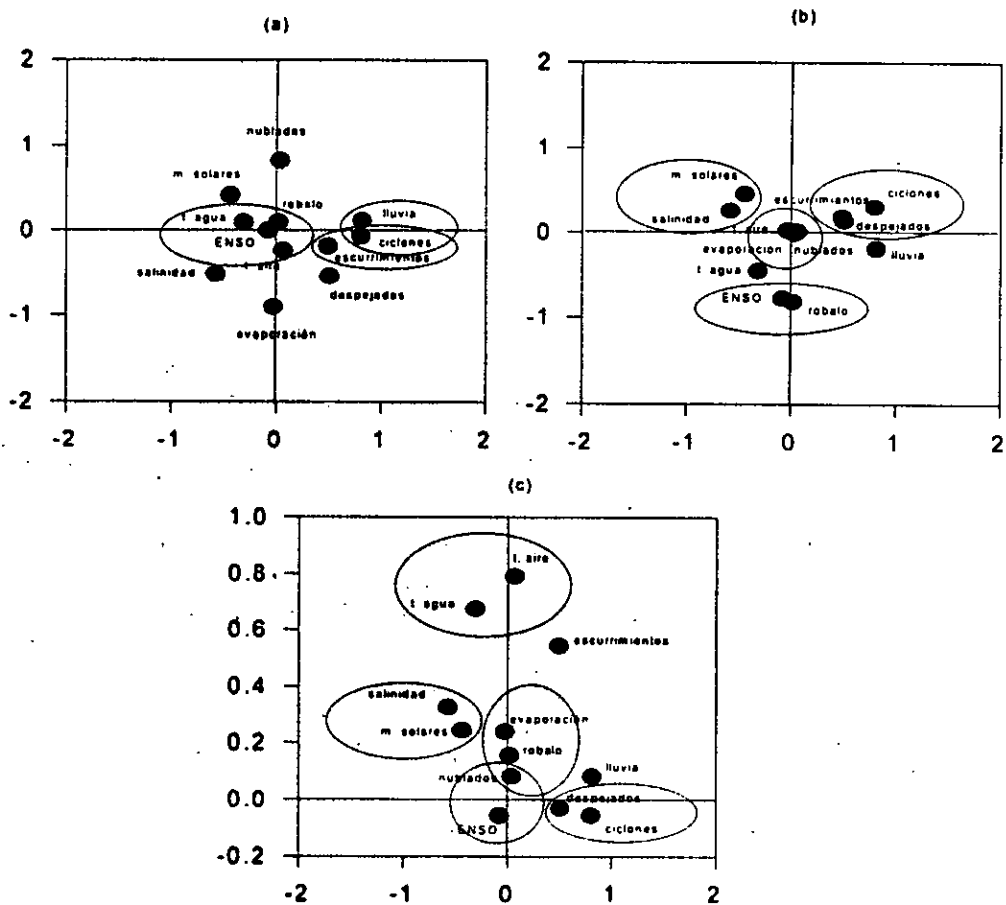
Robalo (*Centropomus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el robalo (*Centropomus*, spp.), mostró los siguientes resultados: (Tabla 125 y Fig. 187). Los volúmenes de captura se explicaron por el comportamiento de las siguientes variables: en la primera componente, la precipitación y la incidencia ciclónica estuvieron asociadas de manera negativa con la temperatura del agua; en la segunda componente, los días nublados estuvieron relacionados de manera inversa con la evaporación y en la tercera componente, se aprecia que en años con eventos El Niño, la captura del robalo se encuentra asociada de manera positiva. Esto significa que la captura del robalo es favorable cuando la salinidad no se ve alterada por sus modificadores.

Tabla 125. Eigenvalores calculados a través del Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Tampico.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.66430153	22.2025128	2.66430153	22.2025128
Factor 2	2.3908108	19.9234233	5.05511233	42.1259361
Factor 3	1.89345686	15.7788071	6.94856919	57.9047432
Factor 4	1.3753318	11.4610984	8.32390099	69.3658416

Figura 187. Análisis de Componentes Principales del robalo (*Centropomus*, spp.) en Tampico.

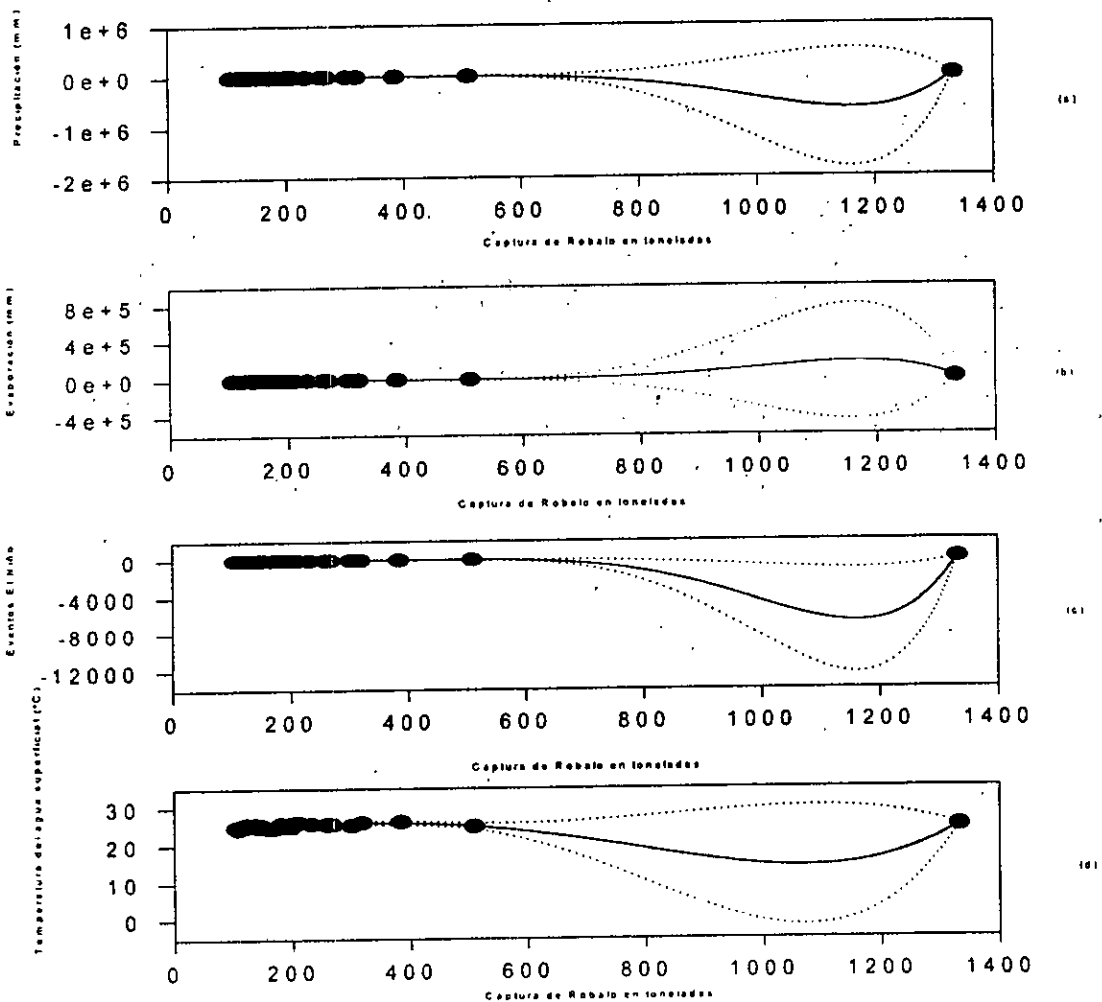


El análisis polinomial de la captura de robalo (*Centropomus*, spp.) se muestra en la tabla 126 y figura 188; el orden alcanzado para la precipitación, la evaporación y los eventos El Niño denotan la alta complejidad que existe entre las variables ambientales y la respuesta del robalo; en el caso de la temperatura del agua el orden es menor, aunque esto no indica que la complejidad de esta comunidad con su medio ambiente sea sencilla, tal como lo señala la representación gráfica de los cuatro polinomios; cabe señalar que los puntos estimados se expresan dentro de un nivel de confianza del 98%. Los resultados corroboran lo determinado en el análisis de componentes principales.

Tabla 126. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Tampico, con las variables ambientales.

	Precipitación	Evaporación	Eventos El Niño	Temp. del agua
Orden del polinomio	6	6	6	4
Regresión	$r^2 = 0.49$	$r^2 = 0.26$	$r^2 = 0.41$	$r^2 = 0.43$

Figura 188. Análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Tampico. (a) Captura vs precipitación, (b) captura vs evaporación, (c) captura vs eventos El Niño, (d) captura vs temperatura del agua.

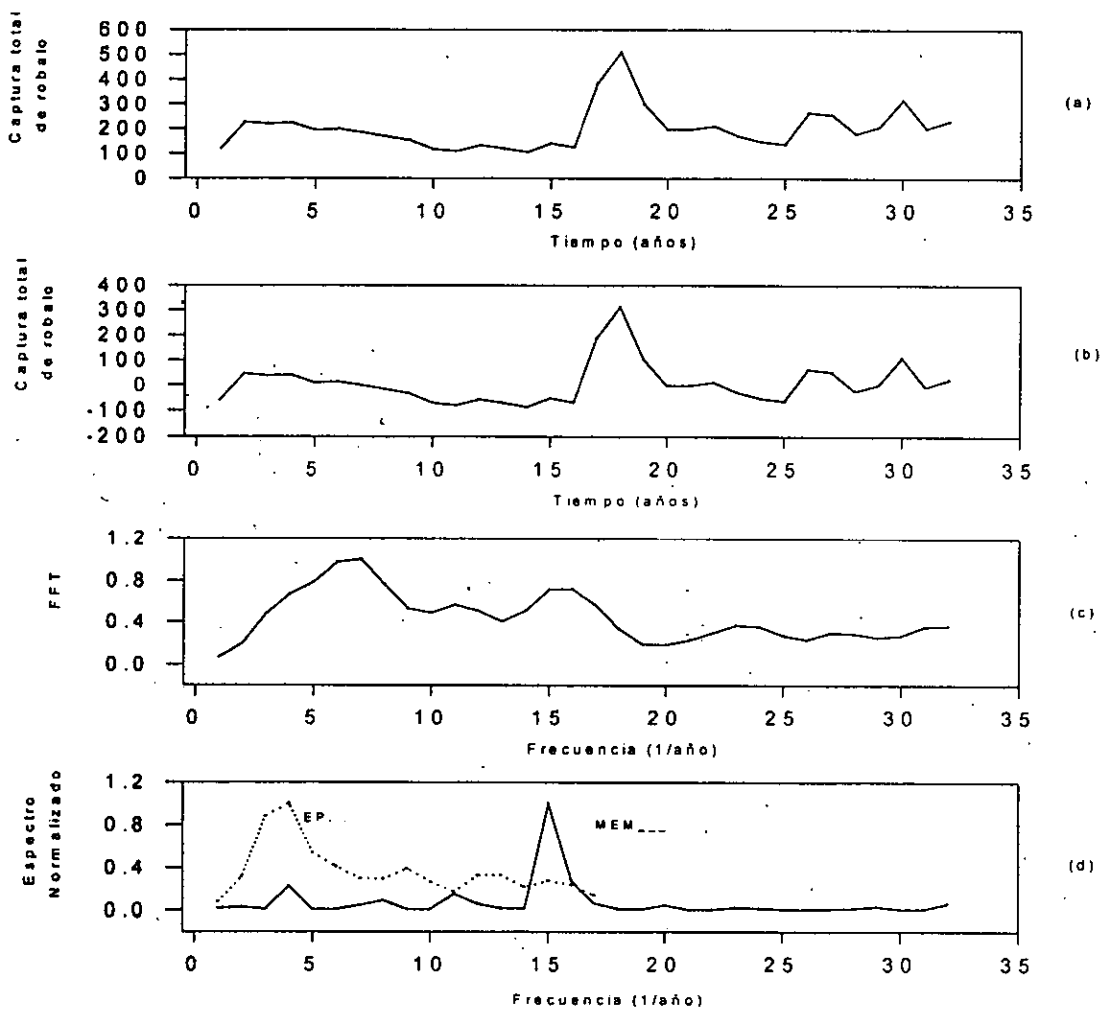


El análisis de series de tiempo de la captura de robalo (*Centropomus*, spp.), se muestra en la tabla 127 y figura 189. Se aprecia una periodicidad cercana a dos de los ciclos de manchas solares, el de 10.6 años y el de 21.3 años, denominados ciclo de Wolf y Hale, respectivamente; por otro lado, el ciclo de 10.6 años es paralelo a uno de los ciclos estimados de recurrencia de los eventos El Niño; con respecto a la periodicidad de 4, 4.2 y 4.9 años, podría corresponder a la edad promedio de captura de esta especie; sin embargo, la falta de estudios biológicos acerca de su longevidad, dificulta confirmar esta hipótesis.

Tabla 127. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Tampico durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 4.5$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 10.6$ años
$T_2 = 21.3$ años	$T_2 = 4.2$ años	$T_2 = 4$ años
$T_3 = 6.4$ años	$T_3 = 2.9$ años	

Figura 189. Series de Tiempo de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Tampico. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



b) Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.

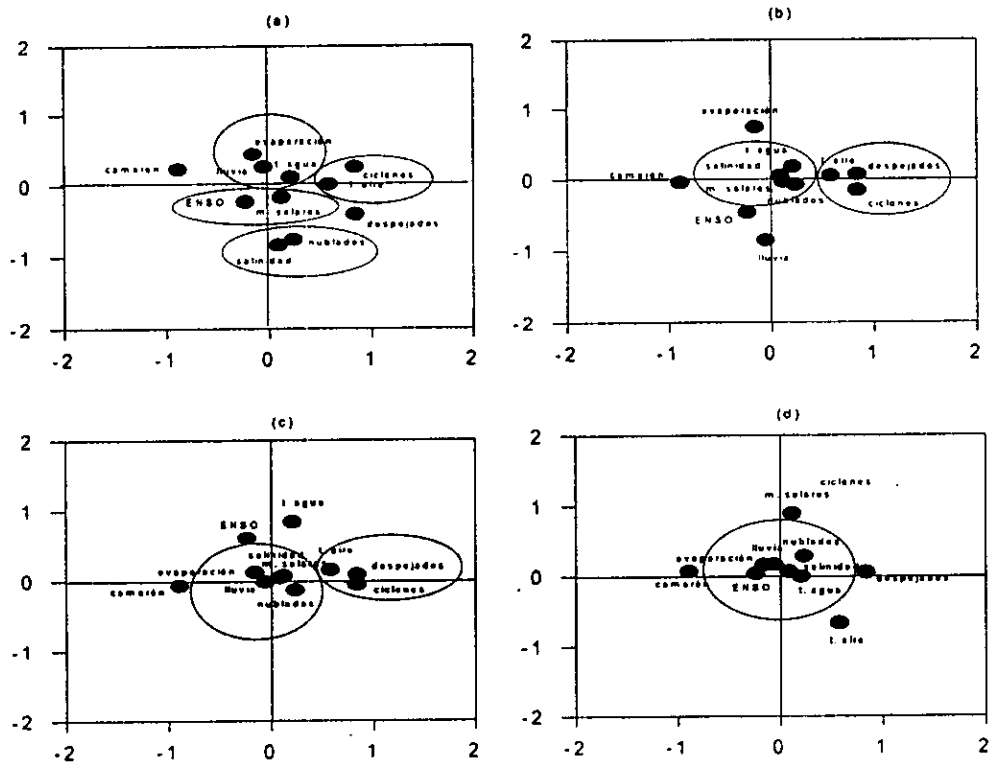
Camarón (*Penaeus*, spp.)

El análisis de componentes principales para la captura total del camarón (*Penaeus*, spp.), se muestra en la (Tabla 128 y Fig. 190). El volumen total de captura estuvo modificado por las variables ambientales de la siguiente forma: se observa en la primera componente que hay una asociación positiva con la temperatura del aire; en la segunda, con la temperatura y, negativamente, con la salinidad; es de resaltar la asociación que se observa entre las capturas y los ciclos de las manchas solares; por otro lado, se aprecia que la salinidad está inversamente asociada con la incidencia ciclónica y la cobertura nubosa. Se puede afirmar entonces, que la salinidad con sus modificadores constituyó una de las variables determinantes en el volumen de captura y que éste, además, está estrechamente vinculado a los ciclos solares.

Tabla 128. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Tuxpam de Rodríguez Cano.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.03558308	27.5962098	3.03558308	27.5962098
Factor 2	1.99838766	18.1671606	5.03397074	45.7633704
Factor 3	1.45772647	13.2520588	6.49169721	59.0154292
Factor 4	1.16327724	10.5752476	7.65497445	69.5906768
Factor 5	1.09785088	9.98046255	8.75282533	79.5711394

Figura 190. Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano.

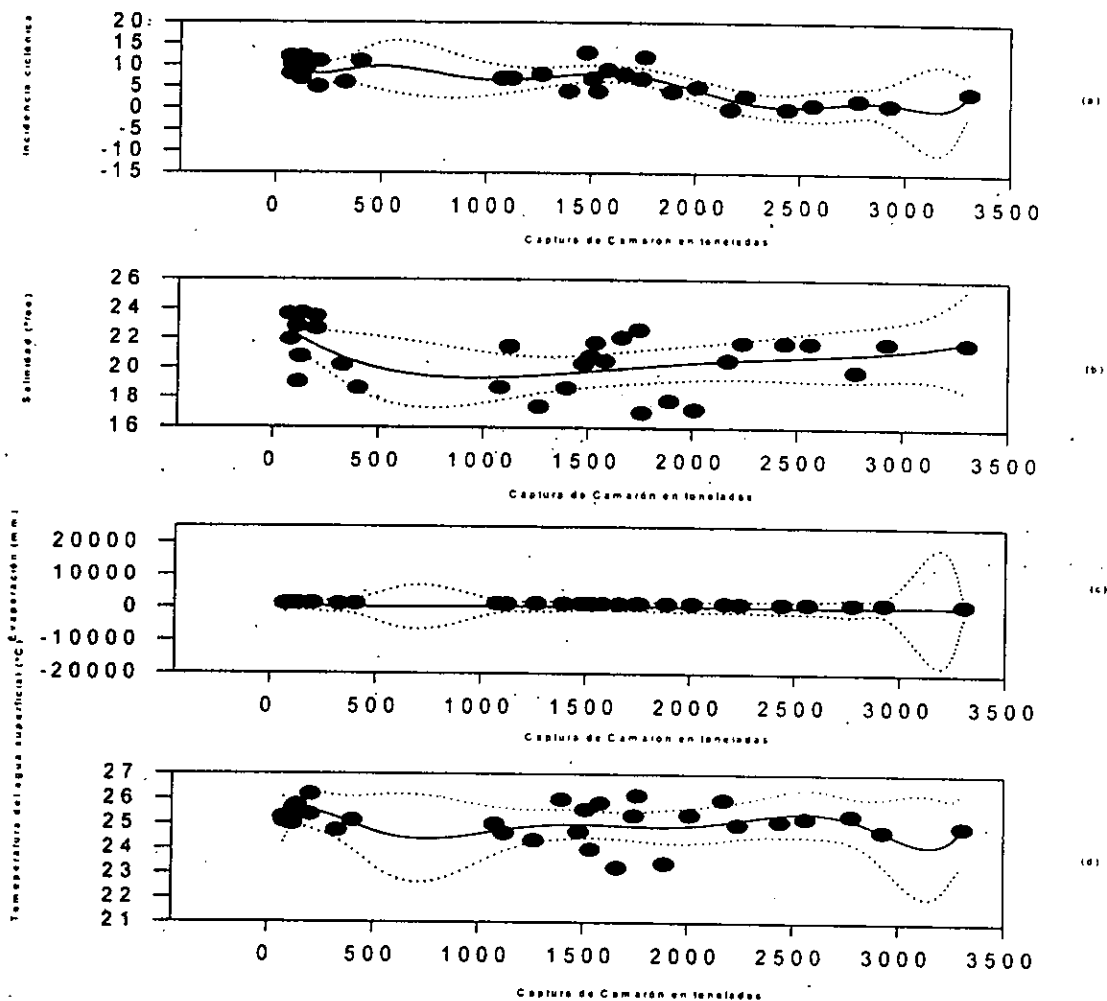


El análisis polinomial de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) se muestra en la tabla 129 y figura 191, en donde es evidente que la complejidad del sistema océano-atmósfera y la respuesta de los camarones alcanzó su máxima complejidad, expresada a través del polinomio de orden 10, entre la evaporación y las capturas de camarón; en orden descendente, le siguen otros modificadores de la salinidad como lo son la incidencia ciclónica y la temperatura del agua. La distribución se localizó dentro del intervalo de confianza del 98% y la expresión gráfica de estos análisis resultan altamente complejos, desde el punto de vista matemático, lo que imposibilita otro tipo de explicación mayor.

Tabla 129. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, con las variables ambientales.

	Ciclones	Salinidad	Evaporación	Temp. del agua
Orden del polinomio	8	4	10	7
Regresión	$r^2 = 0.65$	$r^2 = 0.25$	$r^2 = -238.32$	$r^2 = 0.11$

Figura 191. Análisis polinomial de la captura total de en camarón (*Penaeus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) captura vs incidencia ciclónica, (b) captura vs salinidad, (c) captura vs evaporación, (d) captura vs temperatura del agua.

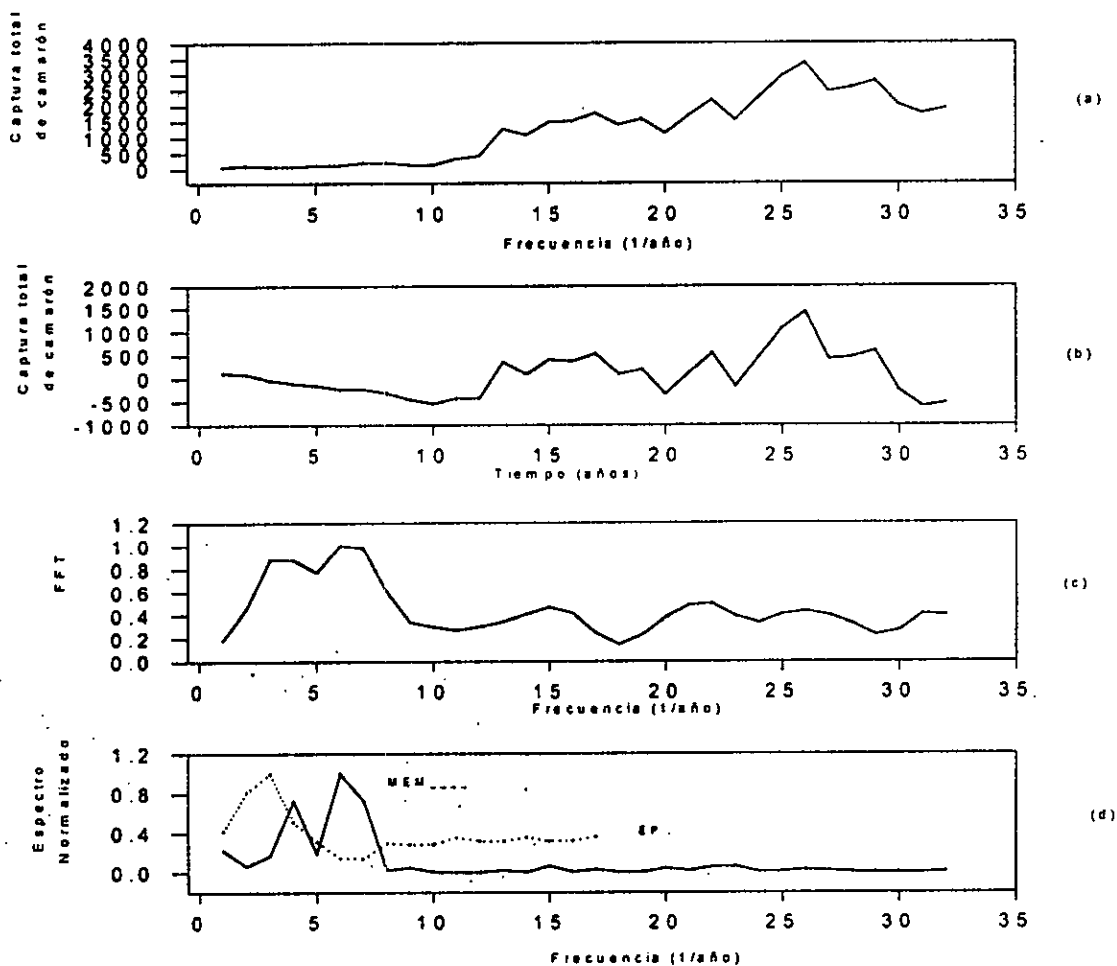


El análisis de Series de Tiempo de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.), señalado en la tabla 130 y figura 192, muestra periodicidades cercanas a las de dos de los ciclos solares: el de 3.0 y el de 21.3 años; el de 10.6 años estaría asociado con uno de los ciclos de los eventos El Niño; por último, el de 16 años podría constituir un armónico secundario de otro armónico de menor grado, no evidenciado dentro del análisis, pero que constituiría, como en el caso de las especies de peces, un armónico de la edad promedio en la que es capturada.

Tabla 130. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 21.3$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 12.7$ años	$T_2 = 21.3$ años	
	$T_3 = 4.5$ años	
	$T_4 = 3.0$ años	

Figura 192. Series de Tiempo de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



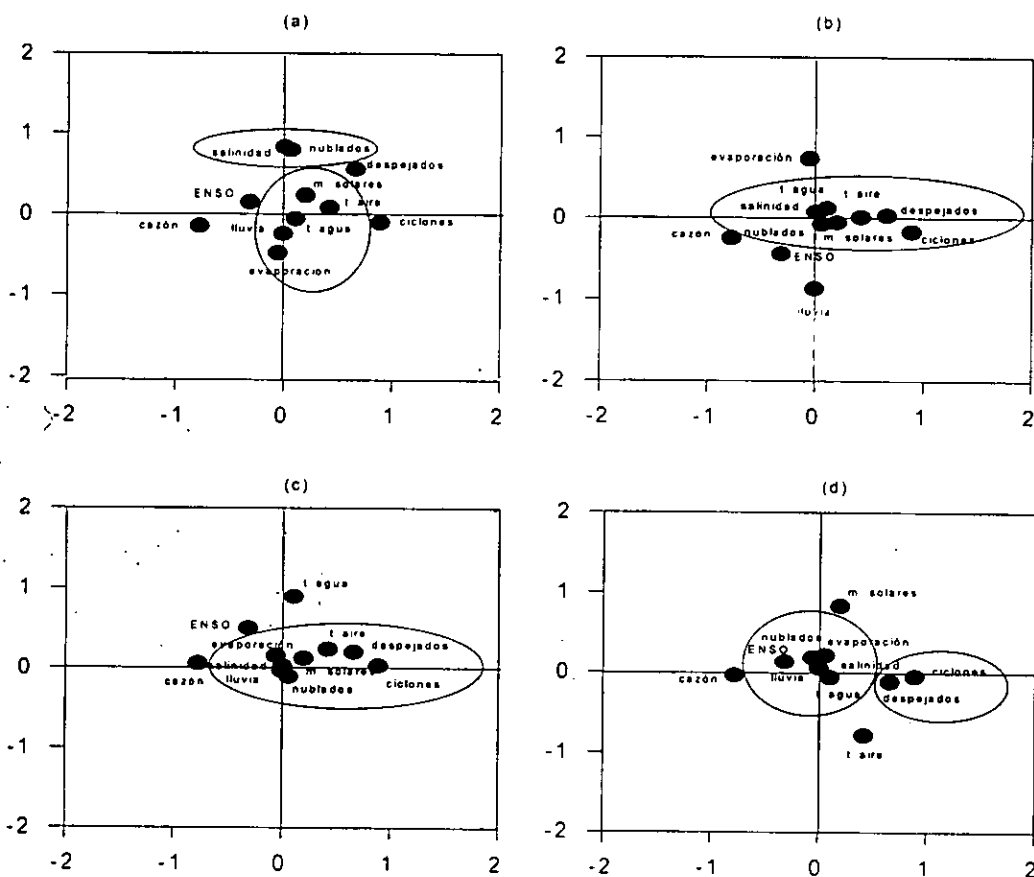
Cazón (*Rhizoprionodon*, spp.)

El análisis de componentes principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestra en la (Tabla 131 y Fig. 193); el volumen total de captura se vio modificado por las variables ambientales de la siguiente forma: la primera componente resultó positiva para la incidencia ciclónica, la salinidad y los días nublados; la segunda componente fue positiva para la evaporación; en la tercer, la salinidad estuvo asociada de manera inversa o negativa con los eventos El Niño. Esto significa que la salinidad junto con sus modificadores fue la variable que en mayor medida determinó el volumen total de la captura del cazón.

Tabla 131. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Tuxpam de Rodríguez Cano.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.64008589	24.0007808	2.64008589	24.0007808
Factor 2	2.02442183	18.4038348	4.66450772	42.4046157
Factor 3	1.47064177	13.3694706	6.13514949	55.7740863
Factor 4	1.18648036	10.7861851	7.32162985	66.5602714
Factor 5	1.15580531	10.507321	8.47743516	77.0675924

Figura 193. Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano.



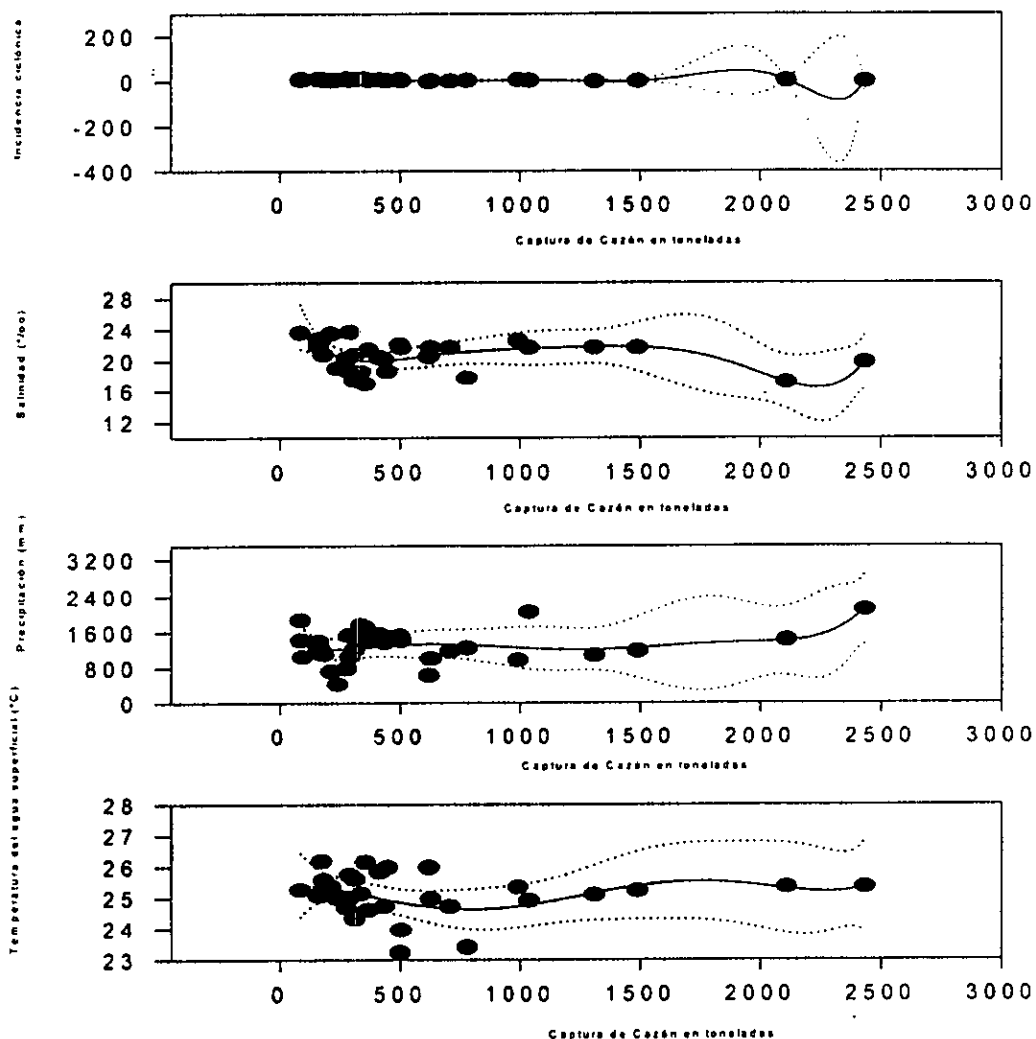


El análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) se muestra en la tabla 132 y figura 194; sobresale en éstas, por el orden del polinomio, la compleja relación que existe entre las variables océano-atmósfera y el comportamiento de las capturas; el nivel de confianza fue del 98%, sin embargo, la complejidad de su representación la hace imposible de interpretar desde otro punto de vista. Cabe señalar que al igual que en otros casos, los resultados determinados corroboran lo calculado en el análisis de componentes principales.

Tabla 132. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano con las variables ambientales.

	Ciclones	Salinidad	Precipitación	Temp. del agua
Orden del polinomio	9	6	6	5
Regresión	$r^2 = 0.71$	$r^2 = 0.36$	$r^2 = 0.16$	$r^2 = 0.12$

Figura 194. Análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) captura vs incidencia ciclónica, (b) captura vs salinidad, (c) captura vs precipitación, (d) captura vs temperatura del agua.

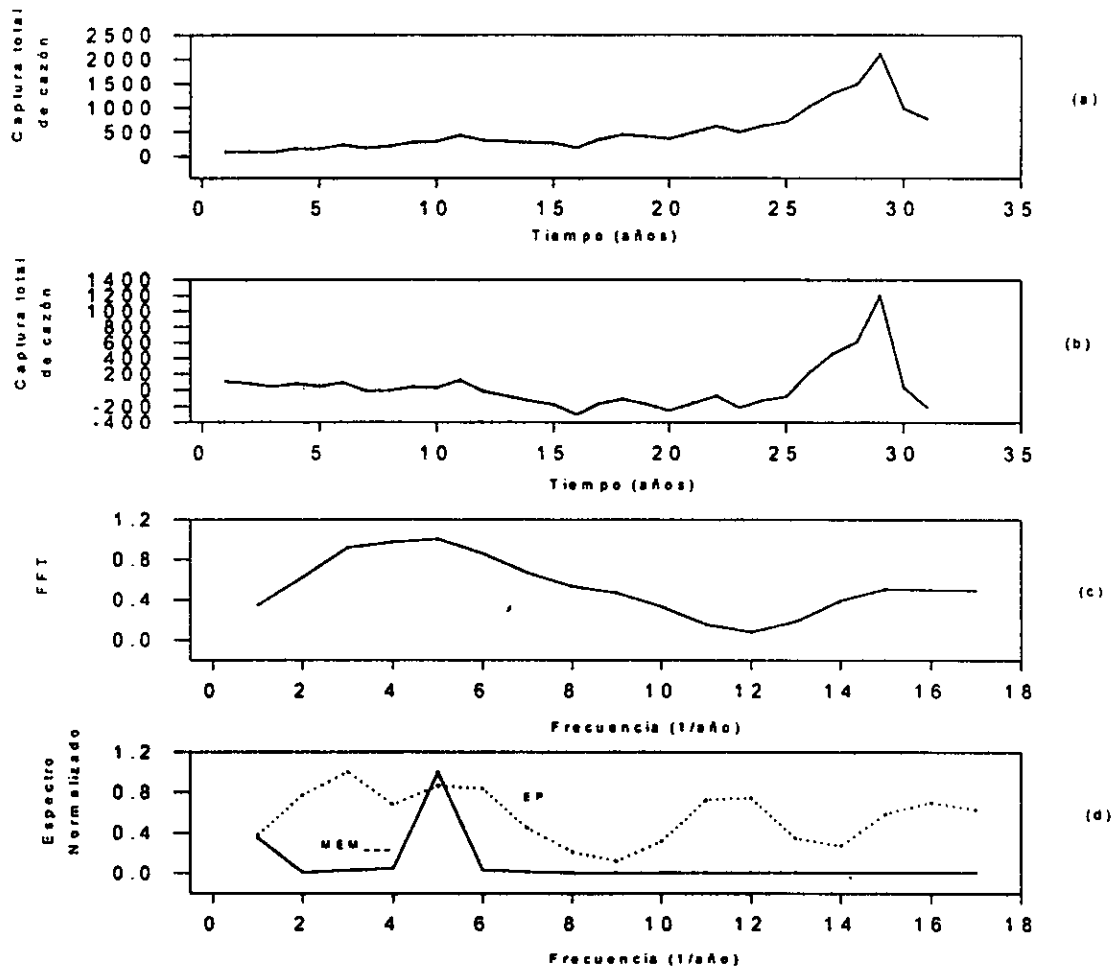


El análisis de Series de Tiempo de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), señalado en la tabla 133 y figura 195, indica dos periodicidades que podrían estar vinculadas con cuatro de los ciclos solares: a los de: 2.1; 2.2; 3.2 y 8 años; otro ciclo, el de 10.6 años, está estrechamente ligado tanto, con uno de los ciclos de los eventos El Niño como de otro de los ciclos solares; finalmente, el ciclo de 16 años correspondería a un armónico secundario del ciclo de la edad promedio de captura de esta especie que podría ser de 4 años, sin embargo la falta de estudios al respecto imposibilitan que este dato sea cotejado.

Tabla 133. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de potencia de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 8$ años $T_2 = 10.6$ años	$T_1 = 10.6$ años $T_2 = 2.2$ años	$T_1 = 16$ años $T_2 = 8$ años $T_3 = 3.2$ años $T_4 = 2.1$ años

Figura 195. Series de Tiempo de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) Serie Original, (b) Serie Sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



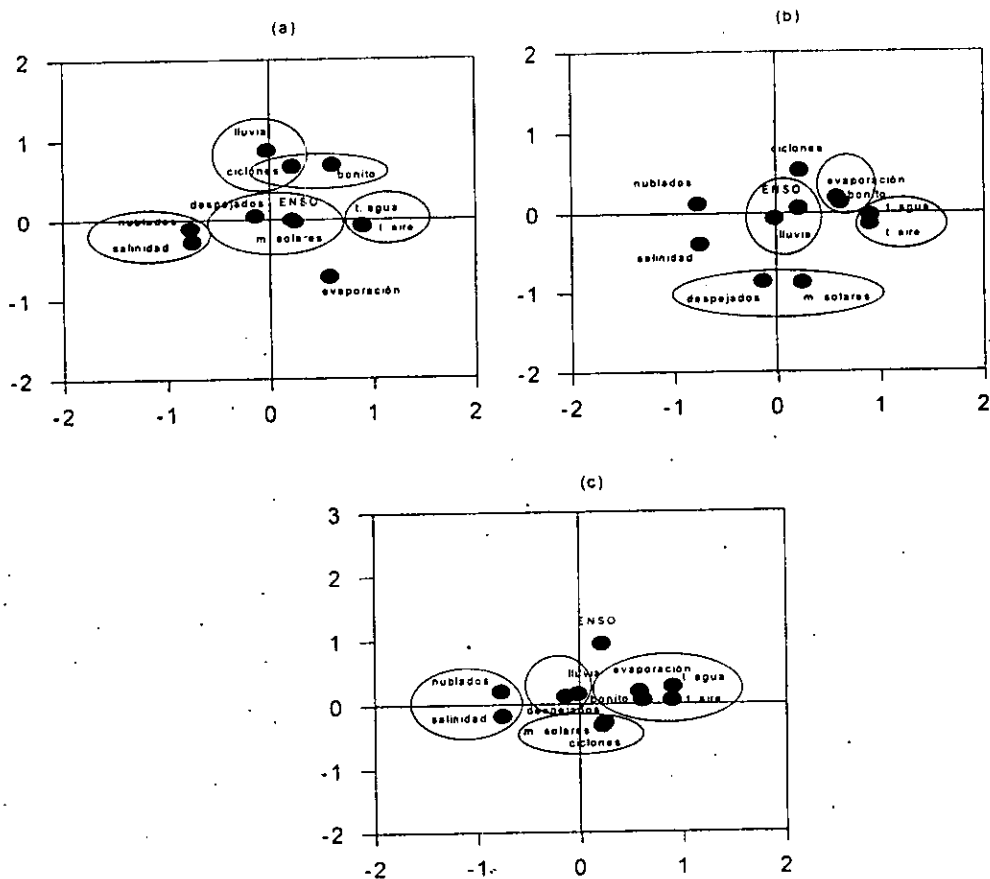
Bonito (*Euthynnus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el bonito (*Euthynnus*, spp.), mostró los siguientes resultados (Tabla 134 y Fig. 196); las variables ambientales alteraron los volúmenes de captura de la siguiente manera: en la primera componente se observa una relación positiva entre la temperatura del agua y la del aire y negativa con la cobertura nubosa; en la segunda componente, existe una asociación positiva entre la salinidad y los días despejados y negativa con la precipitación y la evaporación. Sobresale una relación inversa o negativa entre los volúmenes de la captura con la lluvia, lo que es indicador de que la salinidad y sus modificadores actúan de manera directa en las capturas como variable determinante, seguida por la temperatura.

Tabla 134. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el bonito y las variables océano-atmósfera en Tuxpam de Rodríguez Cano.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.83761747	34.8874316	3.83761747	34.8874316
Factor 2	2.43706239	22.1551126	6.27467986	57.0425442
Factor 3	1.84260615	16.750965	8.11728601	73.7935092
Factor 4	1.17800854	10.7091685	9.29529455	84.5026778

Figura 196. Análisis de Componentes Principales para el bonito (*Euthynnus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano.

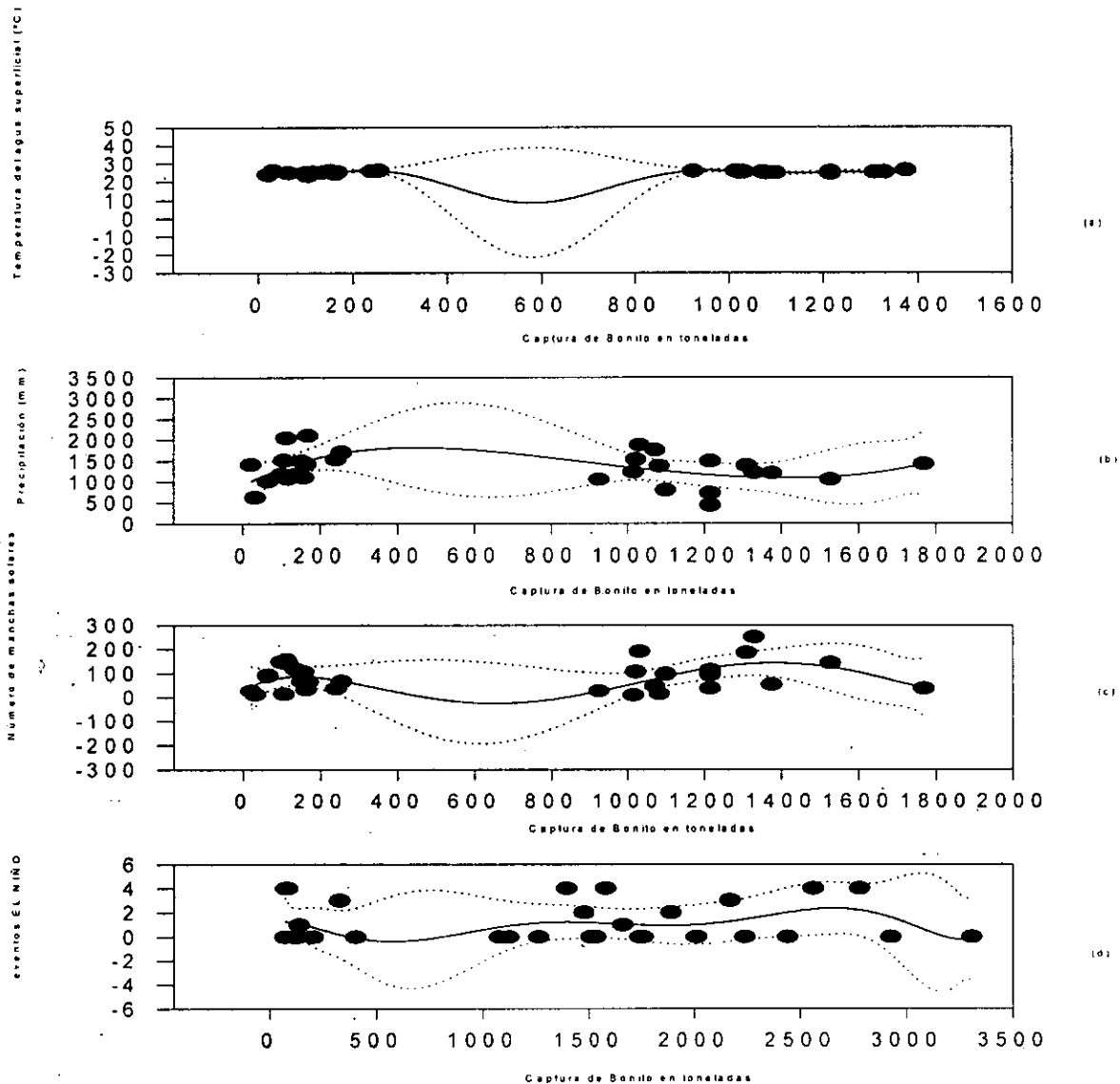


En el análisis polinomial de la captura total de bonito (*Euthynnus*, spp.) señalados en la tabla 135 y figura 197, resulta evidente la complejidad dominante dentro de las variables océano-atmósfera y el comportamiento de esta población, en donde los mayores órdenes se determinaron por la temperatura del agua y sus modificadores; por otro lado, la expresión gráfica de los polinomios evidencia esta complejidad, dentro de un intervalo de confianza del 98%.

Tabla 135. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de bonito (*Euthynnus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, con las variables ambientales.

	Temp. del agua	Precipitación	Manchas Solares	Eventos El Niño
Orden del polinomio	9	5	5	7
Regresión	$r^2 = 0.44$	$r^2 = 0.20$	$r^2 = 0.23$	$r^2 = 0.09$

Figura 197. Análisis polinomial de la captura total de bonito (*Euthynnus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) captura vs temperatura del agua, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs manchas solares, (d) captura vs eventos El Niño.



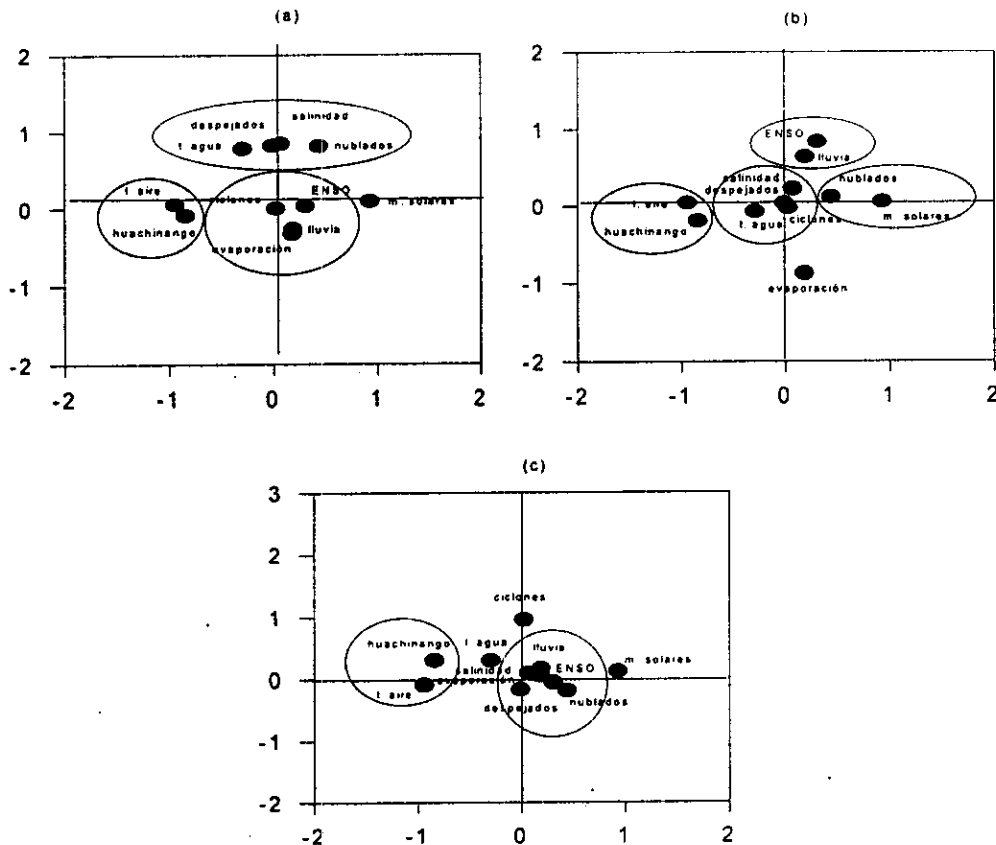
Huachinango (*Lutjanus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.), se muestra en la tabla 136 y figura 198. El volumen total de la captura estuvo modificado por las variables ambientales de la siguiente forma: se observa en la primera componente que hay una relación positiva entre los ciclos de manchas solares y los eventos El Niño y negativa entre la temperatura del agua y los volúmenes de captura; en la segunda componente, existe una relación positiva entre la salinidad y los días despejados y negativa con la precipitación y la evaporación. Se puede corroborar entonces que los volúmenes en la captura están determinados, en mayor medida y directamente por la salinidad, tal y como se observa en el cuadrante I y el III entre la precipitación y las capturas; en segundo lugar, es la temperatura y sus modificadores, quienes inciden en ellas.

Tabla 136. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Tuxpam de Rodríguez Cano.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.40067285	30.9152077	3.40067285	30.9152077
Factor 2	2.72583993	24.780363	6.12651278	55.6955707
Factor 3	1.68236148	15.2941953	7.80887426	70.989766
Factor 4	1.21815191	11.0741083	9.02702617	82.0638743

Figura 198. Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano.

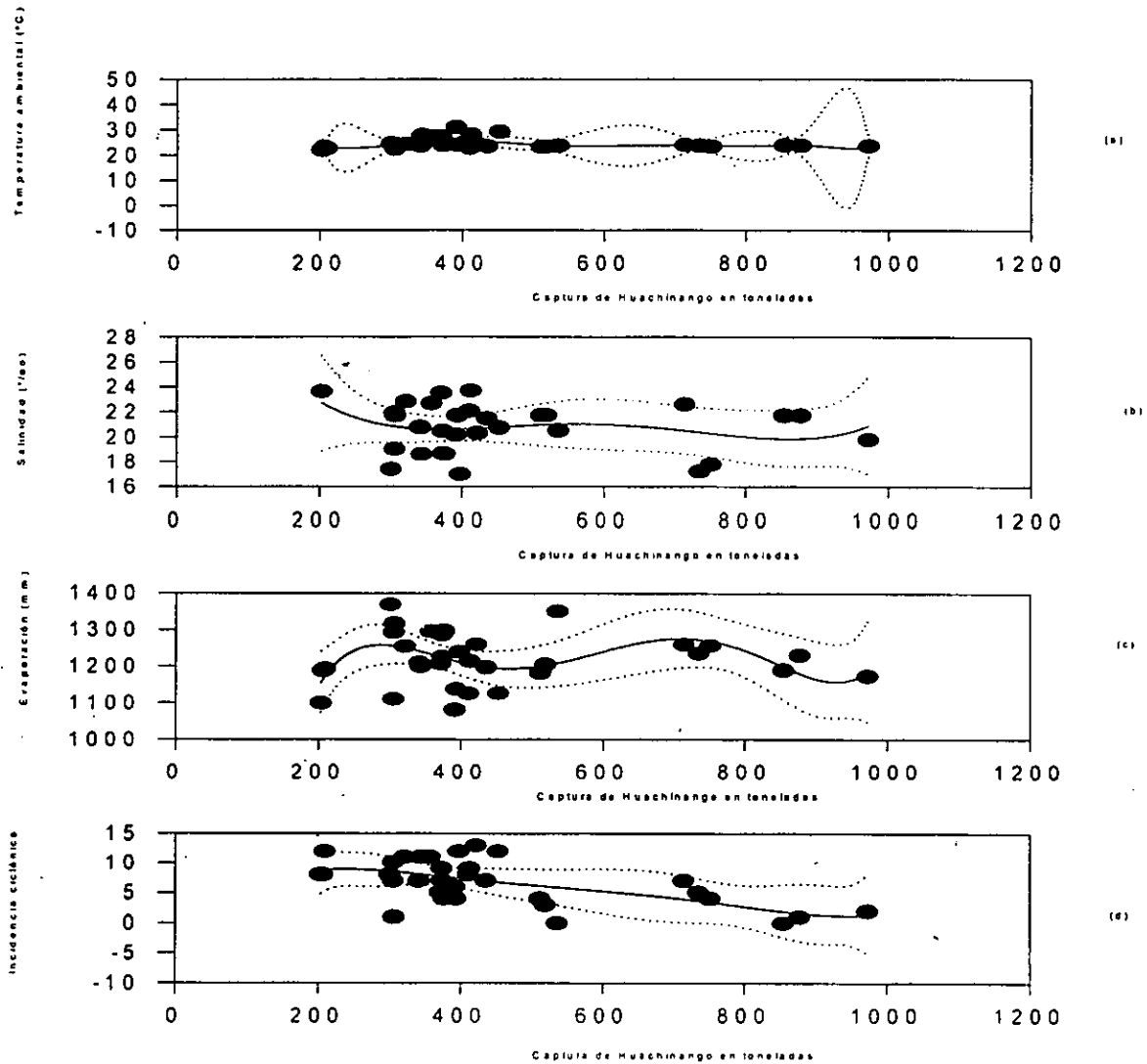


Los resultados del análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp.) se presenta en la tabla 137 y figura 199; el alto orden calculado para los polinomios es un indicador de la complejidad que existe entre esta población y su medio ambiente, el cual esta regulado, básicamente, por la salinidad y sus modificadores como se señaló también en el análisis de componentes principales; cabe señalar que el intervalo de confianza fue del 98% y la representación gráfica constituye un ejemplo de la complejidad de esta relación.

Tabla 137. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, con las variables ambientales.

	Temp. del aire	Salinidad	Evaporación	Ciclones
Orden del polinomio	9	4	5	5
Regresión	$r^2 = 0.30$	$r^2 = 0.05$	$r^2 = 0.19$	$r^2 = 0.33$

Figura 199. Análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) captura vs temperatura del aire, (b) captura vs salinidad, (c) captura vs evaporación, (d) captura vs incidencia ciclónica.

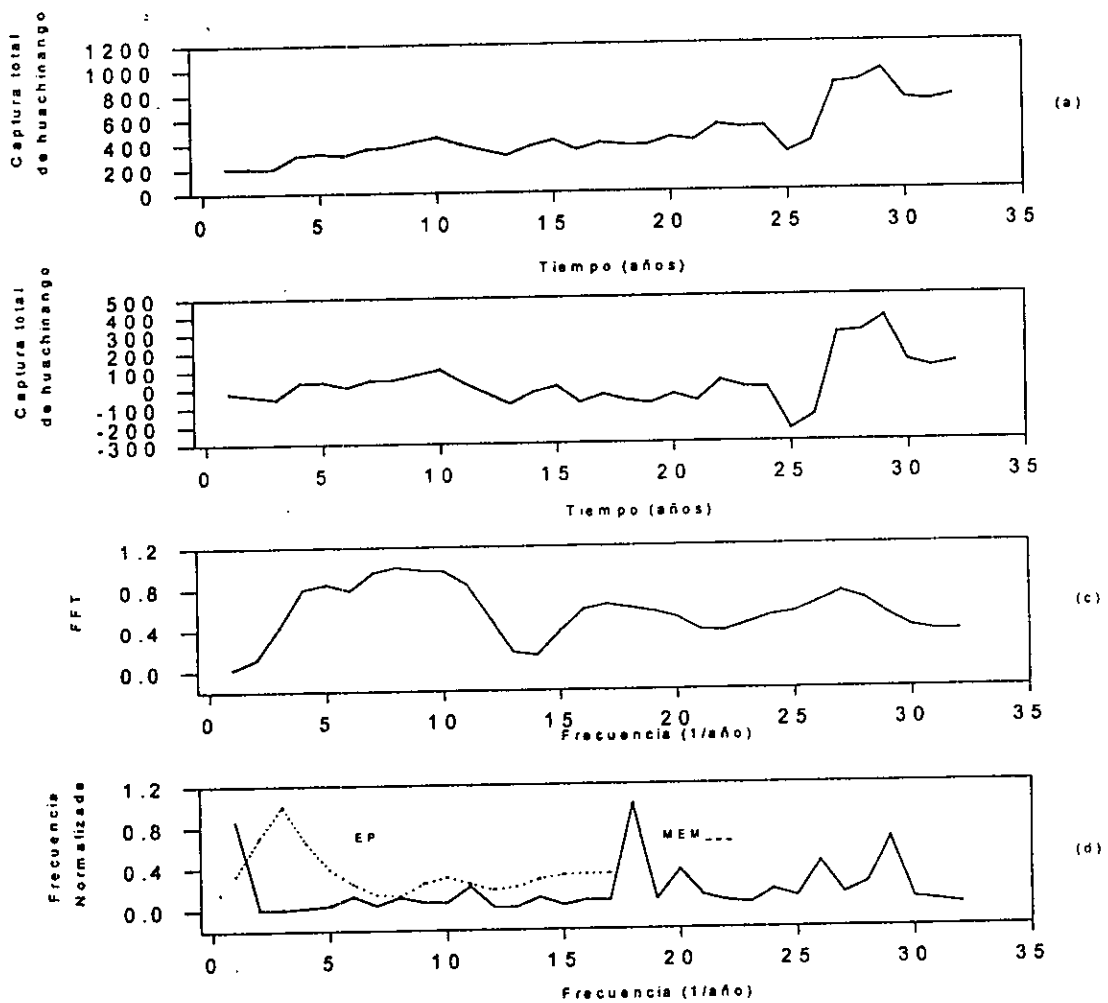


EL análisis de Series de Tiempo del huachinango (*Lutjanus*, spp.), se muestra en la tabla 138 y figura 200 en donde se observa que existe un estrecho vínculo entre los ciclos calculados y tres de los ciclos solares: el de 2.2, el de 3.7 y el de 21.3 años; los ciclos de 2.4; 2.5 y 10.6 años se encuentran cercanos a los períodos de recurrencia de los eventos El Niño; en lo que respecta al ciclo de 16 años, podría formar parte de un armónico secundario del ciclo de 4 años, el cual estaría relacionado con la edad promedio de la captura de estos organismos.

Tabla 138. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 3.7$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.2$ años	$T_2 = 21.3$ años	
$T_3 = 2.5$ años	$T_3 = 2.4$ años	
$T_4 = 6.4$ años	$T_4 = 4$ años	

Figura 200. Series de Tiempo de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía



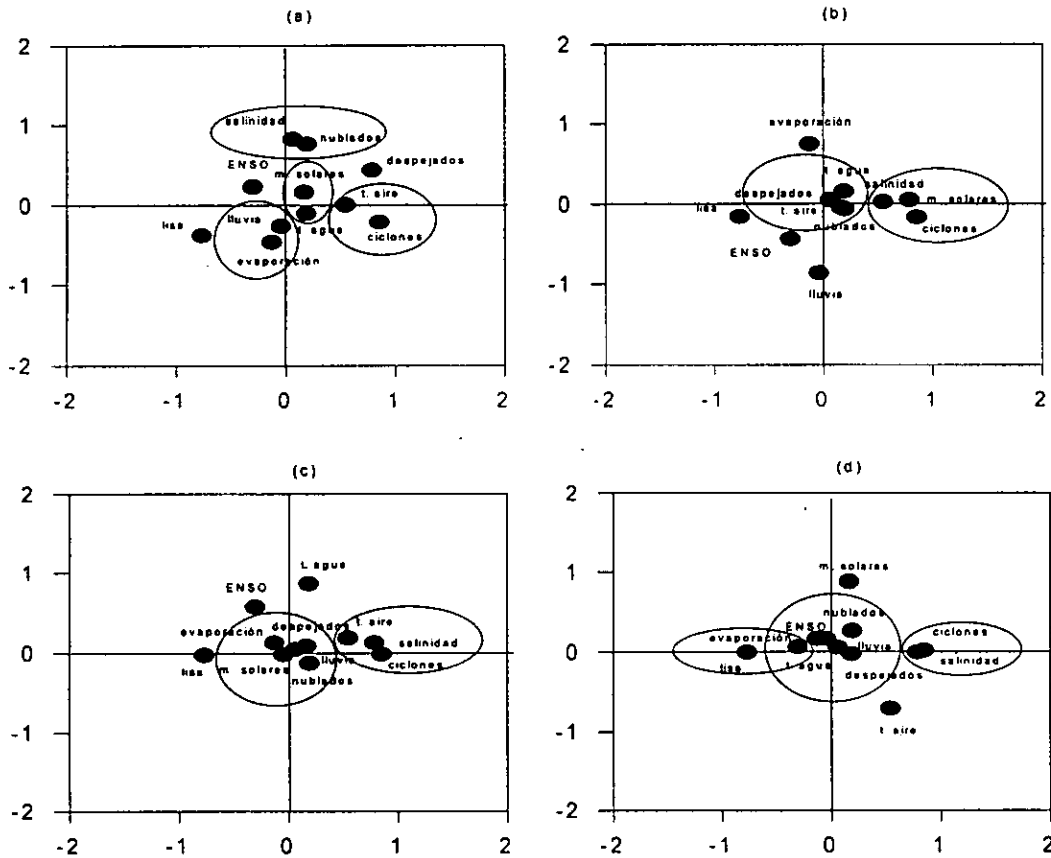
Lisa (*Mugil, spp.*)

El análisis de componentes principales para la lisa (*Mugil, spp.*) se muestra en la tabla 139 y figura 201; los resultados indican que en la primera componente la temperatura del aire es un modificador importante que está asociado de manera inversa con la captura total de la lisa; en la segunda componente, se observa una relación positiva entre la salinidad y los días nublados y negativa entre la evaporación y la precipitación; sobresale, por otro lado, la relación inversa que existe entre la incidencia ciclónica y los eventos El Niño. Se puede señalar entonces que, la temperatura del agua y sus modificadores, en primer término y la salinidad en segundo, constituyeron las variables ambientales que más alteraron los volúmenes de captura.

Tabla 139. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Tuxpam de Rodríguez Cano.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.926144	26.6013091	2.926144	26.6013091
Factor 2	1.96758835	17.8871668	4.89373235	44.4884759
Factor 3	1.46445875	13.3132613	6.3581911	57.8017373
Factor 4	1.16364527	10.5785933	7.52183637	68.3803306
Factor 5	1.09982227	9.99838429	8.62165864	78.3787149

Figura 201. Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) en Tuxpam de Rodríguez Cano.



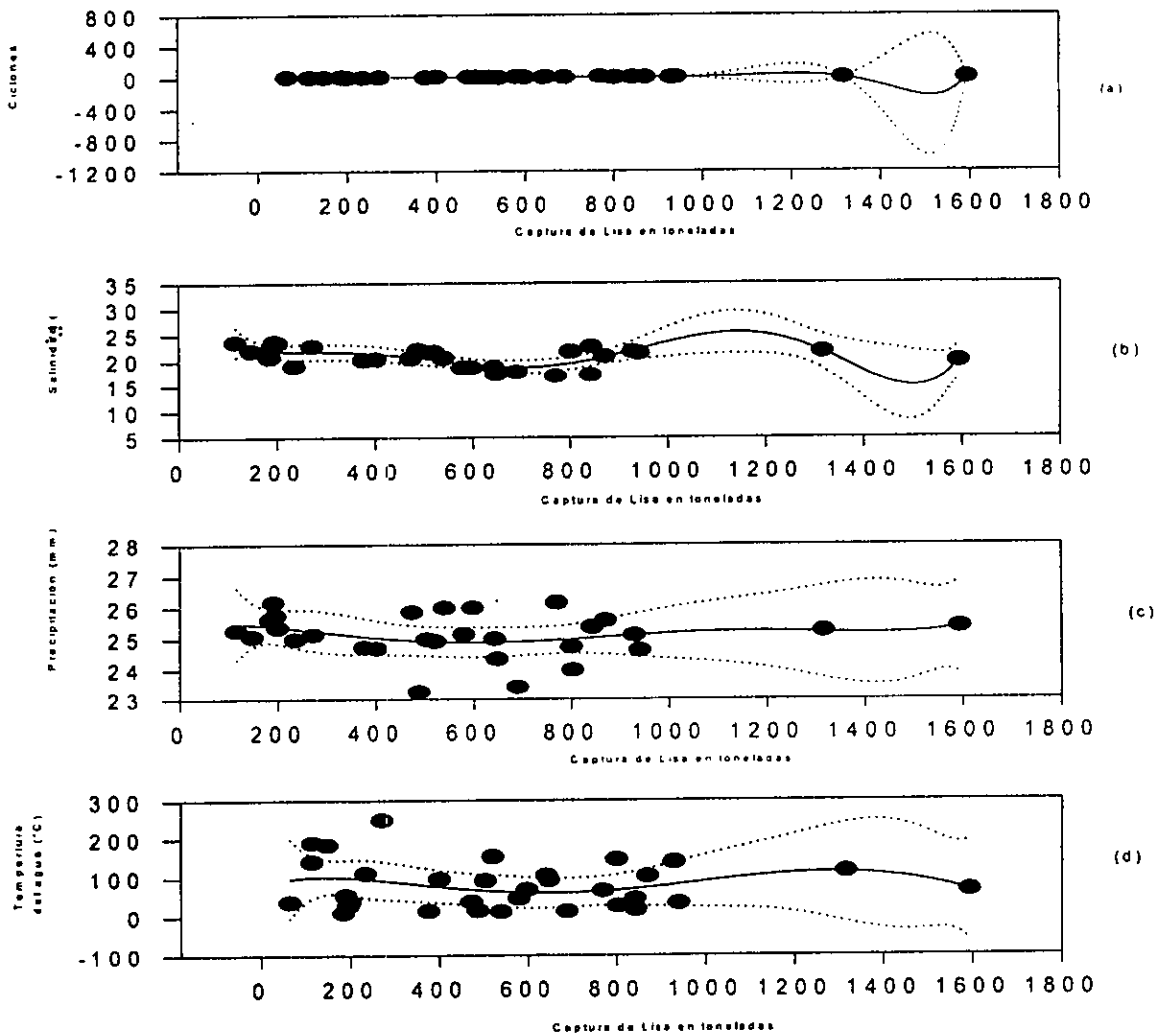


El análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*), que se muestra en la tabla 140 y figura 202, indica la complejidad del sistema océano-atmósfera y de las relaciones que guarda con esta población, dado el orden polinomial estimado, en donde la función forzante fue la salinidad y sus modificadores, lo cual también se probó en el análisis de componentes principales. La complejidad del sistema se observa, por otro lado, en la representación gráfica, dentro de un intervalo de confianza del 98%.

Tabla 140. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Tuxpam de Rodríguez Cano, con las variables ambientales.

	Ciclones	Salinidad	Precipitación	Temp. del agua
Orden del polinomio	9	6	5	5
Regresión	$r^2 = 0.39$	$r^2 = 0.44$	$r^2 = 0.08$	$r^2 = 0.07$

Figura 202. Análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) captura vs incidencia ciclónica (b) captura vs salinidad, (c) captura vs precipitación, (d) captura vs temperatura del agua.

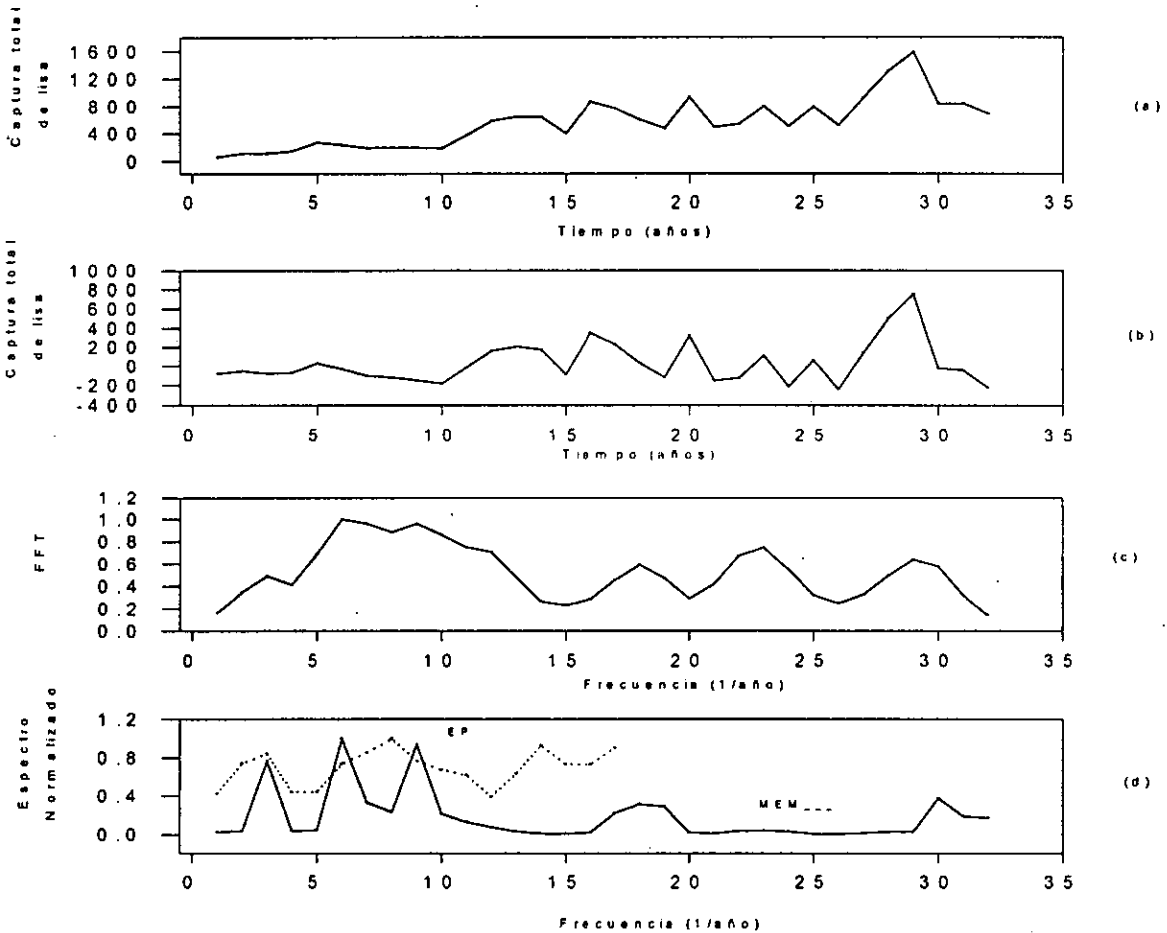


El resultado del análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de lisa (*Mugil, spp.*), señalado en la tabla 141 y figura 203 indica una importante cercanía con cinco de los ciclos solares: el de 2.2, el de 2.9, el de 3.7, el de 8, el de 12.7 y el de 32 años; el de 2.5 años es cercano a uno de los de los eventos El Niño; por último, el de 16 años podría constituir un armónico secundario de ciclo de 4.5 años, la posible edad promedio de captura de la lisa.

Tabla 141. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Tuxpam de Rodríguez Cano, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 4.5$ años
$T_2 = 8$ años	$T_2 = 8$ años	$T_2 = 2.4$ años
$T_3 = 32$ años	$T_3 = 2.9$ años	$T_3 = 16$ años
$T_4 = 2.2$ años	$T_4 = 2.2$ años	
$T_5 = 3.7$ años	$T_5 = 3.7$ años	

Figura 203. Series de Tiempo del volumen total de captura de lisa (*Mugil, spp.*) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



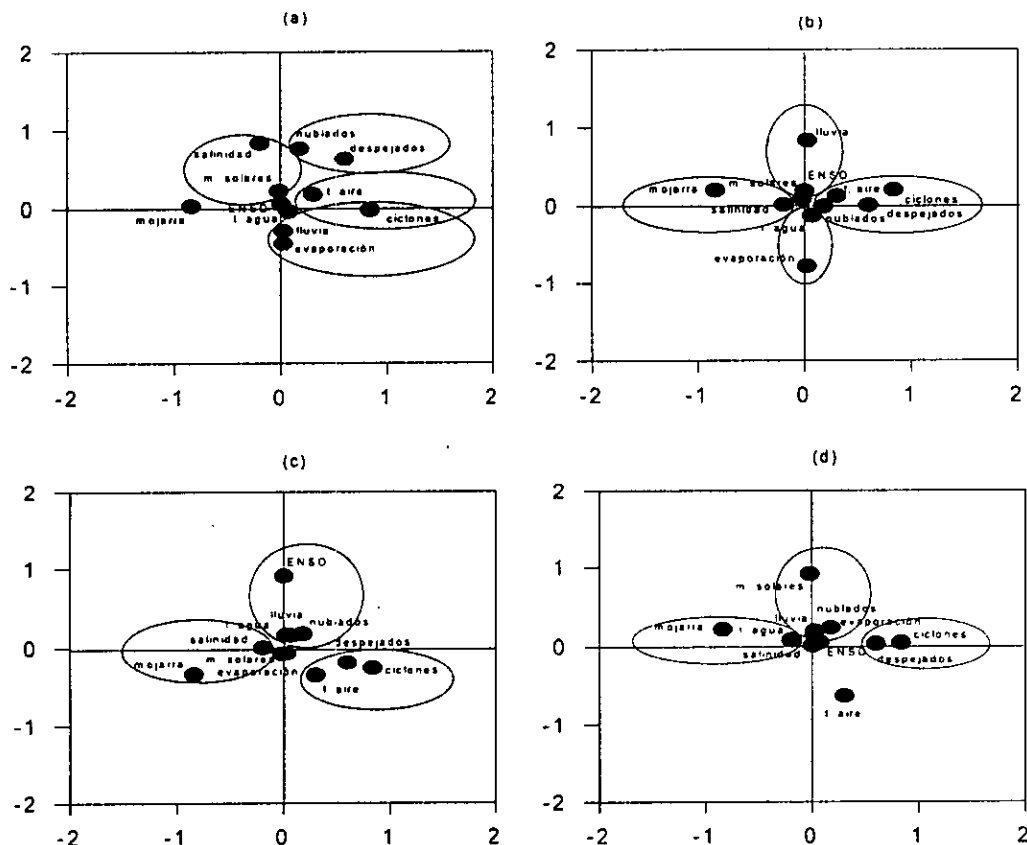
Mojarra (*Eugerres*, spp.)

El análisis de componentes principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.), se muestra en la tabla 142 y figura 204. Los volúmenes de captura de mojarra se modificaron por las variables ambientales de la siguiente manera: en la primera componente se observa un relación inversa entre la incidencia ciclónica y las capturas; en la segunda componente existe una relación negativa entre la lluvia y la evaporación. Se puede señalar que la salinidad y sus modificadores son, en primer término, las variables que más incidieron en los volúmenes de la captura.

Tabla 142. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Tuxpam de Rodríguez Cano.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.439711	22.179191	2.439711	22.179191
Factor 2	2.09732838	19.066216	4.53703938	41.2458126
Factor 3	1.49739134	13.6126486	6.03443073	54.8584612
Factor 4	1.21716866	11.0651696	7.25159938	65.9236308
Factor 5	1.09257979	9.93254354	8.34417917	75.8561743
Factor 6	1.05330019	9.5754563	9.39747937	85.4316306

Figura 204. Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano.

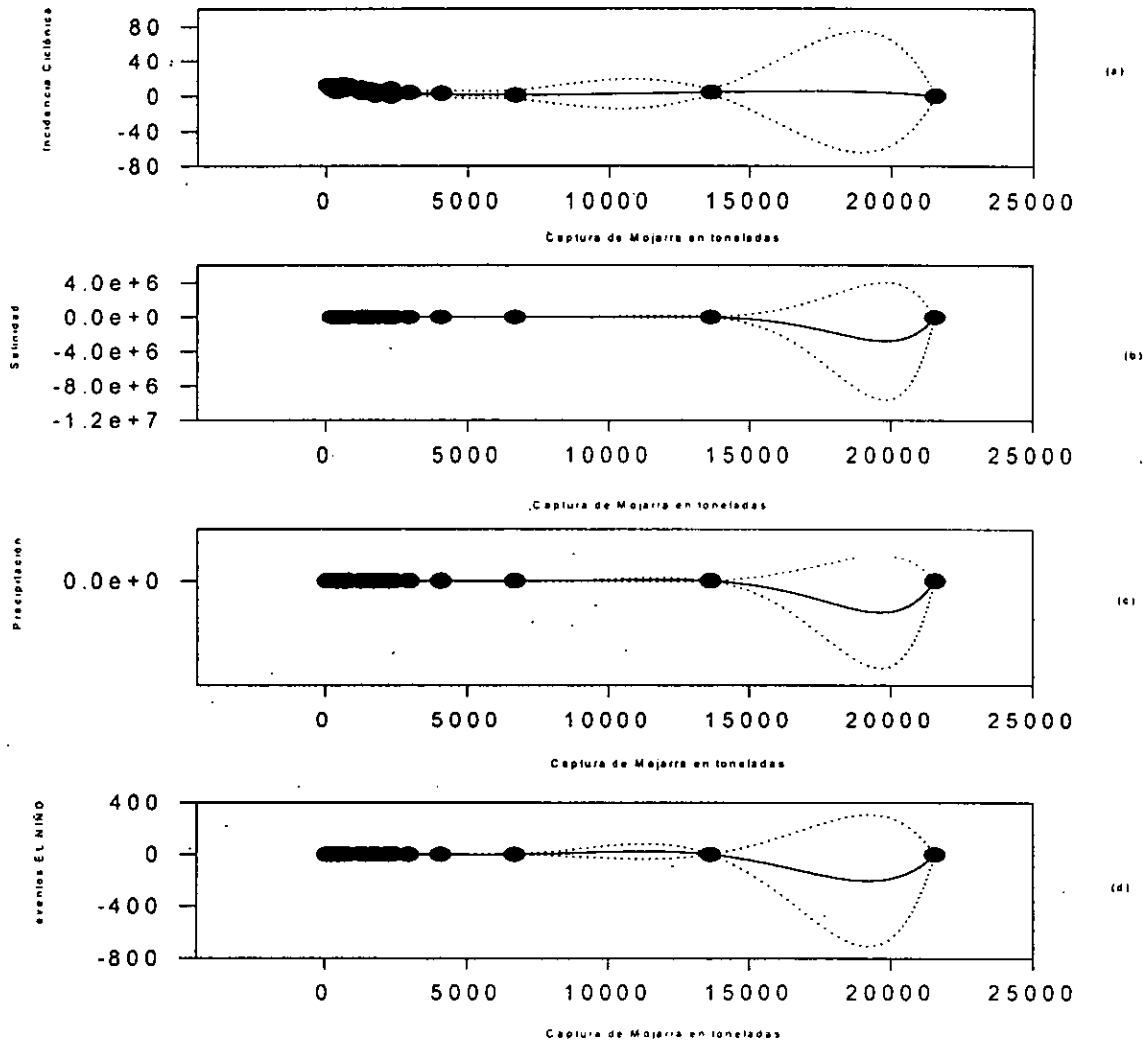


El análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.), se muestra en la tabla 143 y figura 205; resulta evidente, dado el orden de magnitud estimado, la extrema complejidad de los elementos que conforman este sistema, en donde se ve que la salinidad y sus modificadores constituyen la función forzante, tal y como lo indicó también el análisis de componentes principales; por otro lado, la representación gráfica es otra evidencia de esta complejidad, expresada dentro de un intervalo de confianza del 98%.

Tabla 143. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, con las variables ambientales.

	Ciclones	Salinidad	Precipitación	Eventos El Niño
Orden del polinomio	5	9	8	6
Regresión	$r^2 = 0.60$	$r^2 = 0.35$	$r^2 = 0.21$	$r^2 = 0.15$

Figura 205. Análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) captura vs incidencia ciclónica, (b) captura vs salinidad, (c) captura vs precipitación, (d) captura vs eventos El Niño.

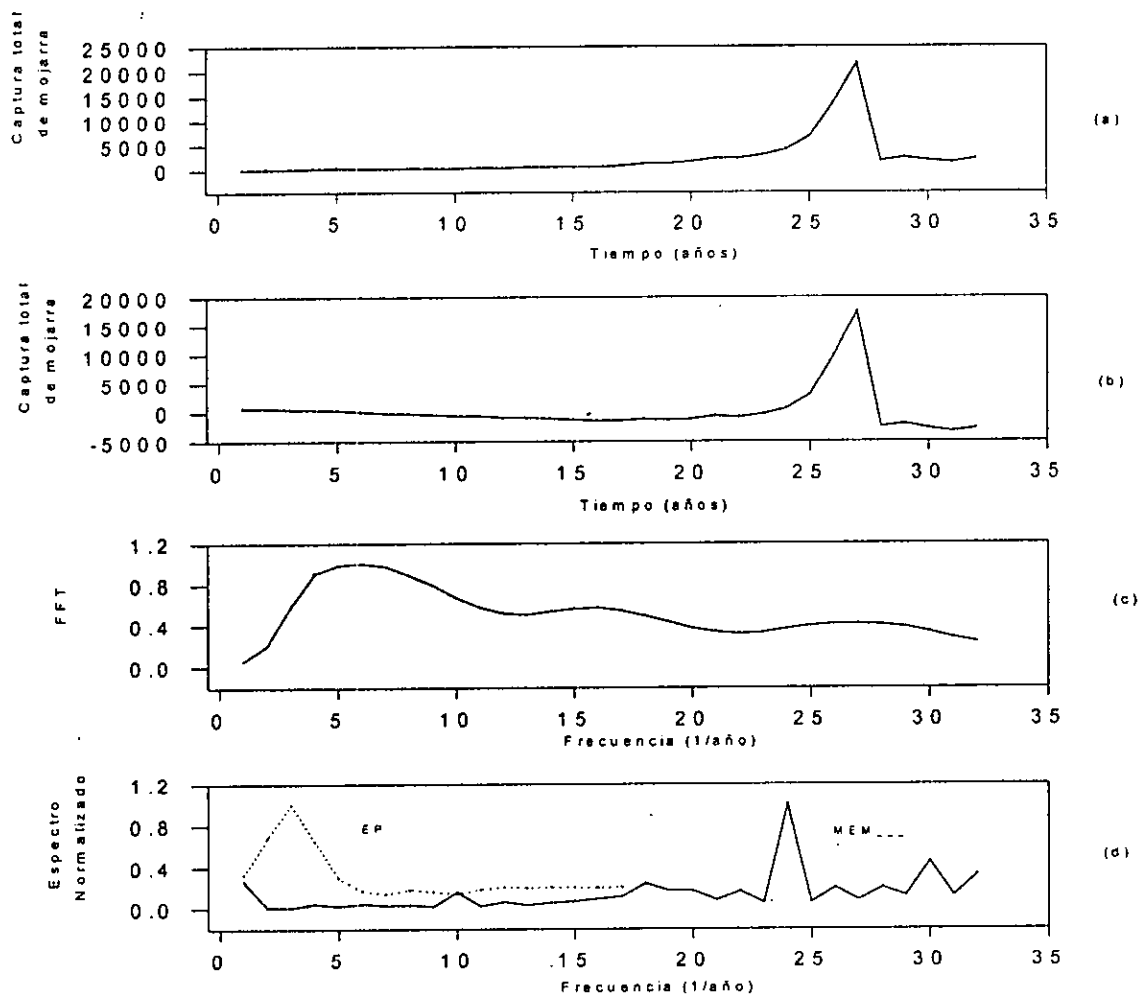


Los resultados del análisis de Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*), se muestran en la tabla 144 y figura 206, en donde es posible observar el estrecho vínculo que existe con los ciclos solares de 2.1 y 12.7 años; otro ciclo, el de 2.7 años, podría estar vinculado con uno de los de los eventos El Niño; en lo que se refiere al de 16 años, constituiría un armónico secundario del ciclo de 4.2 años que podría corresponder a la edad promedio de la captura de la mojarra.

Tabla 144. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Tuxpam de Rodríguez Cano, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.2$ años	$T_2 = 4.2$ años	
$T_3 = 2$ años	$T_3 = 2.7$ años	

Figura 206. Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



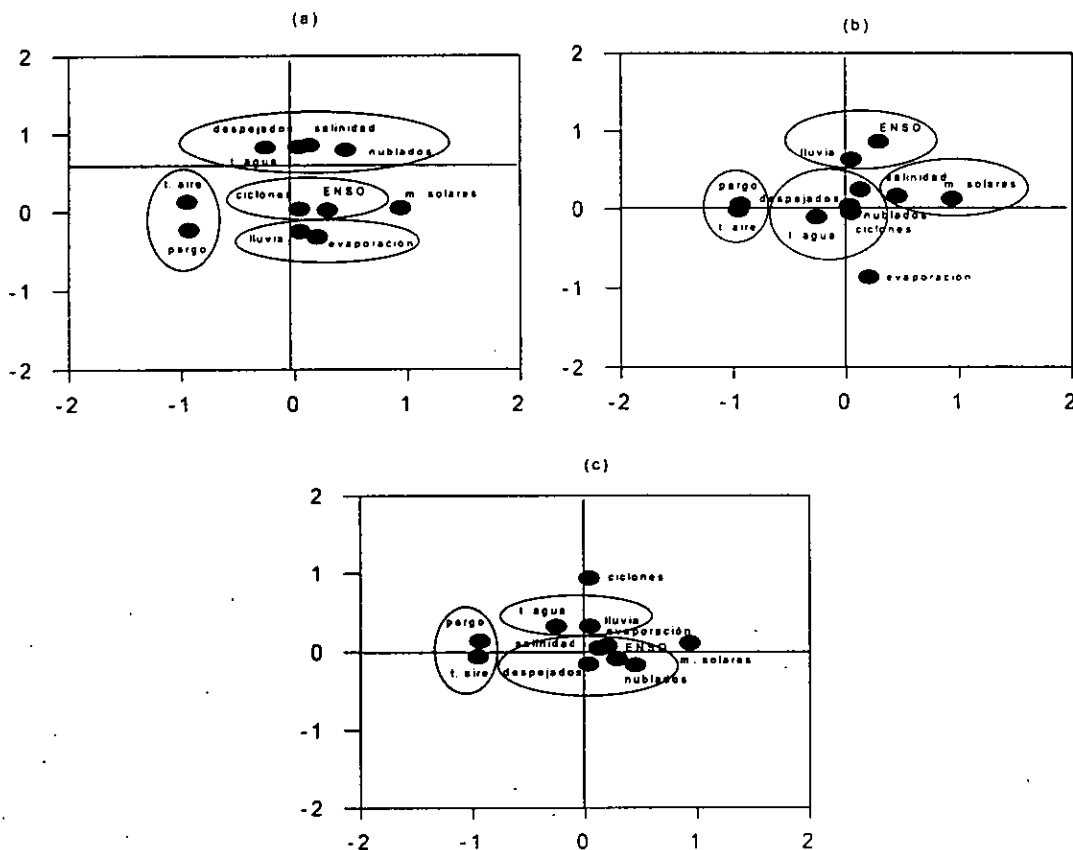
Pargo (*Lutjanus, spp.*)

El análisis de componentes principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*), se muestra en la tabla 145 y figura 207. Los volúmenes de captura se modificaron por las variables ambientales de la siguiente manera: en la primera componente se observa que hay una relación positiva con los ciclos de las manchas solares y que está relacionada de manera inversa con la temperatura del aire y las capturas; en la segunda componente hay una relación positiva con la salinidad y los días despejados y negativa con la precipitación y la evaporación. Esto señala que, la temperatura del agua y sus modificadores resultaron, en primer término, los factores de mayor incidencia y, en segundo, la salinidad y sus modificadores.

Tabla 145. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.52558234	32.0507486	3.52558234	32.0507486
Factor 2	2.6631499	24.2104536	6.18873224	56.2612022
Factor 3	1.82553521	16.5957746	8.01426745	72.8569768
Factor 4	1.18157203	10.7415639	9.19583947	83.5985407

Figura 207. Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) en Tuxpam de Rodríguez Cano.

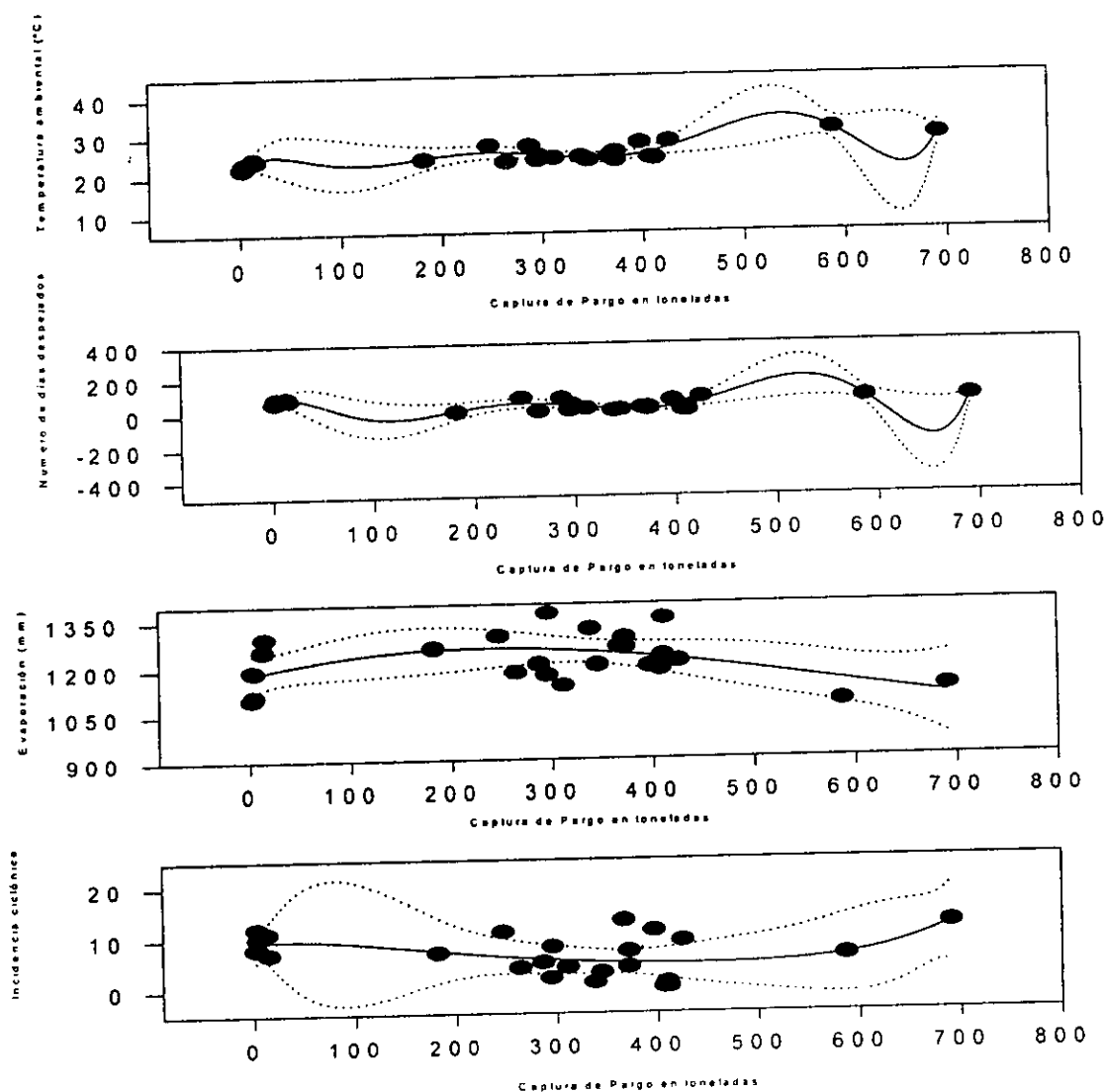


El análisis de componentes principales de la captura total del pargo (*Lutjanus*, spp.), señalado en la tabla 146 y figura 208, constituye una evidencia de la complejidad existente en el sistema océano-atmósfera y la respuesta de esta población, en donde la función forzante está constituida por la salinidad y sus modificadores, dentro de un intervalo de confianza del 98%.

Tabla 146. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total del pargo (*Lutjanus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, con las variables ambientales.

	Temp. del aire	Días despejados	Evaporación	Ciclones
Orden del polinomio	7	7	3	5
Regresión	$r^2 = 0.69$	$r^2 = 0.63$	$r^2 = 0.26$	$r^2 = 0.29$

Figura 208. Análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) captura vs temperatura del aire, (b) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (c) captura vs evaporación, (d) captura vs incidencia ciclónica.

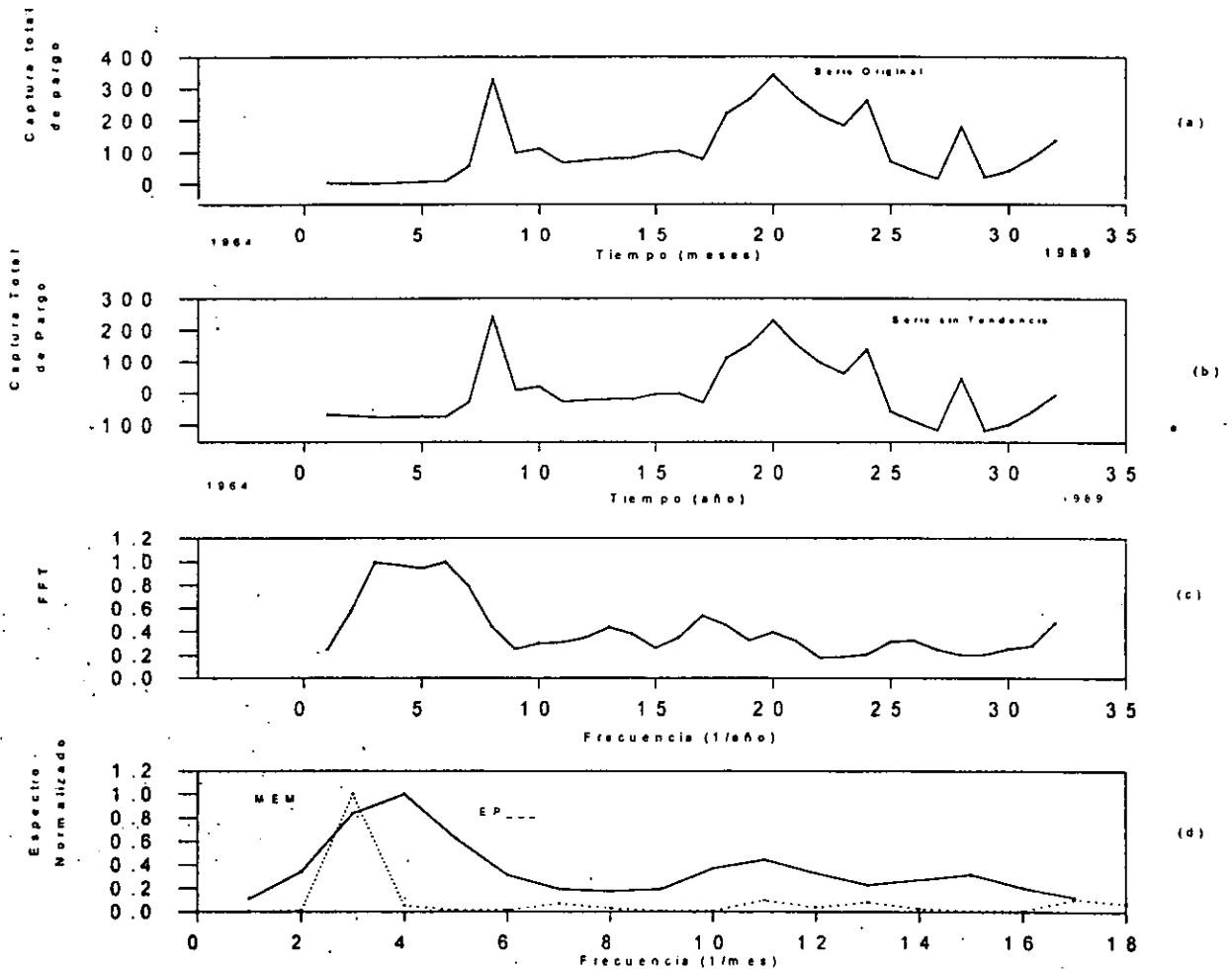


El resultado del análisis de Series de Tiempo del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.), se muestra en la tabla 147 y figura 209 en donde se señalan dos de los ciclos solares: el de 10.6 y el de 32 años; los de 2.3; 5.3 y 10.6 años, se encuentran cercanos a los ciclos de los eventos El Niño; por último, el ciclo de 4.0 años constituiría la edad promedio de captura de los individuos de esta población, sin embargo, la ausencia de investigaciones al respecto imposibilita para dar una respuesta más contundente.

Tabla 147. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 32$ años	$T_1 = 32$ años	$T_1 = 10.6$ años
$T_2 = 2.3$ años	$T_2 = 4$ años	
	$T_3 = 5.3$ años	

Figura 209. Series de Tiempo del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





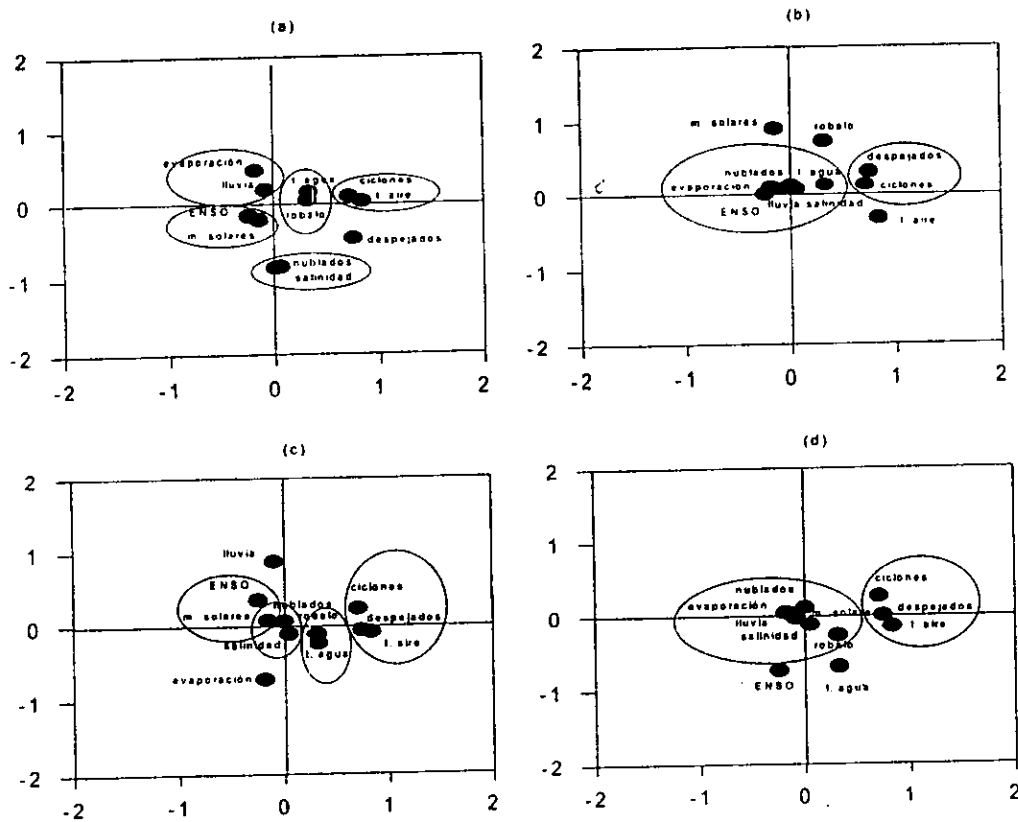
Robalo (*Centropomus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el robalo (*Centropomus*, spp.), se muestra en la tabla 148 y figura 210. Los resultados señalan que los volúmenes de la captura se ven alterados por las variables ambientales de la siguiente manera: la primera componente muestra una relación positiva entre la temperatura del aire, la temperatura del agua, la incidencia ciclónica y las capturas del robalo y negativa con los eventos El Niño y los ciclos de manchas solares; en la segunda componente se observa que existe una asociación positiva entre la evaporación y la lluvia y negativa con la cobertura nubosa y la salinidad. Se puede señalar en este caso, que la temperatura del agua y sus modificadores constituyen el factor que más determina las capturas, mientras que, la salinidad y sus modificadores se mantuvo en segundo término.

Tabla 148. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Tuxpam de Rodríguez Cano.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.47630019	22.5118199	2.47630019	22.5118199
Factor 2	1.93753096	17.6139179	4.41383115	40.1257378
Factor 3	1.52752536	13.8865942	5.94135651	54.0123319
Factor 4	1.40121944	12.7383585	7.34257595	66.7506904
Factor 5	1.10388073	10.0352793	8.44645667	76.7859698

Figura 210. Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano.

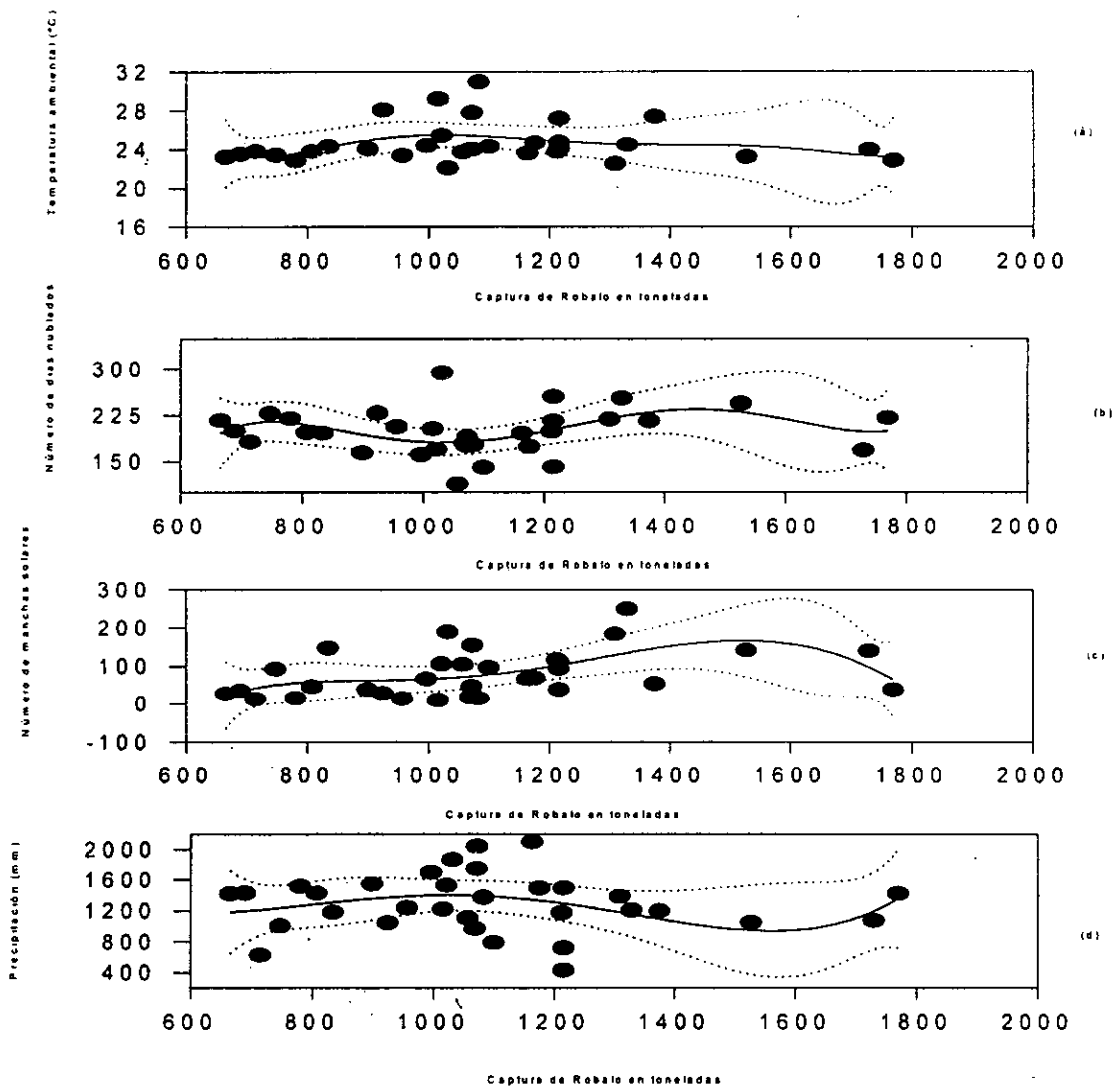


El resultado del análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus, spp.*), que se muestra en la tabla 149 y la figura 211, indica, por el orden de los polinomios, que la relación es compleja, dominada de una manera importante por la salinidad y sus modificadores; la representación es otro indicador más de esta complejidad del sistema representado dentro de un nivel de confianza del 95%.

Tabla 149. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de robalo (*Centropomus, spp.*) en Tuxpam de Rodríguez Cano con las variables ambientales.

	Temp. del aire	Días nublados	Manchas Solares	Precipitación
Orden del polinomio	6	5	5	4
Regresión	$r^2 = 0.15$	$r^2 = 0.16$	$r^2 = 0.26$	$r^2 = 0.07$

Figura 211. Análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus, spp.*) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) captura vs temperatura del aire, (b) captura vs cobertura nubosa (días nublados), (c) captura vs manchas solares, (d) captura vs precipitación.



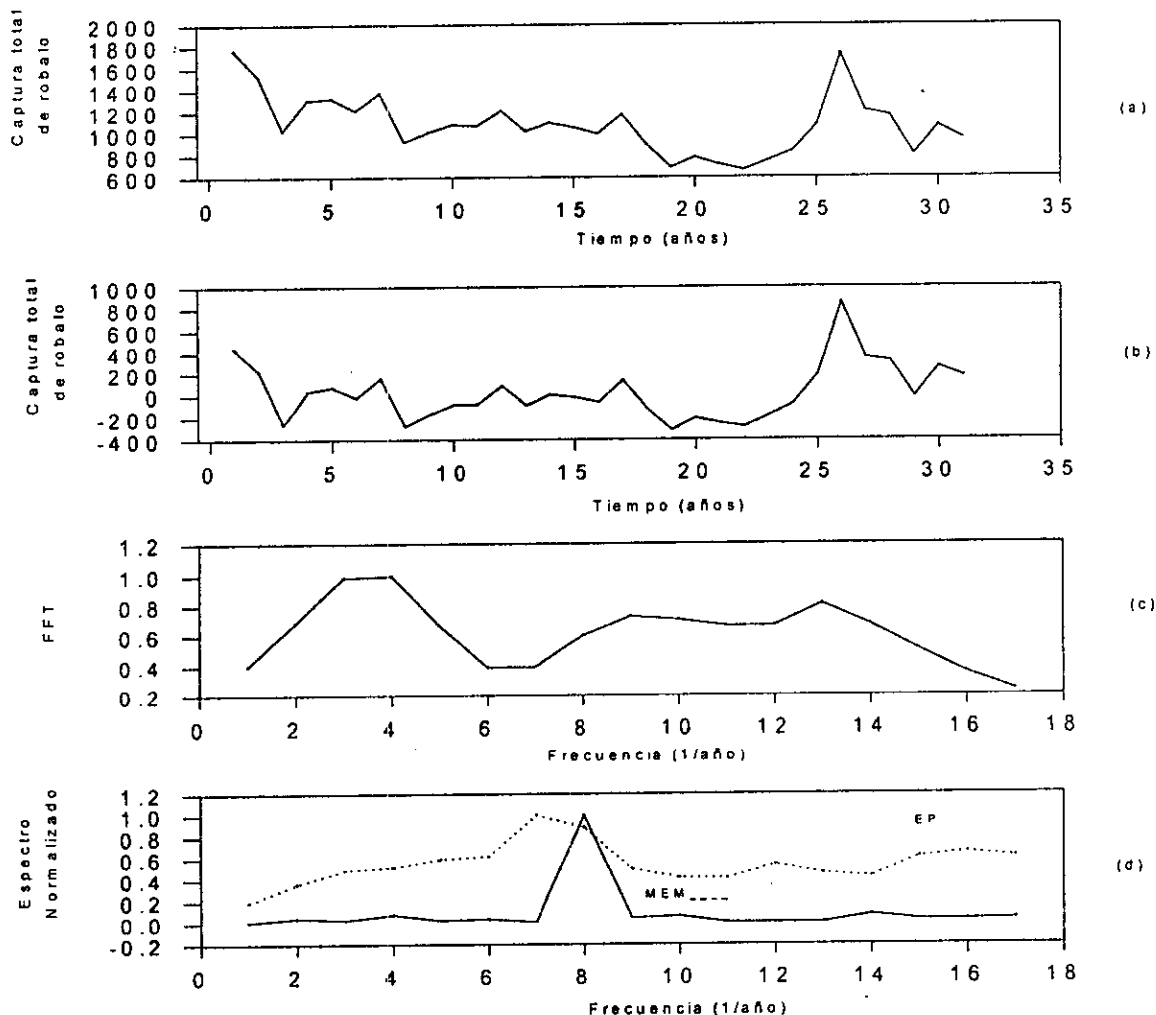
El resultado del análisis de series de tiempo del volumen total de captura del robalo (*Centropomus, spp.*), se muestra en la tabla 150 y figura 212, en donde se observa una coincidencia importante con tres de los ciclos

solares: el de 2.1, el de 2.9 y el de 10.6 años; en lo que se refiere al de 2.1, también corresponde, junto con los de 5.3 y 10.6 años, a períodos de recurrencia de los eventos El Niño. El ciclo de 4 años podría corresponder a la edad promedio de captura.

Tabla 150. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen total de captura del robalo (*Centropomus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 4.5$ años	$T_1 = 10.6$ años $T_2 = 2.6$ años $T_3 = 4$ años	$T_1 = 5.3$ años $T_2 = 2.1$ años $T_3 = 2.9$ años

Figura 212. Series de Tiempo del volumen total de captura del robalo (*Centropomus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



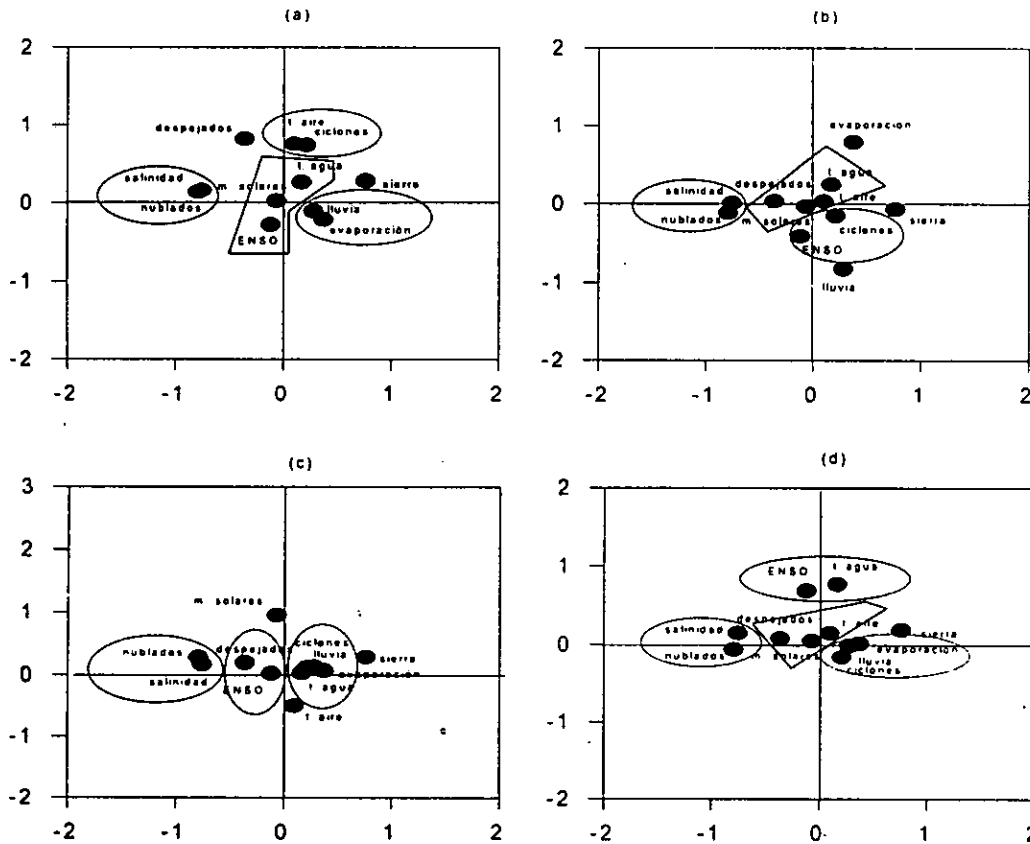
Sierra (*Scomberomus*, spp.)

El análisis de componentes principales para la sierra (*Scomberomus*, spp.), se muestra en la tabla 151 y figura 213; el volumen total de la captura se vio modificado por las variables ambientales de la siguiente manera: en la primera componente se observa un vínculo, aunque bajo y positivo, con la lluvia, la evaporación y con el volumen de la captura y negativo y también débil, con la salinidad y la cobertura nubosa; en la segunda componente hubo una asociación positiva entre la temperatura del aire y la incidencia ciclónica y negativa con los eventos El Niño. La salinidad y sus modificadores, en primer término, determinaron los volúmenes totales de la captura de la sierra y la temperatura y sus modificadores en segundo.

Tabla 151. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Tuxpam de Rodríguez Cano, Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.38892208	21.7174734	2.38892208	21.7174734
Factor 2	2.09732004	19.0665458	4.48624212	40.7840193
Factor 3	1.62086375	14.735125	6.10710587	55.5191443
Factor 4	1.33053555	12.0957778	7.43764143	67.6149221
Factor 5	1.12134721	10.1940656	8.55898864	77.8089876

Figura 213. Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano.

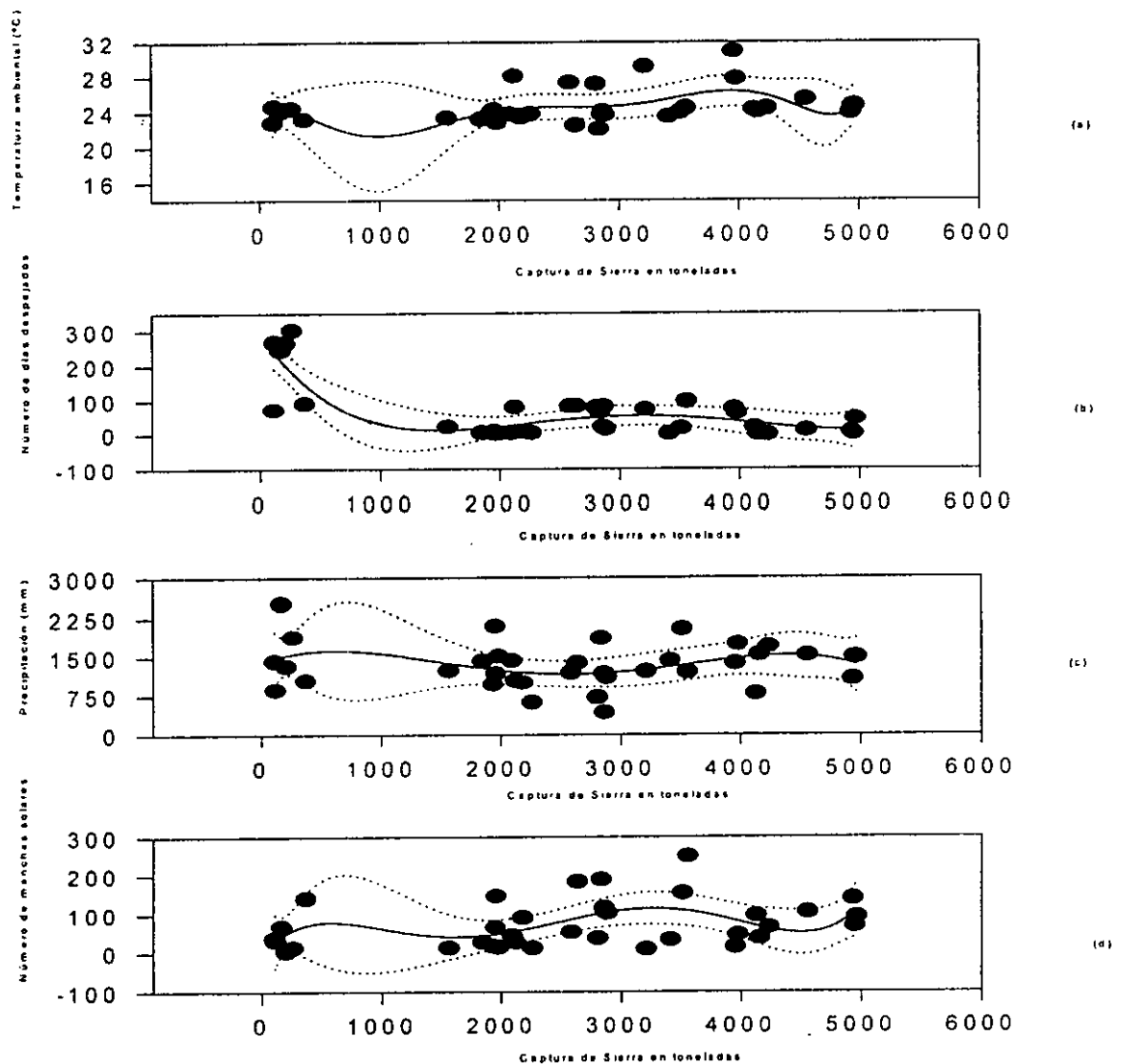


El análisis polinomial que de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) se muestra en la tabla 152 y figura 214, e indica, por el orden calculado, que la relación entre las variables océano-atmósfera y la respuesta de esta población es altamente compleja, en donde además, existe una influencia importante del Sol, tanto en las variables bióticas como en las abióticas; el intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 152. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, con las variables ambientales.

	Temp. del aire	Días despejados	Precipitación	Manchas Solares
Orden del polinomio	7	4	5	5
Regresión	$r^2 = 0.17$	$r^2 = 0.67$	$r^2 = 0.100$	$r^2 = 0.19$

Figura 214. Análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Tuxpam. (a) captura vs temperatura del aire, (b) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (c) captura vs precipitación, (d) captura vs manchas solares.

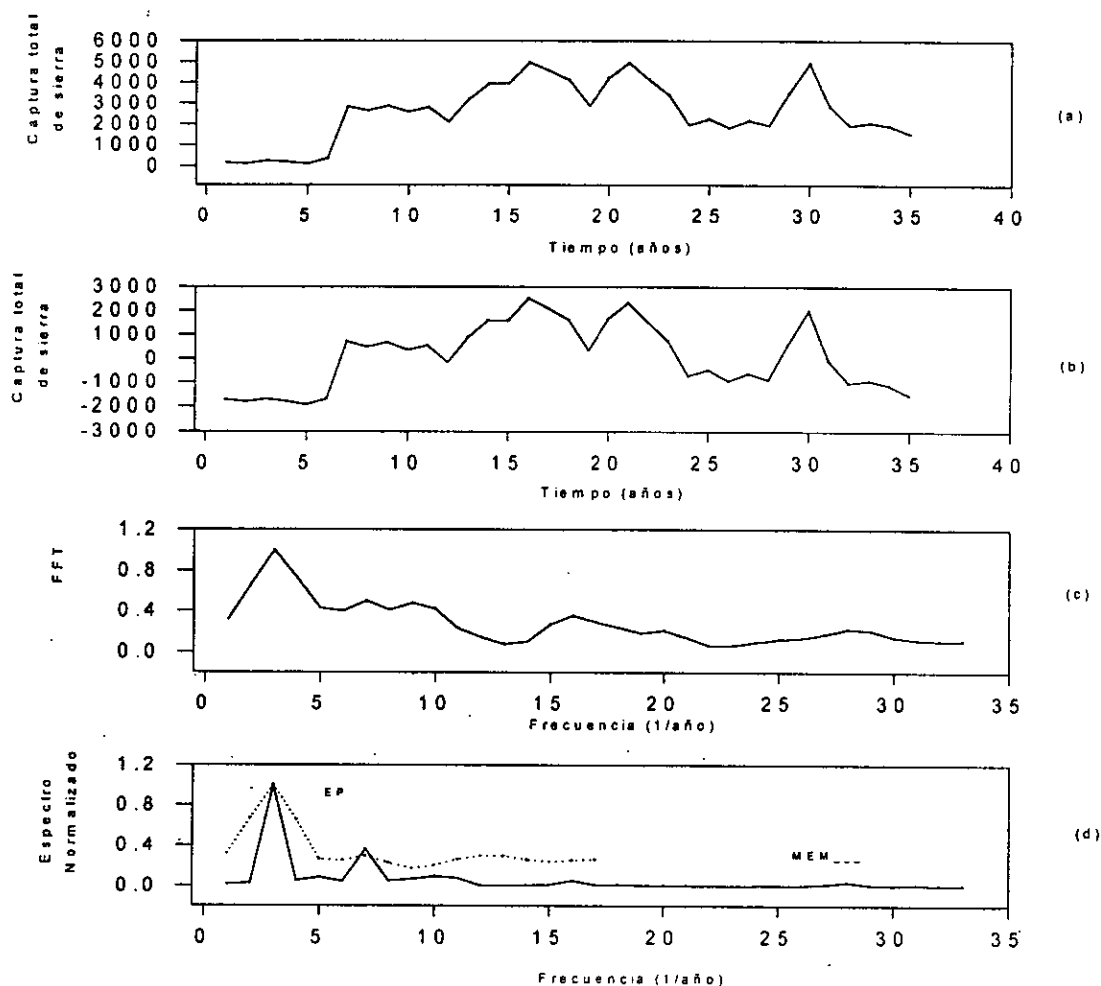


El resultado de los análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestra en la tabla 153 y figura 215 en donde se indican dos ciclos cercanos a los solares, que corresponden a los de 2.9; 5.3 y 32 años; los de 5.3 y 10.6 es similar al de la ocurrencia de los eventos El Niño; por último, el de 16 años podría ser un armónico secundario del ciclo de 4.2 años, el cual correspondería a la edad promedio de captura de la sierra.

Tabla 153. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 32$ años	$T_1 = 32$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 5.3$ años
	$T_3 = 4.2$ años	$T_3 = 2.9$ años

Figura 215. Análisis de Componentes Principales para el volumen de captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Tuxpam de Rodríguez Cano. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



c) Puerto de Veracruz.

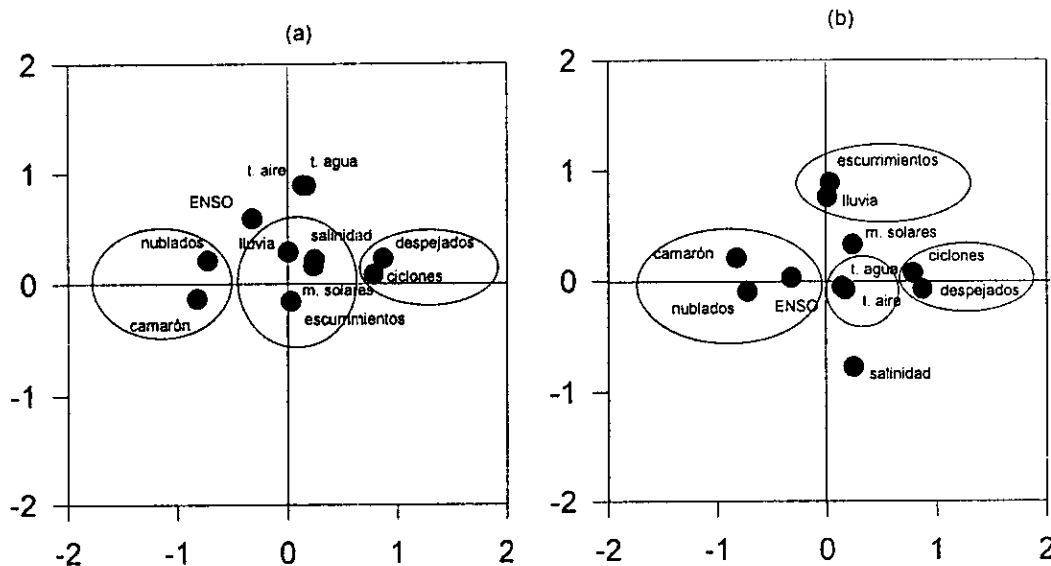
Camarón (*Penaeus*, spp.)

Los resultados del análisis de componentes principales del camarón (*Penaeus*, spp.), se muestran en la tabla 154 y figura 216. Las variables ambientales modificaron los volúmenes de captura de la siguiente manera: se observa en la primera componente una asociación inversa entre la incidencia ciclónica y la captura; en la segunda, una componente positiva para la temperatura del aire y del agua y negativa para las descargas fluviales; en la tercera componente se refleja la asociación negativa que existe entre las descargas y la lluvia con la salinidad; sobresale la relación inversa en el cuadrante I y el III entre la salinidad y las capturas de camarón; de ahí que es posible afirmar que la salinidad y sus modificadores actúan de manera inversa e importante con las capturas y, en segundo lugar, la temperatura del agua y sus modificadores.

Tabla 154. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto del Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.12234274	28.384934	3.12234274	28.384934
Factor 2	2.13077194	19.370654	5.25311468	47.755588
Factor 3	1.99615771	18.1468883	7.24927238	65.9024762

Figura 216. Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto del Veracruz.

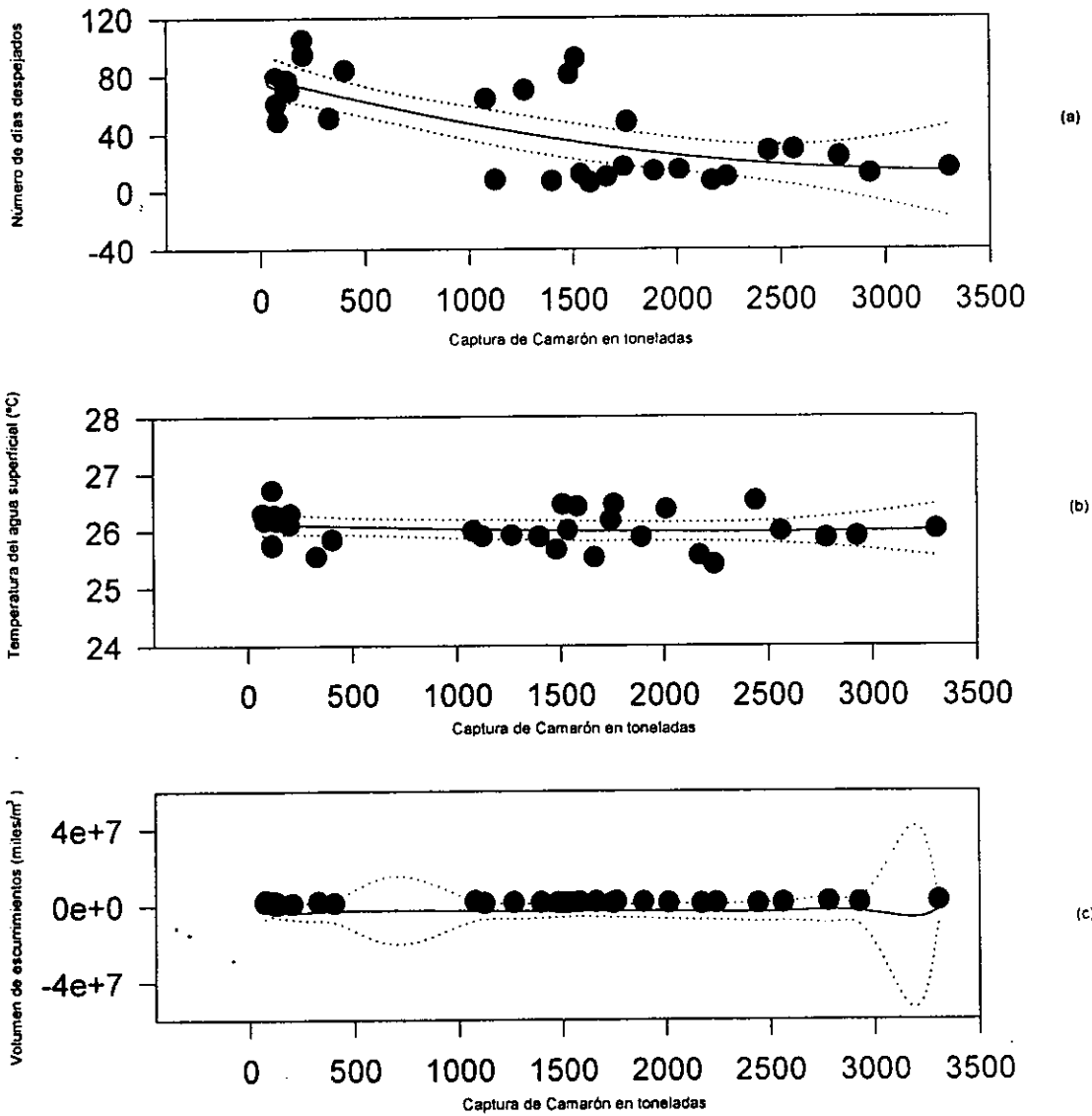


El análisis polinomial de la captura total de (*Penaeus*, spp.), que se presenta en la tabla 155 y figura 217, indica que la complejidad del sistema es alta, aunque los órdenes de magnitud contrastan entre sí; en el caso de la descarga fluvial el nivel de confianza fue del 95%, mientras que para las otras dos variables lo fue del 98%, sin embargo, cabe señalar que es la salinidad y sus modificadores los que condicionan en mayor grado al sistema de variables bióticas y abióticas, tal y como se indicó en el análisis de componentes principales.

Tabla 155. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de (*Penaeus*, spp.) en el Puerto de Veracruz, con las variables ambientales.

	Días despejados	Temp. del agua	Descarga fluvial
Orden del polinomio	2	2	10
Regresión	$r^2 = 0.53$	$r^2 = 0.04$	$r^2 = -0.004$

Figura 217. Análisis polinomial de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (b) captura vs temperatura del agua, (c) captura vs descarga fluvial.



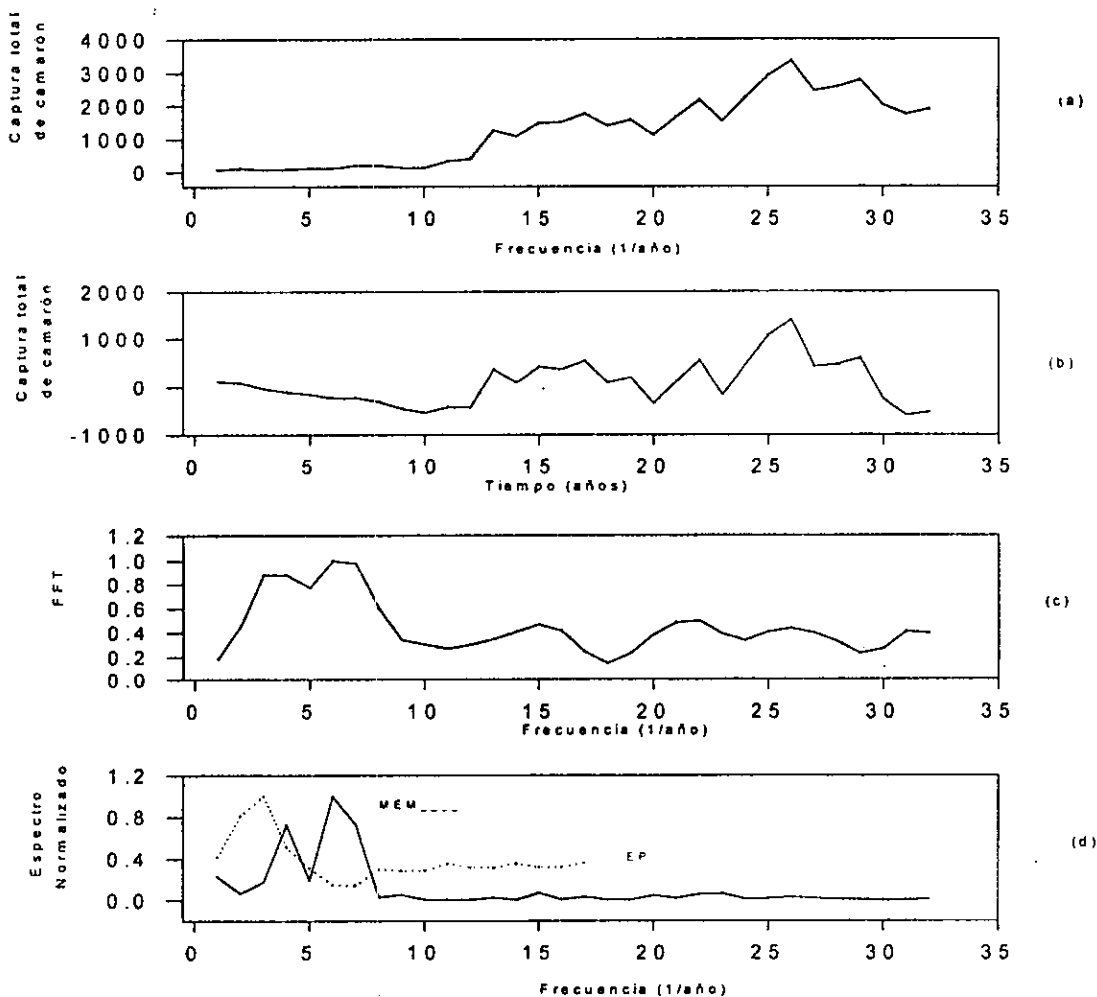


Los resultado del análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de camarón (*Penaeus*, spp.), se muestra en la tabla 156 y figura 218 en donde se muestran ciclos cercanos a los de la actividad solar, que son: el de 3, el de 10.6 y el de 21.3 años; por otro lado, el ciclo de 10.6 también podría corresponder a uno de los ciclos de recurrencia de los eventos El Niño; finalmente, el de 16 años podría constituir un armónico secundario del ciclo de 4.5 años, el cual correspondería a la edad promedio de captura de estos individuos.

Tabla 156. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en el Puerto de Veracruz, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 21.3$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 12.7$ años	$T_2 = 21.3$ años	
	$T_3 = 4.5$ años	
	$T_4 = 3.0$ años	

Figura 218. Series de Tiempo del volumen total de captura de camarón (*Penaeus*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



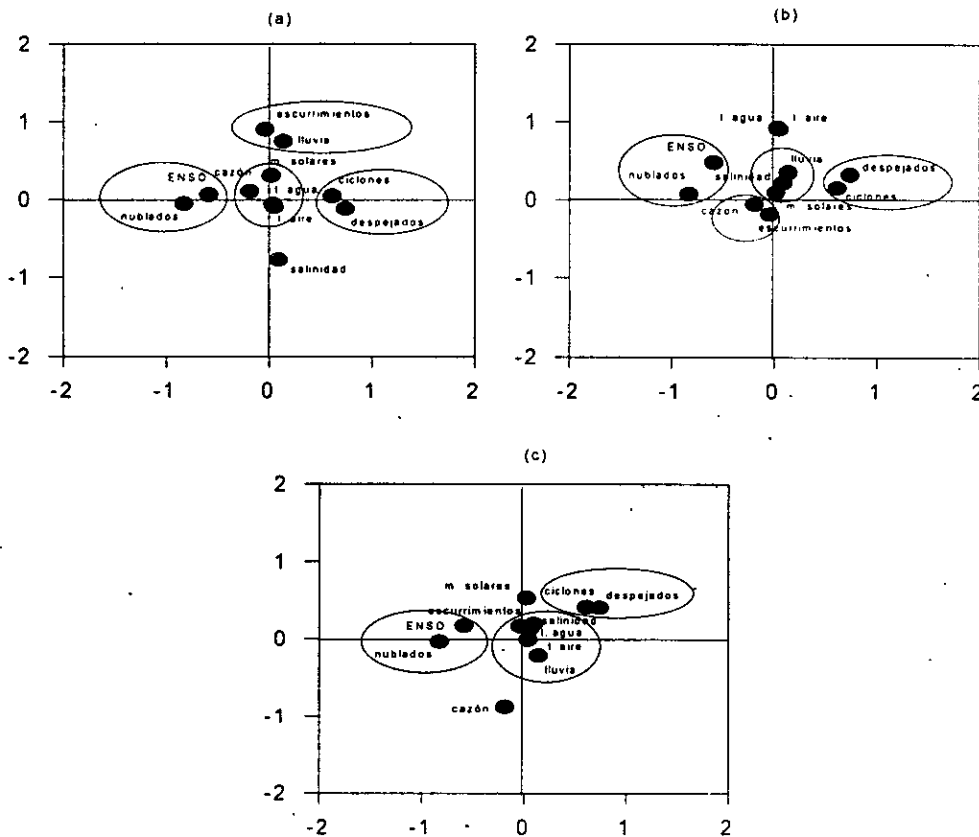
Cazón (*Rhizoprionodon*, spp.)

El análisis de componentes principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestra en la tabla 157 y figura 219, en donde se señala, a través de la primera componente, una relación positiva para las temperaturas del aire y del agua y negativa o inversa con las descargas fluviales; en la segunda componente se aprecia una relación inversa entre el volumen de captura y la incidencia ciclónica; por último, en la tercera componente se evidencia la relación negativa que guardan las descargas fluviales y las lluvias con la salinidad. De todo lo anterior se puede indicar que los volúmenes de captura total de cazón están influenciados de forma importante, tanto por la salinidad y sus modificadores de manera inversa, como por la temperatura del agua y sus modificadores.

Tabla 157. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.84666576	25.8787796	2.84666576	25.8787796
Factor 2	2.11172108	19.1974644	4.95838684	45.076244
Factor 3	1.96537962	17.8670875	6.92376646	62.9433314
Factor 4	1.04277504	9.4797731	7.9665415	72.4231045

Figura 219. Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

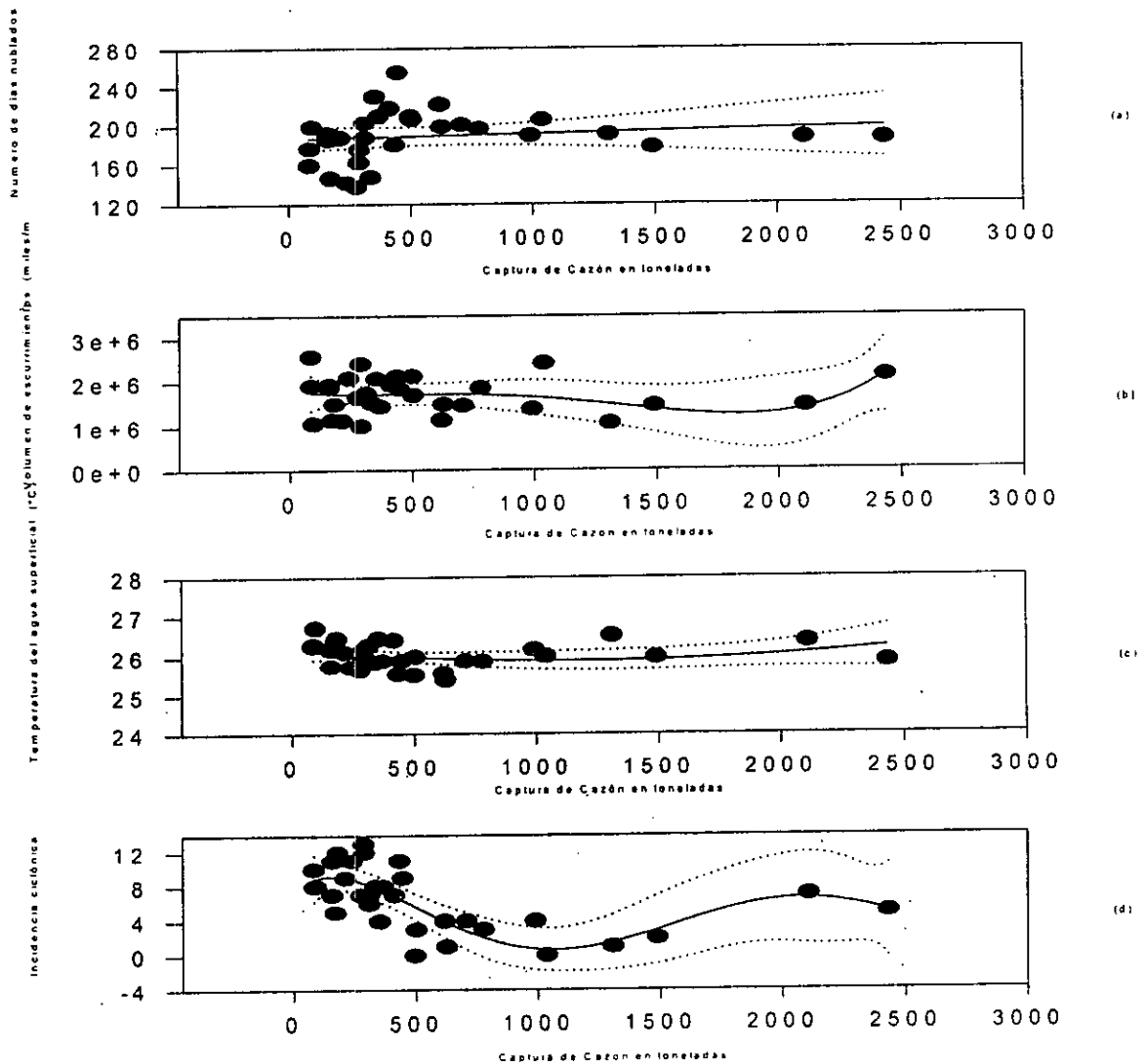


El análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestra en la tabla 158 y la figura 220; en éstas se pone de manifiesto que el sistema está dominado de manera importante por la salinidad y sus modificadores, tal y como se observó en el análisis de componentes principales. En todos los casos el intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 158. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en el Puerto de Veracruz, con las variables ambientales.

	Días nublados	Descarga fluvial	Temp. del agua	Ciclones
Orden del polinomio	1	4	2	5
Regresión	$r^2 = 0.011$	$r^2 = 0.08$	$r^2 = 0.06$	$r^2 = 0.55$

Figura 220. Análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) captura vs cobertura nubosa (días nublados), (b) captura vs descarga fluvial, (c) captura vs temperatura del agua, (d) captura vs incidencia ciclónica.

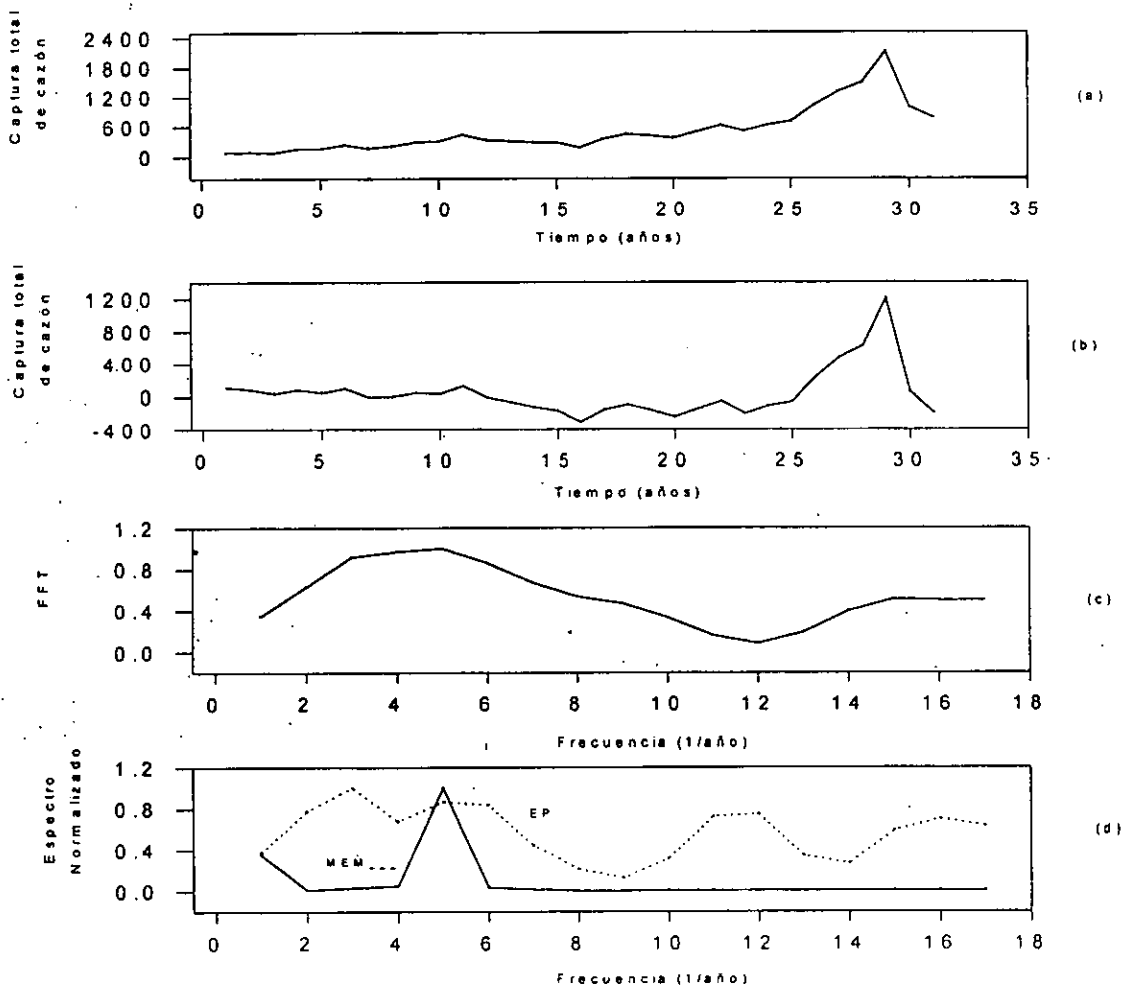


El resultado del análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total del cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestra en la tabla 159 y la figura 221; en éstas se señala una relación con los ciclos solares de 2.1, 3.2, 8 y 10.6 años; el de 2.1 años, al igual que el de 10.6, podría ser equivalente a los ciclos de recurrencia de los eventos El Niño; por último, el de 16 años constituiría un armónico secundario de la edad promedio de captura que se situaría en los 4 años.

Tabla 159. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total del cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en el Puerto de Veracruz, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 8$ años $T_2 = 10.6$ años	$T_1 = 10.6$ años $T_2 = 2.2$ años	$T_1 = 16$ años $T_2 = 8$ años $T_3 = 3.2$ años $T_4 = 2.1$ años

Figura 221. Series de Tiempo del volumen total de captura del cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



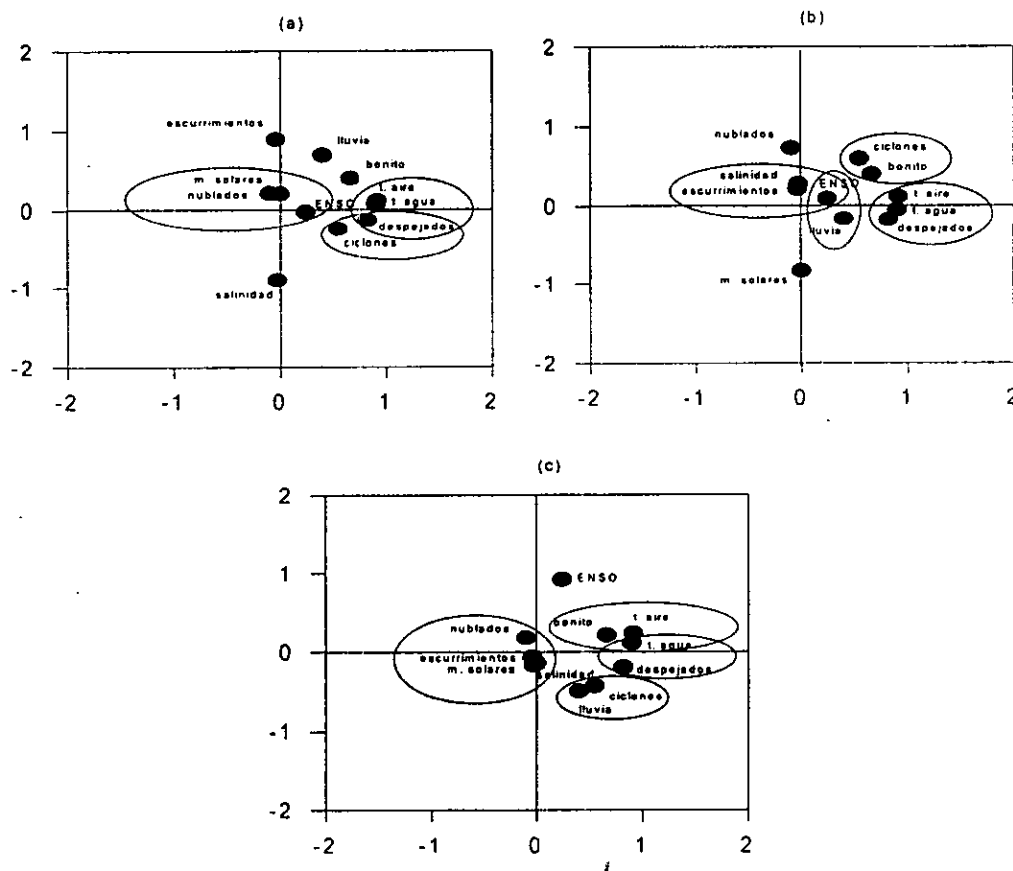
Bonito (*Euthynnus*, spp.)

Los resultados del análisis de componentes principales para el bonito (*Euthynnus*, spp.), se muestran en la tabla 160 y figura 222. Los volúmenes de la captura total del bonito se modificaron por las variables ambientales de la siguiente manera: se observa una relación positiva con la temperatura del agua y la del aire en la primera componente; en las segunda, existe una relación inversa entre las descargas de los ríos y la salinidad y en la tercera se observa que existe una asociación de carácter negativo entre la cobertura nubosa y los ciclos de las manchas solares; sobresale que la captura del bonito está inversamente relacionada con la incidencia ciclónica. Es de señalar entonces, que la salinidad y sus modificadores en primer lugar y, en segundo, la temperatura del agua, son los responsables principales del volumen total de la capturas.

Tabla 160. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el bonito (*Euthynnus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.52997112	32.0906465	3.52997112	32.0906465
Factor 2	2.43826754	22.1660685	5.96823866	54.2567151
Factor 3	1.84605162	16.7822874	7.81429028	71.0390025
Factor 4	1.38404062	12.5821875	9.1983309	83.62119

Figura 222. Análisis de Componentes Principales para el bonito (*Euthynnus*, sp) en el Puerto de Veracruz.

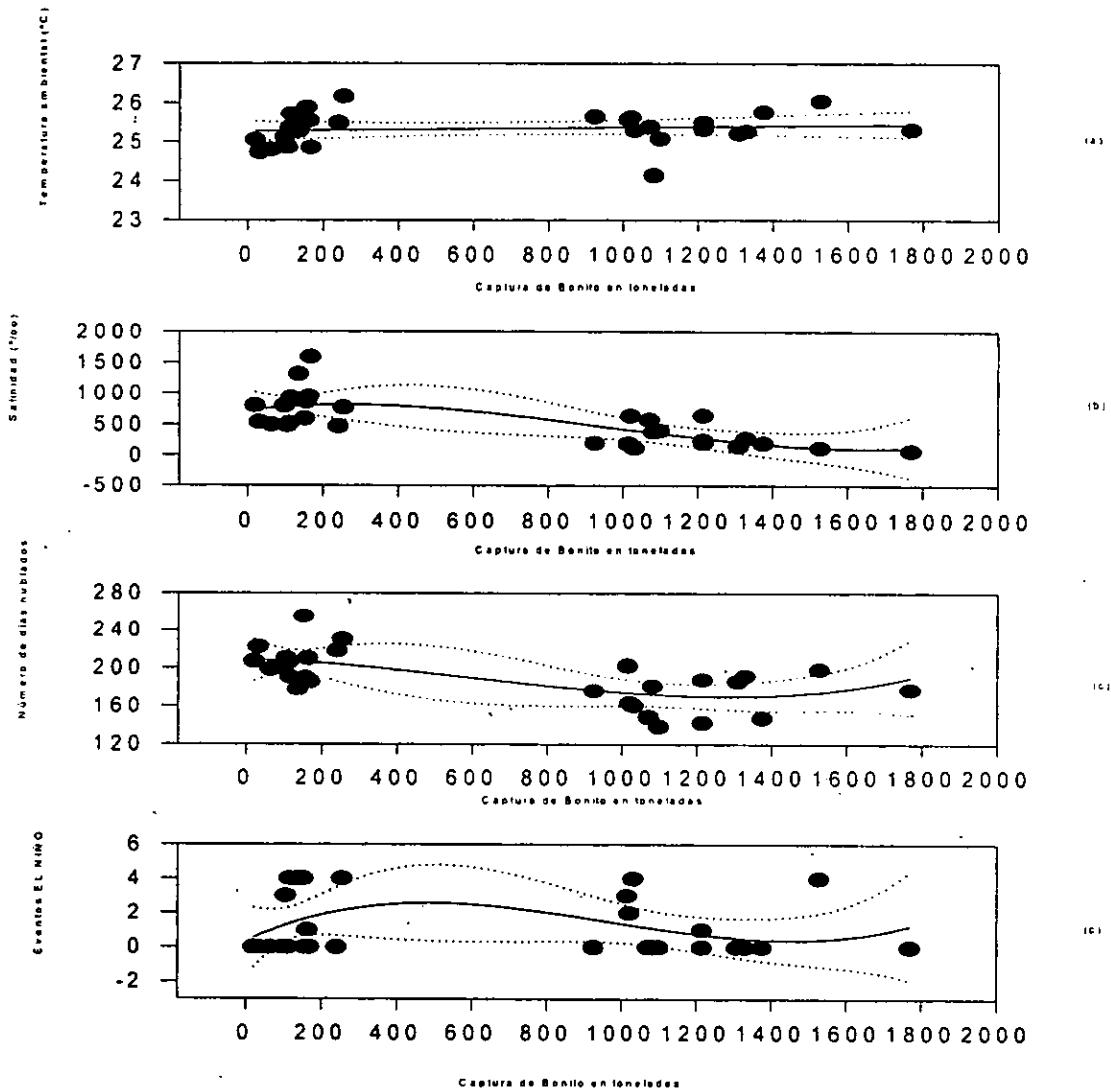


El análisis polinomial de la captura total de Bonito (*Euthynnus*, spp.), se muestra en la tabla 161 y figura 223, en donde destaca que el orden de magnitud estimado es sustancialmente más bajo; sin embargo, esto no significa que la complejidad existente en el ecosistema sea menor, sino que la representación matemática se puede expresar de una manera menos compleja. Destaca que la función forzante es la temperatura del agua y sus modificadores, en donde el Sol incide de manera directa en ellos. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 161. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de Bonito (*Euthynnus*, spp.) en el Puerto de Veracruz, con las variables ambientales.

	Temp. del aire	Salinidad	Manchas Solares	eventos El Niño
Orden del polinomio	1	3	3	3
Regresión	$r^2 = 0.02$	$r^2 = 0.51$	$r^2 = 0.42$	$r^2 = 0.08$

Figura 223. Análisis polinomial de la captura total de bonito (*Euthynnus*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) captura vs temperatura del aire, (b) captura vs salinidad, (c) captura vs manchas solares, (d) captura vs eventos El Niño.



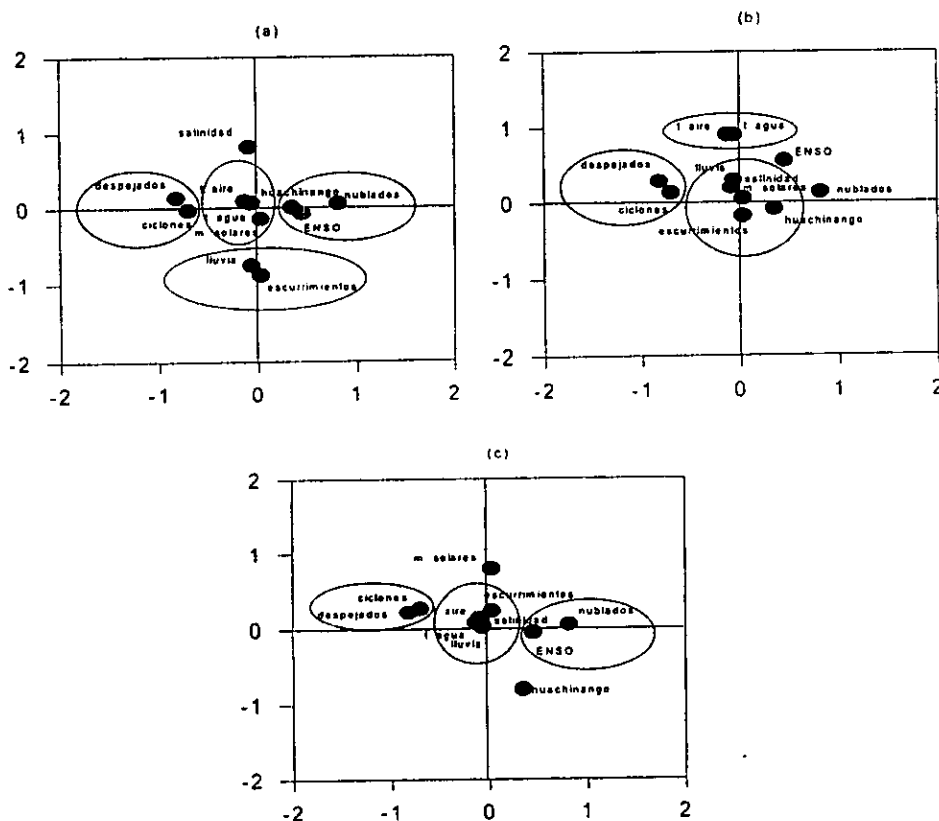
Huachinango (*Lutjanus, spp.*)

Los resultados del análisis de componentes principales para el huachinango (*Lutjanus, spp.*), se muestran en la tabla 162 y figura 224; éstos indican que las variables ambientales incidieron de la siguiente manera en los volúmenes de captura: en la primera componente se observa una relación positiva para la cobertura nubosa, la capturas del huachinango y los eventos El Niño y negativa o inversa con la incidencia ciclónica. En la segunda componente la relación negativa entre la salinidad y las precipitaciones y las descargas fluviales es evidente; por otro lado, en la tercera componente, se detectó una relación inversa entre las temperaturas del aire y del agua con las descargas fluviales. De ahí que sea posible señalar a la salinidad y sus modificadores, en primer lugar y directamente, como los alteradores principales de los volúmenes de la captura del huachinango, y, en segundo lugar, a la temperatura del agua y sus modificadores.

Tabla 162. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.82936919	25.7215381	2.82936919	25.7215381
Factor 2	2.21729554	20.1572322	5.04666473	45.8787703
Factor 3	1.94456976	17.6779069	6.99123448	63.5566771
Factor 4	1.03941874	9.44926126	8.03065322	73.0059384

Figura 224. Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

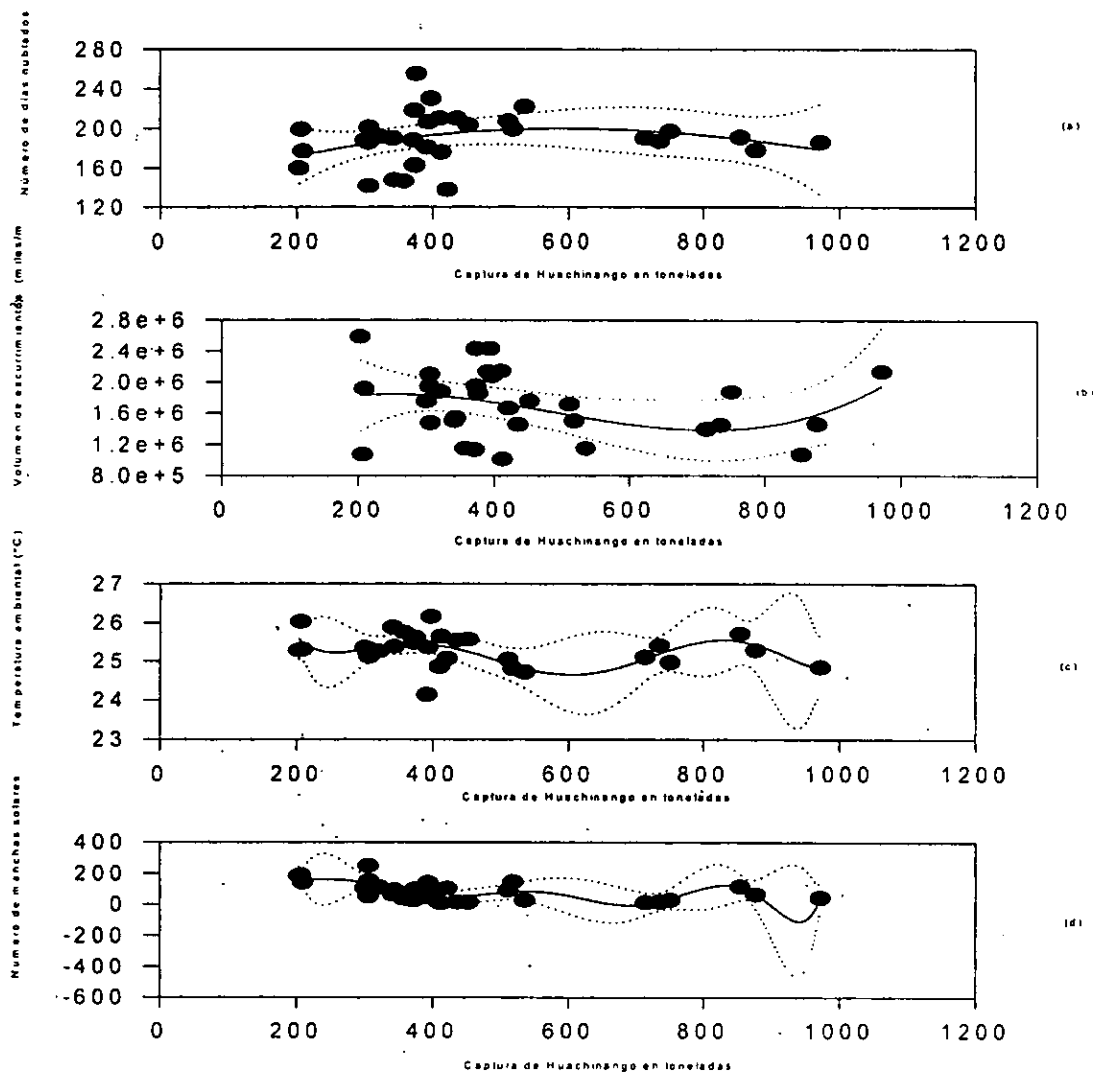


El análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*), se muestra en la tabla 163 y figura 225, en donde se indica, por el orden polinomial estimado, la complejidad del ecosistema; se señala por otro lado, la influencia que el Sol ejerce sobre las variables ambientales del sistema océano-atmósfera. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 163. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Puerto de Veracruz, con las variables ambientales.

	Días nublados	Descarga fluvial	Temp. del aire	Manchas Solares
Orden del polinomio	3	3	7	8
Regresión	$r^2 = 0.08$	$r^2 = 0.11$	$r^2 = 0.24$	$r^2 = 0.54$

Figura 225. Análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en el Puerto de Veracruz. (a) captura vs cobertura nubosa (días nublados), (b) captura vs descarga fluvial, (c) captura vs temperatura del aire, (d) captura vs manchas solares.



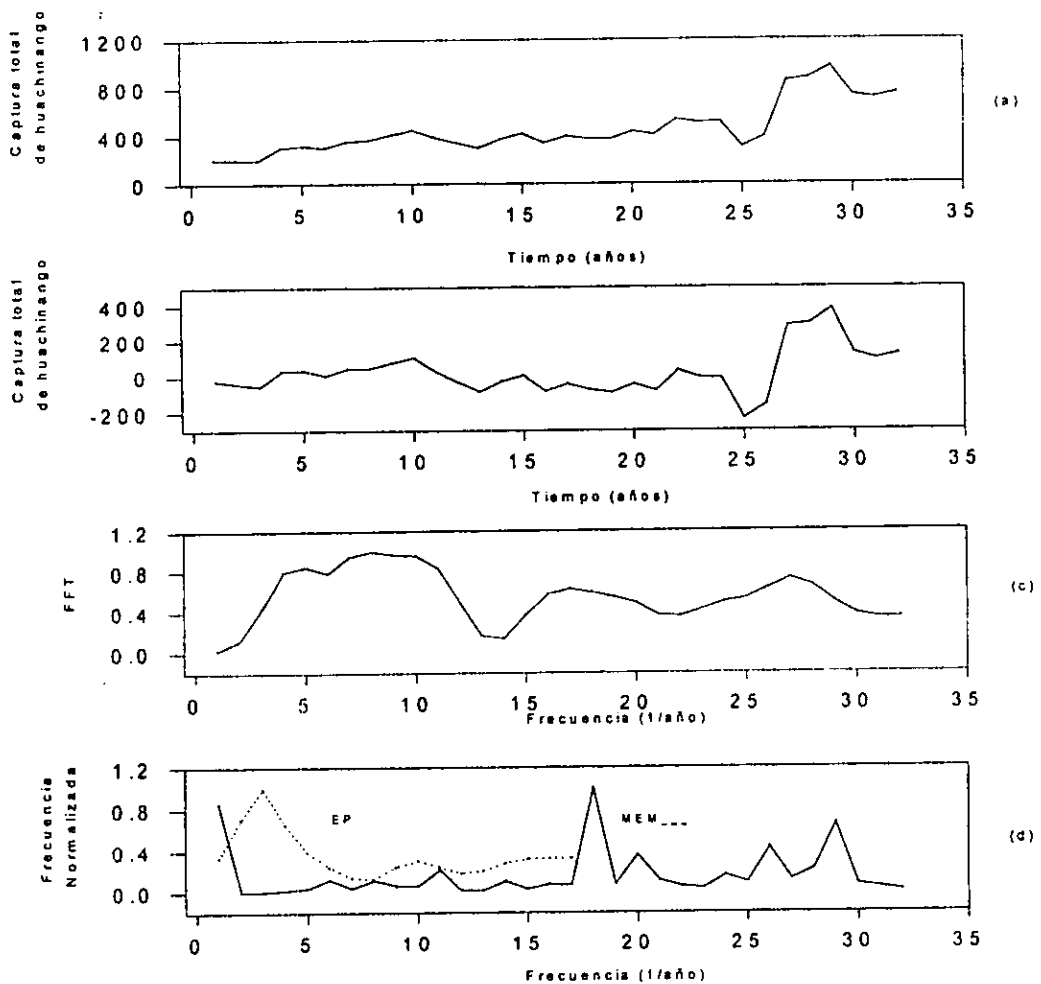


El resultado del análisis de las Series de Tiempo del volumen de captura total del huachinango (*Lutjanus*, spp.), se indica en la tabla 164 y figura 226, en donde se muestra una asociación con cuatro de los ciclos solares: el de 2.2, 6.4, 10.6 y 21.3 años; los de 2.5 y 10.6 se encuentran particularmente relacionados con los ciclos de recurrencia de los eventos El Niño; por último, el de 16 años podría constituir un armónico secundario del ciclo de 4 años, que sería la edad promedio de la captura de esta población.

Tabla 164. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total del huachinango (*Lutjanus*, spp.) en el Puerto de Veracruz, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 3.7$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.2$ años	$T_2 = 21.3$ años	
$T_3 = 2.5$ años	$T_3 = 2.4$ años	
$T_4 = 6.4$ años	$T_4 = 4$ años	

Figura 226. Series de Tiempo del volumen total de captura de huachinango (*Lutjanus*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



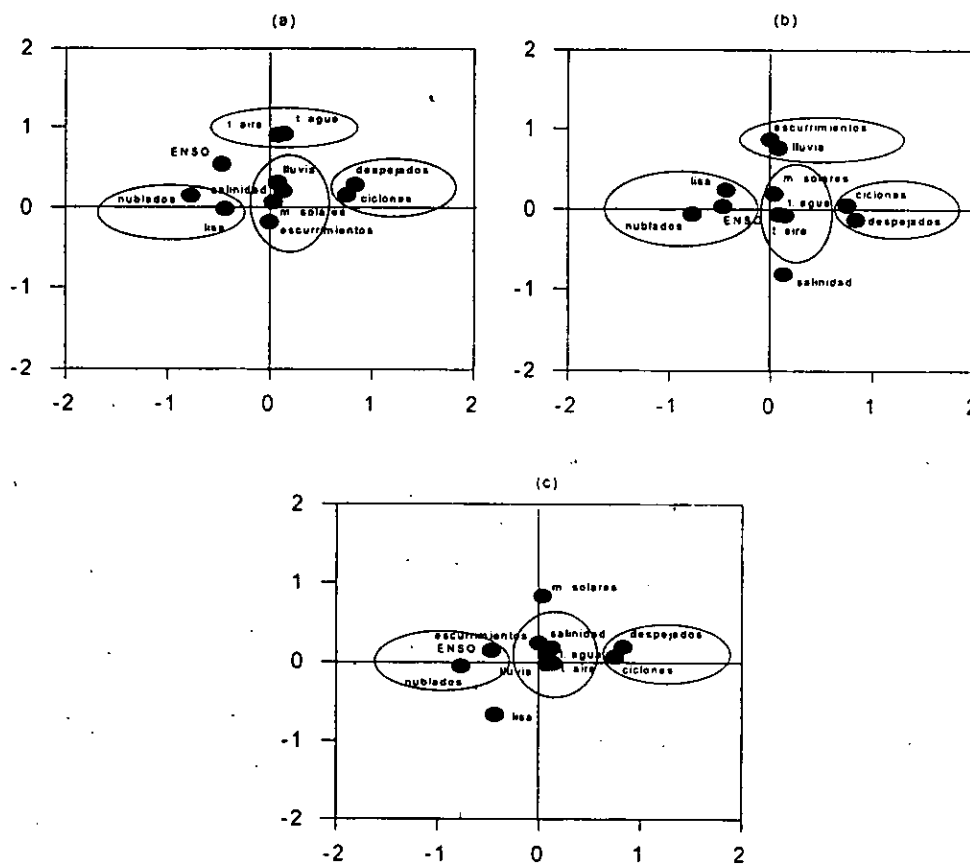
Lisa (*Mugil, spp.*)

Los resultados del análisis de componentes principales para la lisa (*Mugil, spp.*) se muestran en la tabla 165 y figura 227. En éstas se indica que en la primera componente existe una relación inversa entre la incidencia ciclónica y el volumen de captura; por otro lado, en la segunda componente se distingue una componente positiva para la temperatura del aire y la del agua y otra negativa para las descargas fluviales; por último, en la tercera componente se aprecia que hay una relación inversa entre las descargas fluviales y las precipitaciones con la salinidad. De ahí que sea factible señalar a la salinidad y sus modificadores, como la variable que incide de forma mayoritaria en los volúmenes de captura de la lisa.

Tabla 165. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.84261959	25.8419963	2.84261959	25.8419963
Factor 2	2.12695232	19.3359301	4.96957191	45.1779264
Factor 3	1.98752489	18.0684081	6.9570968	63.2463345
Factor 4	1.0451599	9.50145366	8.0022567	72.7477882

Figura 227. Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) con las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

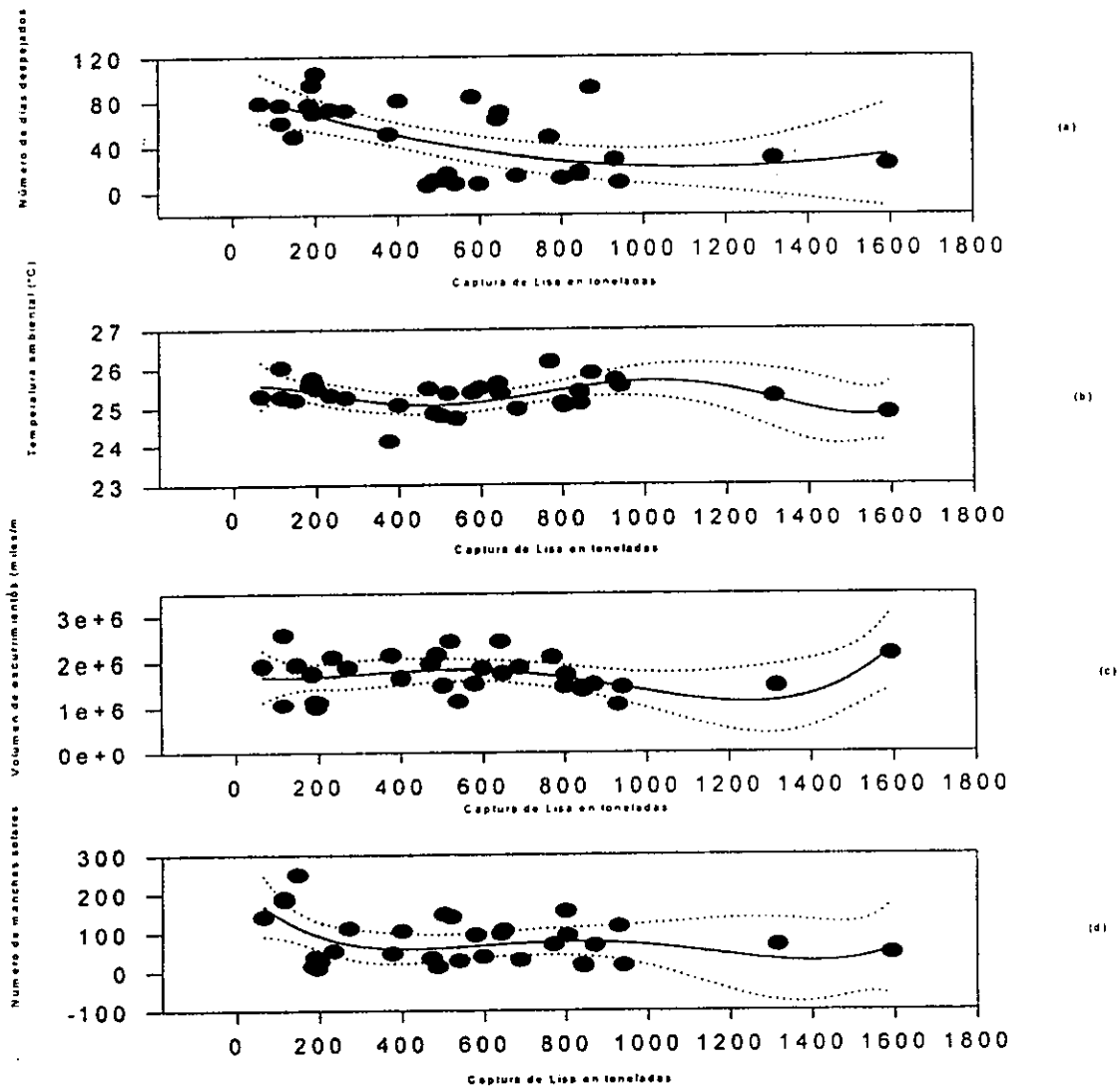


El análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) se muestra en la tabla 166 y figura 228, a través de las cuales se observa que, aunque el orden de magnitud estimado es aparentemente bajo, la complejidad del ecosistema se pone de manifiesto a través de la representación gráfica, dentro de un intervalo de confianza del 98%.

Tabla 166. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en el Puerto de Veracruz, con las variables ambientales.

	Días despejados	Temp. del aire	Descargas fluviales	Manchas Solares
Orden del polinomio	2	5	4	4
Regresión	$r^2 = 0.36$	$r^2 = 0.26$	$r^2 = 0.15$	$r^2 = 0.19$

Figura 228. Análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en el Puerto de Veracruz. (a) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (b) captura vs temperatura del aire, (c) captura vs descarga fluvial, (d) captura vs manchas solares.

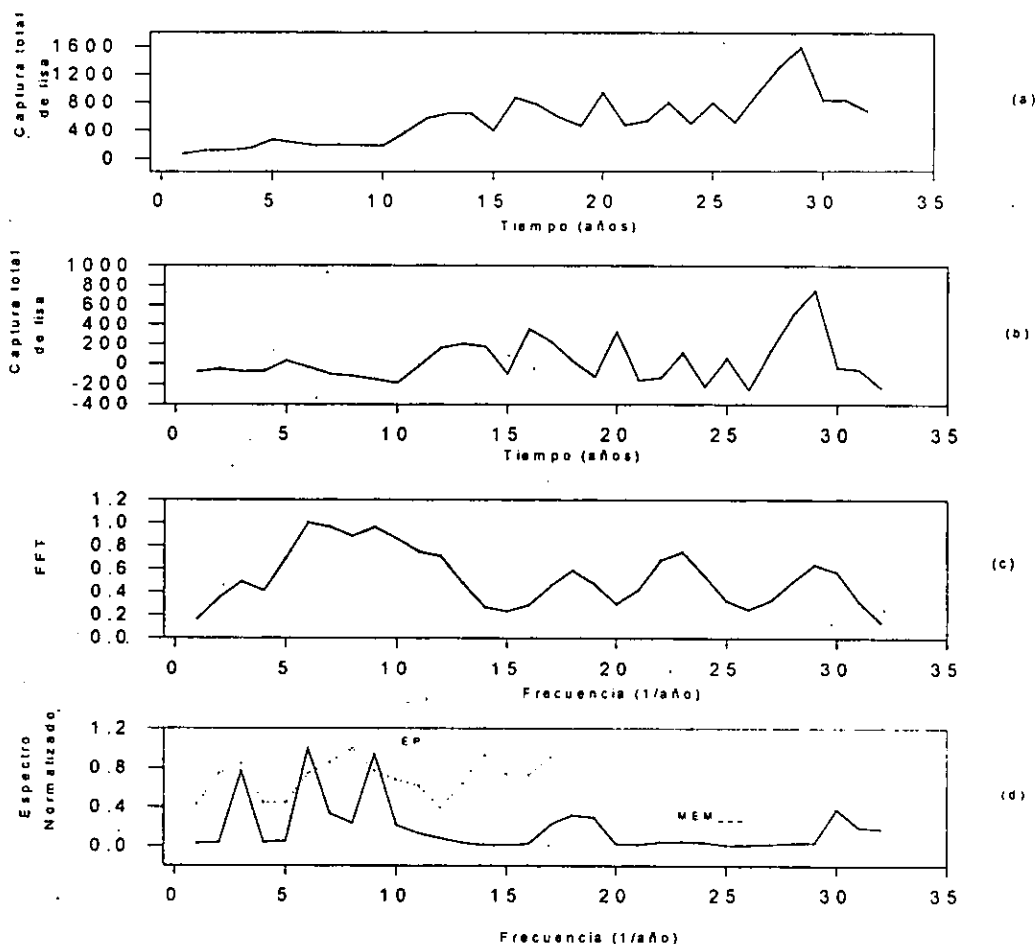


El resultado del análisis de Series de Tiempo total de captura de la lisa (*Mugil, spp.*), se muestra en la tabla 167 y figura 229, en donde se observa una estrecha relación con cinco de los ciclos solares: el de 2.2, 2.9, 8, 12.7 y 32 años; el de 2.2 años también corresponde, junto con los de 2.5 y 3.7 años, a ciclos de recurrencia de los eventos El Niño; en lo que se refiere al de 16 años, podría constituir un armónico secundario del ciclo de 4.5 años que se relacionaría, a su vez, con la edad promedio de captura de esta población.

Tabla 167. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de la lisa (*Mugil, spp.*) en el Puerto de Veracruz, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 4.5$ años
$T_2 = 8$ años	$T_2 = 8$ años	$T_2 = 2.4$ años
$T_3 = 32$ años	$T_3 = 2.9$ años	$T_3 = 16$ años
$T_4 = 2.2$ años	$T_4 = 2.2$ años	
$T_5 = 3.7$ años	$T_5 = 3.7$ años	

Figura 229. Series de Tiempo del volumen total de captura de la lisa (*Mugil, spp.*) en el Puerto de Veracruz. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



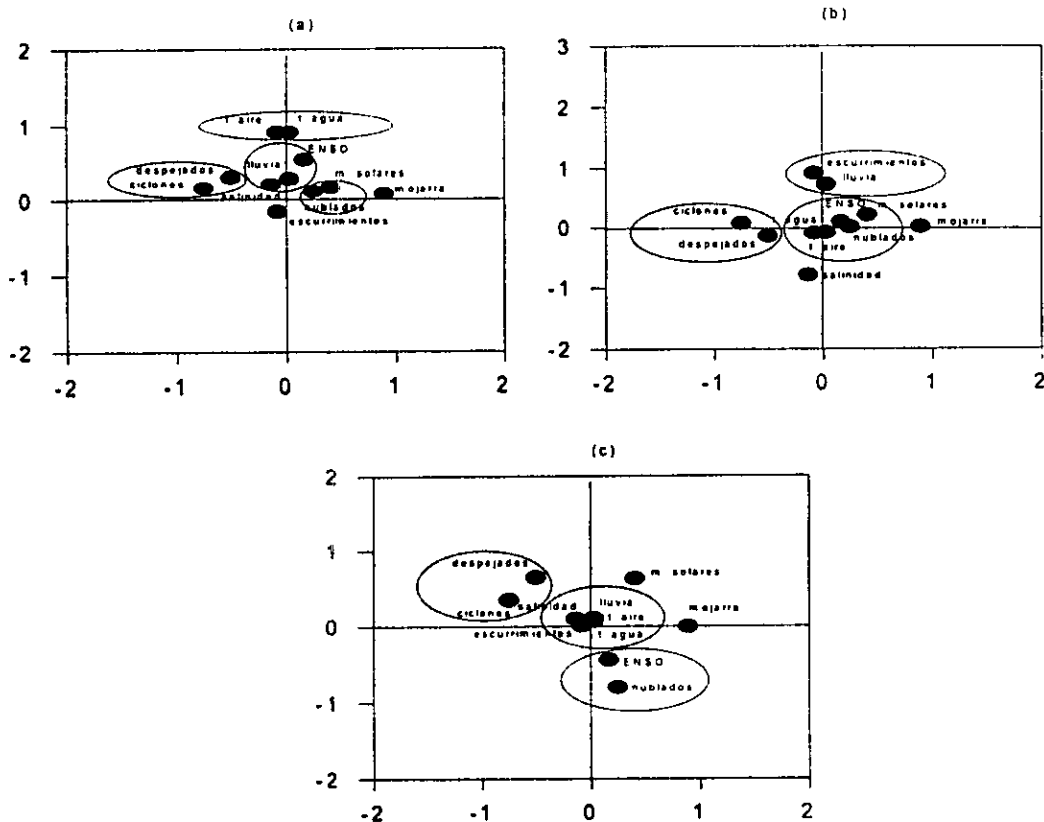
Mojarra (*Eugerres*, spp.)

El resultado del análisis de componentes principales de la mojarra (*Eugerres*, spp.), se muestra en la tabla 168 y figura 230; en éstas se indica la forma en la que las variables ambientales modifican los volúmenes de captura. En la primera componente se observa que hay una relación positiva con la temperatura del agua y del aire y negativa para las descargas fluviales; en la segunda componente se señala la relación inversa que guardan las capturas de mojarra con la incidencia ciclónica y, por último, en la tercera componente es evidente la relación inversa que guardan las descargas fluviales y las precipitaciones con la salinidad. De ahí que los volúmenes de captura de la mojarra se vean alterados, de manera igualmente importante, tanto por la temperatura del agua y sus modificadores como por la salinidad y sus modificadores.

Tabla 168. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.69302867	24.4820788	2.69302867	24.4820788
Factor 2	2.20680371	20.0618519	4.89983238	44.5439307
Factor 3	2.01339138	18.303558	6.91322376	62.8474887
Factor 4	1.18548577	10.7771433	8.09870953	73.6246321

Figura 230. Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

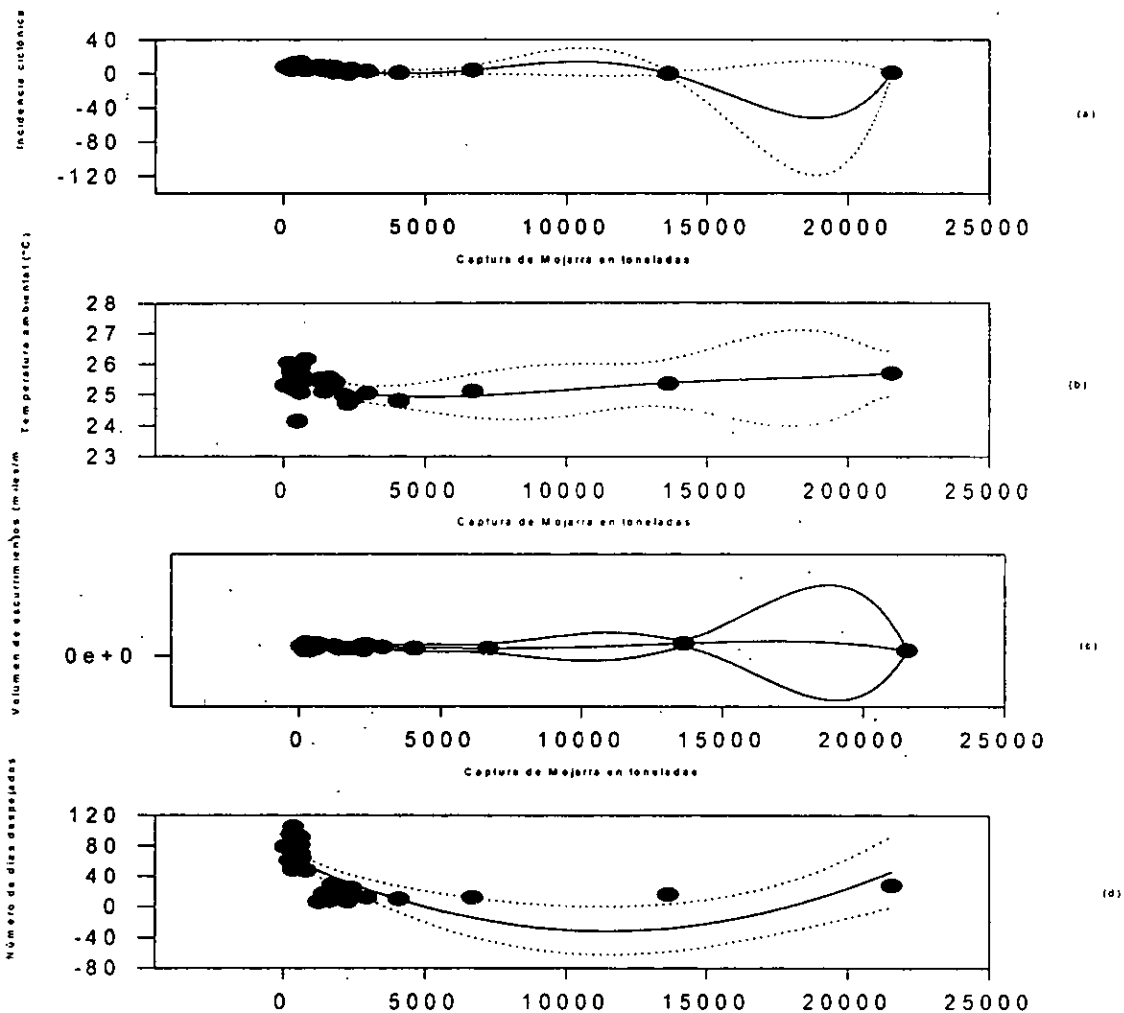


El análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) se muestra en la tabla 169 y figura 231, y se pone de manifiesto, a través de los diferentes ordenes de magnitud estimados, la complejidad del ecosistema, en donde la salinidad y sus modificadores conformaron la función forzante del sistema, tal y como se observó a través del análisis de componentes principales; la representación gráfica señala la distribución dentro de un intervalo de confianza del 98% y manifiesta lo complejo del sistema.

Tabla 169. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en el Puerto de Veracruz, con las variables ambientales.

	Ciclones	Temp. del aire	Descarga fluvial	Días despejados
Orden del polinomio	5	4	5	2
Regresión	$r^2 = 0.62$	$r^2 = 0.22$	$r^2 = 0.18$	$r^2 = 0.48$

Figura 231. Análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en el Puerto de Veracruz. (a) captura vs incidencia ciclónica, (b) captura vs temperatura del aire, (c) captura vs descarga fluvial, (d) captura vs cobertura nubosa (días despejados).

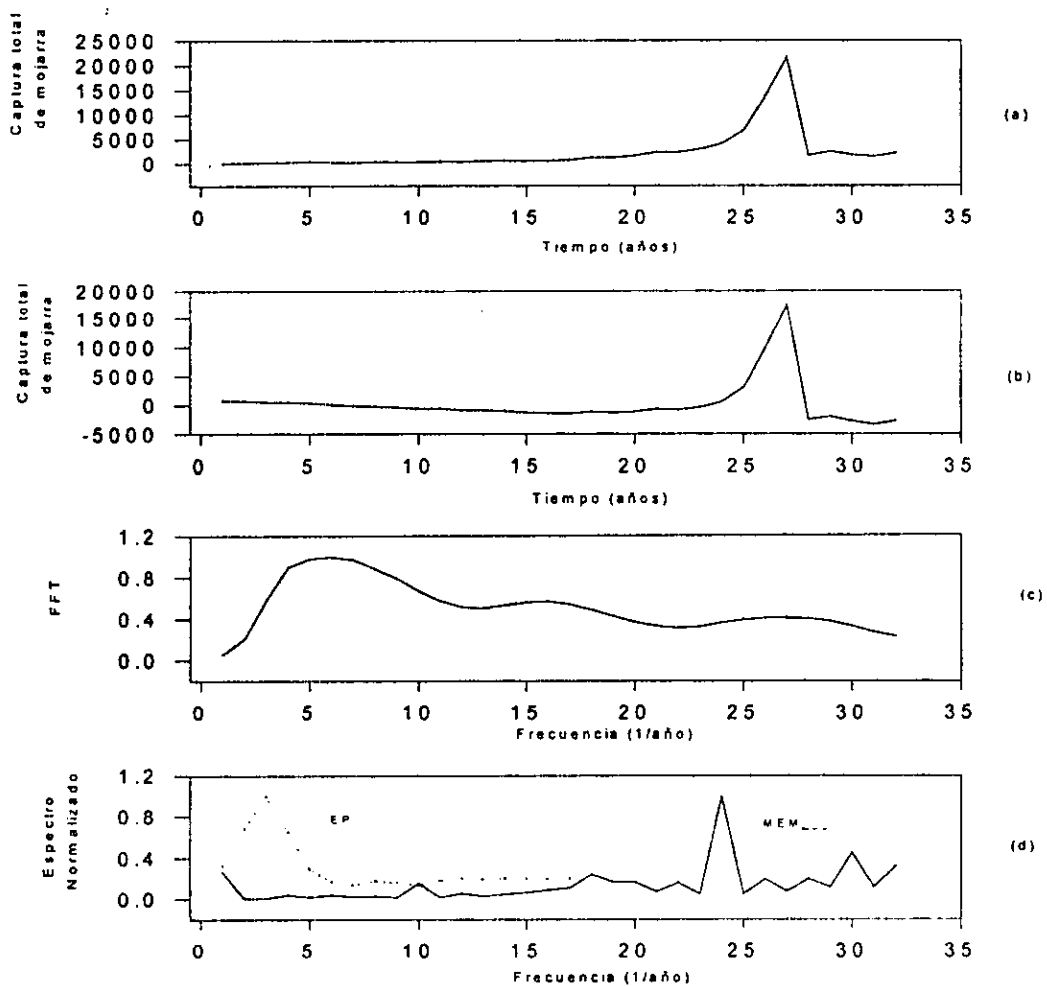


Los resultados del análisis de Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*), indicados en la tabla 170 y figura 231, muestran una estrecha asociación con los ciclos solares de 2 y de 12 años; el ciclo de 2.7 se encuentra cercano a uno de los de los eventos El Niño; en lo que se refiere al ciclo de 16 años, podría constituir un armónico secundario del ciclo de 4.2 años, periodo que representaría la edad promedio de captura de esta población.

Tabla 170. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en el Puerto de Veracruz, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.2$ años	$T_2 = 4.2$ años	
$T_3 = 2$ años	$T_3 = 2.7$ años	

Figura 231. Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en el Puerto de Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



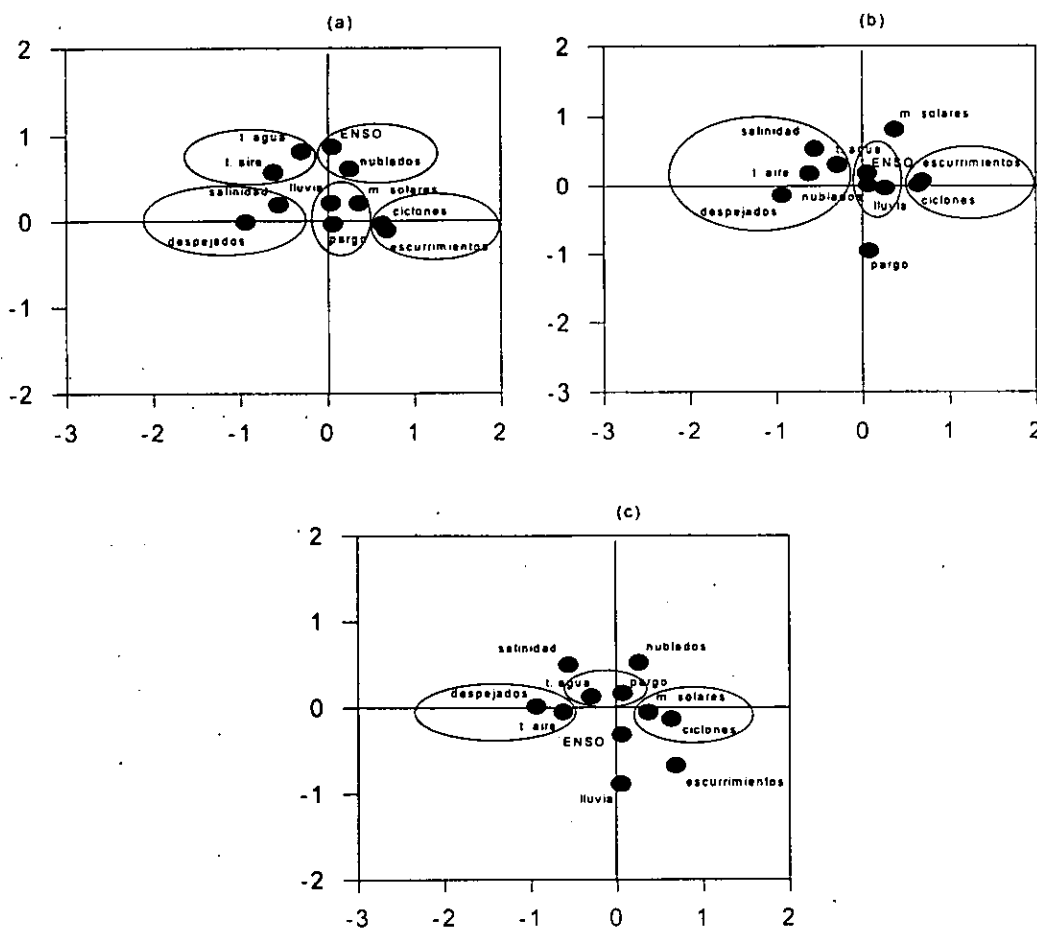
Pargo (*Lutjanus, spp.*)

El análisis de componentes principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*), se muestra en la tabla 171 y figura 232, en donde se señala que la primera componente positiva corresponde la incidencia ciclónica y a las descargas fluviales y ambas guardan una relación inversa con los días despejados. Sobresale en la segunda y tercera componente la relación inversa que presentan los eventos El Niño con la captura total del pargo.

Tabla 171. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.48435893	31.6759902	3.48435893	31.6759902
Factor 2	2.69927788	24.5388898	6.1836368	56.21488
Factor 3	1.42054867	12.9140788	7.60418547	69.1289588
Factor 4	1.41598445	12.8725859	9.02016992	82.0015447

Figura 232. Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.



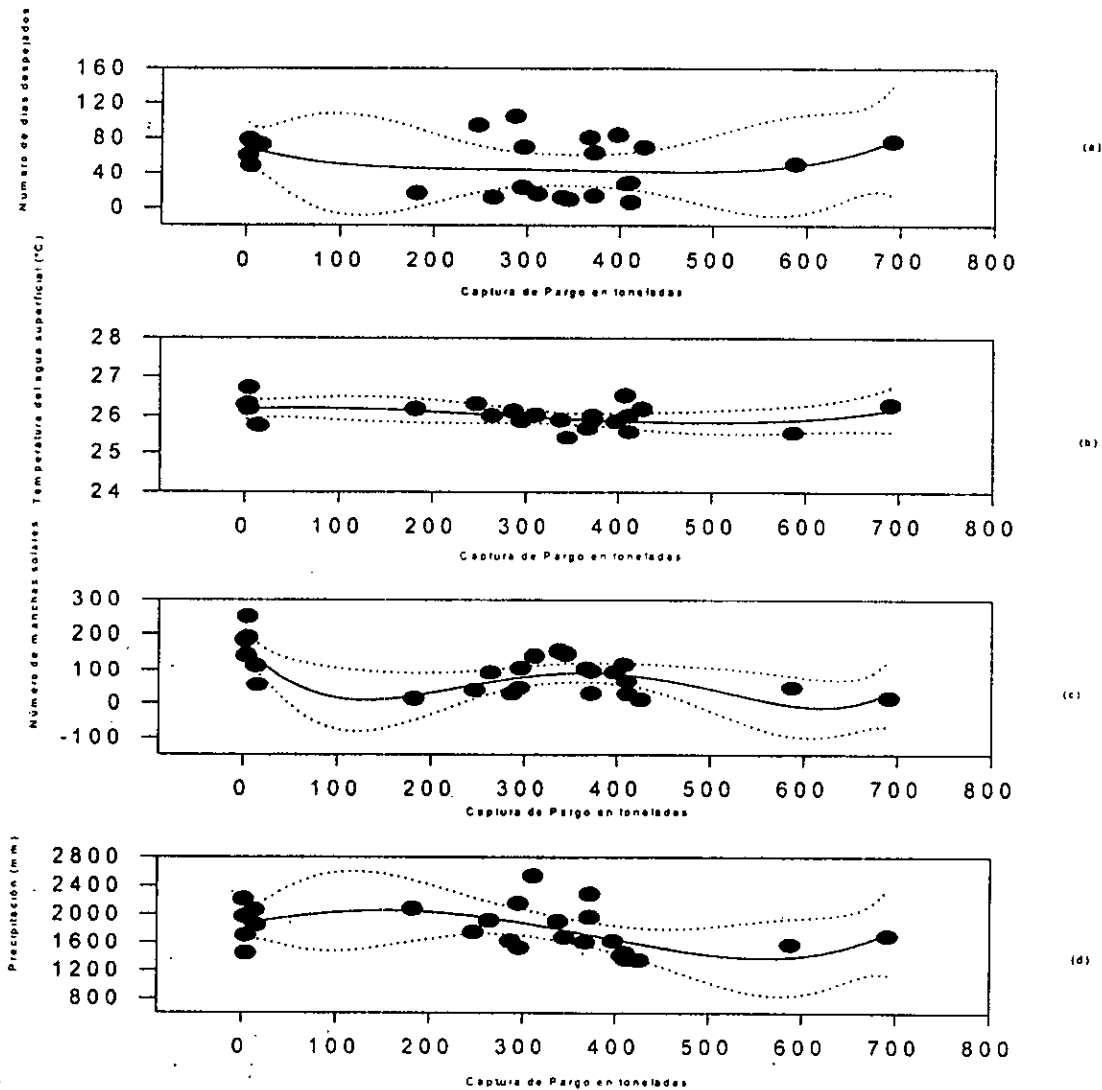


El análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus*, spp.) se muestra en la tabla 172 y figura 233, en donde se manifiesta un complejidad importante del sistema océano-atmósfera. Es evidente la influencia que ejerce el Sol sobre los elementos forzantes del sistema que son la salinidad y la temperatura del agua, con sus respectivos modificadores. En la representación gráfica se aprecia, lo complejo del sistema dentro de un intervalo de confianza del 98%.

Tabla 172. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de pargo (*Lutjanus*, spp.) en el Puerto de Veracruz, con las variables ambientales.

	Días despejados	Temp. del agua	Manchas Solares	Precipitación
Orden del polinomio	4	3	4	4
Regresión	$r^2 = 0.15$	$r^2 = 0.16$	$r^2 = 0.50$	$r^2 = 0.23$

Figura 233. Análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (b) captura vs temperatura del agua, (c) captura vs manchas solares, (d) captura vs precipitación.

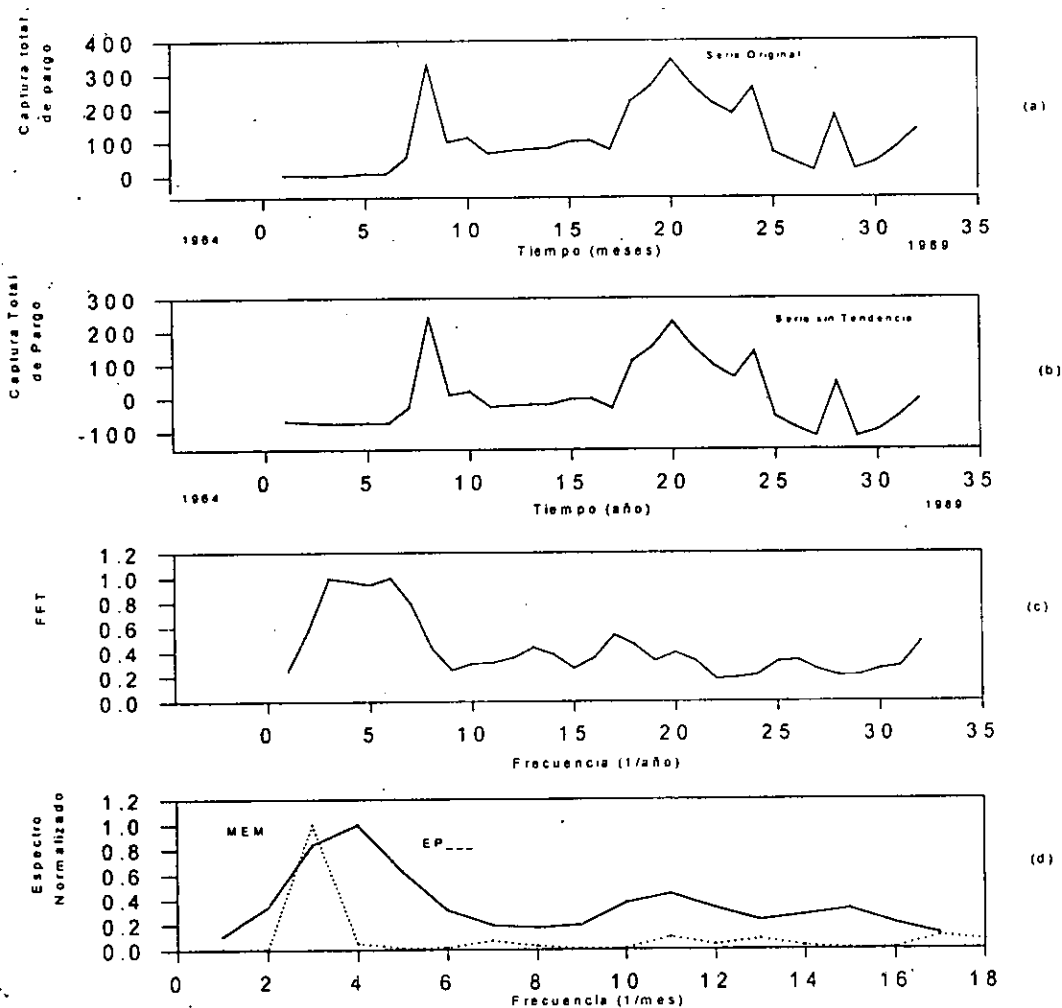


El resultado del análisis de Series de Tiempo del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.), señalado en la tabla 173 y figura 234, indica que existe un vínculo estrecho con los ciclos de actividad solar de 5.3 y 10.6 años; los de 2.3 y 10.6 años se encuentran dentro de los periodos marcados por los ciclos de recurrencia de los eventos El Niño; por último, el ciclo de 4.0 años podría constituir la edad promedio de la captura de esta población.

Tabla 173. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.) en el Puerto de Veracruz, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 32$ años	$T_1 = 32$ años	$T_1 = 10.6$ años
$T_2 = 2.3$ años	$T_2 = 4$ años	
	$T_3 = 5.3$ años	

Figura 234. Series de Tiempo del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



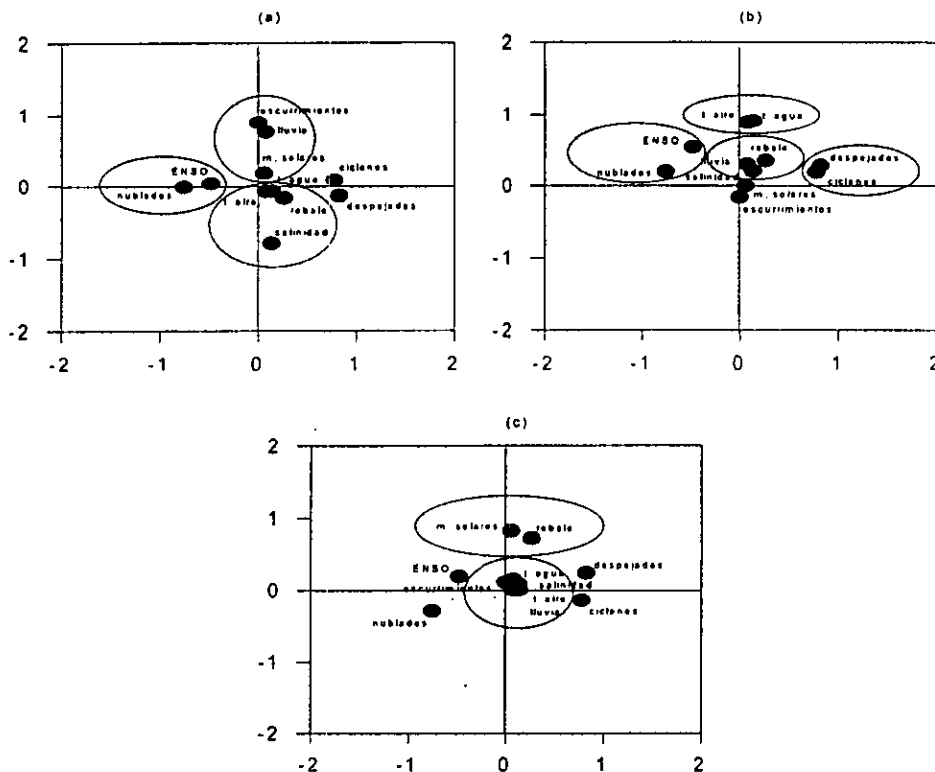
Robalo (*Centropomus*, spp.)

El resultado del análisis de componentes principales para el robalo (*Centropomus*, spp.), se muestra en la tabla 174 y la figura 235; en ellas se indica la forma en la que las variables ambientales incidieron en los volúmenes de captura del robalo; en la primera componente se muestra que existe una relación positiva para la incidencia ciclónica y los días despejados y negativa para los eventos El Niño, los días nublados y la captura total del robalo; en la segunda componente se observa una relación inversa entre las descargas fluviales y las precipitaciones con la salinidad; en la tercera componente se detecta una relación positiva entre la temperatura del aire y la del agua y negativa para las descargas fluviales. Es importante señalar el vínculo que se observa entre los ciclos de las manchas solares y las capturas totales de robalo. De todo esto se puede afirmar que los volúmenes de captura se ven influenciados, en primera instancia, por la salinidad y sus modificadores y, en segundo término, por la temperatura del agua y sus modificadores.

Tabla 174. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.98519586	27.1381442	2.98519586	27.1381442
Factor 2	2.08395507	18.9450461	5.06915093	46.0831903
Factor 3	1.94459373	17.6781249	7.01374467	63.7613151
Factor 4	1.10390196	10.0354724	8.11764663	73.7967875

Figura 235. Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

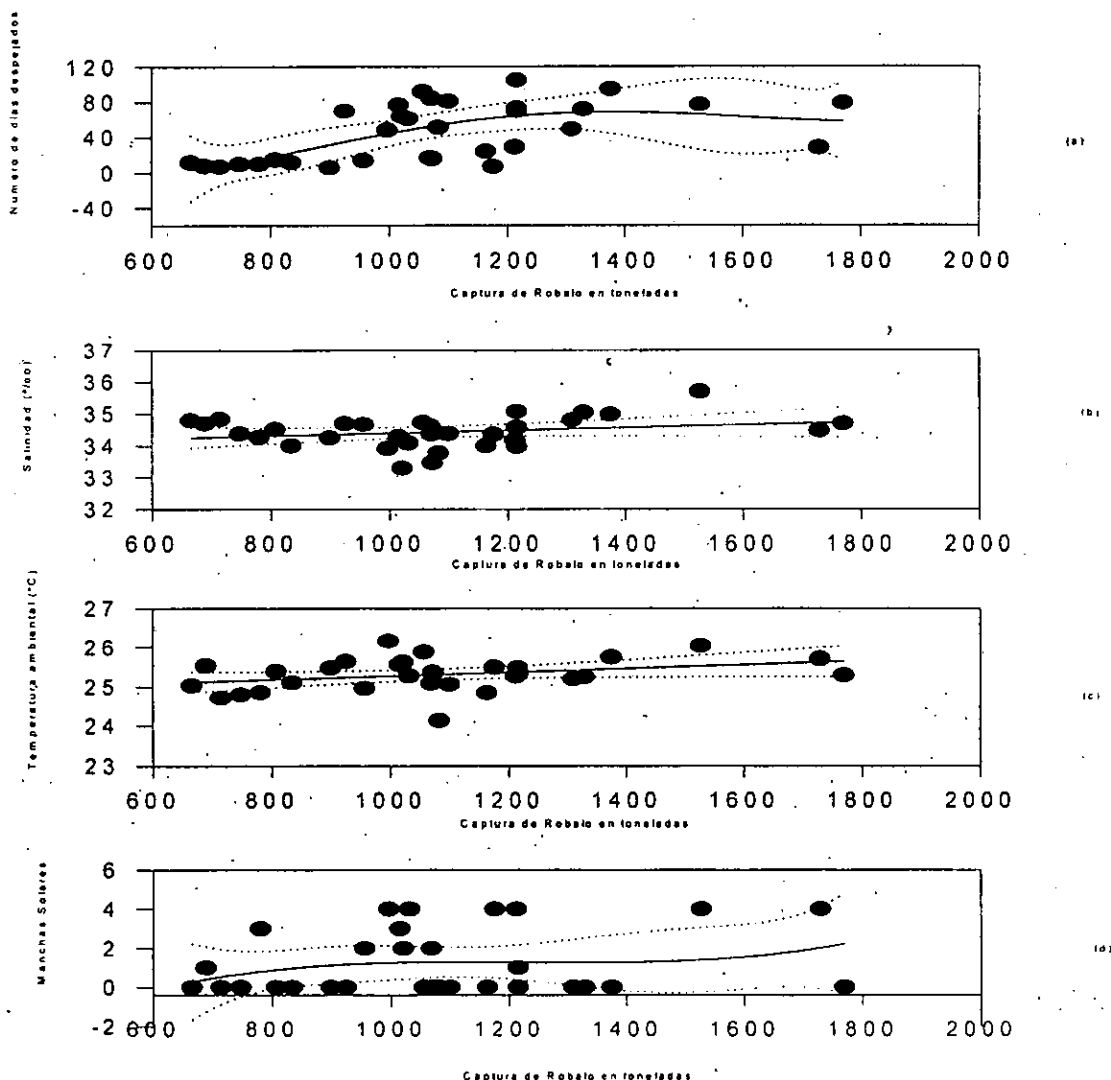


El análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) se indica en la tabla 175 y figura 236, en donde se muestra que, con un orden polinomial de menor grado, es posible representar la complejidad sistema, aunque no por eso se expliquen sus relaciones de una manera simple. La distribución estuvo dentro de un nivel de confianza del 98% con excepción del polinomio de los ciclos solares en donde el nivel confianza fue del 95%.

Tabla 175. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en el Puerto de Veracruz, con las variables ambientales.

	Días despejados	Salinidad	Temp. del aire	Manchas solares
Orden del polinomio	4	1	1	3
Regresión	$r^2 = 0.39$	$r^2 = 0.06$	$r^2 = 0.09$	$r^2 = 0.05$

Figura 235. Análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (b) captura vs salinidad, (c) captura vs temperatura del aire, (d) captura vs manchas solares.

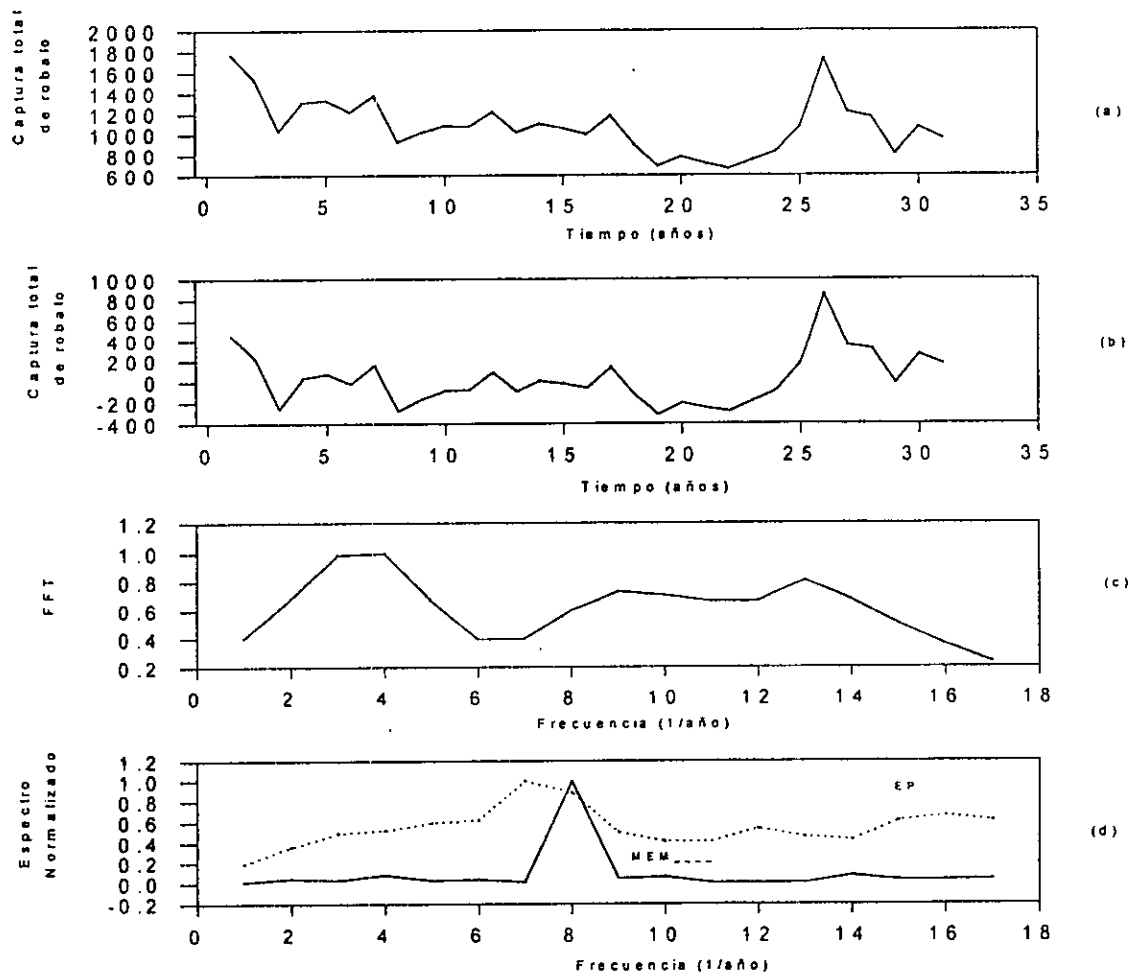


El resultado de los análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de robalo (*Centropomus*, spp.), señalados en la tabla 176 y figura 236, muestran una periodicidad cercana a los ciclos solares de 3.2, 3.7 y 12.7 año; mientras que el ciclo de 4.9 corresponde a uno de los de recurrencia de los eventos El Niño. El ciclo de 4.2 años podría referirse a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 176. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en el Puerto de Veracruz, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 3.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 6.4$ años
$T_2 = 12.7$ años	$T_2 = 4.2$ años	$T_2 = 3.2$ años
$T_3 = 4.9$ años		
$T_4 = 4.2$ años		

Figura 236. Series de Tiempo del volumen total de captura de robalo (*Centropomus*, spp.) en el Puerto Veracruz. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



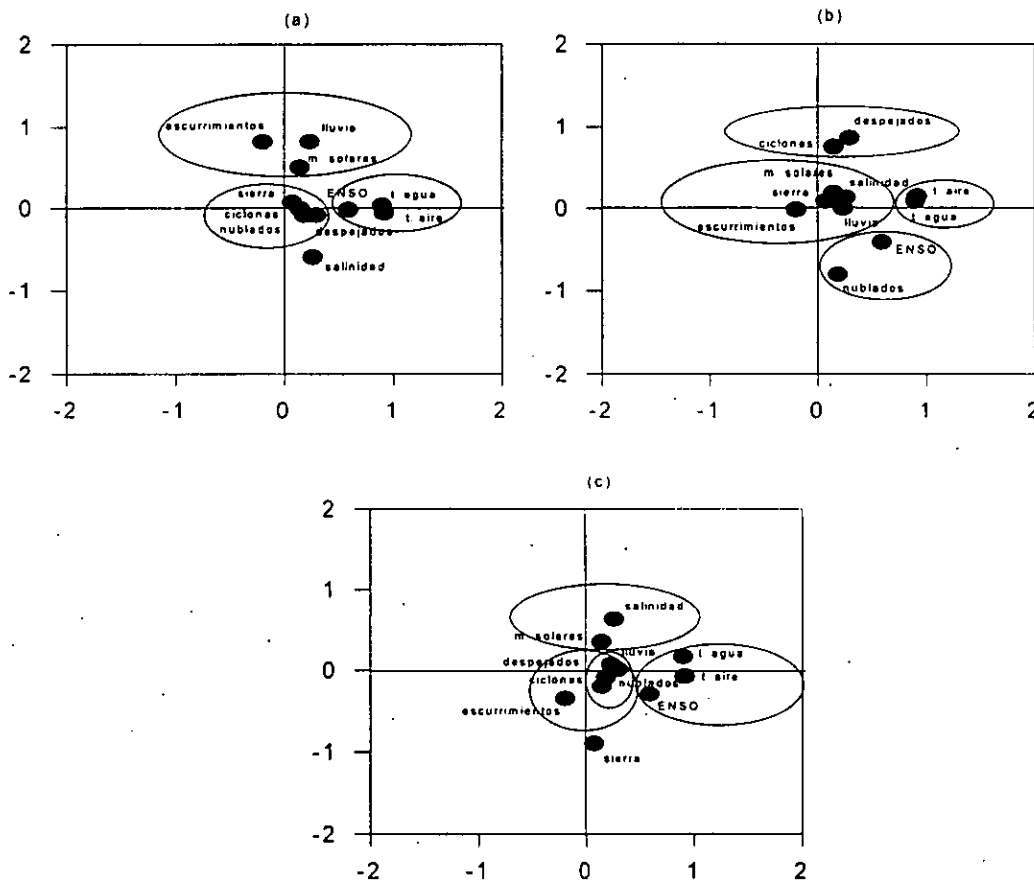
Sierra (*Scomberomorus*, spp.)

Los resultados del análisis de componentes principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestran en la tabla 177 y figura 237, en donde se señala la forma en la que las variables ambientales inciden en los volúmenes de captura de la sierra. En la primera componente se observa una relación positiva entre la temperatura del aire y la del agua, mientras que en la segunda es evidente la relación inversa que guardan entre sí la salinidad con las descargas fluviales y la captura total de la sierra, lo que indica que ésta última está determinada en buena medida e inversamente, por la salinidad y sus modificadores.

Tabla 177. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.61433327	23.7666661	2.61433327	23.7666661
Factor 2	2.20240568	20.0218698	4.81673895	43.7885359
Factor 3	1.97312267	17.9374788	6.78986162	61.7260147
Factor 4	1.26639133	11.5126484	8.05625295	73.2386631

Figura 237. Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en el Puerto de Veracruz.

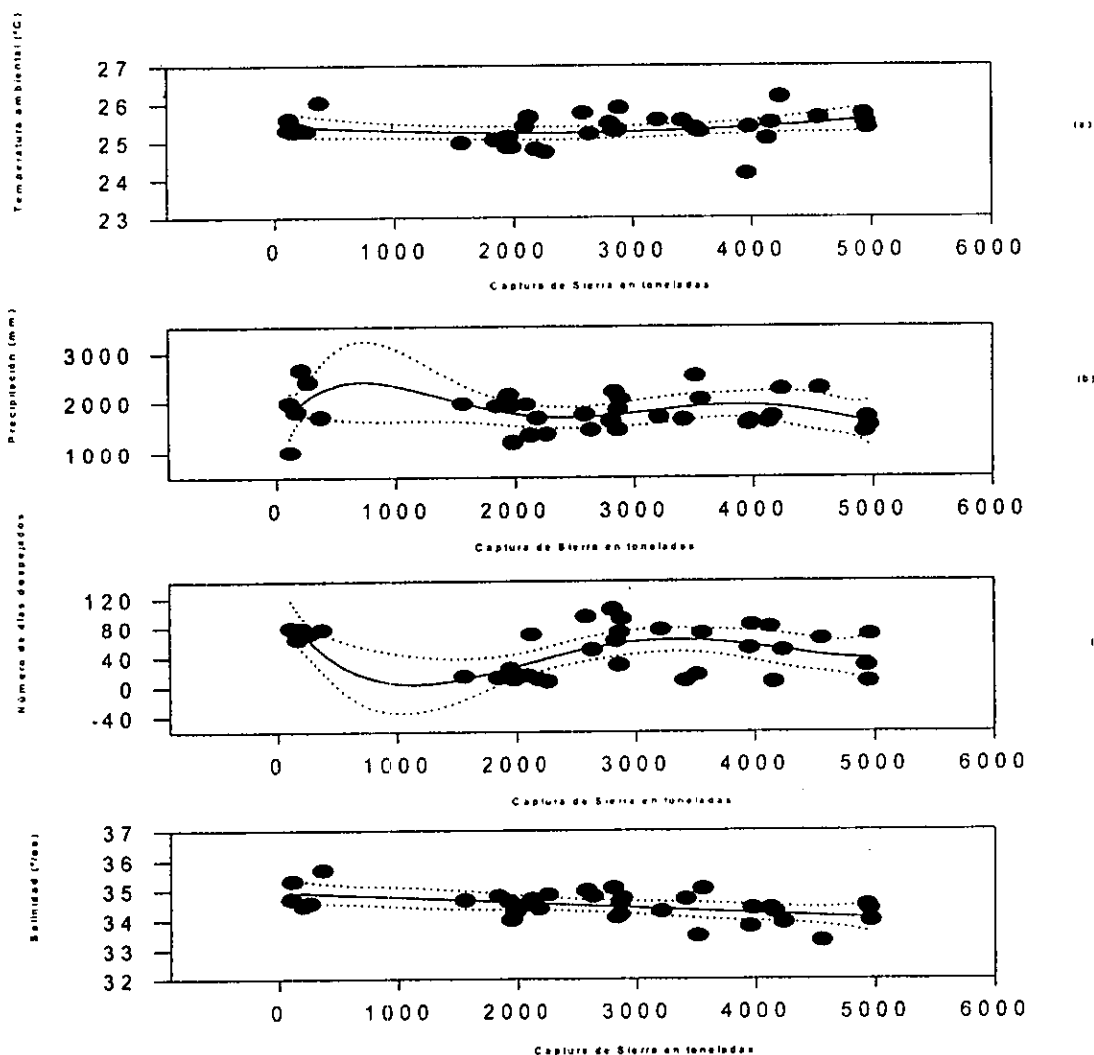


El análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) señalado en la tabla 178 y figura 238, pone de manifiesto que con un orden polinomial menor se puede alcanzar la representación gráfica y matemática de un ecosistema tan complejo. En todos los casos el nivel de confianza fue del 98%. Los resultados calculados a través de esta prueba corroboran los determinados en el de componentes principales en donde se evidencia que la salinidad y la temperatura del agua, con sus respectivos modificadores, son las funciones forzantes dominantes.

Tabla 178. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en el Puerto de Veracruz, con las variables ambientales.

	Temp. del aire	Precipitación	Días despejados	Salinidad
Orden del polinomio	2	5	4	3
Regresión	$r^2 = 0.08$	$r^2 = 0.13$	$r^2 = 0.13$	$r^2 = 0.27$

Figura 238. Análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) captura vs temperatura del aire, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (d) captura vs salinidad.

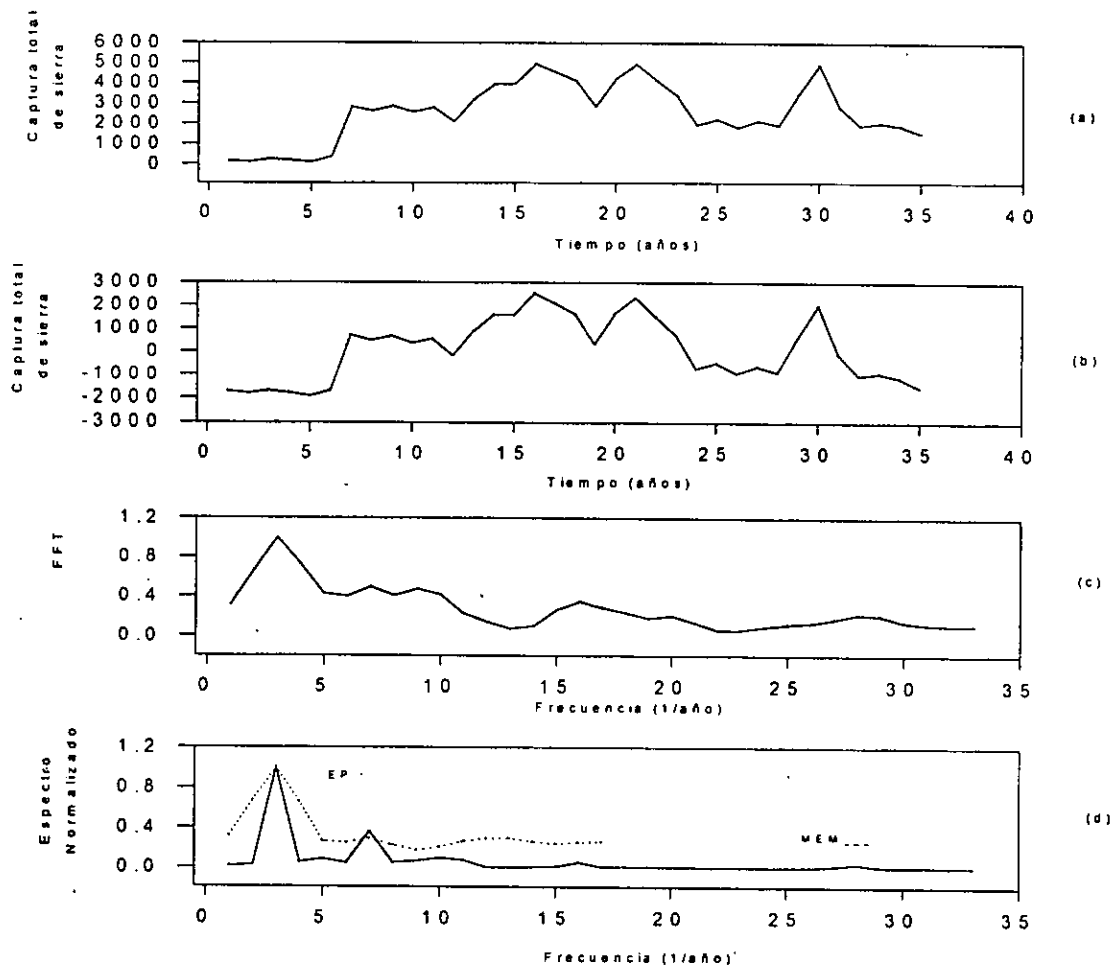


El resultado del análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se indica en la tabla 179 y figura 239 y muestra una asociación con tres de los ciclos de los eventos El Niño que corresponden a los de 2.9, 4.2 y 10.6 años; por otro lado, los ciclos de manchas solares de 5.3, 10.6 y 32 años, también se ven reflejados en los ciclos de captura de la sierra; en lo que se refiere al ciclo de 4.2 años, podría corresponder a la edad promedio de captura de los individuos de esta población, mientras que el de 16 años constituiría un armónico secundario de este mismo ciclo.

Tabla 179. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.) en el Puerto de Veracruz, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 32$ años	$T_1 = 32$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 5.3$ años
	$T_3 = 4.2$ años	$T_3 = 2.9$ años

Figura 239. Series de Tiempo del volumen total de captura de la sierra (*Scomberomorus*, spp.) en el Puerto de Veracruz. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





d) Alvarado, Veracruz.

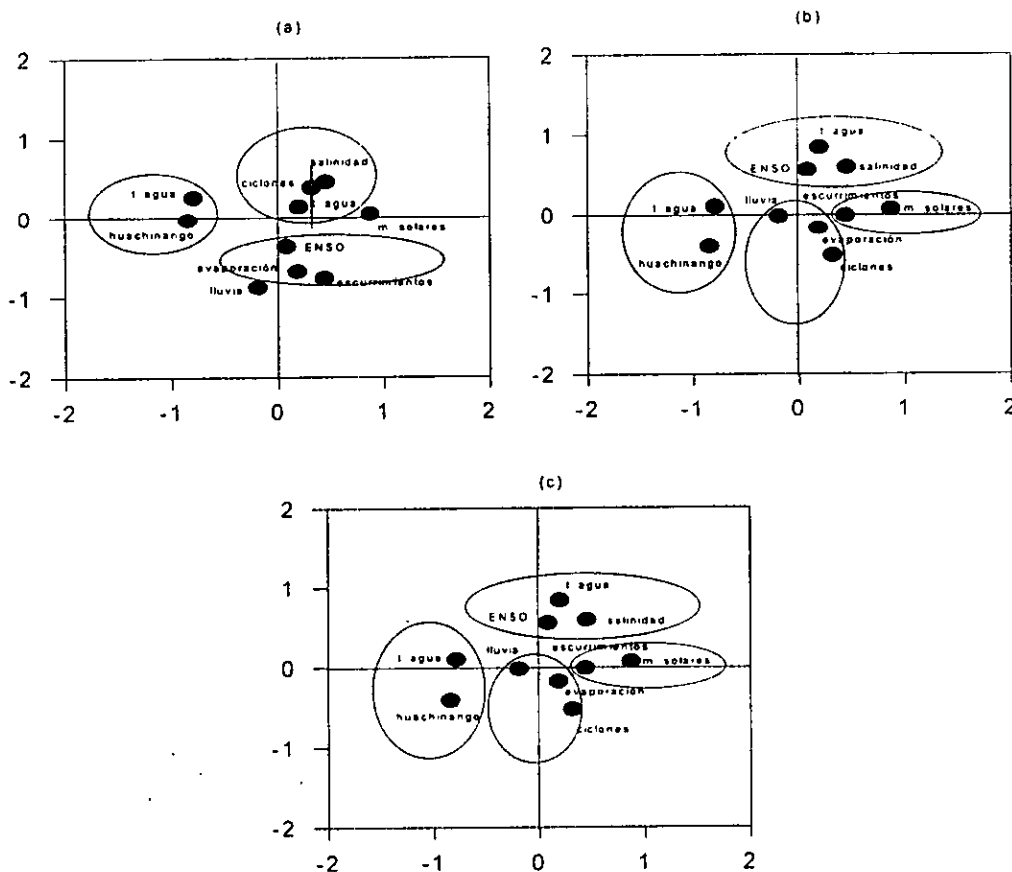
Huachinango (*Lutjanus*, spp.)

Los resultados del análisis de componentes principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.), se muestran en la tabla 180 y figura 240, en donde la primera componente indica una relación inversa para los ciclos de manchas solares y la captura total de huachinango; en la segunda componente se indica otra relación inversa ente la incidencia ciclónica y los eventos El Niño; sobresale también la relación inversa que existe entre la salinidad y las descargas fluviales, las precipitaciones y la temperatura del aire. De ahí se desprende que los volúmenes de las capturas dependen, en primera instancia, tanto de la salinidad y la temperatura como de sus modificadores.

Tabla 180. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Alvarado.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.01780366	30.1780366	3.01780366	30.1780366
Factor 2	2.45470566	24.5470566	5.47250932	54.7250932
Factor 3	1.51074729	15.1074729	6.98325661	69.8325661

Figura 240. Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Alvarado.

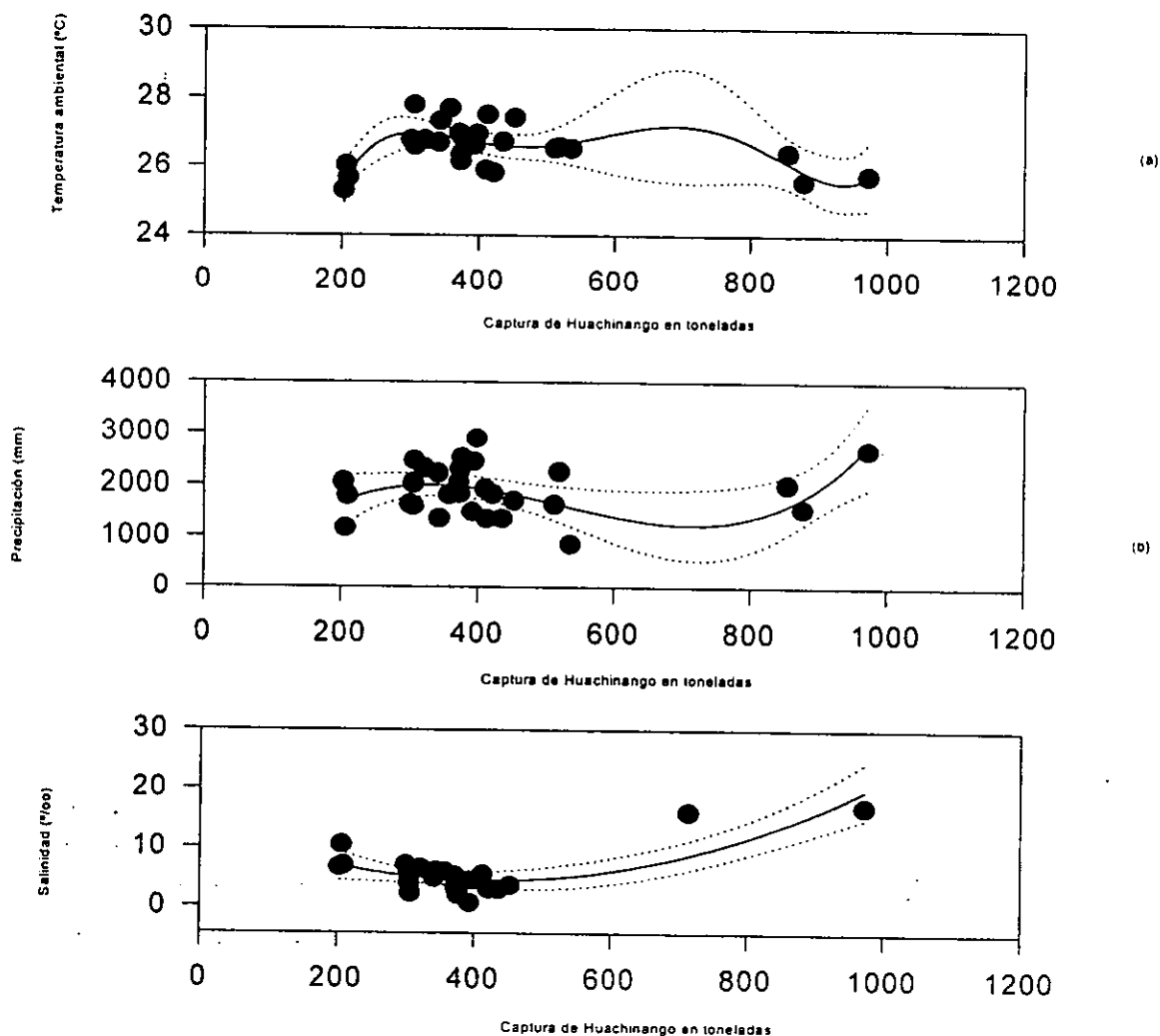


El análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*), que se muestra en la tabla 181 y figura 241, indica una complejidad del sistema que se representa a través de diversos ordenes de magnitud en donde la función forzante está constituida, en primera instancia, por la salinidad y sus modificadores, tal y como lo indicó el análisis de componentes principales. En los tres casos la representación gráfica es altamente compleja y el intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 181. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Alvarado, con las variables ambientales.

	Temp. del aire	Precipitación	Salinidad
Orden del polinomio	5	3	2
Regresión	$r^2 = 0.48$	$r^2 = 0.20$	$r^2 = 0.64$

Figura 241. Análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Alvarado. (a) captura vs temperatura del aire, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs salinidad.

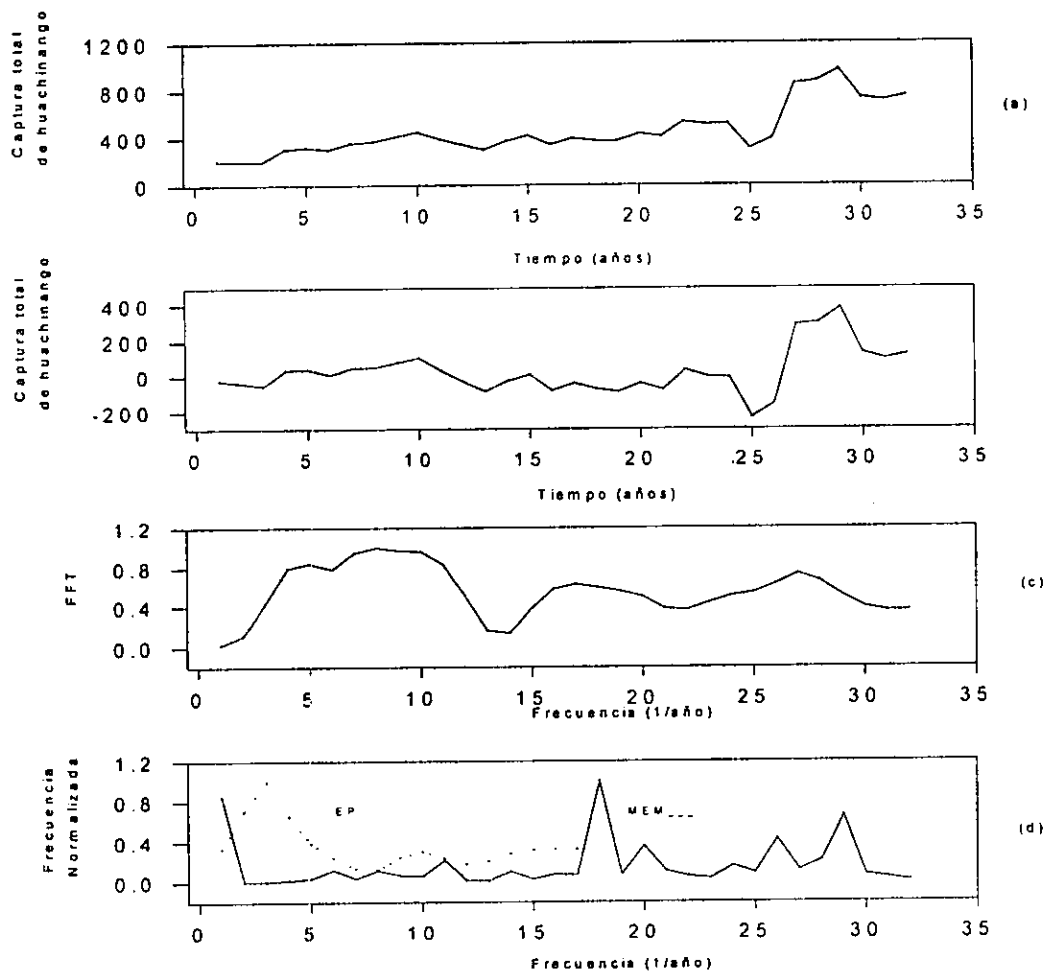


El resultado del análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total del huachinango (*Lutjanus*, spp.), se muestra en la tabla 182 y figura 242 en donde se observa que los ciclos de 2.2, 21.3 y 10.6 años podrían corresponder a tres de los ciclos de actividad solar; mientras que los de 2.2, 2.4, 3.7 y 10.6 años estarían vinculados con los ciclos de los eventos El Niño; por último, el ciclo de 16 años podría ser un armónico secundario del ciclo de 4 años que señalaría la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 182. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total del huachinango (*Lutjanus*, spp.) en Alvarado, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 3.7$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.2$ años	$T_2 = 21.3$ años	
$T_3 = 2.5$ años	$T_3 = 2.4$ años	
$T_4 = 6.4$ años	$T_4 = 4$ años	

Figura 242. Series de Tiempo del volumen total de captura de huachinango (*Lutjanus*, spp.) en Alvarado. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



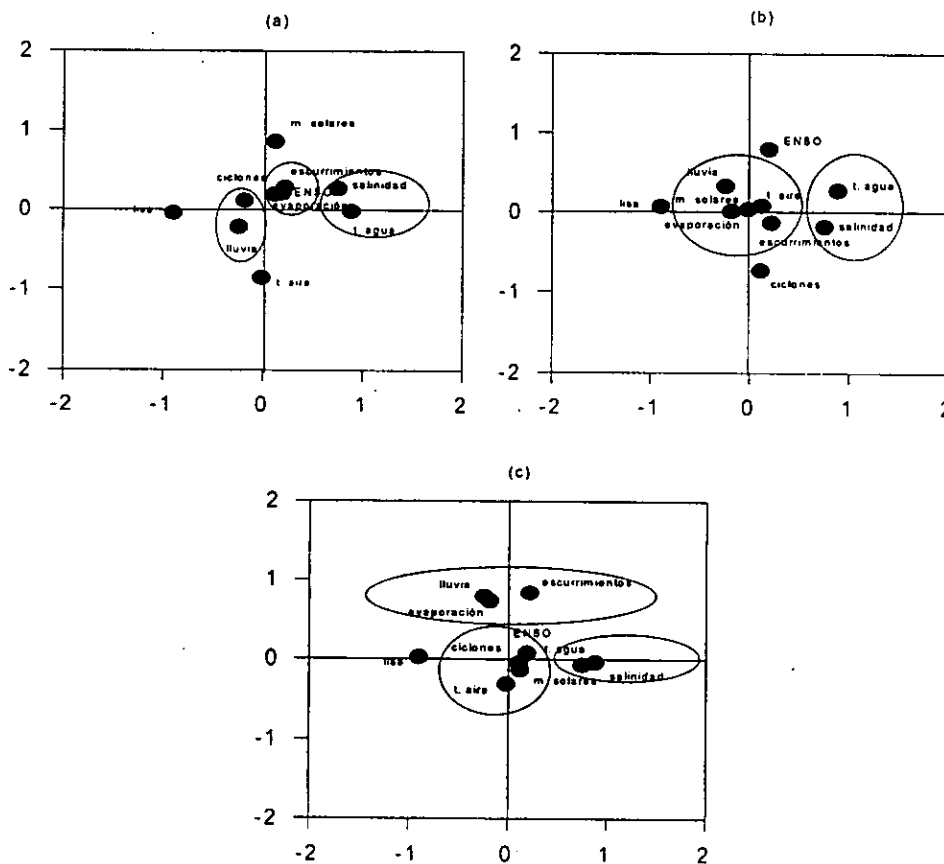
Lisa (*Mugil, spp.*)

El resultado del análisis de componentes principales para la lisa (*Mugil, spp.*), se muestra en la tabla 183 y figura 243, en donde se estima que en la primera componente hay una relación inversa entre la temperatura del agua y el volumen de captura; en la segunda componente se aprecia otra relación inversa entre los ciclos de manchas solares y la temperatura del aire; sobresalen también las relaciones negativas entre la salinidad con las precipitaciones y la incidencia ciclónica, esta última asociada de forma negativa con los eventos El Niño. Lo anterior señala que los volúmenes de la captura total se ven afectados de manera importante por la temperatura del agua y la salinidad, y por sus modificadores, en ambos casos de manera inversa.

Tabla 183. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Alvarado.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.64880724	26.4880724	2.64880724	26.4880724
Factor 2	2.2207241	22.207241	4.86953134	48.6953134
Factor 3	1.52332472	15.2332472	6.39285605	63.9285605
Factor 4	1.13304285	11.3304285	7.5258989	75.258989

Figura 243. Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Alvarado, Veracruz.

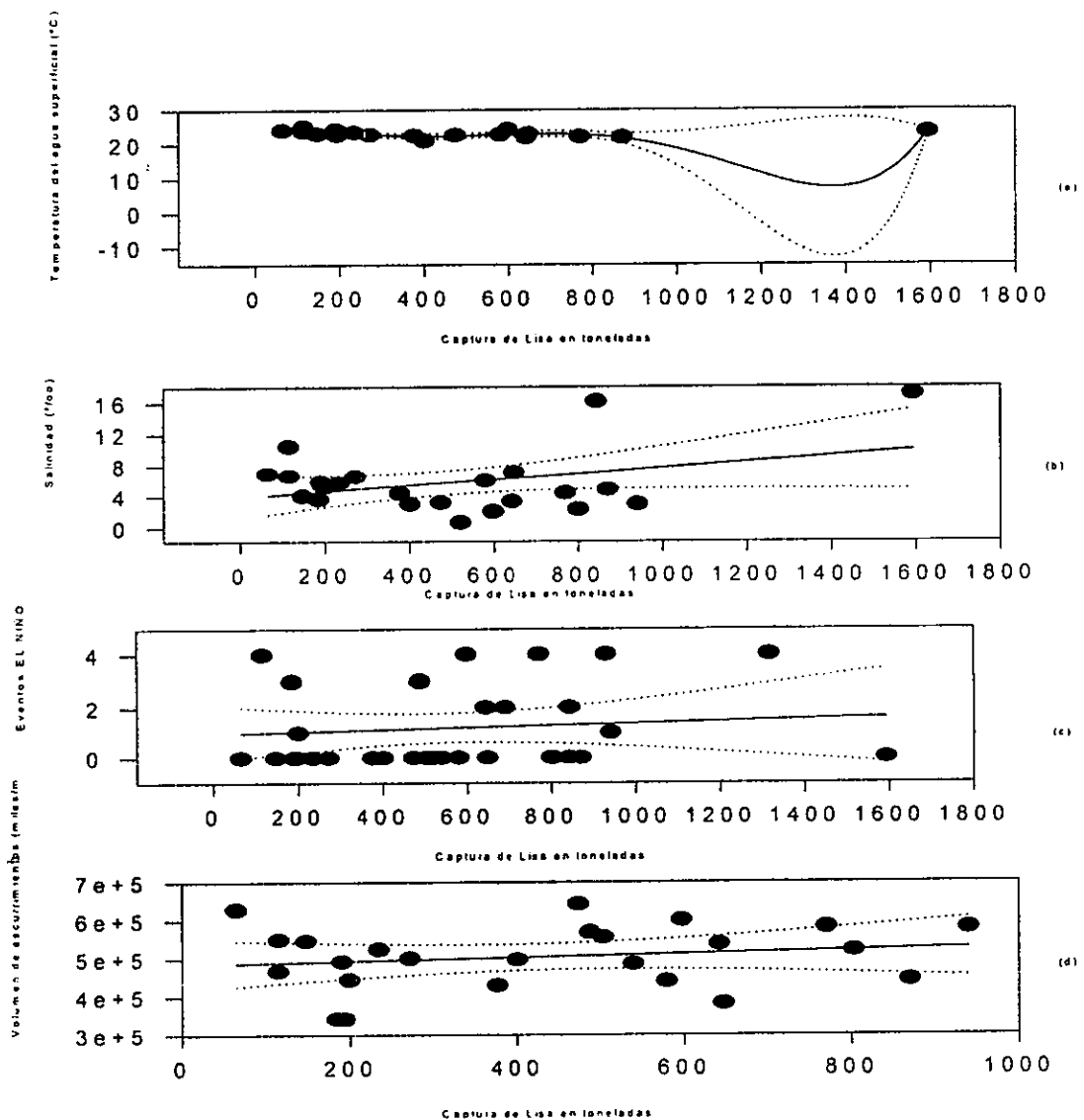


El análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) se muestra en la tabla 184 y figura 244, en donde observa que, por un lado, con un orden polinomial de magnitud menor es posible expresar la complejidad del ecosistema desde el punto de vista matemático. Resalta que es la temperatura del agua y sus modificadores, la función forzante del ecosistema, en donde los ciclos de actividad solar, inciden de manera evidente. En los cuatro análisis el nivel de confianza fue del 95%.

Tabla 184. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Alvarado, con las variables ambientales.

	Temp. del agua	Manchas Solares	Eventos El Niño	Descarga fluvial
Orden del polinomio	5	1	1	1
Regresión	$r^2 = 0.52$	$r^2 = 0.12$	$r^2 = 0.008$	$r^2 = 0.02$

Figura 244. Análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Alvarado. (a) captura vs temperatura del agua, (b) captura vs manchas solares, (c) captura vs eventos El Niño, (d) captura vs descarga fluvial.

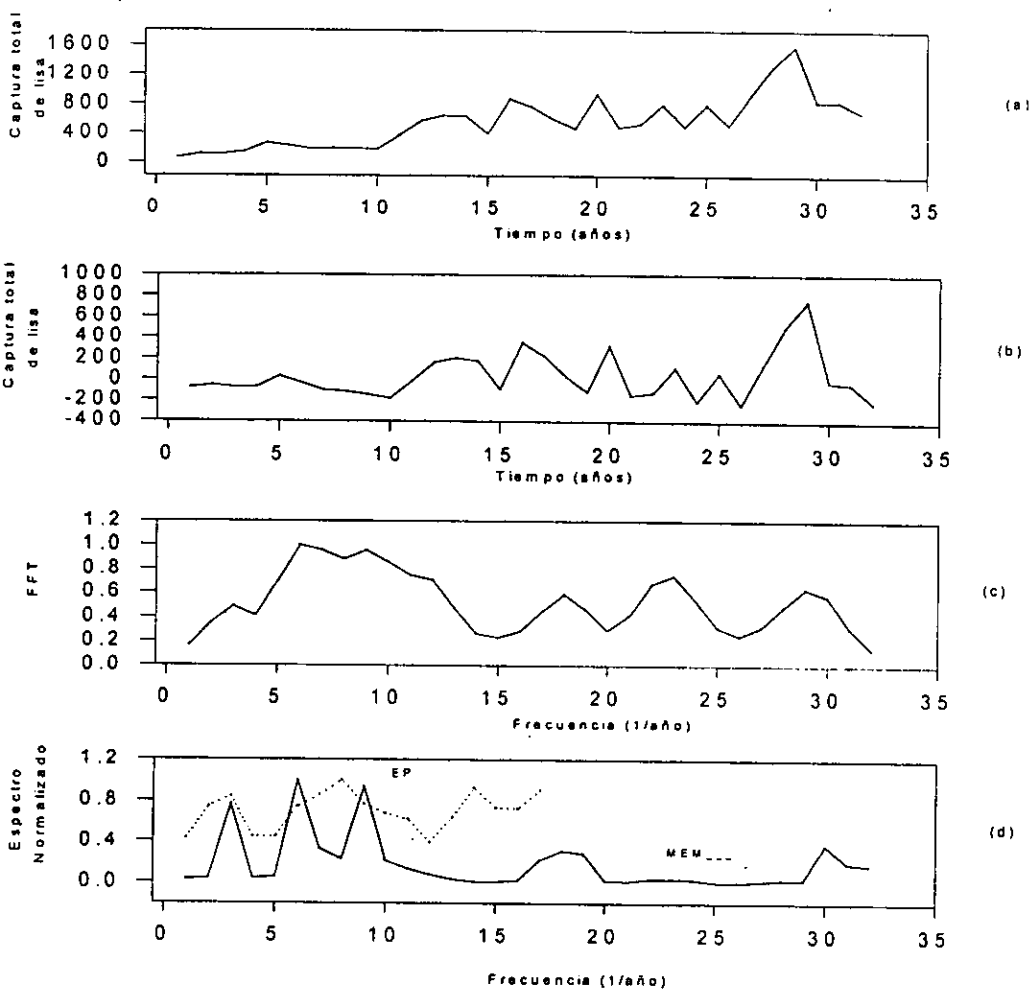


El resultado de los análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de la lisa (*Mugil, spp.*), se muestra en la tabla 185 y figura 245, en éstas se indica una asociación con cinco de los ciclos solares de 2.2, 2.9, 8, 12.7 y 32 años; el ciclo de 2.2 también corresponde a uno de los ciclos de recurrencia de los eventos El Niño; por último, el ciclo de 16 años podría constituir un armónico secundario del ciclo de 4.5 años, que posiblemente se relacionaría con la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 185. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de la lisa (*Mugil, spp.*) en Alvarado, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 4.5$ años
$T_2 = 8$ años	$T_2 = 8$ años	$T_2 = 2.4$ años
$T_3 = 32$ años	$T_3 = 2.9$ años	$T_3 = 16$ años
$T_4 = 2.2$ años	$T_4 = 2.2$ años	
$T_5 = 3.7$ años	$T_5 = 3.7$ años	

Figura 245. Series de Tiempo del volumen total de captura de la lisa (*Mugil, spp.*) en Alvarado. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



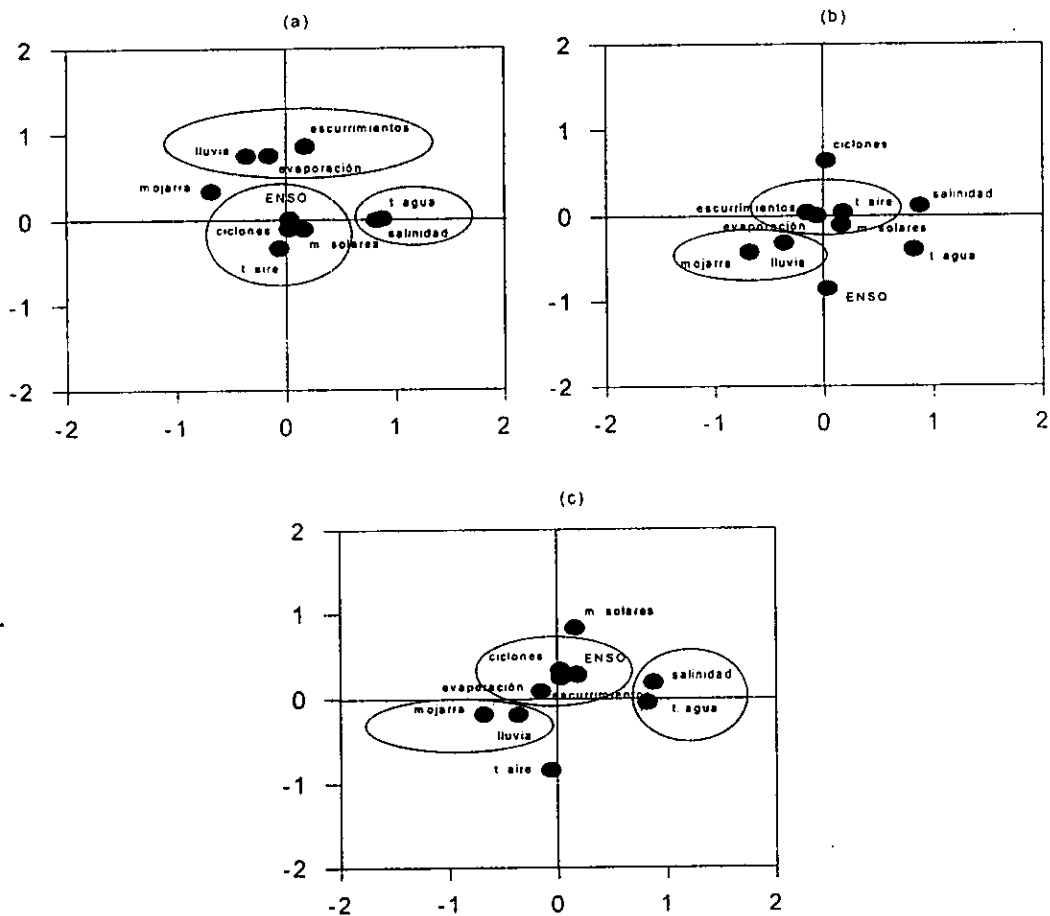
Mojarra (*Eugerres*, spp.)

El análisis de componentes principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.), (Tabla 186 y Fig. 246), en donde en la primera componente se muestra una relación positiva entre la temperatura del agua y la salinidad y negativa para la captura de mojarra; en la segunda componente hay una relación positiva para las descargas fluviales, la evaporación y las precipitaciones y en la tercera, hay una relación inversa entre la incidencia ciclónica y los eventos El Niño. Se puede afirmar entonces que, los volúmenes de captura se ven alterados tanto por la temperatura del agua y sus modificadores como por la salinidad y sus modificadores.

Tabla 186. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Alvarado.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.75249916	27.5249916	2.75249916	27.5249916
Factor 2	2.22157234	22.2157234	4.9740715	49.740715
Factor 3	1.49302502	14.9302502	6.46709652	64.6709652
Factor 4	1.06335714	10.6335714	7.53045366	75.3045366

Figura 246. Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Alvarado.

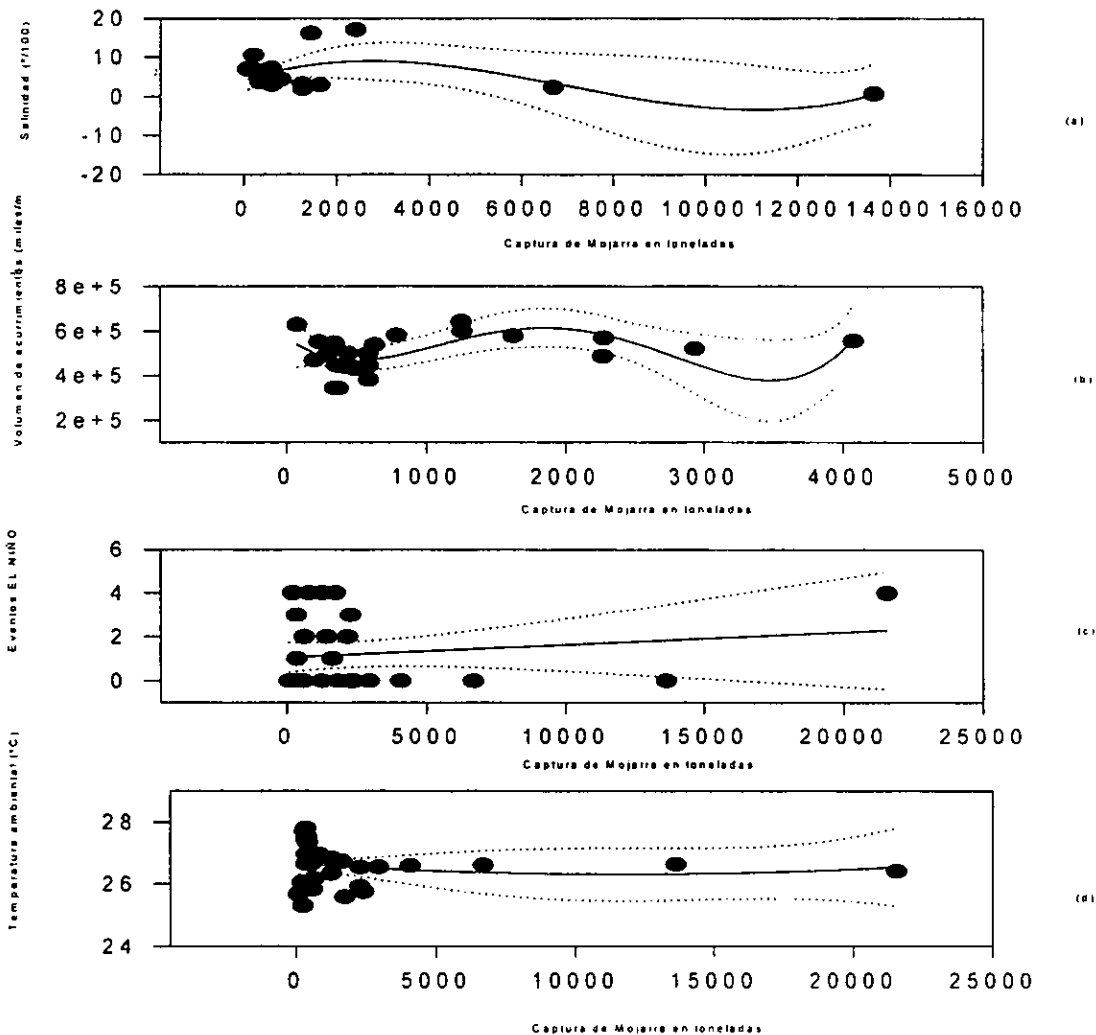


El análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) (Tabla 187 y Fig. 247), en donde se señala que el orden de magnitud necesario para explicar la compleja relación existente en el ecosistema se alcanza con grado bajo, con excepción de la salinidad, en donde el grado fue mayor; por otro lado, sobresale que la salinidad junto con sus modificadores constituye la función forzante del sistema océano-atmósfera. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 187. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Alvarado, con las variables ambientales.

	Salinidad	Descarga Fluvial	eventos El Niño	Temp. del aire
Orden del polinomio	5	1	1	1
Regresión	$r^2 = 0.52$	$r^2 = 0.12$	$r^2 = 0.008$	$r^2 = 0.02$

Figura 247. Análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Alvarado. (a) captura vs salinidad, (b) captura vs descarga fluvial, (c) captura vs eventos El Niño, (d) captura vs temperatura del aire.



c

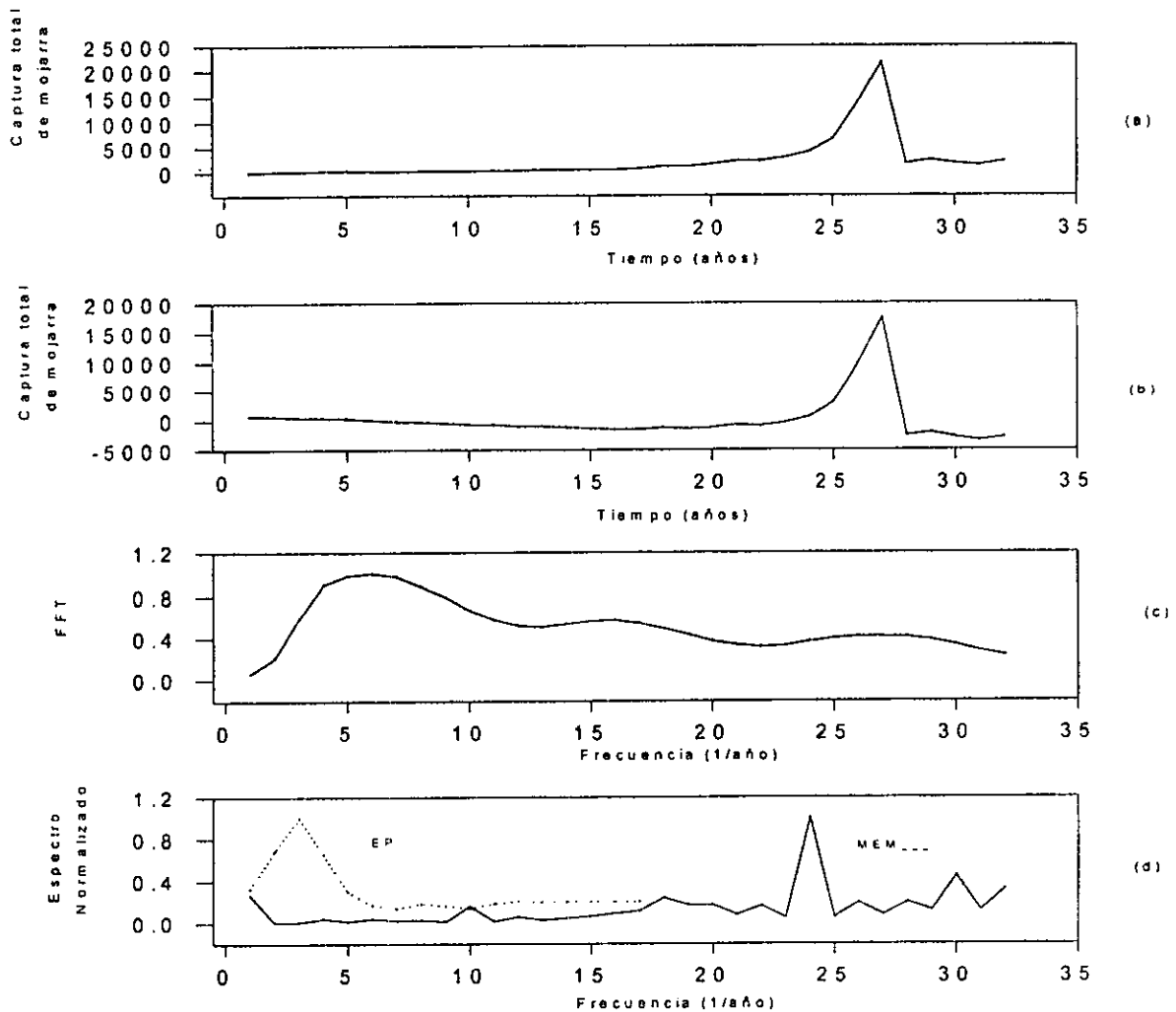


El resultado del análisis de Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.) (Tabla 188 y Fig. 248); indica la existencia de ciclos que podrían estar asociados tanto con los de recurrencia de los eventos El Niño como con los de los ciclos solares de 2.2, 2.7 y 12.7 años; el de 16 años podría constituir un armónico secundario del ciclo de 4.2 años que, a su vez, se referiría a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 188. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.) en Alvarado, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.2$ años	$T_2 = 4.2$ años	
$T_3 = 2$ años	$T_3 = 2.7$ años	

Figura 248. Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.) en Alvarado. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



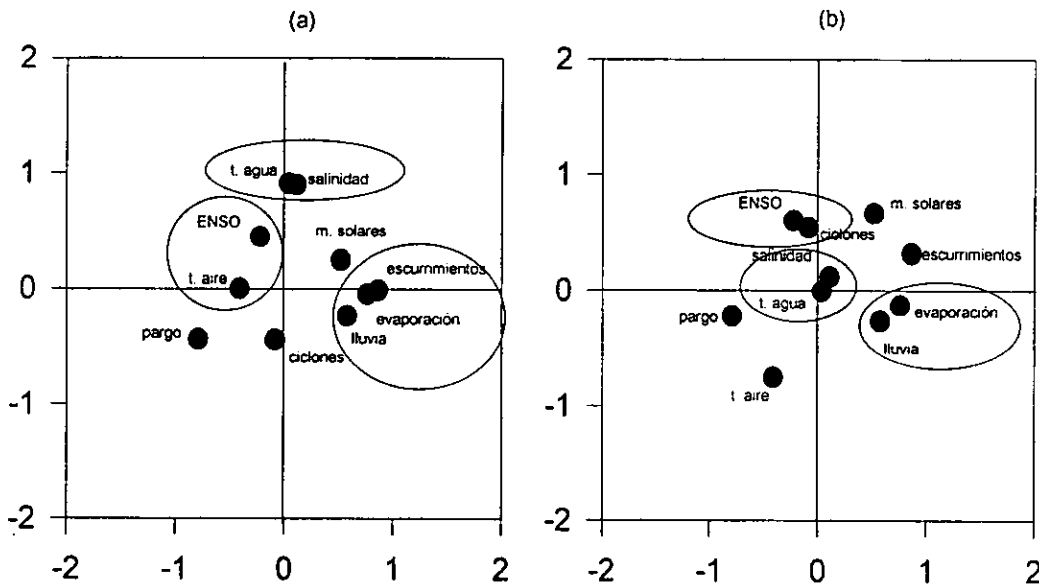
Pargo (*Lutjanus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el pargo (*Lutjanus*, spp.) (Tabla 189 y Fig. 249), en donde se señala a través de la primera componente una relación positiva para las descargas fluviales y la evaporación y negativa para la temperatura del aire; en la segunda componente, hay una relación inversa entre la temperatura del agua y la salinidad con la incidencia ciclónica. Sobresale también la relación inversa que guardan los ciclos de manchas solares con las capturas del pargo, lo que permite señalar que, en ambos casos, la influencia que guardan la salinidad y sus modificadores y la temperatura del agua y sus modificadores con las capturas totales son inversas.

Tabla 189. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Alvarado.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.42749389	34.2749389	3.42749389	34.2749389
Factor 2	2.14345402	21.4345402	5.57094791	55.7094791
Factor 3	1.45929889	14.5929889	7.0302468	70.302468

Figura 249. Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Alvarado, Veracruz.

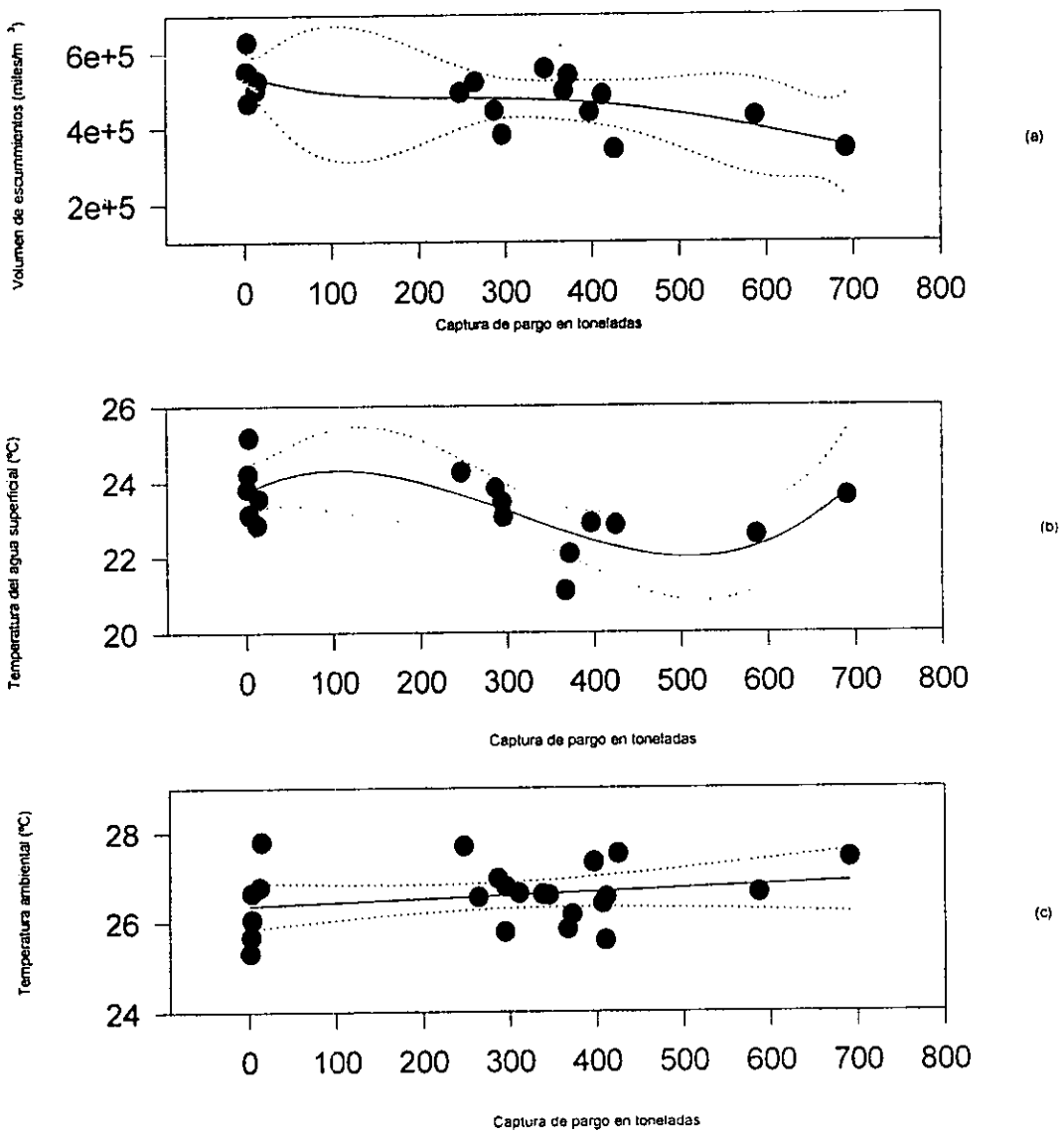


El análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus*, spp.) se muestra en la tabla 190 y figura 250, en donde se señala que existe una diversidad de ordenes de magnitud que se requiere para representar un sistema tan complejo como el del océano-atmósfera; también se evidencia que la temperatura del agua y sus modificadores constituyen una de las funciones forzantes del sistema. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 190. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Alvarado, con las variables ambientales.

	Descarga Fluvial	Temp. del agua	Temp. del aire
Orden del polinomio	4	3	1
Regresión	$r^2 = 0.44$	$r^2 = 0.42$	$r^2 = 0.049$

Figura 250. Análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Alvarado. (a) captura vs descarga fluvial, (b) captura vs temperatura del agua, (c) captura vs temperatura del aire.

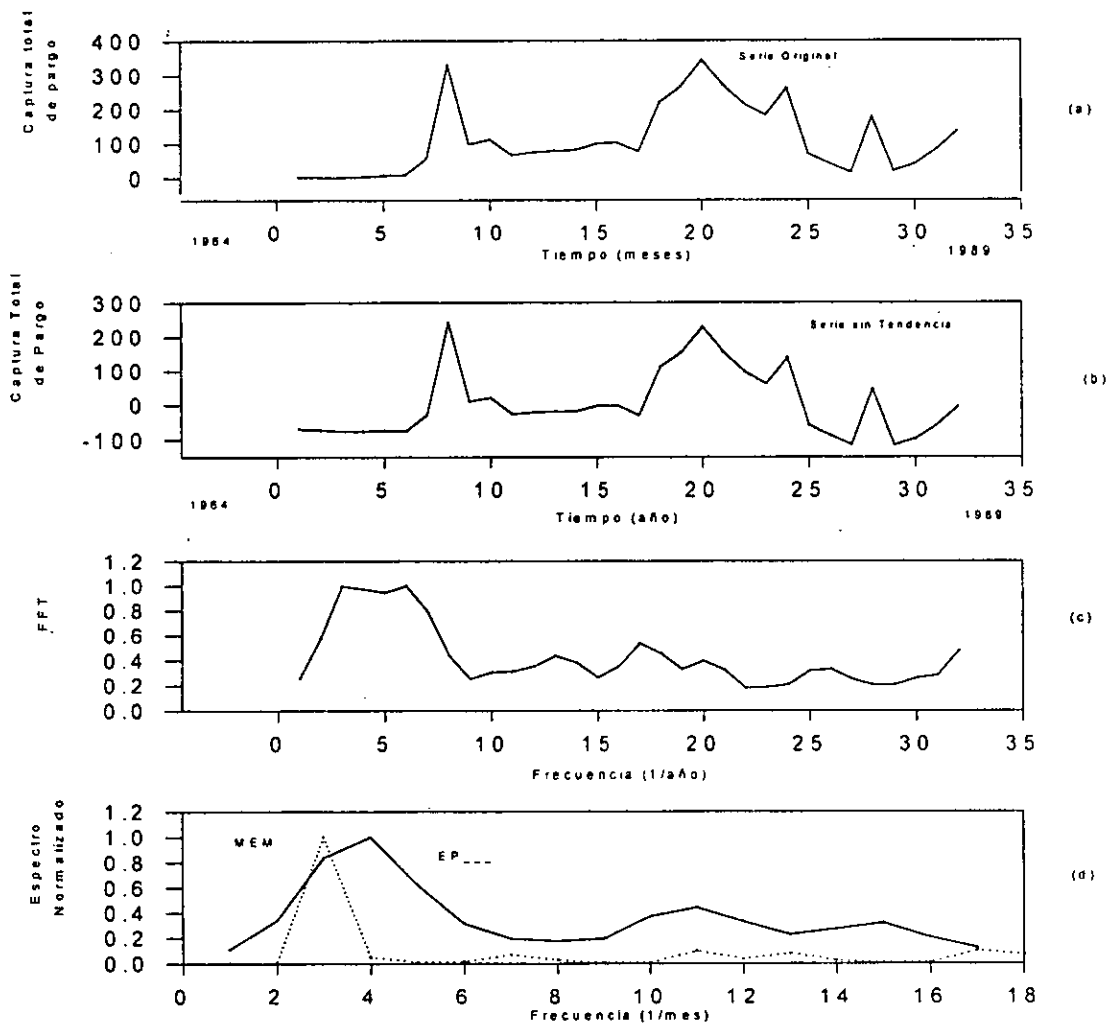


Los resultados del análisis de Series de Tiempo de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.), se muestran en la tabla 191 y figura 251, en donde se aprecia una asociación de los ciclos calculados con los ciclos de actividad solar de 5.3, 10.6 y 32 años; los ciclos de 2.3 y 10.6 años se relacionan con los de recurrencia de los eventos El Niño. En lo que respecta al ciclo de 4.0 años, podría constituir el armónico principal que se refiere a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 191. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.) en Alvarado, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 32$ años $T_2 = 2.3$ años	$T_1 = 32$ años $T_2 = 4$ años $T_3 = 5.3$ años	$T_1 = 10.6$ años

Figura 251. Series de Tiempo del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.) en Alvarado. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



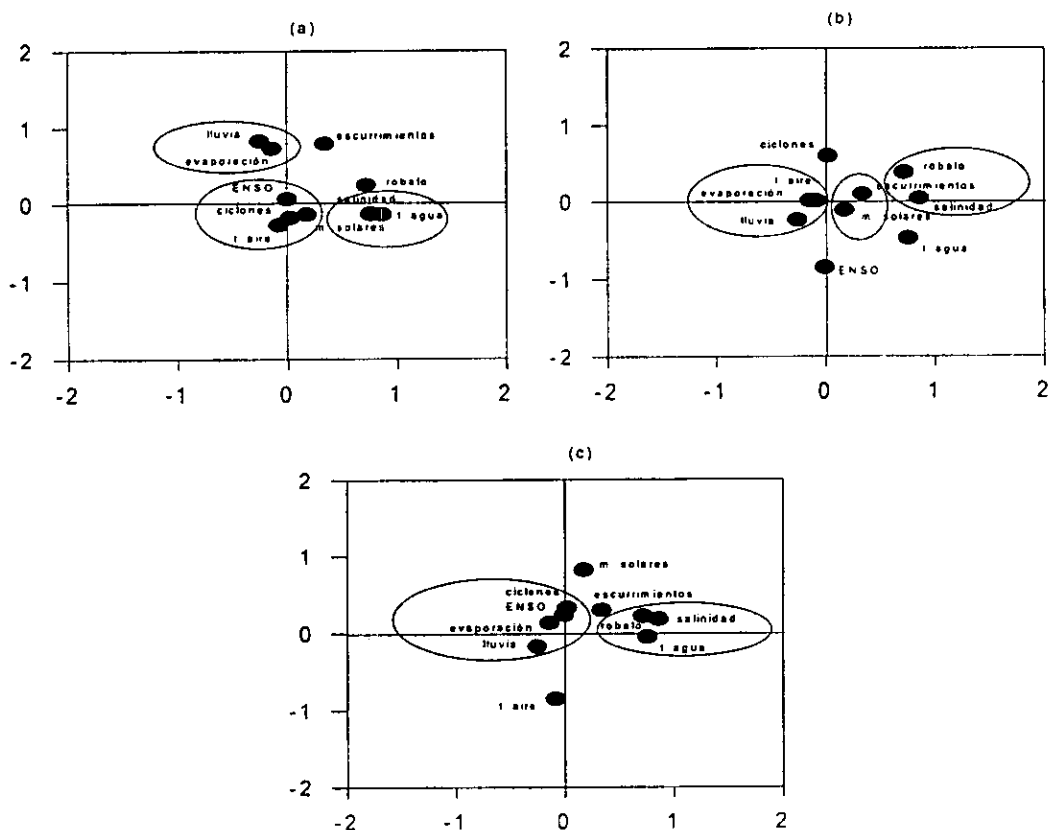
Robalo (*Centropomus*, spp.)

Los resultados del análisis de componentes principales del robalo (*Centropomus*, spp.), se muestran en la tabla 192 y figura 252, en donde se aprecia a través de la primera componente una relación positiva con la salinidad, la temperatura del agua y la captura total de robalo; en la segunda, se observa una relación inversa entre las precipitaciones y la evaporación con la temperatura del aire, la incidencia ciclónica y los ciclos de manchas solares; por último, en la tercera componente se detecta otra relación negativa entre la incidencia ciclónica y los eventos El Niño; sobresale la relación inversa que guardan los volúmenes de captura con las precipitaciones, de ahí que las capturas estén influenciadas de manera inversa tanto con la salinidad y sus modificadores como por la temperatura del agua y sus modificadores.

Tabla 192. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Alvarado.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.58470035	25.8470035	2.58470035	25.8470035
Factor 2	2.16866618	21.6866618	4.75336653	47.5336653
Factor 3	1.52348774	15.2348774	6.27685428	62.7685428
Factor 4	1.18229967	11.8229967	7.45915394	74.5915394

Figura 252. Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Alvarado.

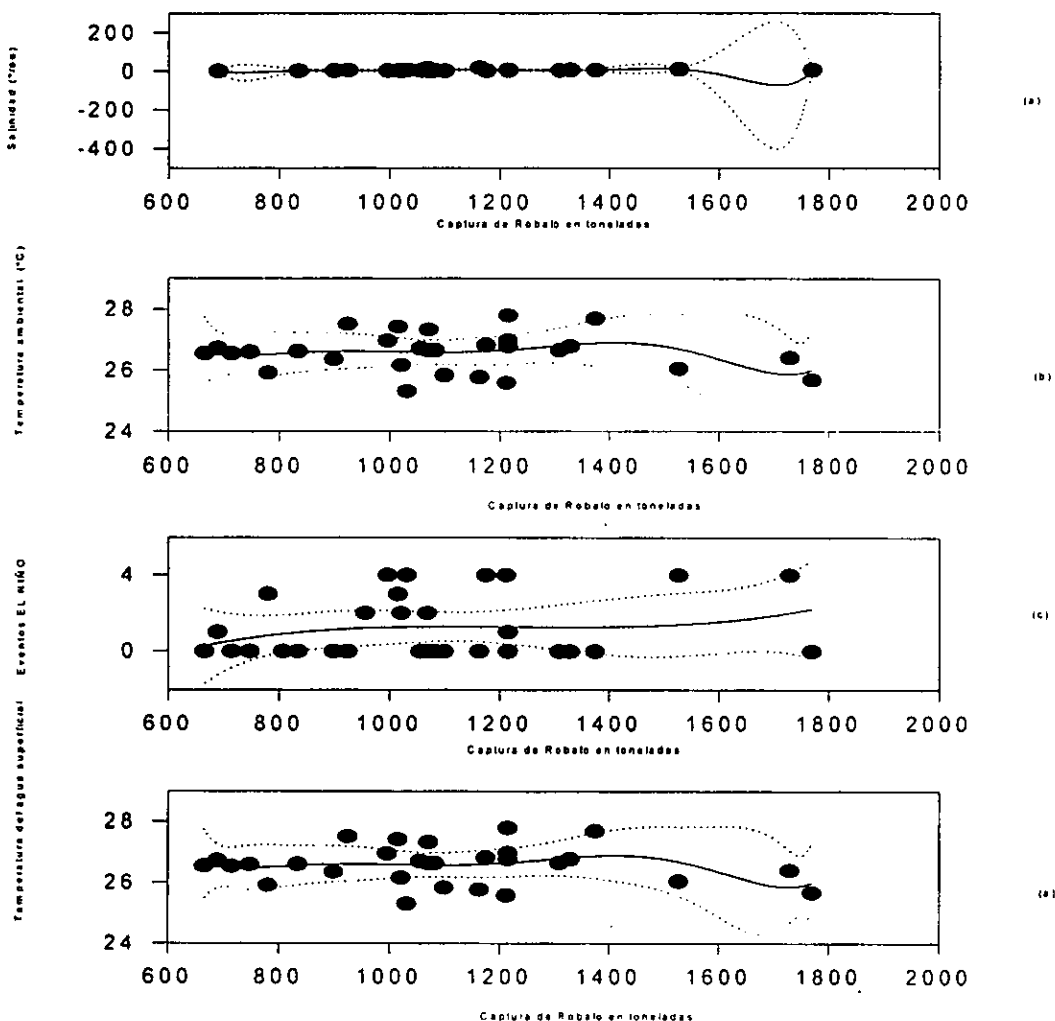


El análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.), señalado en la tabla 193 y figura 253, indican lo complejo del sistema por el orden polinomial requerido para su representación matemática; se pone de manifiesto que es la salinidad la función forzante del ecosistema, resultado que también se manifestó en la prueba de componentes principales. En todos los casos el intervalo de confianza fue del 95% y se evidencia lo complejo de su representación en las cuatro representaciones polinomiales.

Tabla 193. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Alvarado, con las variables ambientales.

	Salinidad	Precipitación	Eventos El Niño	Temp. del agua
Orden del polinomio	8	6	3	6
Regresión	$r^2 = 0.19$	$r^2 = 0.10$	$r^2 = 0.05$	$r^2 = 0.10$

Figura 253. Análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Alvarado. (a) captura vs salinidad, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs eventos El Niño, (d) captura vs temperatura del agua.

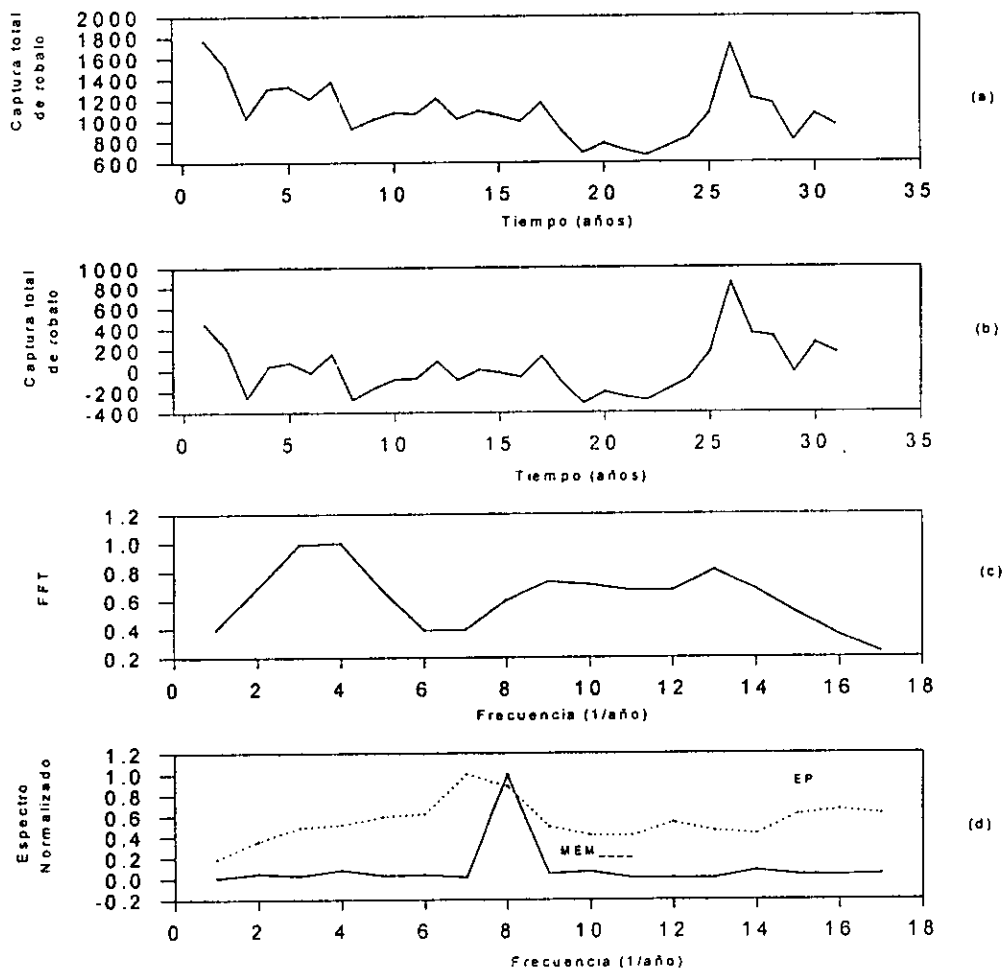


El resultado del análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de robalo (*Centropomus*, spp.), se muestran en la tabla 194 y la figura 254, en ellas se observan ciclos de 3.2 y 12.7 años que podrían estar vinculados con los periodos de actividad solar, mientras que el de 4.9 lo estaría con uno de los ciclos de la ocurrencia de los eventos El Niño. En lo que se refiere al ciclo de 4.2 años podría corresponder a la edad promedio de la captura de los individuos de esta población.

Tabla 194. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Alvarado, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 3.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 6.4$ años
$T_2 = 12.7$ años	$T_2 = 4.2$ años	$T_2 = 3.2$ años
$T_3 = 4.9$ años		
$T_4 = 4.2$ años		

Figura 254. Series de Tiempo del volumen total de captura de robalo (*Centropomus*, spp.) en Alvarado. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



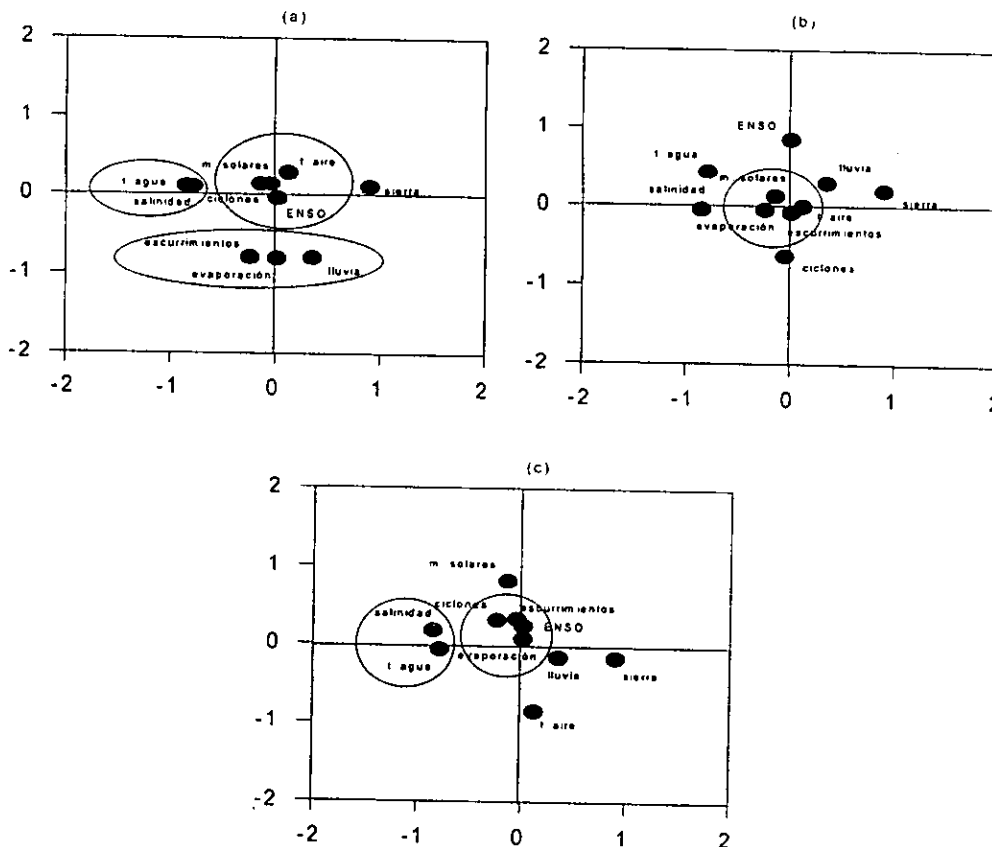
Sierra (*Scomberomorus*, spp.)

El análisis de componentes principales de la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestra en la tabla 195 y en la figura 255, donde se indica a través de la primera componente que existe una relación inversa entre el volumen de captura de la sierra con la temperatura del agua y la salinidad; en la segunda componente se indica otra relación inversa entre los ciclos de manchas solares y la evaporación y por último, en la tercera componente hay otra relación inversa entre los eventos El Niño y la incidencia ciclónica. Esto indica que los volúmenes de la captura total están modificados de manera inversa tanto por la salinidad del agua y sus modificadores como por la temperatura del agua y sus modificadores.

Tabla 195. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Alvarado.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.74569359	27.4569359	2.74569359	27.4569359
Factor 2	2.20058508	22.0058508	4.94627868	49.4627868
Factor 3	1.47138971	14.7138971	6.41766838	64.1766838
Factor 4	1.20787328	12.0787328	7.62554166	76.2554166

Figura 255. Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Alvarado.



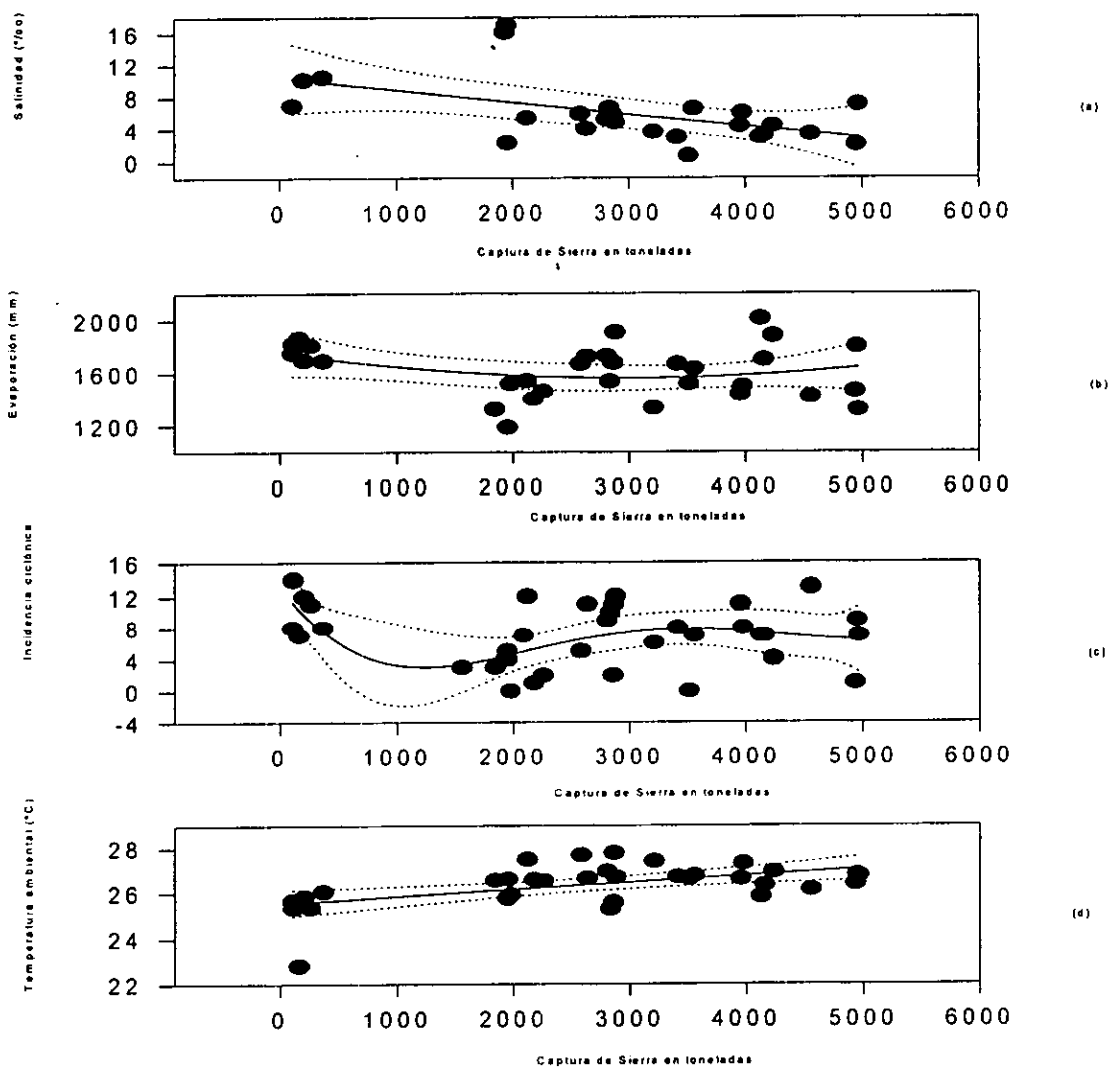


El análisis polinomial de la captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestra en la tabla 196 y figura 256, donde se expresa con órdenes de magnitud bajos la representación matemática de un complejo ecosistema. Se corrobora que la salinidad y sus modificadores constituyen una función determinante dentro del sistema océano-atmósfera, como se determinó en el análisis de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 95%.

Tabla 196. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Alvarado, con las variables ambientales.

	Salinidad	Evaporación	Ciclones	Temp. del aire
Orden del polinomio	2	2	4	1
Regresión	$r^2 = 0.27$	$r^2 = 0.10$	$r^2 = 0.23$	$r^2 = 0.25$

Figura 256. Análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Alvarado. (a) captura vs salinidad, (b) captura vs evaporación, (c) captura vs ciclones, (d) captura vs temperatura del aire.

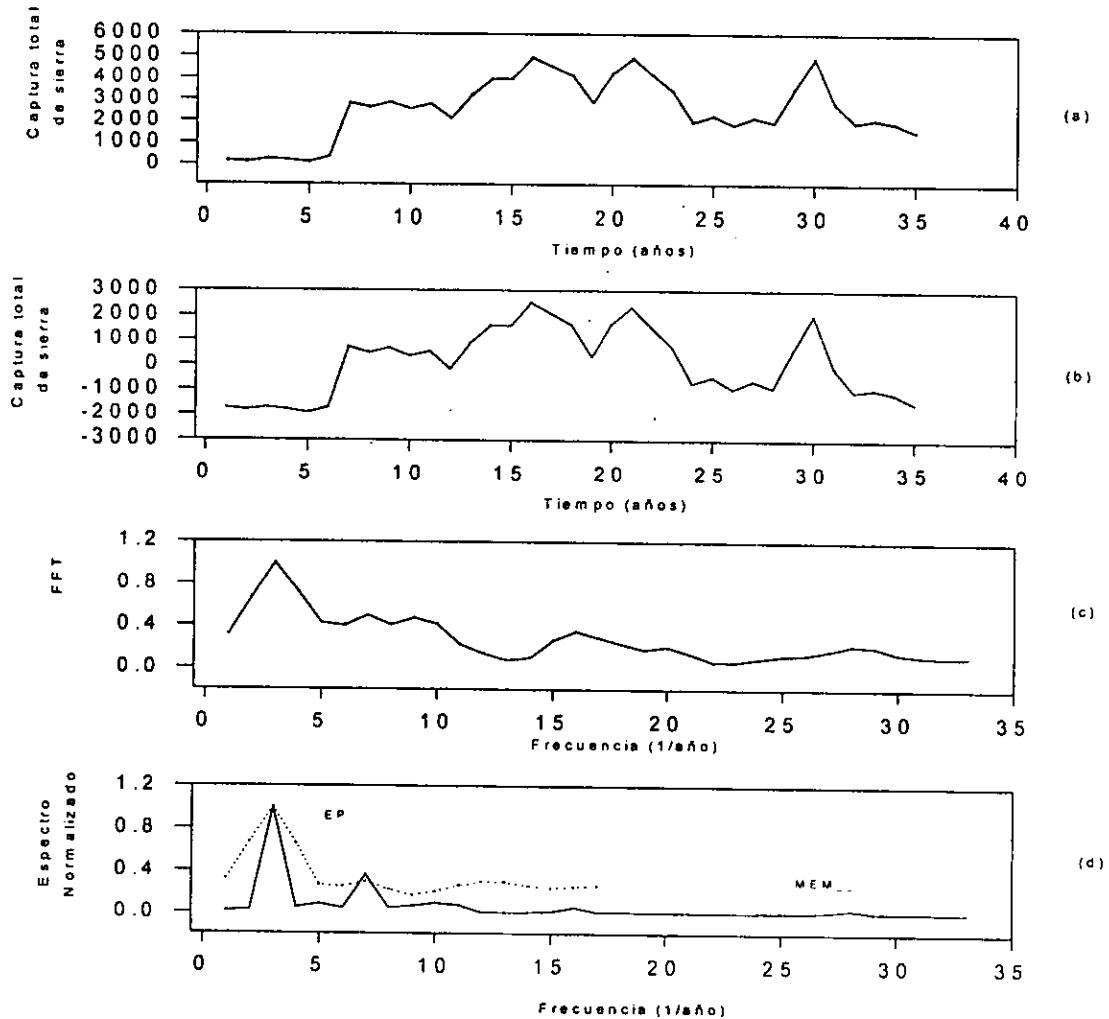


Los resultados del análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestran en la tabla 197 y la figura 257, en donde los ciclos de 2.9; 5.3; 10.6 y 32 años podrían estar asociados con los ciclos solares, mientras que los de 10.6 y 5.3 años, lo estarían con los de recurrencia de los eventos El Niño. El ciclo de 4.2 años podría referirse a la edad promedio de captura de los individuos, mientras que el de 16 años sería un armónico secundario de este ciclo.

Tabla 197. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Alvarado, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 32$ años	$T_1 = 32$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 5.3$ años
	$T_3 = 4.2$ años	$T_3 = 2.9$ años

Figura 257. Series de Tiempo del volumen total de captura de la sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Alvarado. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



e) Coatzacoalcos, Veracruz.

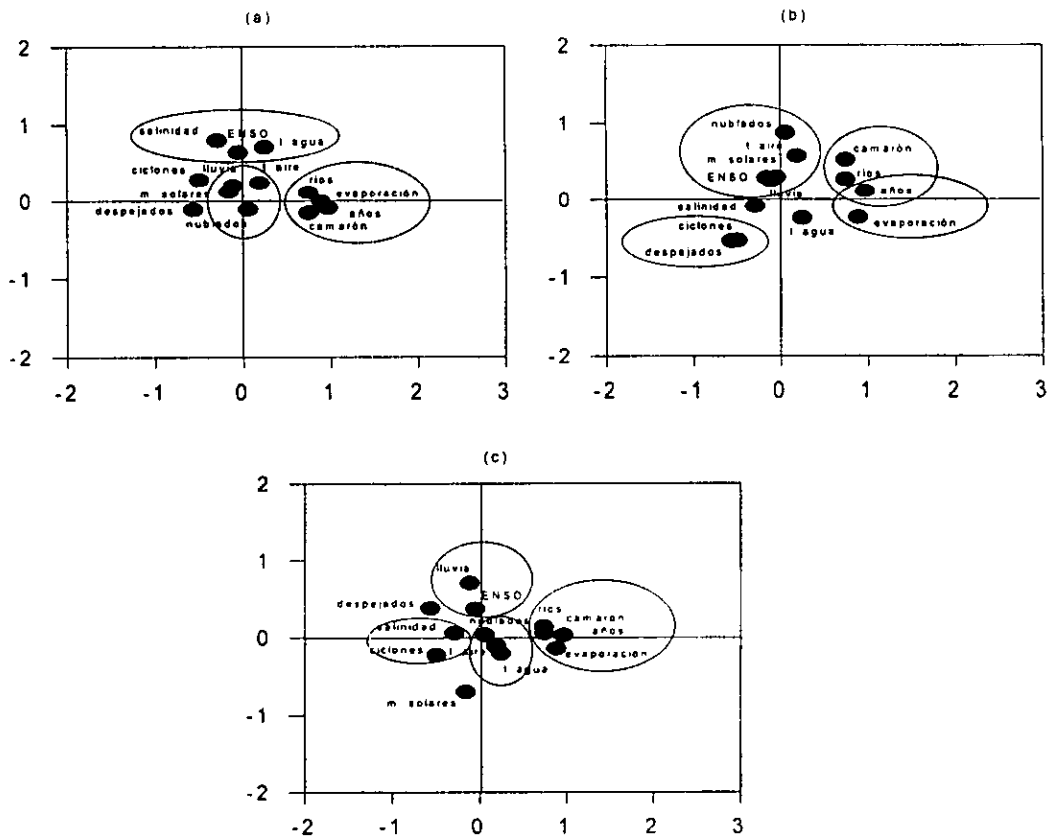
Camarón (*Penaeus*, spp.)

Los resultados del análisis de componentes principales para el camarón (*Penaeus*, spp.), se muestran en la tabla 198 y figura 258. La primera componente es positiva para las descargas fluviales, la evaporación y la captura de camarón y guarda una relación negativa para los días despejados. En la segunda componente se observa una relación positiva para los eventos El Niño, la temperatura del agua y la salinidad y una negativa para los días con cobertura nubosa. Se puede afirmar que la salinidad y sus modificadores constituyen una de las funciones que determinan en mayor medida y de manera inversa los volúmenes de captura.

Tabla 198. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.30875919	33.1443015	4.30875919	33.1443015
Factor 2	1.94296143	14.9458571	6.25172062	48.0901586
Factor 3	1.70529469	13.1176514	7.9570153	61.20781
Factor 4	1.34307822	10.3313709	9.30009352	71.5391809

Figura 258. Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

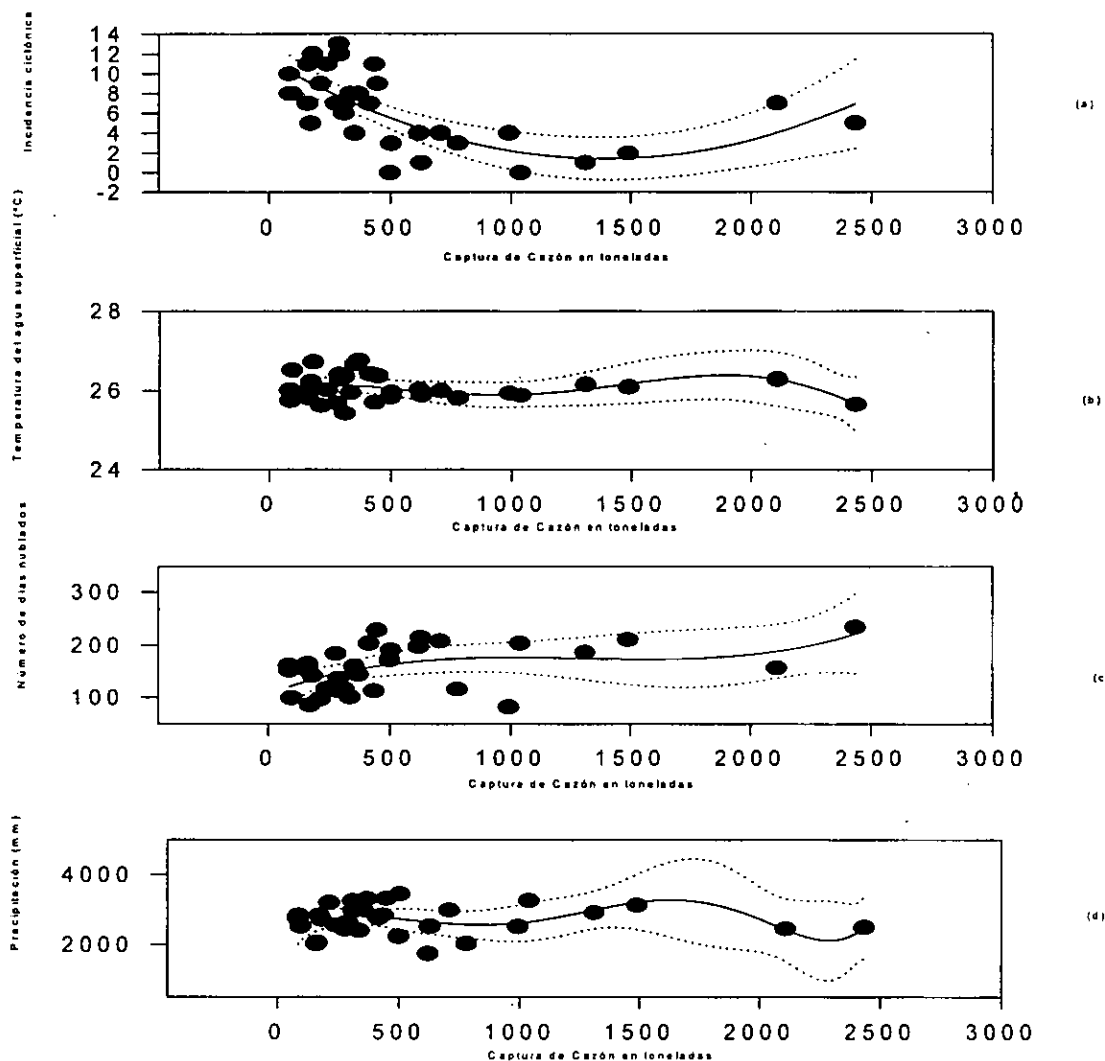


El análisis polinomial de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) se muestra en la tabla 199 y la figura 259, en donde se requiere de diversos órdenes de magnitud para expresar matemáticamente las complejas relaciones del sistema; es la salinidad junto con sus modificadores la función forzante del sistema océano-atmósfera, tal y como se determinó en el análisis de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 199. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Coatzacoalcos, con las variables ambientales.

	Evaporación	Salinidad	Temp. del aire	Precipitación
Orden del polinomio	2	5	3	6
Regresión	$r^2 = 0.48$	$r^2 = 0.11$	$r^2 = 0.23$	$r^2 = 0.12$

Figura 259. Análisis polinomial de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Coatzacoalcos. (a) captura vs evaporación, (b) captura vs salinidad, (c) captura vs temperatura del aire, (d) captura vs precipitación.

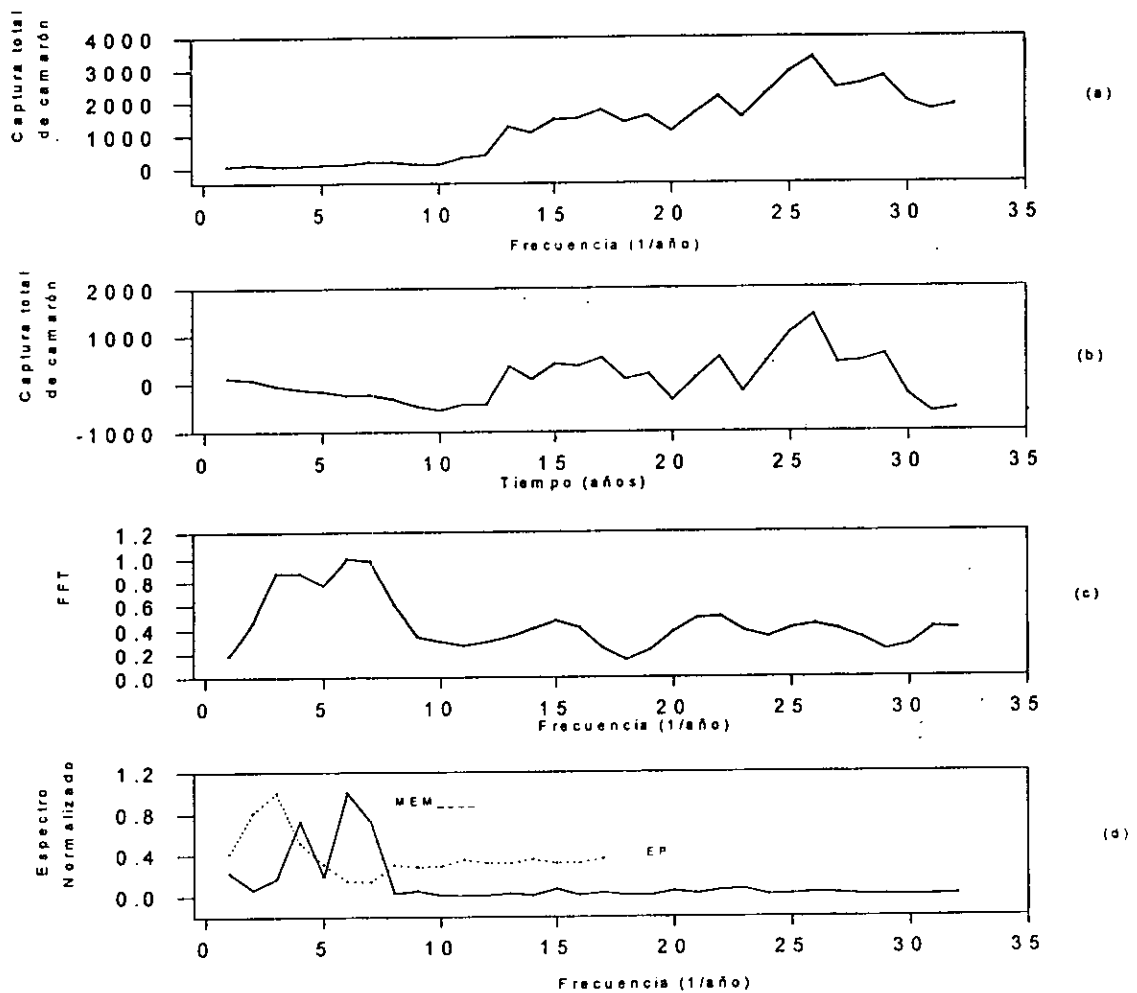


El resultado del análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) (Tabla 200 y Fig. 260), indica una semejanza importante con los ciclos de actividad solar de 3, 10.6, 12.7 y 21.3 años; los de 4.5 y 10.6 años forman parte de los ciclos de ocurrencia de los eventos El Niño. El ciclo de 16 años podría ser un armónico secundario del ciclo de 4.5 años.

Tabla 200. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Coatzacoalcos, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 21.3$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 12.7$ años	$T_2 = 21.3$ años	
	$T_3 = 4.5$ años	
	$T_4 = 3.0$ años	

Figura 260. Series de Tiempo del volumen total de captura de camarón (*Penaeus*, spp.) en Coatzacoalcos. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



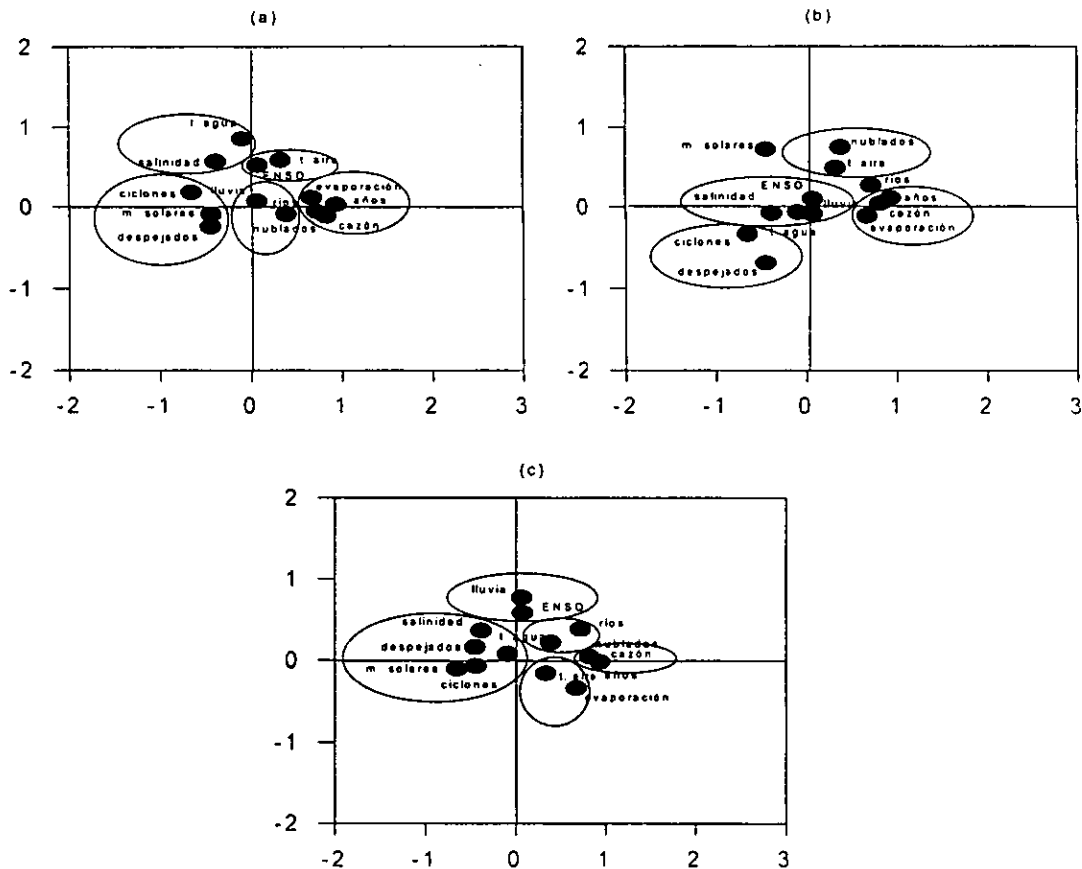
Cazón (*Rhizoprionodon*, spp.)

Los resultados del análisis de componentes principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestran en la tabla 201 y figura 261. La primera componente muestra una relación positiva con la captura total de cazón, la evaporación y los días con cobertura nubosa, y una asociación negativa para los ciclos de manchas solares, los días despejados y la incidencia ciclónica. En la segunda componente se aprecia básicamente una relación positiva con la temperatura del agua. El volumen total de captura está condicionado de manera inversa tanto con la salinidad y sus modificadores como por la temperatura del agua y sus modificadores.

Tabla 201. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.19375451	32.2596501	4.19375451	32.2596501
Factor 2	2.11622974	16.2786903	6.30998425	48.5383404
Factor 3	1.55103069	11.9310053	7.86101494	60.4693457
Factor 4	1.16592143	8.96862636	9.02693637	69.4379721

Figura 261. Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

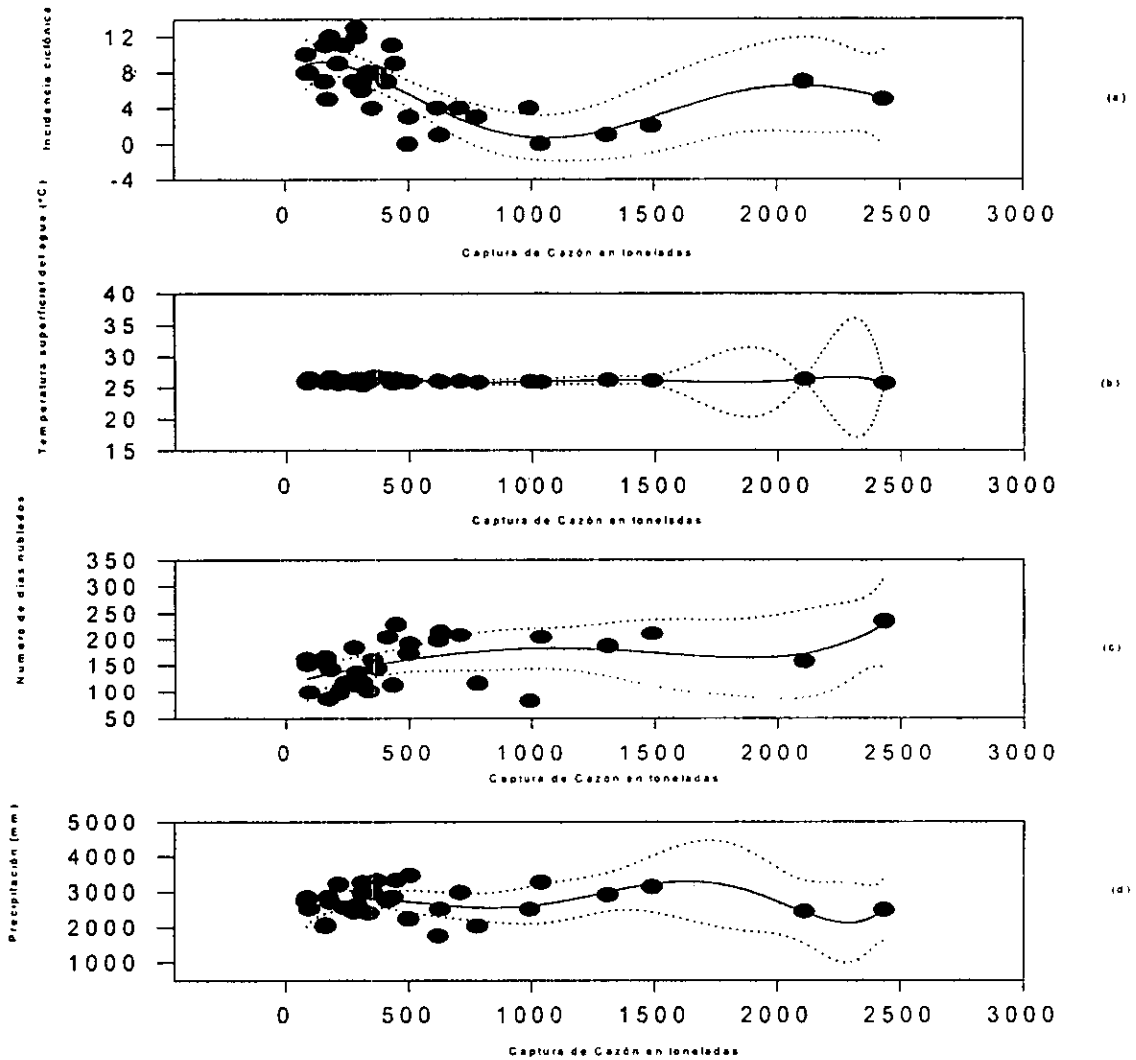


El análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon, spp.*) se muestra en la tabla 202 y la figura 262, en donde observa que para la representación matemática del sistema se requirieron de ordenes de magnitud relativamente bajos. Sobresale que la temperatura y sus modificadores resultaron ser la función forzante del ecosistema, tal como se señaló en el análisis de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 202. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon, spp.*) en Coatzacoalcos, con las variables ambientales.

	Ciclones	Temp. del agua	Días Nublados	Precipitación
Orden del polinomio	1	4	4	2
Regresión	$r^2 = 0.11$	$r^2 = 0.81$	$r^2 = 0.92$	$r^2 = 0.54$

Figura 262. Análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon, spp.*) en Coatzacoalcos. (a) captura vs incidencia ciclónica, (b) captura vs temperatura del agua, (c) captura vs cobertura nubosa (días nublados), (d) captura vs precipitación.

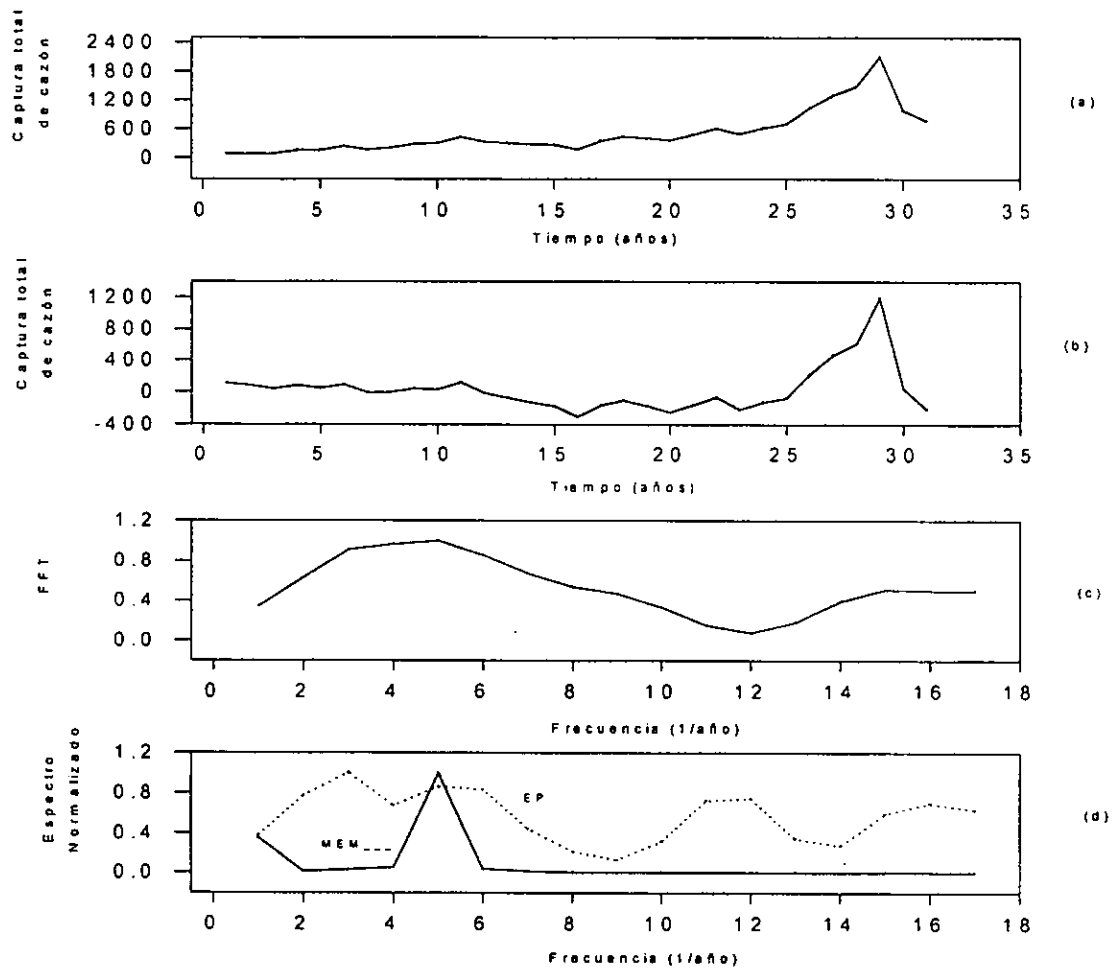


El resultado del análisis de Series de Tiempo, se muestra en la tabla 203 y figura 263, donde el volumen de captura total del cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Coatzacoalcos, muestra cuatro ciclos asociados con los de la actividad solar que corresponden al de 2.1; 3.2; 8 y 10.6 años; los de 2.1 y 10.6 también corresponden a los periodos de recurrencia de los eventos El Niño; por último, el ciclo de 16 años podría ser un armónico secundario del ciclo de 8 años, o de un ciclo de 4 años no detectado que se relacionaría, posiblemente, con la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 203. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total del cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Coatzacoalcos, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 8$ años $T_2 = 10.6$ años	$T_1 = 10.6$ años $T_2 = 2.2$ años	$T_1 = 16$ años $T_2 = 8$ años $T_3 = 3.2$ años $T_4 = 2.1$ años

Figura 263. Series de Tiempo del volumen total de captura del cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Coatzacoalcos. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





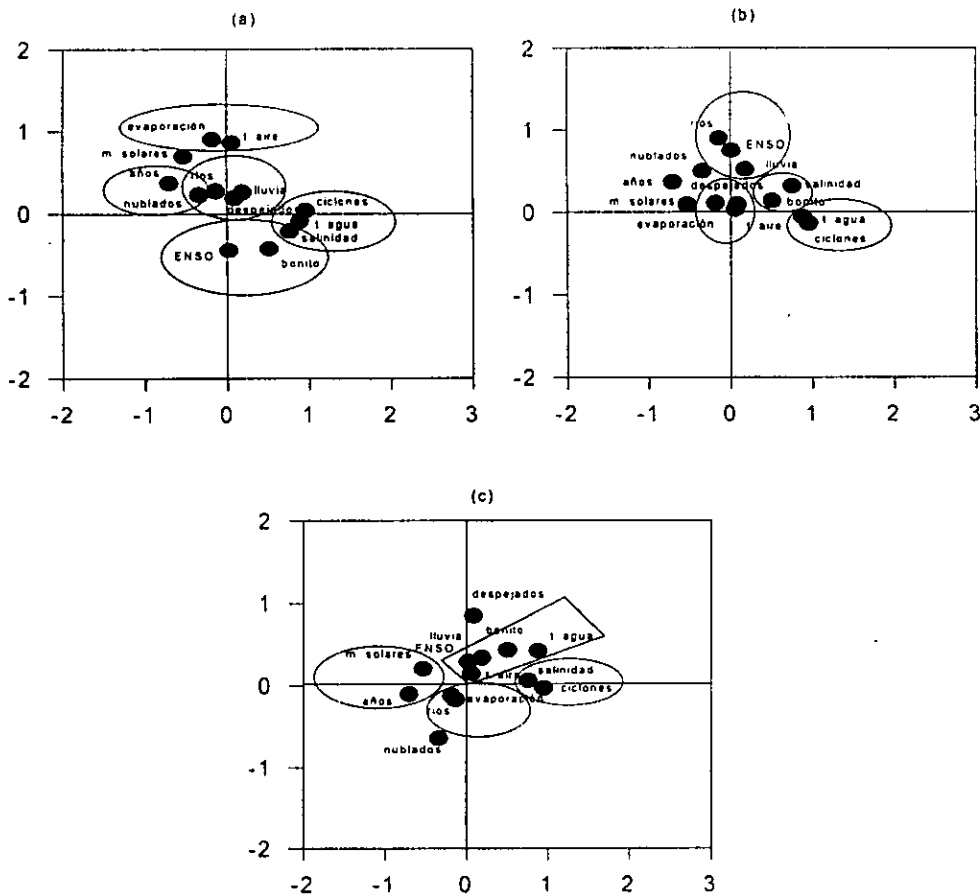
Bonito (*Euthynnus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el bonito (*Euthynnus*, spp.), se muestra en la tabla 204 y figura 264. La primera componente señala una relación positiva con ciclones y negativa con la salinidad; en la segunda componente, existe una relación inversa de la evaporación y la temperatura del aire con los eventos El Niño. Sobresale otra relación inversa entre la captura del bonito y los ciclos de las manchas solares. A partir de lo anterior se infiere que la captura del bonito se ve afectada de manera inversa tanto por la salinidad y sus modificadores como por la temperatura y sus modificadores.

Tabla 204. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el bonito (*Euthynnus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.80996287	36.9997144	4.80996287	36.9997144
Factor 2	2.32138972	17.856844	7.13135259	54.8565584
Factor 3	1.95699213	15.0537856	9.08834473	69.910344
Factor 4	1.24440202	9.57232323	10.3327467	79.4826673

Figura 264. Análisis de Componentes Principales para el bonito (*Euthynnus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

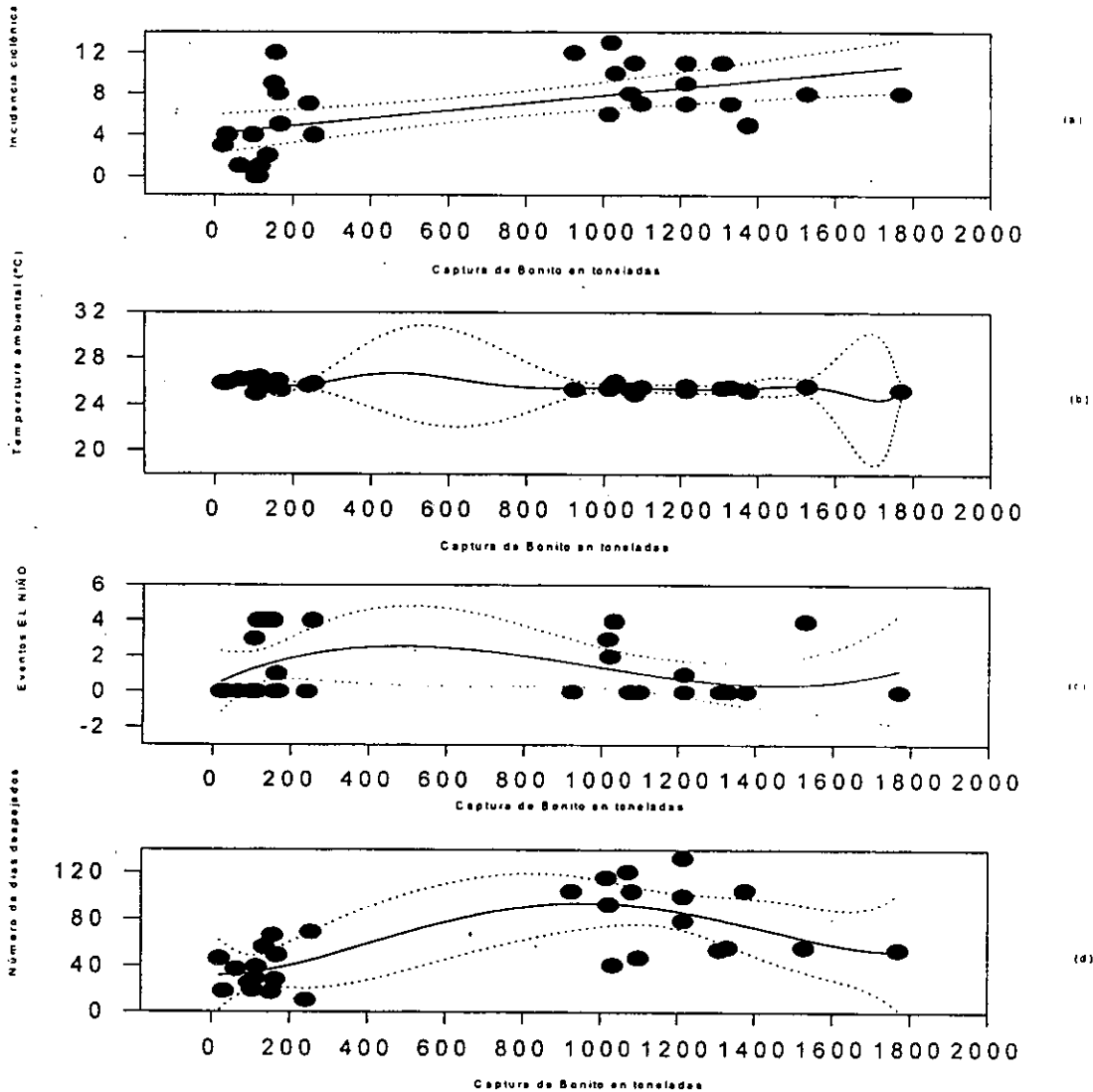


El análisis polinomial de la captura total de bonito (*Euthynnus*, spp.) se muestra en la tabla 205 y figura 265, en donde contrastan los ordenes de magnitud requeridos para representar matemáticamente al sistema y la temperatura y sus modificadores resultaron ser la función forzante. La expresión gráfica de este análisis evidencia su complejidad dentro de un intervalo de confianza del 98%.

Tabla 205. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de bonito (*Euthynnus*, spp.) en Coatzacoalcos, con las variables ambientales.

	Ciclones	Temp. del aire	Eventos El Niño	Días despejados
Orden del polinomio	1	9	3	4
Regresión	$r^2 = 0.32$	$r^2 = 0.28$	$r^2 = 0.079$	$r^2 = 0.55$

Figura 265. Análisis polinomial de la captura total de bonito (*Euthynnus*, spp.) en Coatzacoalcos. (a) captura vs incidencia ciclónica, (b) captura vs temperatura del aire, (c) captura vs eventos El Niño, (d) captura vs cobertura nubosa (días despejados).



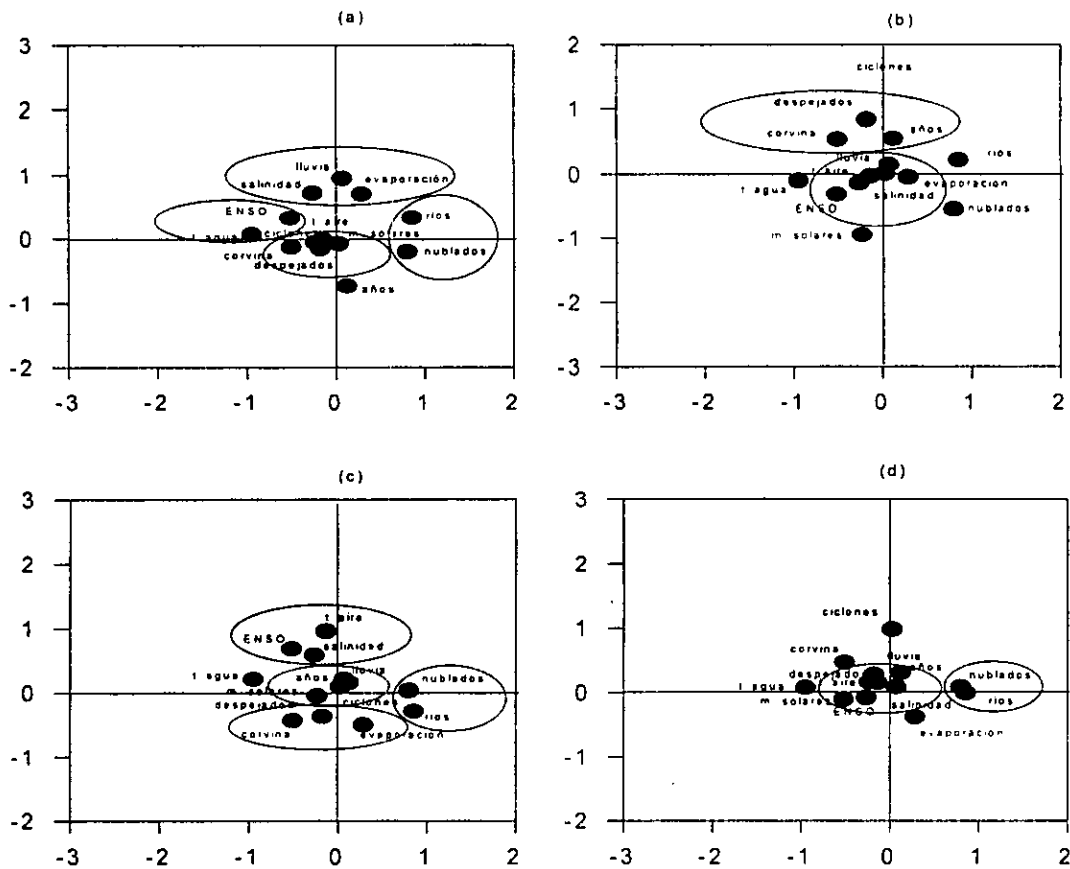
Corvina (*Sciaenops*, spp.)

El análisis de componentes principales para la corvina (*Sciaenops*, spp.), se muestra en la tabla 206 y figura 266. La primera componente muestra una relación positiva entre la captura de la corvina, la evaporación y las descargas fluviales con los ciclos de manchas solares. En la segunda componente se observa una relación negativa con la temperatura del agua, la del aire y los eventos El Niño. Lo anterior indica que los volúmenes de la captura total de la corvina varían en buena parte y de manera inversa por la influencia de la temperatura del agua y sus modificadores y de la salinidad y sus modificadores.

Tabla 206. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la corvina (*Sciaenops*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.0717705	31.3213116	4.0717705	31.3213116
Factor 2	3.52536242	27.1181724	7.59713292	58.439484
Factor 3	2.37697846	18.2844497	9.97411138	76.7239337
Factor 4	1.57275764	12.0981357	11.546869	88.8220693
Factor 5	1.0721786	8.24752772	12.6190476	97.0695971

Figura 266. Análisis de Componentes Principales para la corvina (*Sciaenops*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

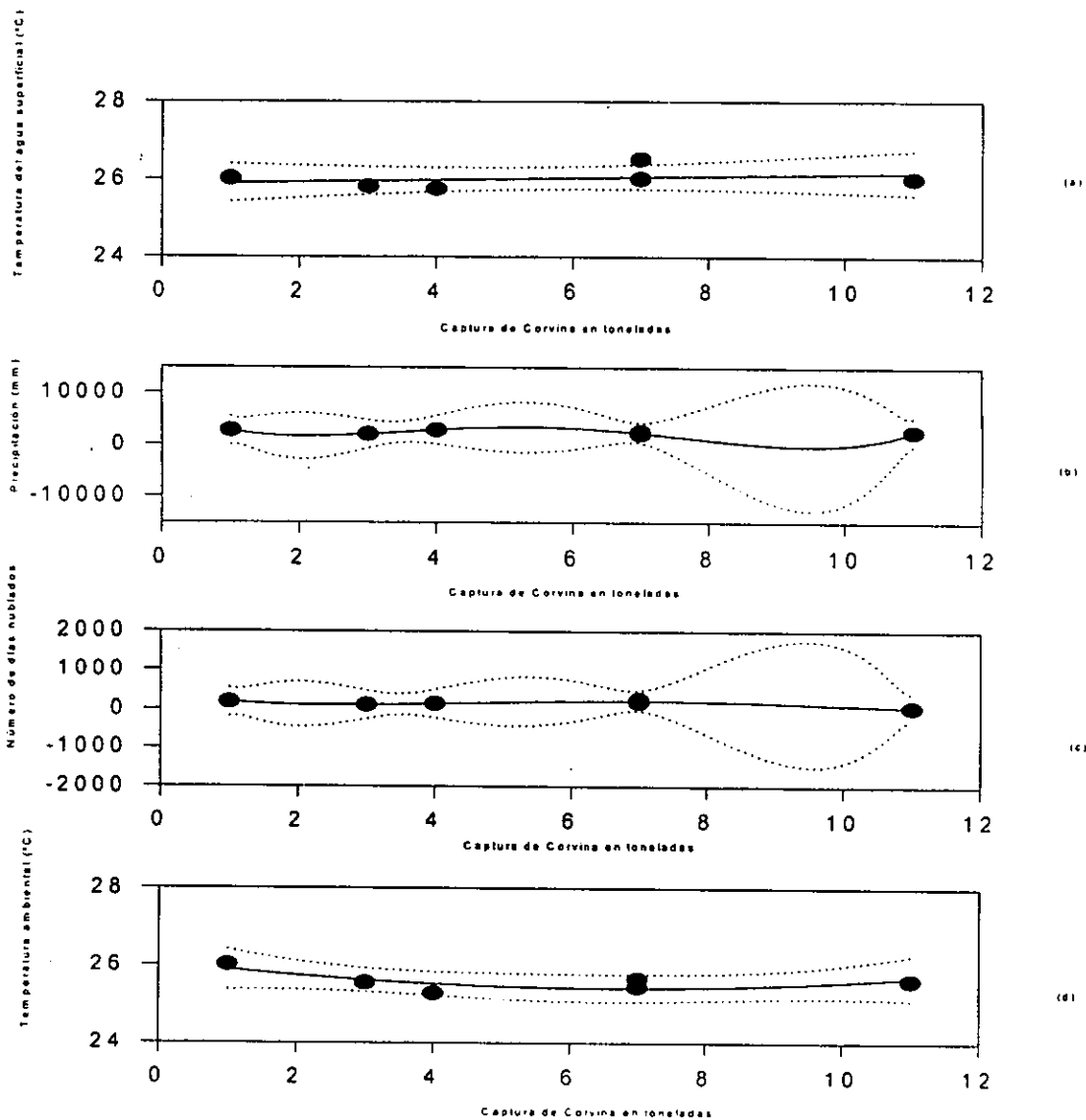


El análisis polinomial de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) se muestra en la tabla 207 y figura 267, en donde se sobresalen los diversos órdenes de magnitud requeridos para representar desde el punto de vista matemático, la complejidad de un ecosistema como éste; la salinidad resultó ser la función forzante del sistema océano-atmósfera, dejando ver, además, la estrecha relación que guardan los ciclos solares con los modificadores de la salinidad. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 207. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Coatzacoalcos, con las variables ambientales.

	Temp. del agua	Precipitación	Manchas Solares	Temp. del aire
Orden del polinomio	1	4	4	2
Regresión	$r^2 = 0.11$	$r^2 = 0.81$	$r^2 = 0.92$	$r^2 = 0.54$

Figura 267. Análisis polinomial de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Coatzacoalcos. (a) captura vs temperatura del agua, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs manchas solares, (d) captura vs temperatura del aire.



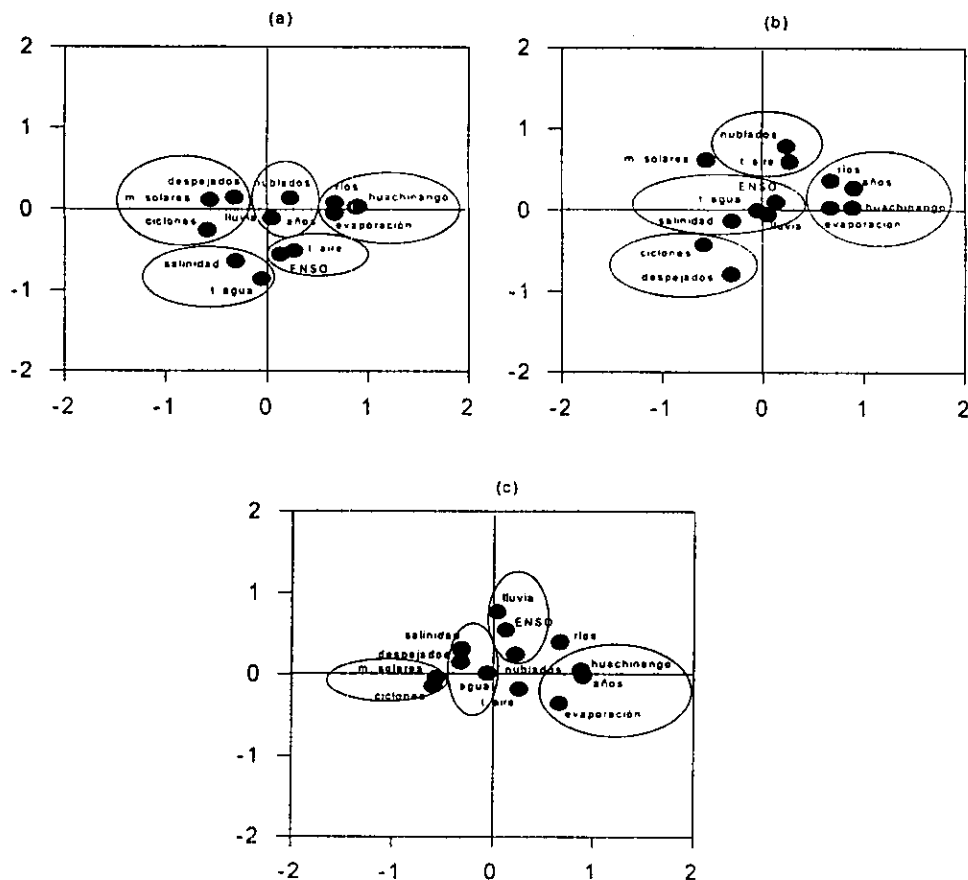
Huachinango (*Lutjanus*, spp.)

El resultado del análisis de componentes principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.), se muestra en la tabla 208 y figura 268. La primera componente señala una relación inversa entre la captura total del huachinango, la evaporación y las descargas fluviales con los ciclos de las manchas solares; en la segunda componente se observa un relación inversa de la temperatura del agua y del aire con los eventos El Niño. Esto indica que la relación que guardan los volúmenes de captura con la salinidad y sus modificadores y con la temperatura del agua y sus modificadores es inversa.

Tabla 208. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.19607092	32.2774686	4.19607092	32.2774686
Factor 2	2.10315803	16.1781387	6.29922895	48.4556073
Factor 3	1.65312481	12.7163447	7.95235376	61.171952
Factor 4	1.16756517	8.98127052	9.11991893	70.1532225

Figura 268. Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

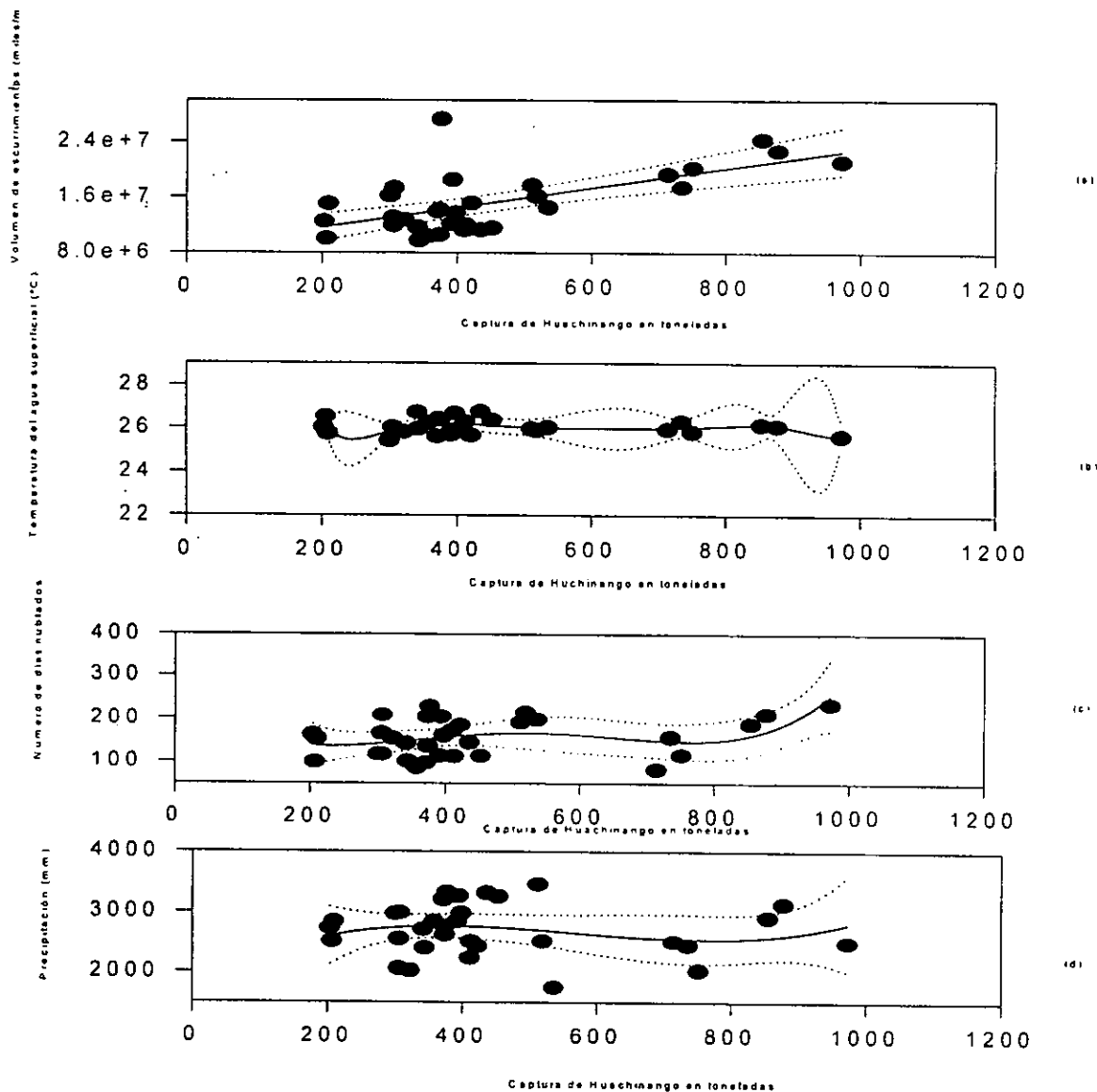


El análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) se muestra en la tabla 209 y en la figura 269, y se aprecia una diversidad importante en los órdenes de magnitud requeridos para representar de forma matemática la compleja relación del ecosistema, estimada dentro de un intervalo de confianza del 98%.

Tabla 209. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Coatzacoalcos, con las variables ambientales.

	Descarga fluvial	Temp. del agua	Días Nublados	Precipitación
Orden del polinomio	1	8	4	3
Regresión	$r^2 = 0.41$	$r^2 = 0.16$	$r^2 = 0.20$	$r^2 = 0.03$

Figura 269. Análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Coatzacoalcos. (a) captura vs descarga fluvial, (b) captura vs temperatura del agua, (c) captura vs cobertura nubosa (días nublados), (d) captura vs precipitación.

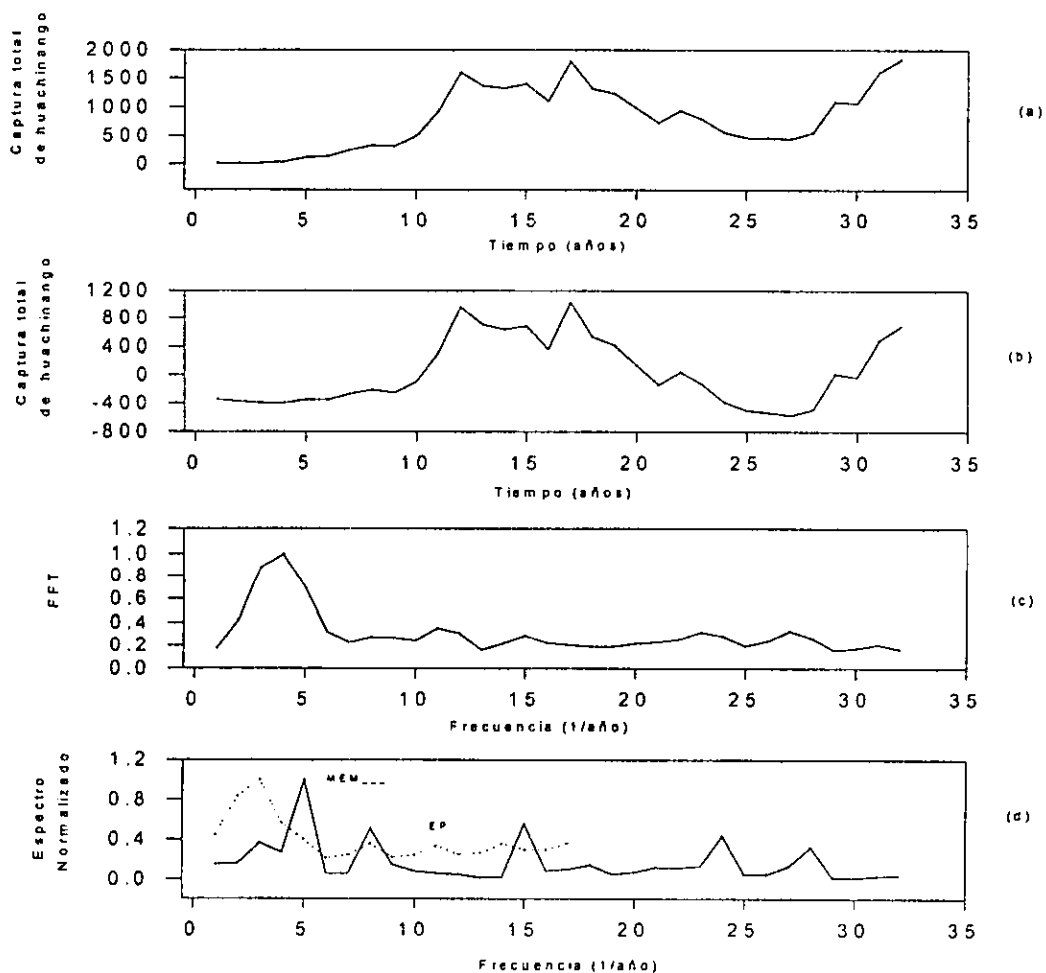


El análisis de series de tiempo de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp), señalado en la tabla 210 y figura 270, indica una relación estrecha con tres de los ciclos de actividad solar que corresponden a los de 2.9, 3.2 y 21.3 años; los de 2.4 y 9.1 corresponden, en parte, a ciclos de recurrencia de los eventos El Niño. Por último, el ciclo de 4.5 años podría vincularse con la edad promedio de captura de los individuos de esta población, mientras que el de 16 años constituiría un armónico secundario de este ciclo de longevidad.

Tabla 210. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp) en Coatzacoalcos, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 16$ años	$T_1 = 21.3$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 4.5$ años	$T_2 = 6.4$ años	$T_2 = 4.5$ años
$T_3 = 9.1$ años	$T_3 = 2.9$ años	$T_3 = 3.2$ años
$T_4 = 2.7$ años	$T_4 = 2.4$ años	$T_4 = 2.4$ años
$T_5 = 2.3$ años		

Figura 270. Series de Tiempo de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp) en Coatzacoalcos. (a) Serie Original, (b) Serie Sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



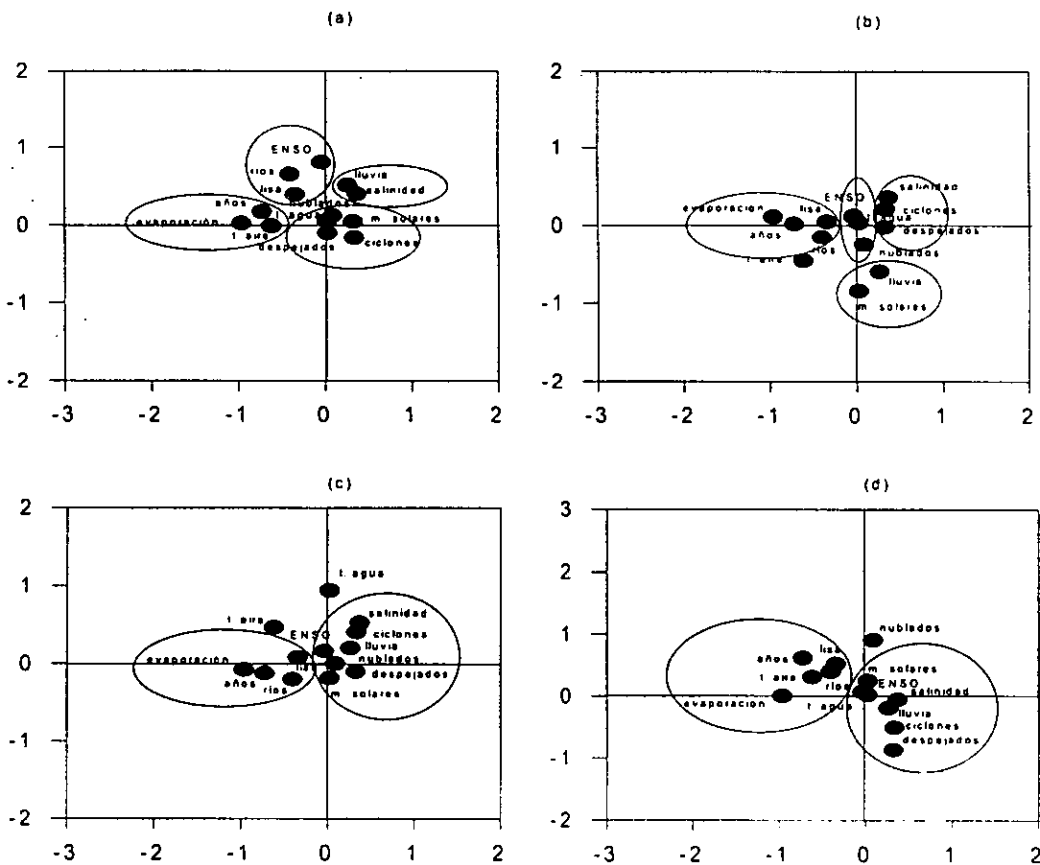
Lisa (*Mugil, spp.*)

Los resultados de análisis de componentes principales para la lisa (*Mugil, spp.*), se muestran en la tabla 211 y la figura 271; la primera componente indica una relación positiva para la captura del huachinango, la evaporación y las descargas fluviales y negativa con los ciclos de manchas solares; en la segunda componente se observa una relación inversa entre la temperatura del agua y los eventos El Niño. Se deriva entonces que la salinidad y sus modificadores actúan como una función forzante de las capturas totales, mientras que la temperatura y sus modificadores lo son en un segundo orden de importancia y de manera directa.

Tabla 211. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.45965416	34.305032	4.45965416	34.305032
Factor 2	2.08986744	16.0759034	6.5495216	50.3809354
Factor 3	1.61157416	12.3967243	8.16109576	62.7776597
Factor 4	1.22150801	9.39621547	9.38260377	72.1738752
Factor 5	1.04556077	8.04277517	10.4281645	80.2166503

Figura 271. Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.



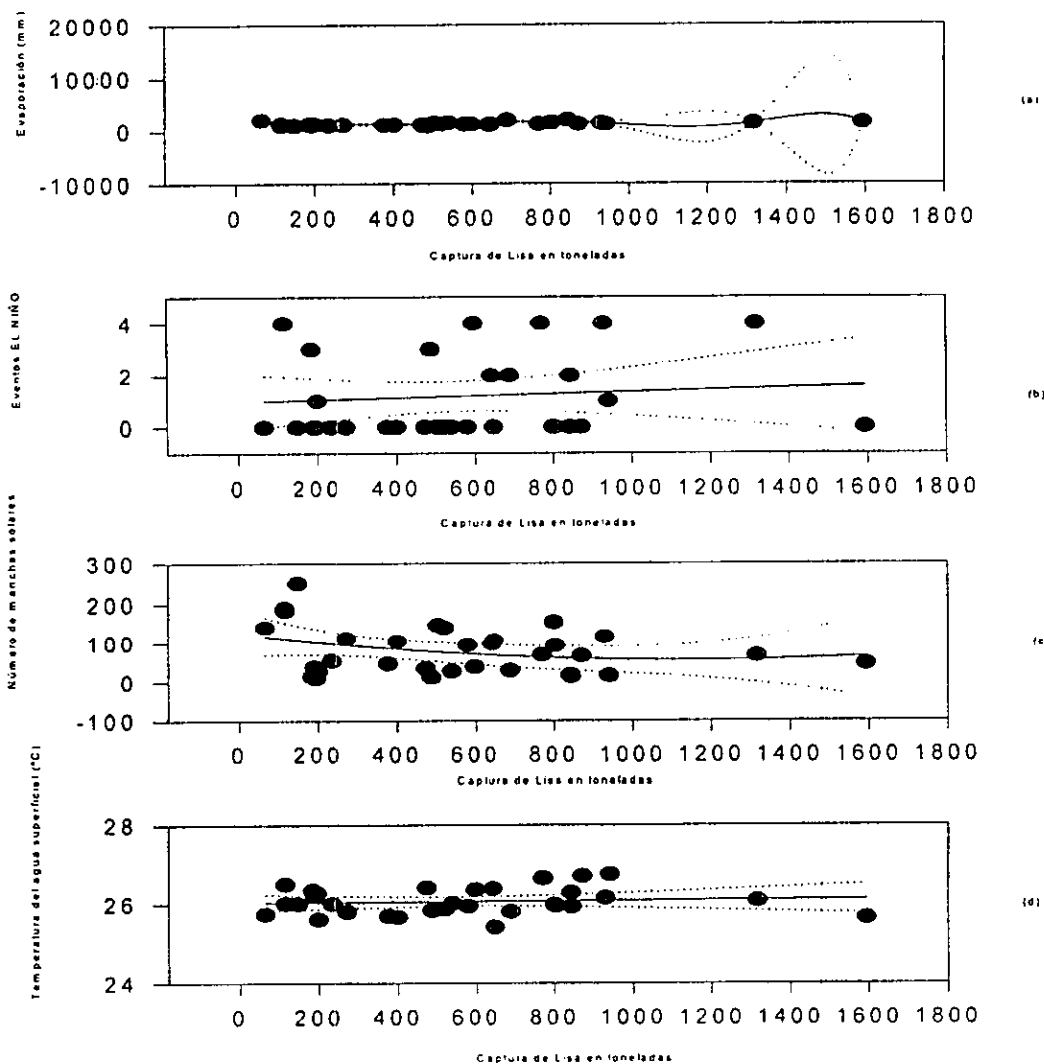


El análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) se muestra en la tabla 212 y figura 272, donde se observan diversos órdenes de magnitud necesarios para expresar la relación matemática que guardan los elementos de este ecosistema; la salinidad y sus modificadores resultó ser la función forzante del sistema océano-atmósfera, tal como se comprobó en el análisis de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 98% con excepción del polinomial de los eventos El Niño en donde la nivel de confianza fue del 95%.

Tabla 212. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Coatzacoalcos, con las variables ambientales.

	Evaporación	Eventos El Niño	Manchas Solares	Temp. del agua
Orden del polinomio	8	1	2	1
Regresión	$r^2 = 0.49$	$r^2 = 0.0082$	$r^2 = 0.10$	$r^2 = 0.0059$

Figura 272. Análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Coatzacoalcos. (a) captura vs evaporación, (b) captura vs eventos El Niño, (d) captura vs manchas solares, (e) captura vs temperatura del agua.

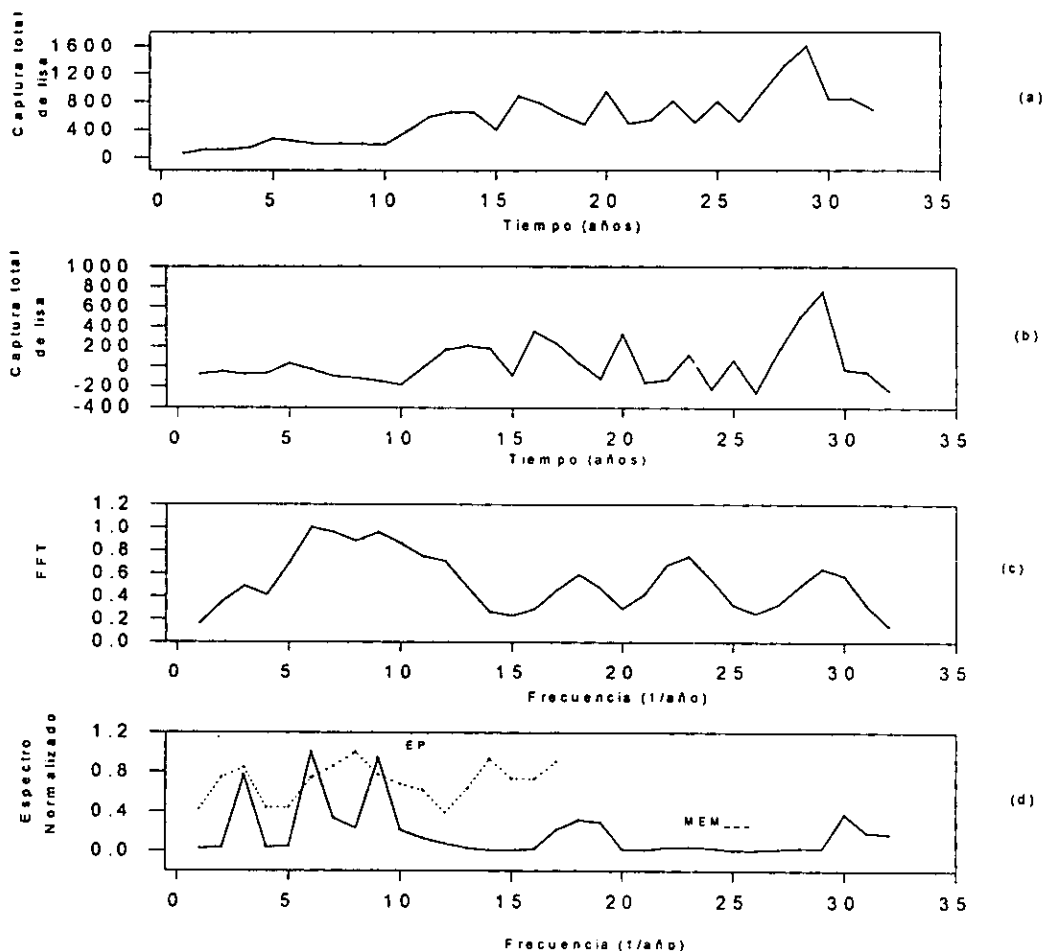


El análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de la lisa (*Mugil, spp.*), que se expone en la tabla 213 y figura 273, señala tres ciclos vinculados con la actividad solar que corresponden al de 2.2, 8 y 32 años; mientras que también el de 2.2 junto con el de 2.4 corresponden a los de recurrencia de los eventos El Niño; el ciclo de 4.5 años correspondería a la edad promedio de captura de los individuos y los de 12.7 y 16 años podrían ser armónicos secundarios de estos ciclos de longevidad.

Tabla 213. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de la lisa (*Mugil, spp.*) en Coatzacoalcos, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 4.5$ años
$T_2 = 8$ años	$T_2 = 8$ años	$T_2 = 2.4$ años
$T_3 = 32$ años	$T_3 = 2.9$ años	$T_3 = 16$ años
$T_4 = 2.2$ años	$T_4 = 2.2$ años	
$T_5 = 3.7$ años	$T_5 = 3.7$ años	

Figura 273. Series de Tiempo del volumen total de captura de la lisa (*Mugil, spp.*) en Coatzacoalcos. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



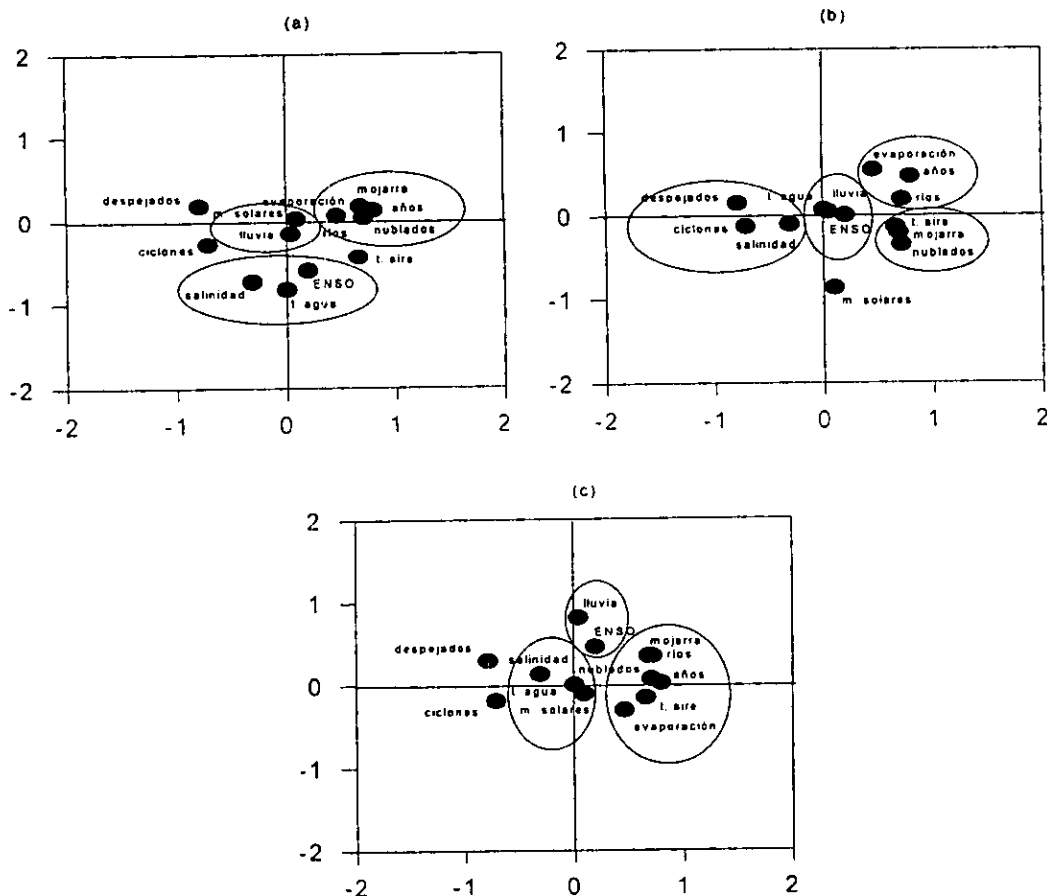
Mojarra (*Eugerres*, spp.)

Los resultados del análisis de componentes principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.), se muestran en la tabla 214 y figura 274. Estos señalan que existe una relación inversa entre los días despejados y la captura total de mojarra, la cobertura nubosa y las descargas de los ríos; en la segunda componente se observa una relación negativa con la temperatura del agua y los ciclos de manchas solares. Esto indica que la temperatura del agua y sus modificadores y la salinidad y sus modificadores constituyen funciones forzantes en el volumen total de la captura de mojarra.

Tabla 214. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.09893353	31.5302579	4.09893353	31.5302579
Factor 2	2.08856718	16.0659014	6.1875007	47.5961593
Factor 3	1.50958247	11.6121728	7.69708317	59.2083321
Factor 4	1.24068264	9.54371263	8.93776581	68.7520447

Figura 274. Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

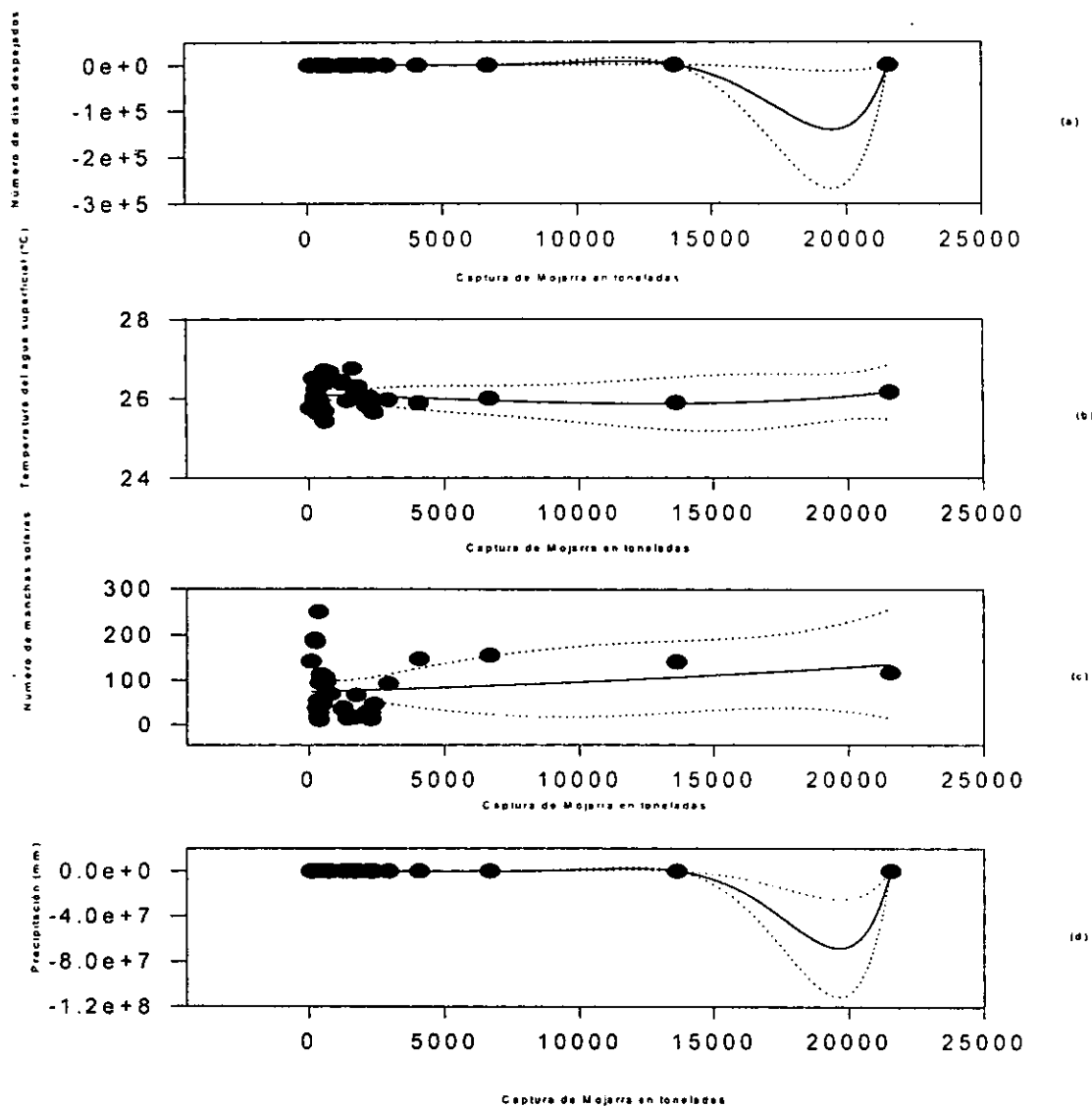


El análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) se muestra en la tabla 215 y figura 275, donde se señalan órdenes de diversa magnitud, necesarios para expresar matemáticamente la compleja relación que guardan los diferentes elementos del ecosistema. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 215. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Coatzacoalcos, con las variables ambientales.

	Días despejados	Temp. del agua	Manchas Solares	Precipitación
Orden del polinomio	7	3	2	8
Regresión	$r^2 = 0.57$	$r^2 = 0.023$	$r^2 = 0.035$	$r^2 = 0.038$

Figura 275. Análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Coatzacoalcos. (a) captura vs días despejados, (b) captura vs temperatura del agua, (c) captura vs manchas solares, (d) captura vs precipitación.

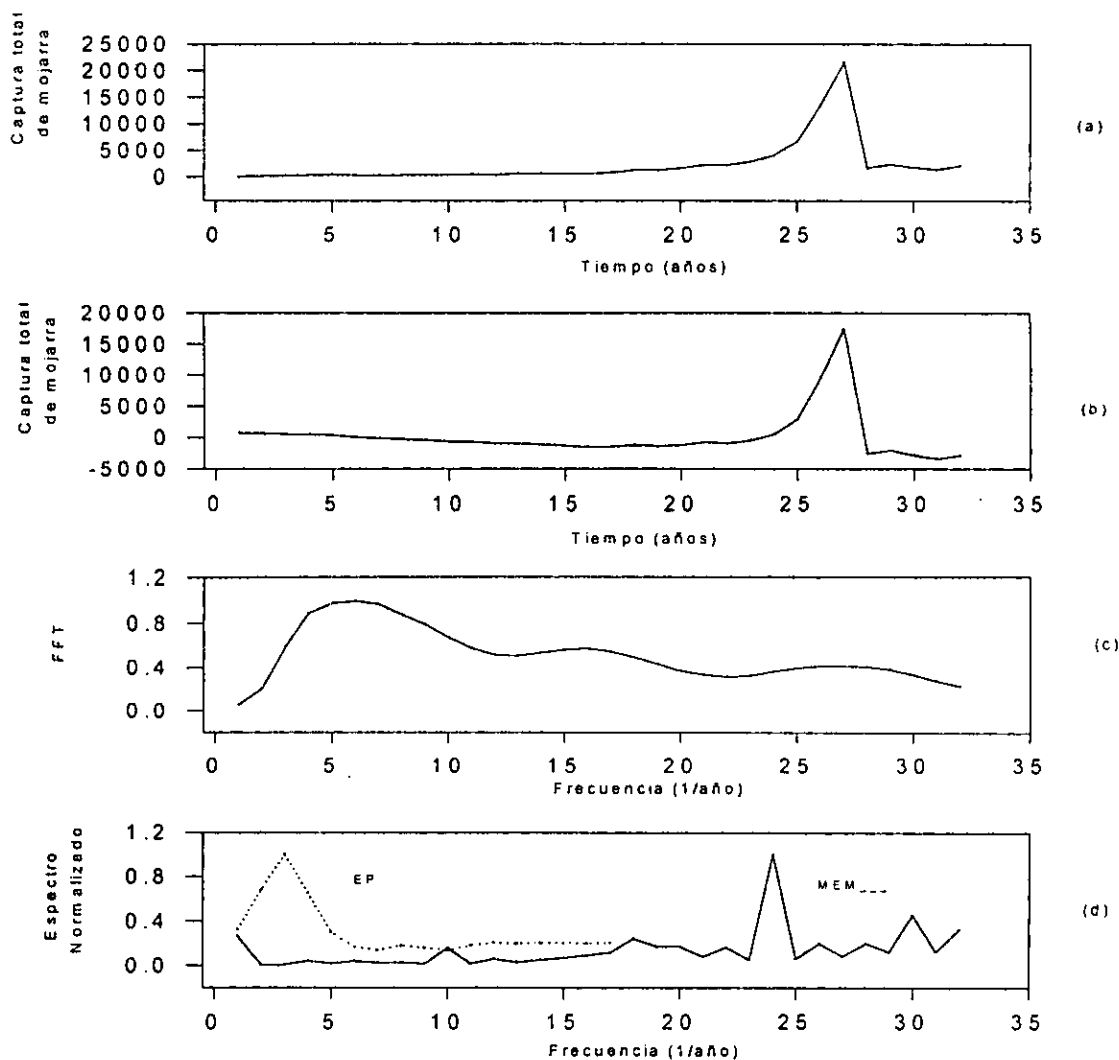


El análisis de Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*), indicado en la tabla 216 y figura 276, señalan ciclos asociados con la actividad solar que corresponden a los de 2 y 2.7 años; en lo que se refiere al ciclo de 4.2 años, guardaría relación con la edad promedio de captura de los individuos de la población, mientras que el de 16 podría ser un armónico secundario de este ciclo.

Tabla 216. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Coatzacoalcos, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.2$ años	$T_2 = 4.2$ años	
$T_3 = 2$ años	$T_3 = 2.7$ años	

Figura 276. Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Coatzacoalcos. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



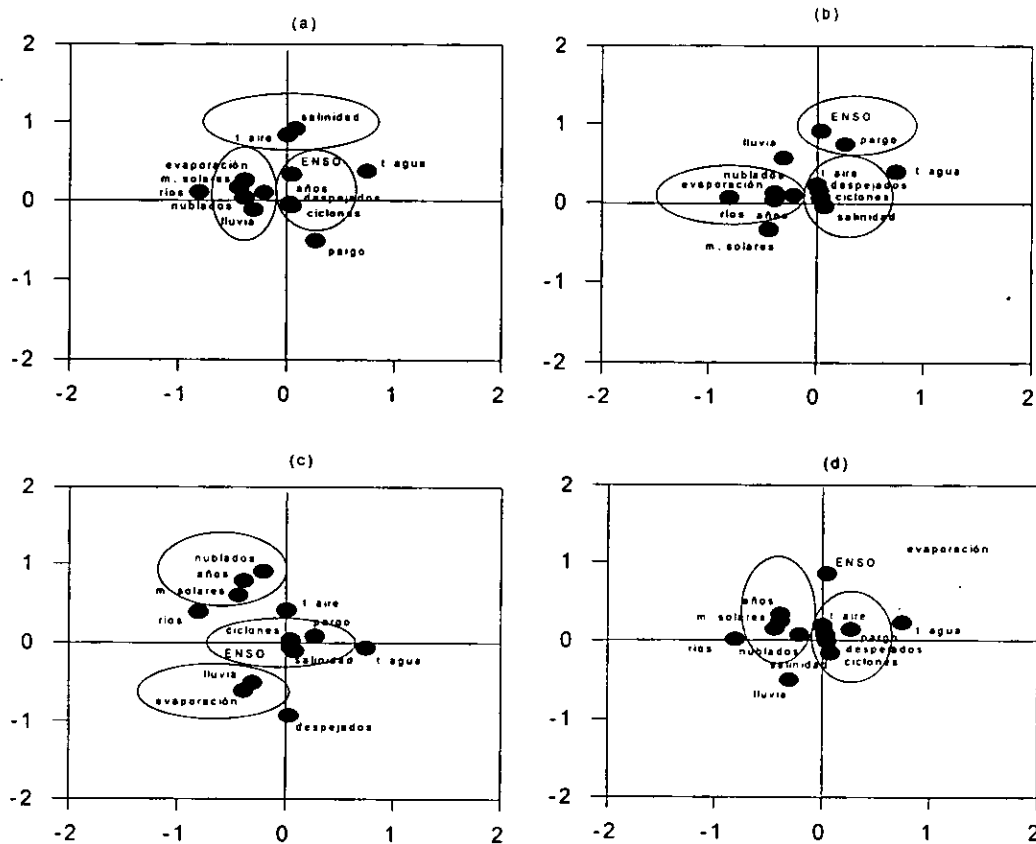
Pargo (*Lutjanus, spp.*)

El resultado del análisis de componentes principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*), se muestra en la tabla 217 y figura 277. En la primera componente se observa una relación inversa entre la cobertura nubosa, las descargas fluviales y las precipitaciones con los ciclos de manchas solares y los eventos El Niño; la segunda componente muestra una relación negativa entre la salinidad, la temperatura del aire y se aprecia además una relación inversa entre la captura del pargo y la evaporación. Constituyen entonces, la salinidad y sus modificadores y la temperatura y sus modificadores, variables que modifican de manera importante los volúmenes de captura total del pargo.

Tabla 217. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.21177796	32.398292	4.21177796	32.398292
Factor 2	2.35722158	18.1324737	6.56899954	50.5307657
Factor 3	1.84607659	14.2005891	8.41507612	64.7313548
Factor 4	1.60044634	12.3111257	10.0155225	77.0424805
Factor 5	1.10106409	8.4697238	11.1165866	85.5122043

Figura 277. Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

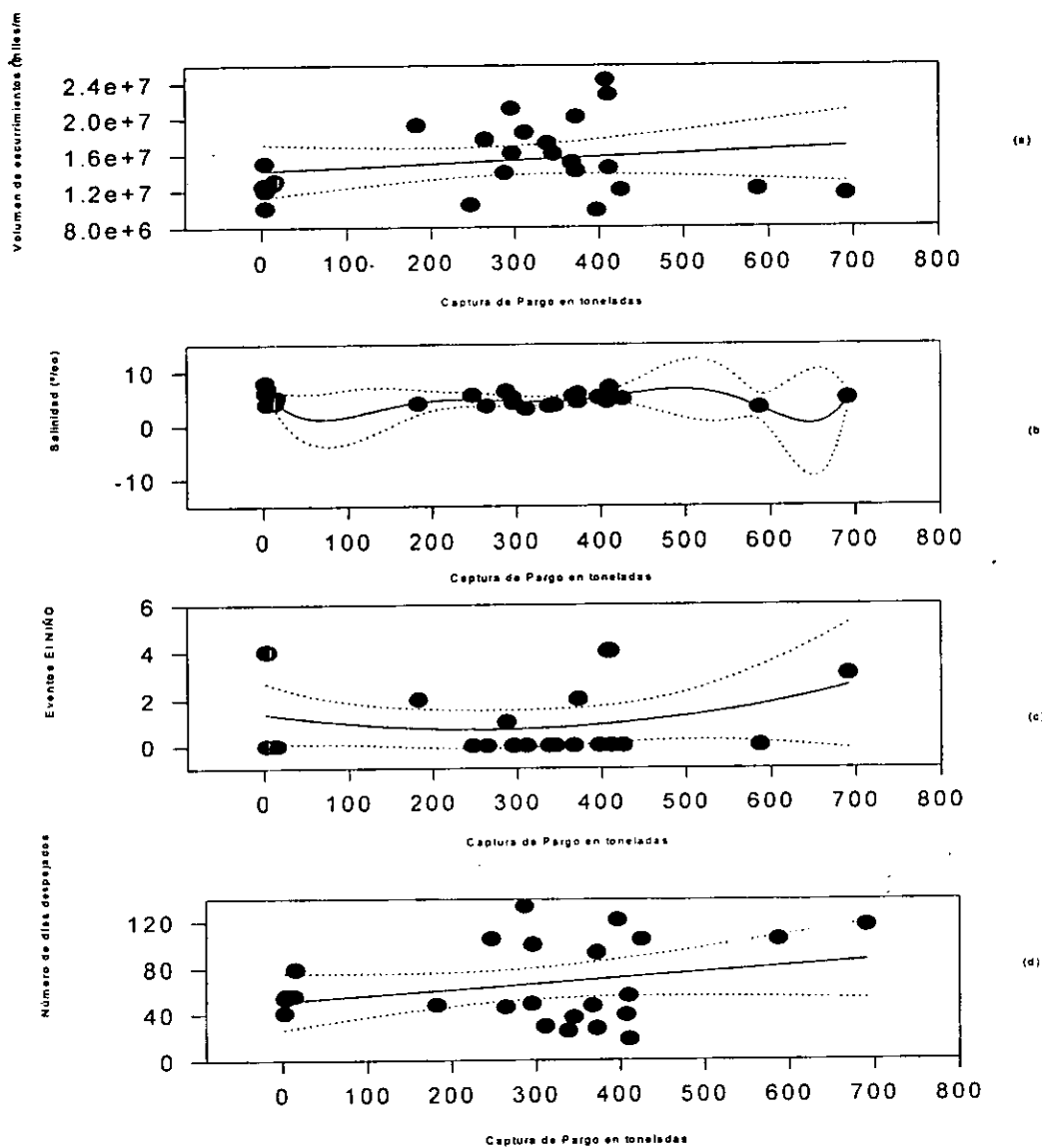


El análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) se muestra en la tabla 218 y figura 278 en donde se observa una gama de órdenes polinomiales requeridos para expresar matemáticamente la compleja relación que predomina en el ecosistema. El intervalo de confianza fue del 95%.

Tabla 218. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Coatzacoalcos, con las variables ambientales.

	Descargas Fluviales	Salinidad	eventos El Niño	Días Despejados
Orden del polinomio	1	7	2	1
Regresión	$r^2 = 0.034$	$r^2 = 0.38$	$r^2 = 0.072$	$r^2 = 0.076$

Figura 278. Análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Coatzacoalcos. (a) captura vs descargas fluviales, (b) captura vs salinidad, (c) captura vs eventos El Niño, (d) captura vs cobertura nubosa (días despejados).

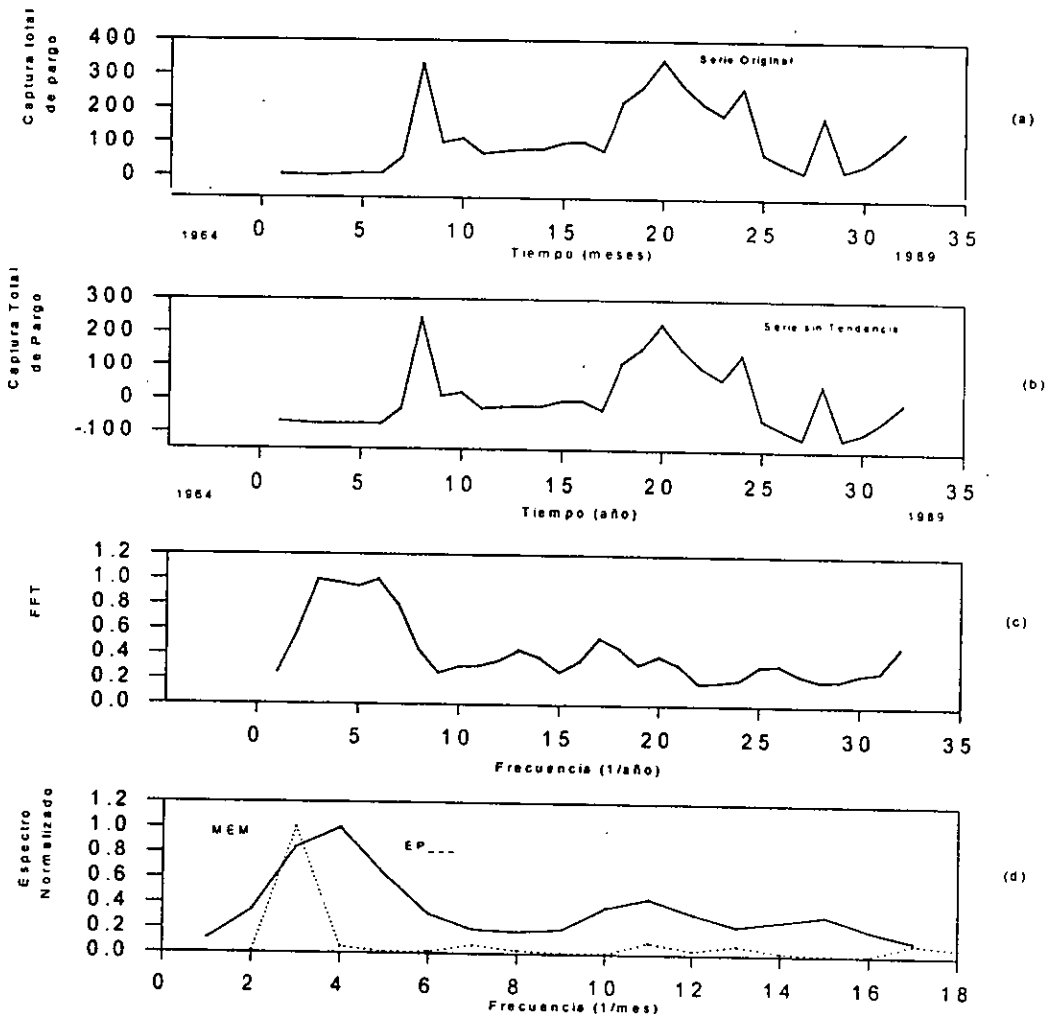


El análisis de Series de Tiempo del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.) indicado en la tabla 219 y figura 279, señala ciclos asociados con la actividad solar que corresponden a los de 2.3, 5.3, 10.6 y 32 años; por otro lado, los ciclos de 5.3 y 10.6 también corresponden a ciclos de recurrencia de los eventos El Niño. En lo que se refiere al ciclo de 4 años, este podría corresponder a la edad promedio de captura de los individuos de la especie, mientras que el de 16 años sería un armónico secundario del ciclo de longevidad del organismo.

Tabla 219. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.) en Coatzacoalcos, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 32$ años $T_2 = 2.3$ años	$T_1 = 32$ años $T_2 = 4$ años $T_3 = 5.3$ años	$T_1 = 10.6$ años

Figura 279. Series de Tiempo del volumen total de captura del pargo (*Lutjanus*, spp.) en Coatzacoalcos. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





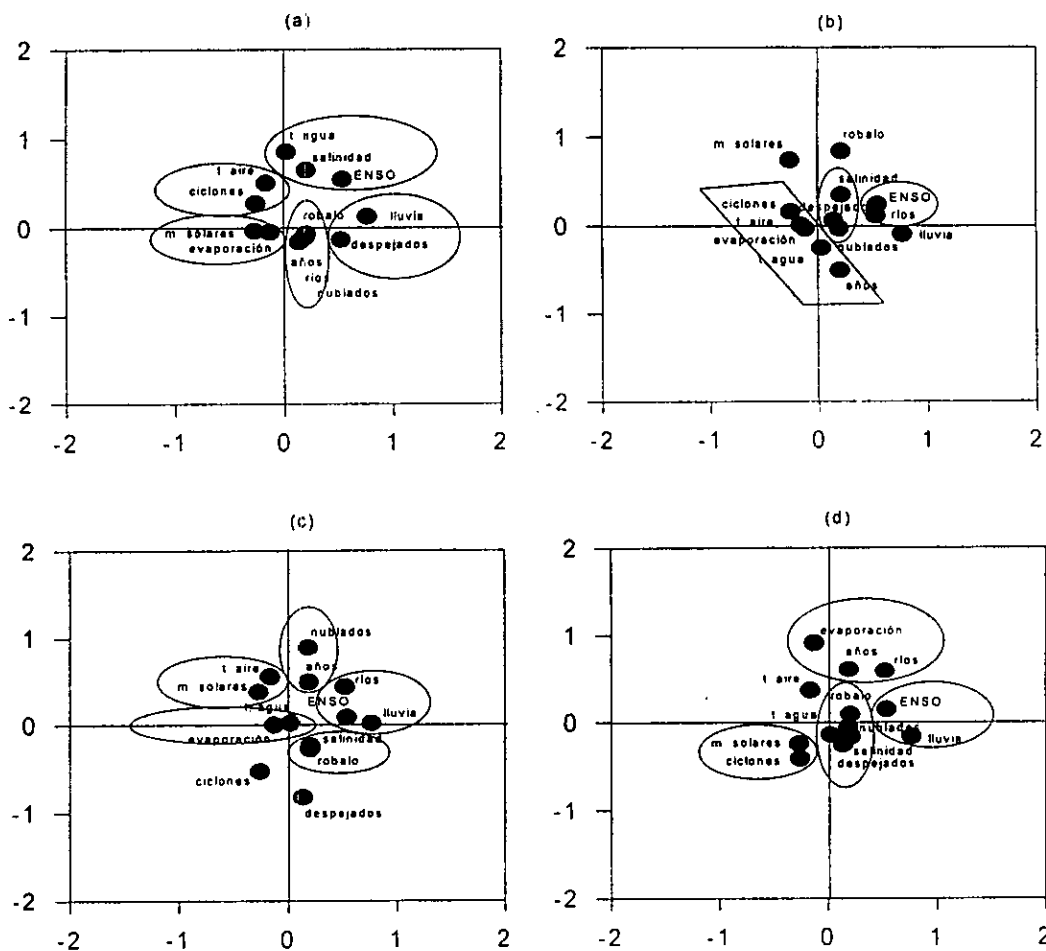
Robalo (*Centropomus*, spp.)

Los resultados del análisis de componentes principales de la captura del robalo (*Centropomus*, spp.), se muestra en la tabla 220 y figura 280. En la primera componente existe una relación inversa entre la lluvia; los días despejados y la captura del robalo con los ciclos de las manchas solares y la evaporación.

Tabla 220. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos, Veracruz.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.76683226	28.9756328	3.76683226	28.9756328
Factor 2	2.11251324	16.2501019	5.87934551	45.2257347
Factor 3	1.62390854	12.4916041	7.50325404	57.7173388
Factor 4	1.43534088	11.0410837	8.93859493	68.7584225
Factor 5	1.11592226	8.58401738	10.0545172	77.3424399

Figura 280. Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

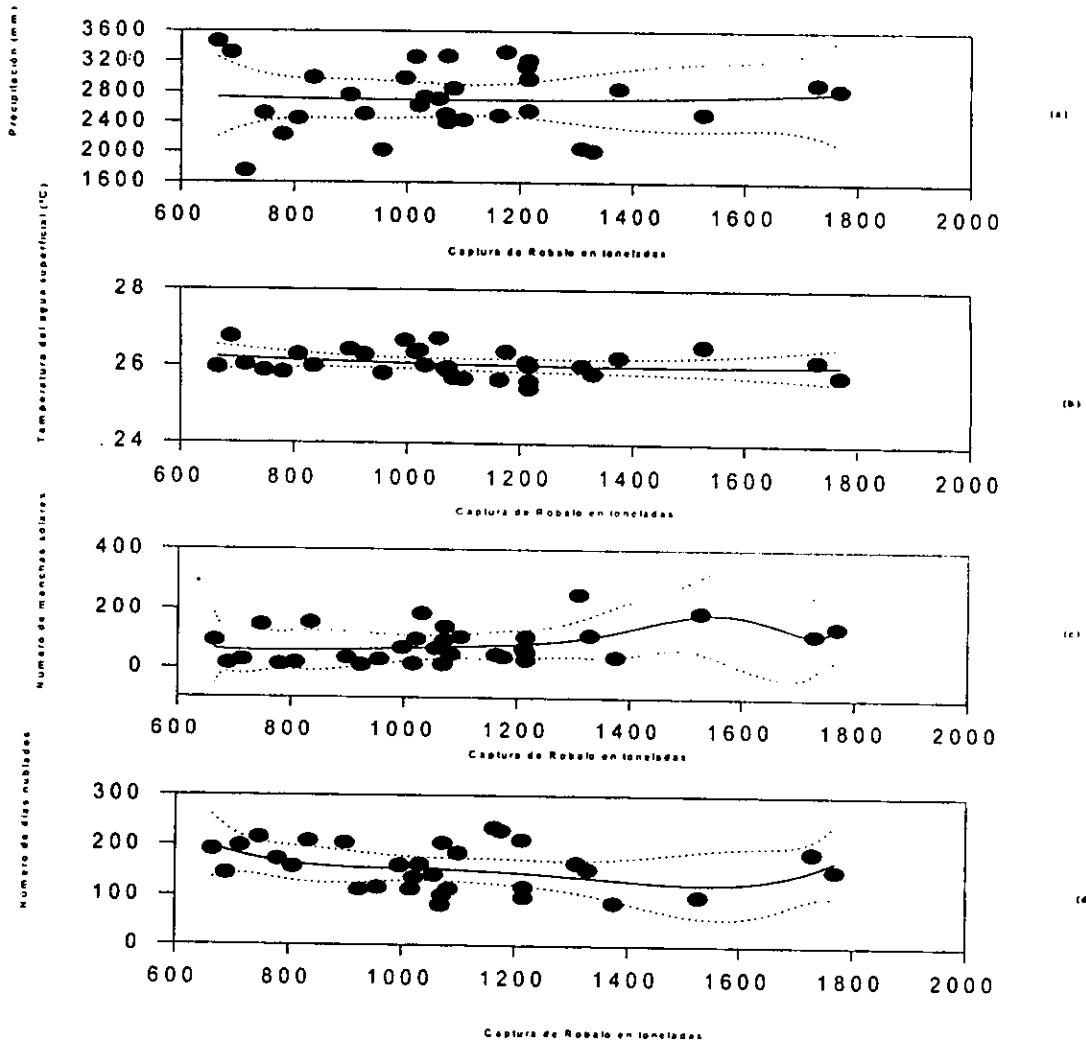


El análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.), se muestra en la tabla 221 y figura 281, en donde se observa la compleja relación de sistema océano-atmósfera, dado el orden del polinomio, y que representa la expresión matemática de esta relación; con un intervalo de confianza del 95%. Dentro de este análisis se muestra, por otro lado, que los ciclos de actividad solar inciden de manera directa sobre los modificadores de la salinidad y la temperatura del sistema, tal como se observó en el análisis de componentes principales.

Tabla 221. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Coatzacoalcos, con las variables ambientales.

	Precipitación	Temp. del agua	Manchas Solares	Días Nublados
Orden del polinomio	3	2	8	4
Regresión	$r^2 = 0.0032$	$r^2 = 0.036$	$r^2 = 0.20$	$r^2 = 0.11$

Figura 281. Análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Coatzacoalcos. (a) captura vs precipitación, (b) captura vs temperatura del agua, (c) captura vs manchas solares, (d) captura vs cobertura nubosa (días nublados).

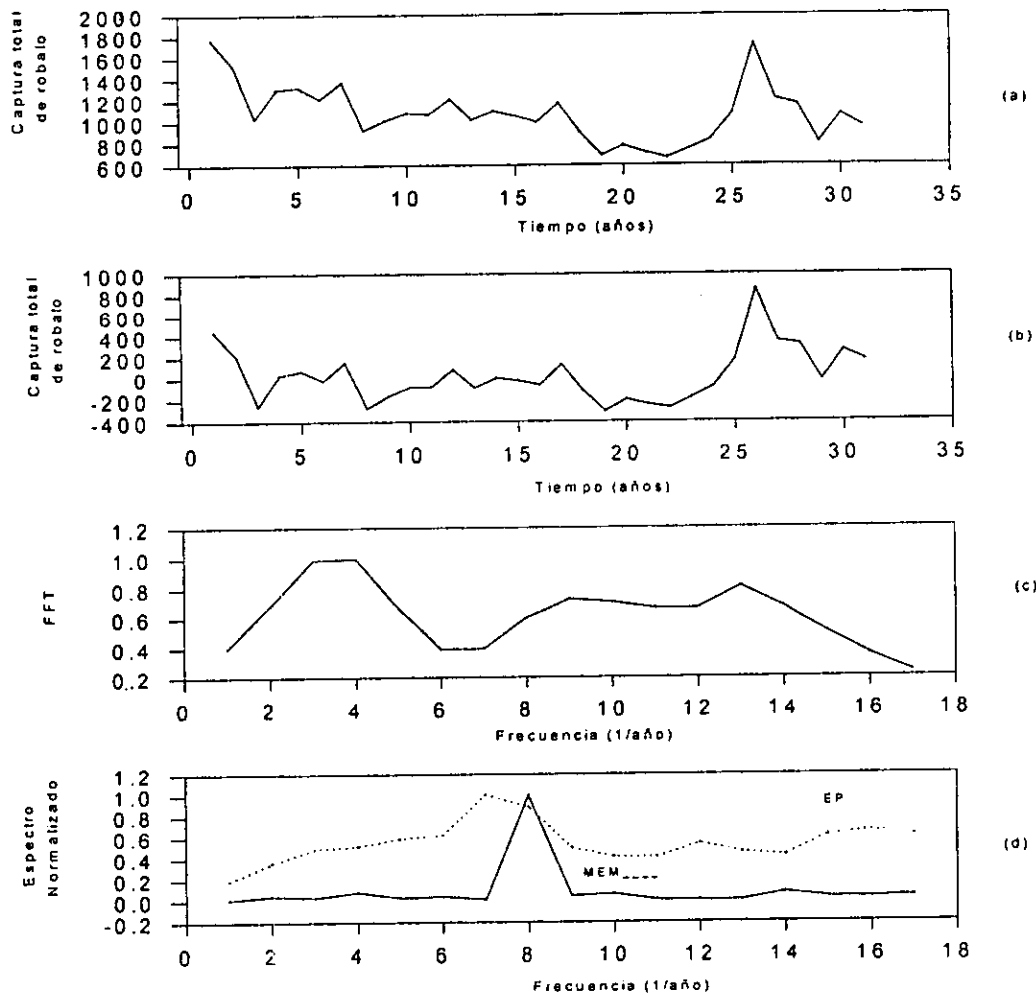


El análisis de Series de Tiempo del volumen total de captura del robalo (*Centropomus*, spp.), se indica en la tabla 222 y figura 282; en éstas se aprecian un ciclo vinculado con la actividad solar que corresponde al de 3.2 años; el de 4.2 años podría corresponder a la edad promedio de captura de los individuos de esta población y los demás ciclos serían armónicos secundarios de diversos ciclos no identificados claramente.

Tabla 222. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Coatzacoalcos, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 3.7$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 6.4$ años
$T_2 = 12.7$ años	$T_2 = 4.2$ años	$T_2 = 3.2$ años
$T_3 = 4.9$ años		
$T_4 = 4.2$ años		

Figura 282. Series de Tiempo del volumen total de captura de robalo (*Centropomus*, spp.) en Coatzacoalcos. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



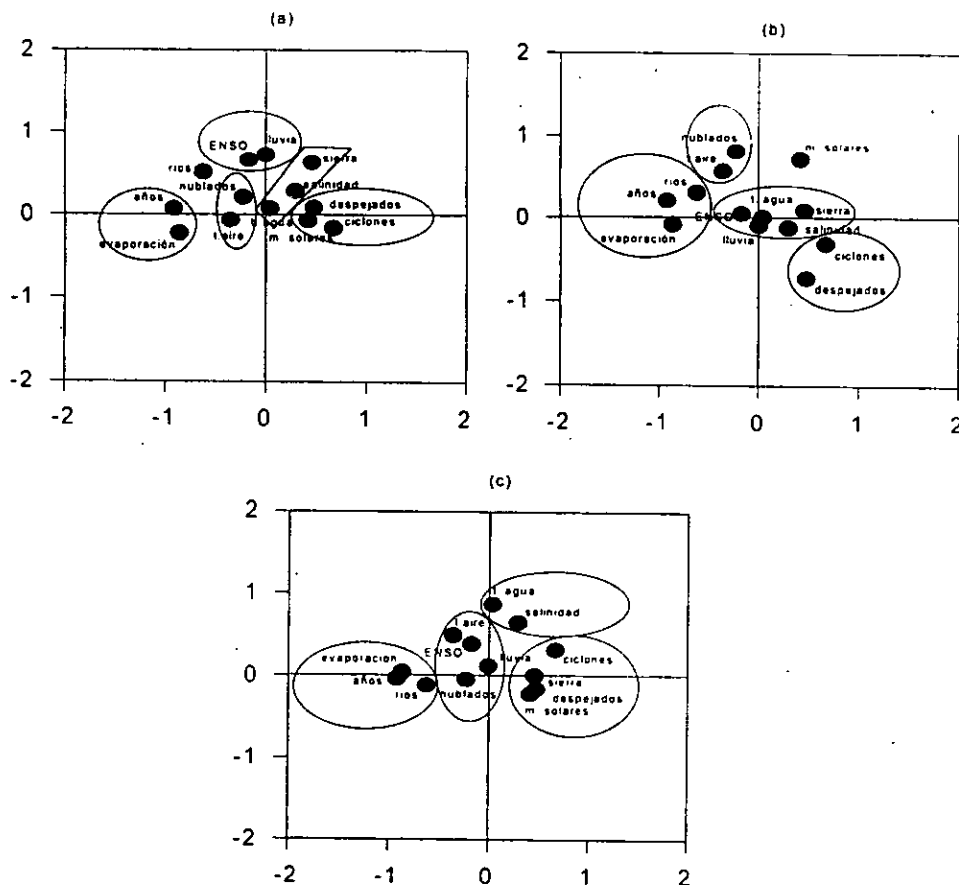
Sierra (*Scomberomorus*, spp.)

Los resultados del análisis de componente principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestra en la tabla 223 y figura 283. La primera componente señala una relación positiva entre los días despejados, los ciclos de manchas solares y los ciclones y de carácter negativo con la temperatura del aire; en la segunda componente existe un vínculo positivo entre la precipitación y los eventos El Niño y destaca la relación inversa que existe entre la evaporación y la captura total de sierra, lo que indica que la salinidad, junto con sus modificadores, condiciona de manera inversa los volúmenes de la captura.

Tabla 223. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.89712218	29.9778629	3.89712218	29.9778629
Factor 2	2.28973939	17.6133799	6.18686157	47.5912429
Factor 3	1.67764274	12.9049442	7.86450432	60.496187
Factor 4	1.3254648	10.1958831	9.18996912	70.6920701

Figura 283. Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Coatzacoalcos.

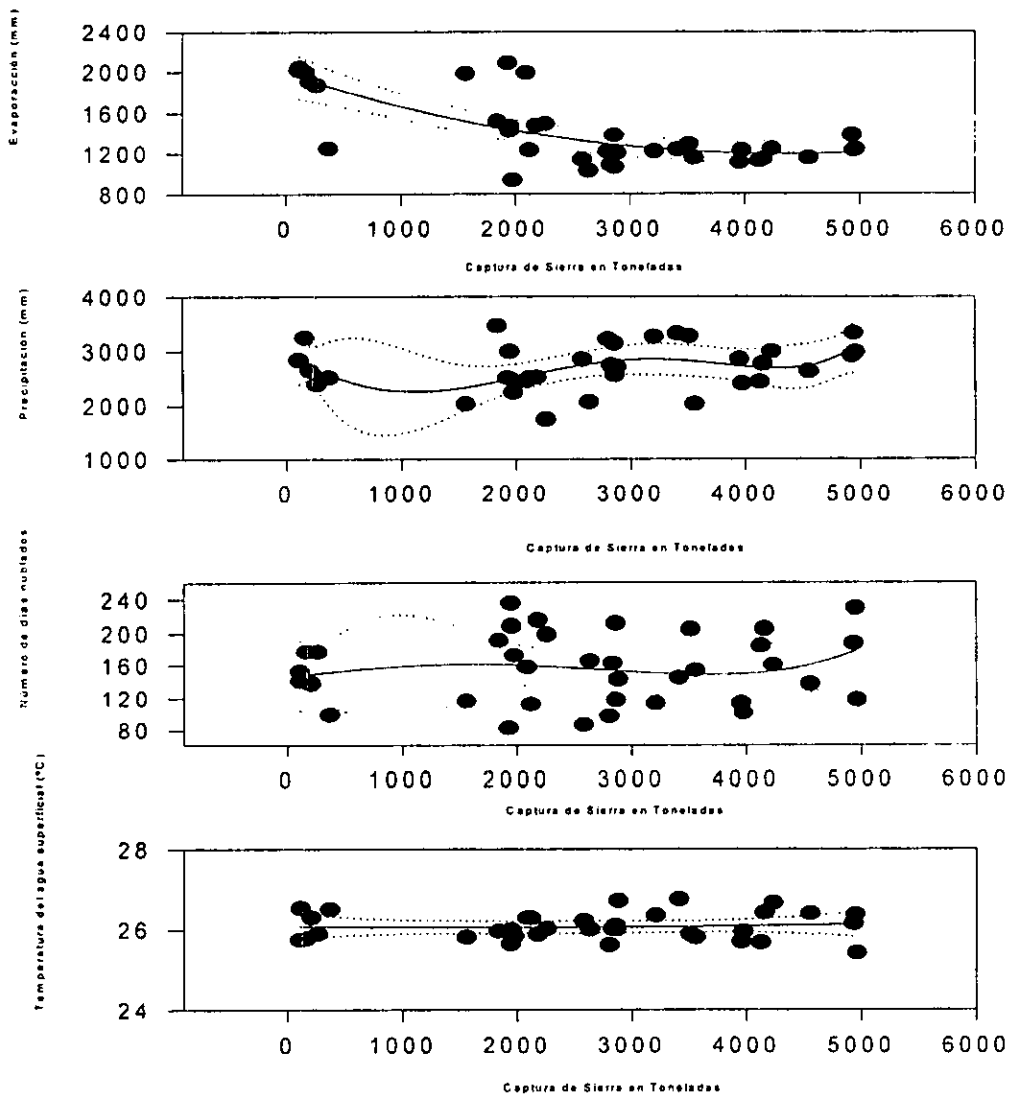


El análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.), se indica en la tabla 224 y figura 284 en donde se observan los diversos órdenes de magnitud requeridos para explicar como una función matemática la complejidad del ecosistema; la salinidad y sus modificadores se constituye como la principal función forzante del sistema, cuyo comportamiento se distribuyó dentro de un intervalo de confianza del 95%.

Tabla 224. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Coatzacoalcos, con las variables ambientales.

	Evaporación	Precipitación	Días Nublados	Temp. del Agua
Orden del polinomio	2	5	4	2
Regresión	$r^2 = 0.52$	$r^2 = 0.17$	$r^2 = 0.03$	$r^2 = 0.0004$

Figura 284. Análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Coatzacoalcos. (a) captura vs evaporación, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs cobertura nubosa (días nublados), (d) captura vs temperatura del agua.

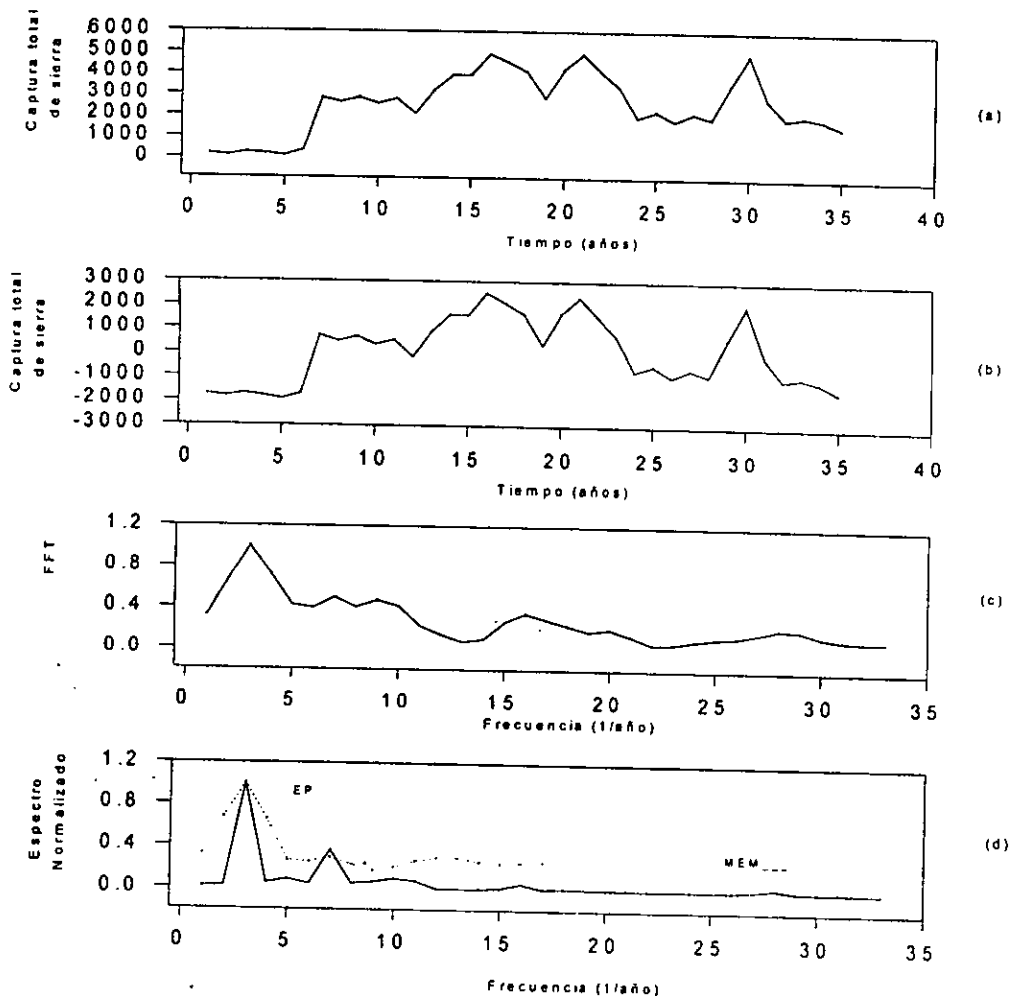


El análisis de Series de Tiempo del volumen de captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestra en la tabla 225 y figura 285, en donde se observan cuatro ciclos vinculados con la actividad solar, los de 2.9, 5.3, 10.6 y 32 años; el de 10.6 años también corresponde a uno de las periodicidades de los eventos El Niño; el ciclo de 16 años podría constituir un armónico secundario del ciclo de 4.2 años que sería equivalente a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 225. Espectros de Potencia, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Coatzacoalcos, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 32$ años	$T_1 = 32$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 5.3$ años
	$T_3 = 4.2$ años	$T_3 = 2.9$ años

Figura 285. Series de Tiempo del volumen total de captura de la sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Coatzacoalcos. (a) Serie original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



## f) Ciudad del Carmen, Campeche.

Camarón blanco, rosado y café (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*)

Debido a la confiabilidad en los registros de la captura de las tres especies de camarón *Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*, se calcularon correlaciones de Pearson con las variables océano-atmósfera disponibles para la zona; los resultados se muestran en la tabla 226.

Tabla 226. Correlación de Pearson entre *Penaeus setiferus*, *duorarum* y *aztecus* y algunas variables océano-atmósfera en Cd. del Carmen.

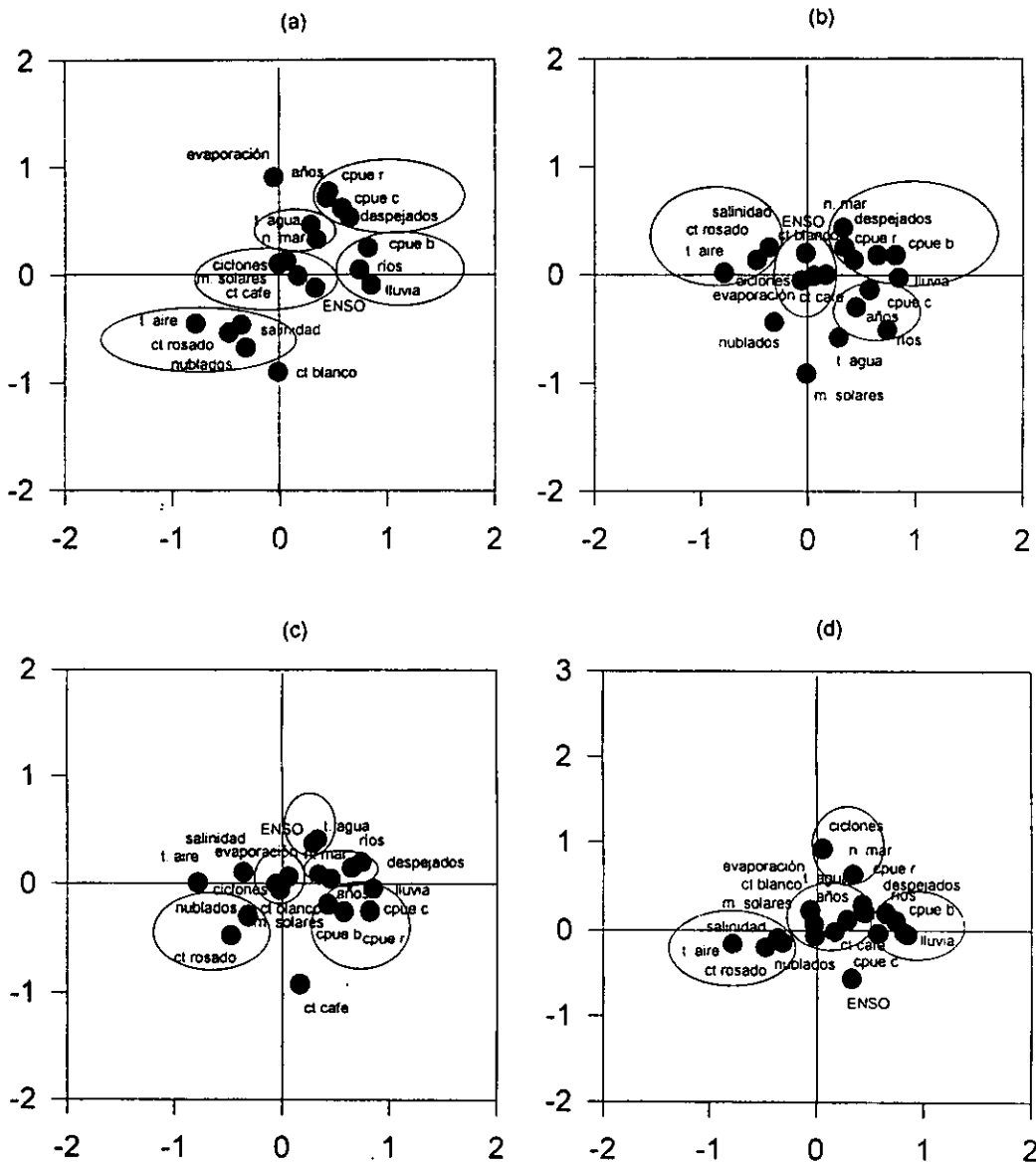
	<i>Penaeus setiferus</i>	<i>Penaeus duorarum</i>	<i>Penaeus aztecus</i>
Temperatura Aire	-0.81	-0.88	-0.78
Precipitación	0.52	0.50	0.57
Evaporación	0.24	0.60	0.53
Días Nublados	-0.57	-0.59	-0.59
Días Despejados	0.82	0.78	0.75
El Niño	0.02	0.0	0.05
Indice de Zürich	0.06	0.22	0.13
No. de Ciclones	0.11	0.25	0.08
Descarga de Ríos	0.59	0.72	0.55
Temperatura Agua	0.30	0.55	0.49
Salinidad	-0.45	-0.54	-0.58
Nivel medio del mar	0.46	0.41	0.37

El análisis de componentes principales para el camarón (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*), con registros anuales, se muestra en la tabla 227 y figura 286; se aprecia en la primera componente una relación positiva con la precipitación, las descargas de los ríos y la captura total por unidad de esfuerzo del camarón blanco (*P. setiferus*); la segunda componente resultó positiva para la evaporación y negativa para la captura total del camarón blanco (*P. setiferus*), la captura por unidad de esfuerzo del camarón rosado (*P. duorarum*), la captura total del camarón café (*P. aztecus*) y los días despejados; se observa también una relación inversa entre la captura total del camarón rosado (*P. duorarum*), los días con cobertura nubosa y la temperatura del aire. En la tercera componente se aprecia una relación positiva para la ocurrencia de los eventos El Niño y negativa para los ciclos de manchas solares.

Tabla 227. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para los camarones (*Penaeus setiferus*, *duorarum* y *aztecus*) y las variables océano-atmósfera con valores promedio anuales en Cd. del Carmen.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	7.22491236	45.1557022	7.22491236	45.1557022
Factor 2	2.25712881	14.1070551	9.48204117	59.2627573
Factor 3	2.05018909	12.8136818	11.5322303	72.0764391
Factor 4	1.1450071	7.15629435	12.6772374	79.2327335

Figura 286. Análisis de Componentes Principales para los camarones (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*) y las variables oceáno-atmósfera con valores promedio anuales en Cd. del Carmen.



El análisis de componentes principales para los camarones (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*), durante la temporada de Nortes, se muestra en la tabla 228 y figura 287, en donde se señala en la primera componente una relación positiva para la captura por unidad de esfuerzo del camarón rosado (*P. duorarum*), la evaporación y la salinidad; en la segunda componente, existe una relación positiva entre la captura por unidad de esfuerzo del camarón blanco (*P. setiferus*), la precipitación y las descargas fluviales, mientras que lo es negativa para la captura total de camarón rosado (*P. duorarum*); se aprecia por otro lado una relación inversa entre la captura por unidad de esfuerzo del camarón café (*P. aztecus*), la temperatura del agua y los días despejados con la temperatura del aire. En la tercera componente se aprecia una relación positiva con los ciclos

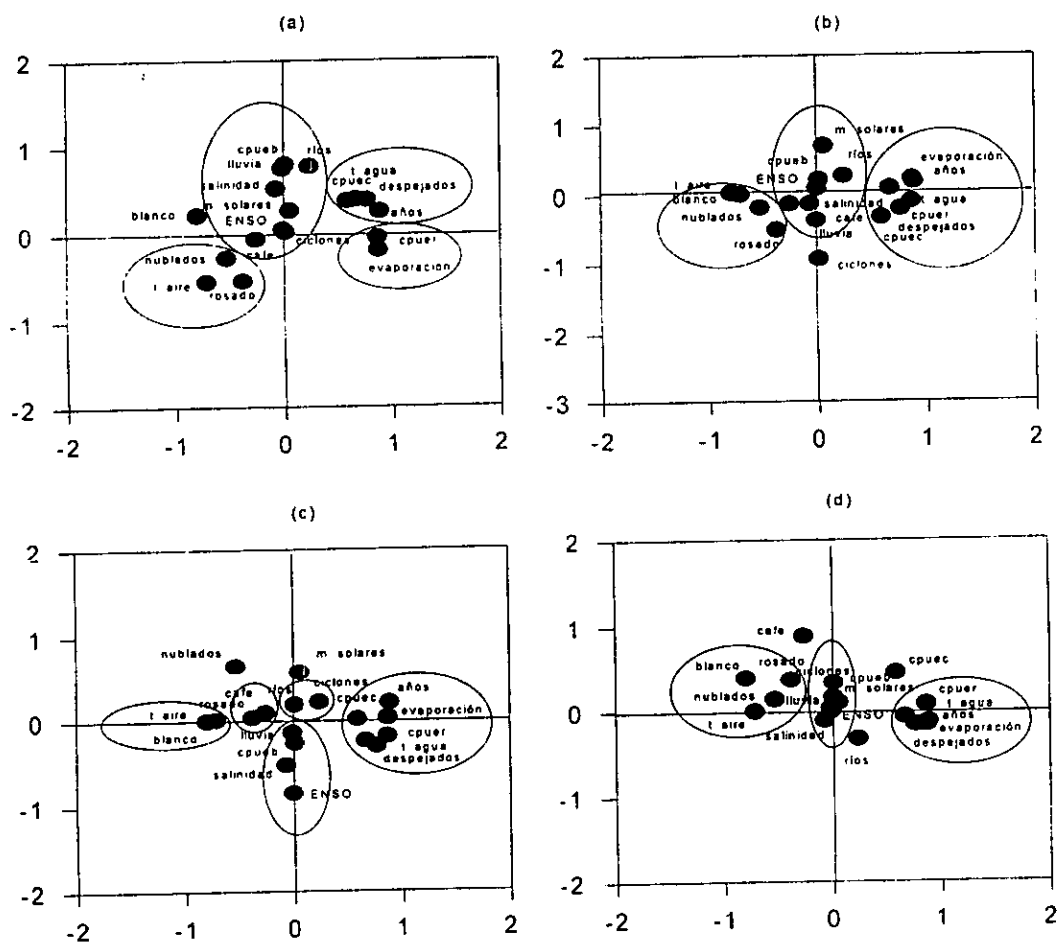


de manchas solares y negativa para la incidencia ciclónica; se observa por último, una relación inversa entre las descargas fluviales y las capturas totales del camarón rosado (*P. duorarum*).

Tabla 228. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para los camarones (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*) y las variables océano-atmósfera con valores promedio durante la temporada de Nortes en Cd. del Carmen, Campeche.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	5.71329186	38.0886124	5.71329186	38.0886124
Factor 2	2.43233969	16.2155979	8.14563155	54.3042103
Factor 3	2.04340501	13.6227001	10.1890366	67.9269104
Factor 4	1.72202202	11.4801468	11.9110586	79.4070572

Figura 287. Análisis de Componentes Principales para los camarones (*Penaeus setiferus*, *duorarum* y *aztecus*) y las variables océano-atmósfera con valores promedio durante la temporada de Nortes en Cd. del Carmen, Campeche.

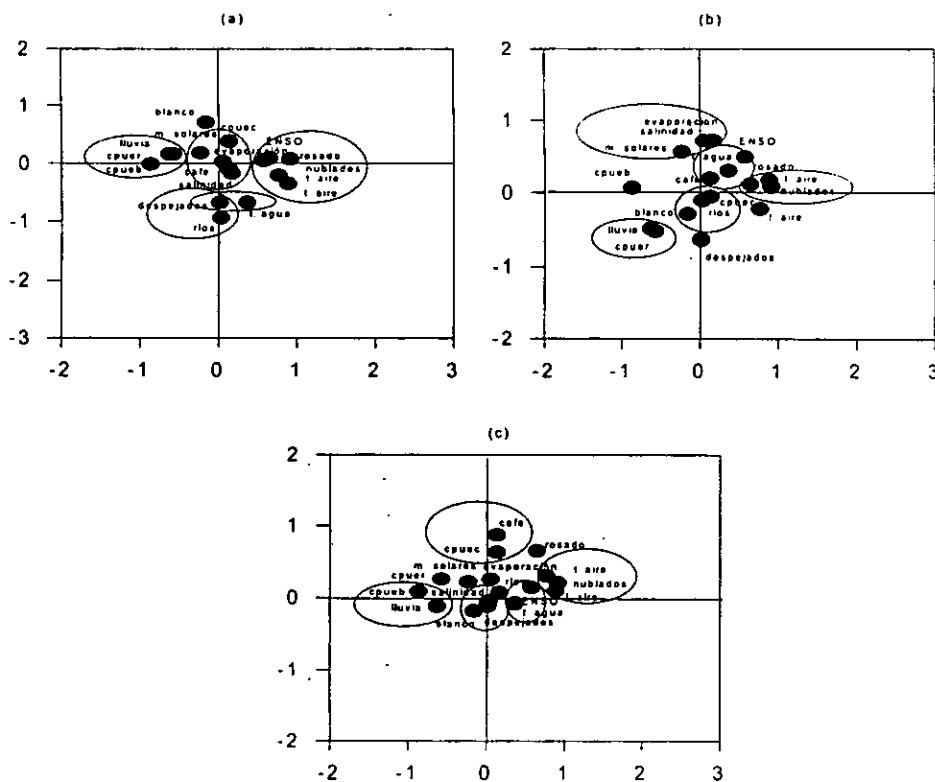


El análisis de componentes principales de las capturas de los camarones (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*), durante la temporada de Secas se muestra en la tabla 229 y figura 288, donde la primera componente es positiva para la captura total del camarón rosado (*P. duorarum*), la temperatura del aire y la cobertura nubosa, mientras que lo es negativa para la lluvia y la captura por unidad de esfuerzo del camarón dorado y blanco (*P. duorarum* y *P. setiferus*); la segunda componente indica una relación positiva con la captura total del camarón blanco y negativa para las descargas fluviales, los días despejados y la temperatura del agua; en la tercera componente se aprecia una componente positiva para la evaporación y la salinidad y negativa para los días despejados; se observa también una relación inversa entre la ocurrencia de los eventos El Niño con la precipitación y la captura por unidad de esfuerzo del camarón rosado (*P. duorarum*).

Tabla 229. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para los camarones (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*) y las variables océano-atmósfera con valores promedio durante la temporada de Secas en Cd. del Carmen, Campeche.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	5.64557053	37.6371369	5.64557053	37.6371369
Factor 2	2.4637188	16.424792	8.10928933	54.0619288
Factor 3	1.77731382	11.8487588	9.88660315	65.9106876
Factor 4	1.41088634	9.40590892	11.2974895	75.3165966
Factor 5	1.25633729	8.37558192	12.5538268	83.6921785

Figura 288. Análisis de Componentes Principales para los camarones (*Penaeus setiferus*, *duorarum* y *aztecus*) y las variables océano-atmósfera con valores promedio durante la temporada de Secas en Cd. del Carmen, Campeche.

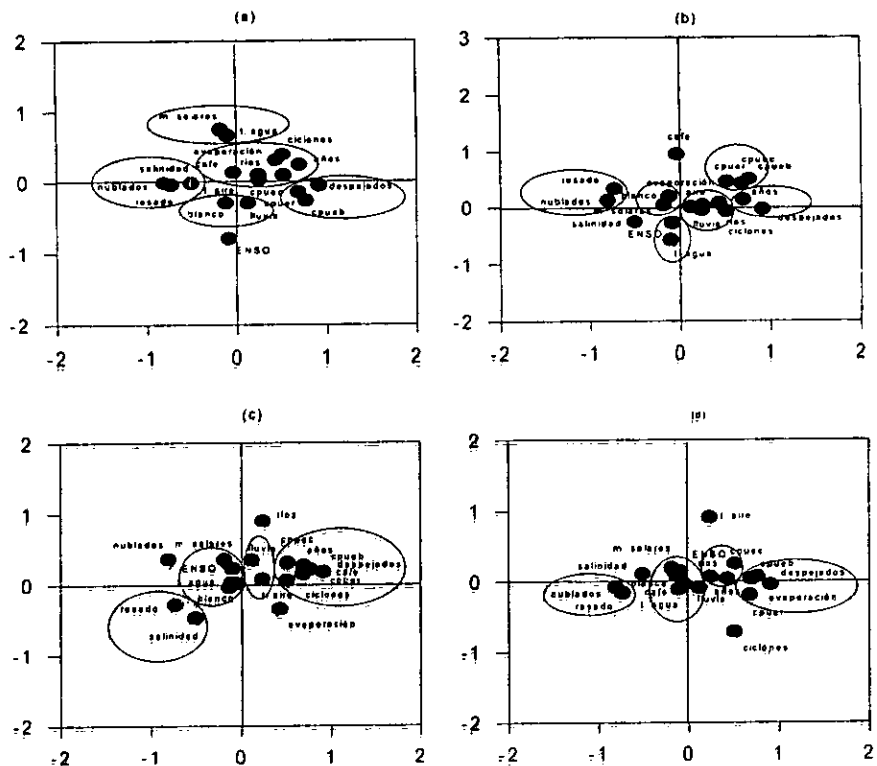


El análisis de componentes principales para los camarones (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*), durante la temporada de Lluvias se muestra en la tabla 230 y figura 289; en la primera componente existe una relación positiva para los días despejados y negativa para los días nublados, la captura total del camarón rosado (*P. duorarum*) y la salinidad; en la segunda componente se aprecia una relación positiva para los ciclos de manchas solares y la temperatura del agua, mientras que lo es negativa para la ocurrencia de los eventos El Niño; en la tercera componente hay una relación positiva con la captura total del camarón café (*P. aztecus*) y negativa para la temperatura del agua; existe además una relación inversa entre las capturas por unidad de esfuerzo de las tres especies de camarón (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*) y la salinidad.

Tabla 230. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para los camarones (*Penaeus setiferus*, *P. duorarum* y *P. aztecus*) y las variables océano-atmósfera con valores promedio durante la temporada de Lluvias en Cd. del Carmen, Campeche.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	5.64557053	37.6371369	5.64557053	37.6371369
Factor 2	2.4637188	16.424792	8.10928933	54.0619288
Factor 3	1.77731382	11.8487588	9.88660315	65.9106876
Factor 4	1.41088634	9.40590892	11.2974895	75.3165966
Factor 5	1.25633729	8.37558192	12.5538268	83.6921785

Figura 289. Análisis de Componentes Principales para los camarones (*Penaeus seiferus*, *duorarum* y *aztecus*) y las variables océano-atmósfera con valores promedio durante la temporada de Lluvias en Cd. del Carmen, Campeche.

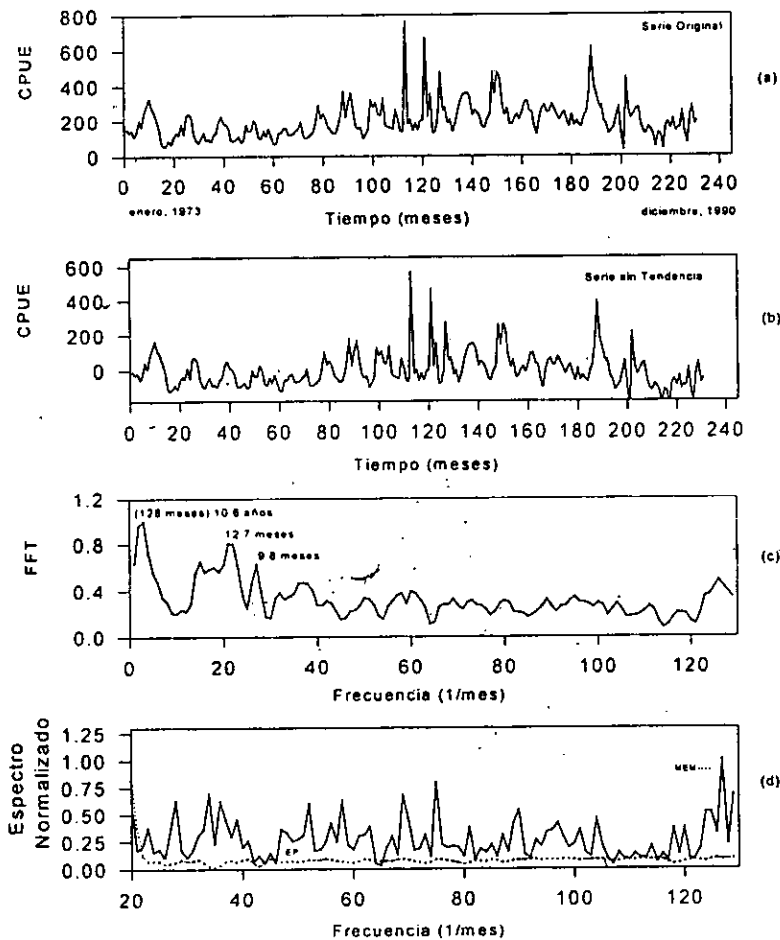


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de las capturas por unidad de esfuerzo en el camarón blanco (*Penaeus setiferus*), se muestran en la tabla 231 y figura 290, en donde se observa que el ciclo de 10.6 años podría corresponder tanto al ciclo de actividad solar de Wolf como al de recurrencia de los eventos El Niño, mientras que los de 2, 3.4 y 9.8 meses podrían vincularse con los periodos climáticos de Nortes Secas y Lluvias registrados en el área de estudio.

Tabla 231. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia en las capturas por unidad de esfuerzo en el camarón blanco (*Penaeus setiferus*) durante el periodo de 1973 a 1990.

Máxima Entropía	Espectro de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.0$ meses	$T_1 = 128$ meses (10.6 años)	$T_1 = 14.2$ meses
$T_2 = 19.6$ meses (1.6 años)	$T_2 = 12.7$ meses	$T_2 = 120$ meses (10.2 años)
$T_3 = 3.4$ meses	$T_3 = 9.8$ meses	
$T_4 = 51$ meses (4.2 años)		
$T_5 = 9.4$ meses		

Figura 290. Series de Tiempo de la Captura por Unidad de Esfuerzo del camarón blanco (*Penaeus setiferus*). (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



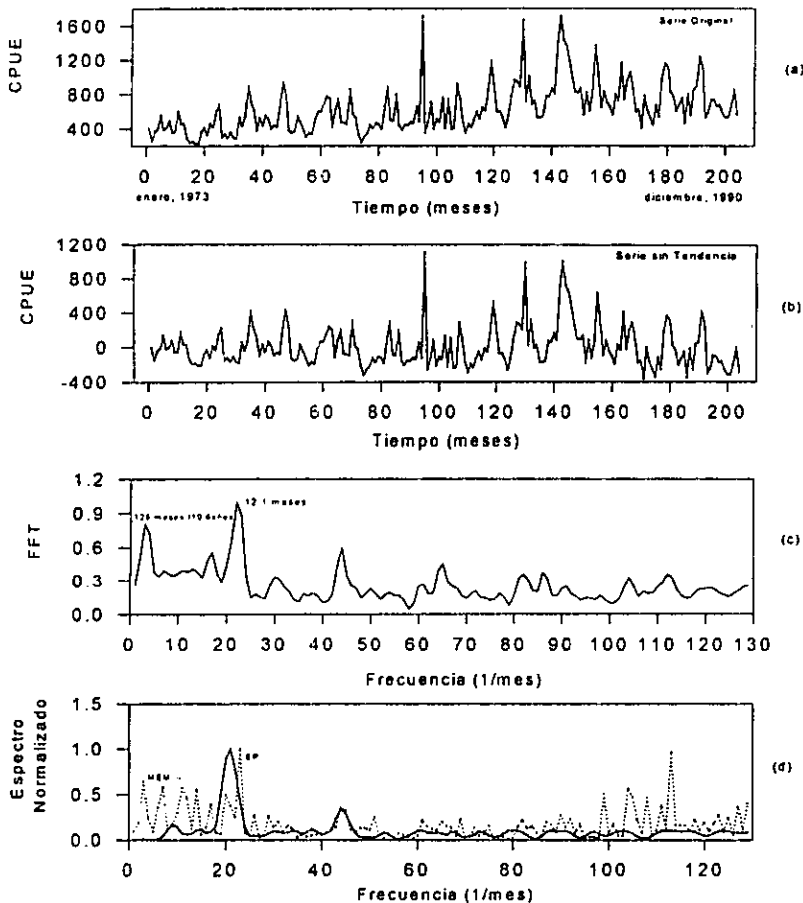
Camarón rosado (*Penaeus duorarum*)

Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de las capturas por unidad de esfuerzo en el camarón rosado (*Penaeus duorarum*), se muestran en la tabla 232 y figura 291, en donde se observan los ciclos de 12.1, 5.9 y 2.2 meses, que podrían corresponder a los periodos climáticos establecidos para la región de estudio, mientras que el de 10.6 años, correspondería, tanto a los ciclos de actividad solar, como a los de recurrencia de los eventos El Niño.

Tabla 232. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia en las capturas por unidad de esfuerzo en el camarón rosado (*Penaeus duorarum*) durante el periodo de 1973 a 1990.

Máxima Entropía	Espectro de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 12.1$ meses	$T_1 = 12.7$ meses
$T_2 = 2.2$ meses	$T_2 = 128$ meses (10.6 años)	$T_2 = 5.9$ meses
$T_3 = 128$ meses (10.6 años)	$T_3 = 5.9$ meses	
$T_4 = 42$ meses (3.5 años)		

Figura 291. Series de Tiempo de la Captura por Unidad de Esfuerzo del camarón rosado (*Penaeus duorarum*). (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



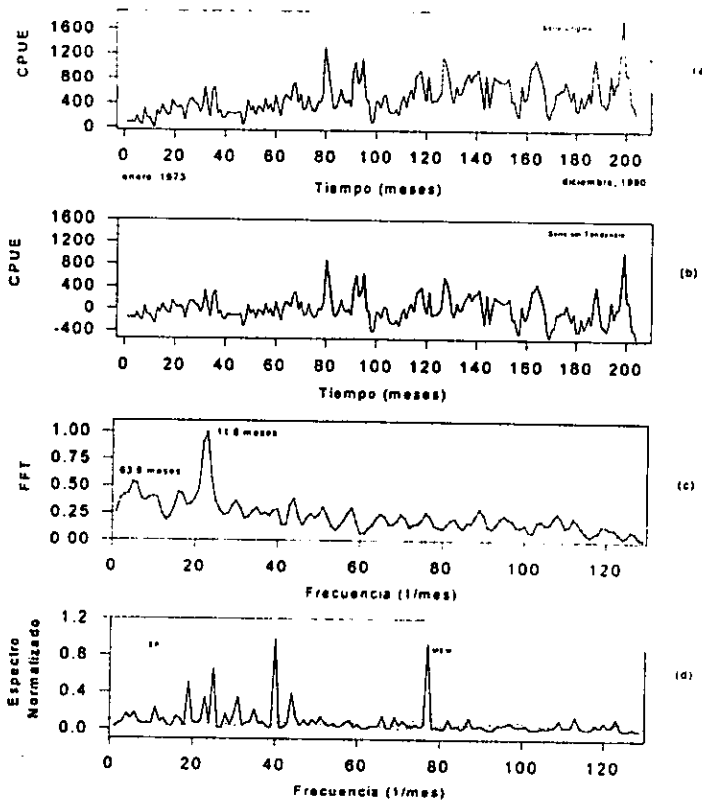
Camarón café (*Penaeus aztecus*)

Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de las capturas por unidad de esfuerzo en el camarón café (*Penaeus setiferus*), se muestran en la tabla 233 y figura 292, en donde se observa que el ciclo de 5.3 años corresponde a uno de los ciclos de actividad solar; por otro lado, el de 5.3 años es un equivalente cercano a los ciclos de recurrencia de los eventos El Niño. Los ciclos de 3.3 meses, 6.5 meses y 11.6 meses se corresponden, de forma cercana, con las temporadas climáticas establecidos para el Golfo de México que corresponden a Nortes, Secas y Lluvias; finalmente, el de 11.6 meses también podría constituir el periodo del ciclo de vida de estos organismos.

Tabla 233. Espectros de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia en las capturas por unidad de esfuerzo en el camarón café (*Penaeus setiferus*) durante el periodo de 1973 a 1990.

Máxima Entropía	Espectro de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 6.5$ meses	$T_1 = 11.6$ meses	$T_1 = 3.5$ años
$T_2 = 3.3$ meses	$T_2 = 5.3$ años	
$T_3 = 10.6$ meses	$T_3 = 5.9$ meses	
$T_4 = 14.2$ meses		
$T_5 = 5.9$ meses		

Figura 292. Series de Tiempo de la Captura por Unidad de Esfuerzo del camarón café (*Penaeus aztecus*). (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier y (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



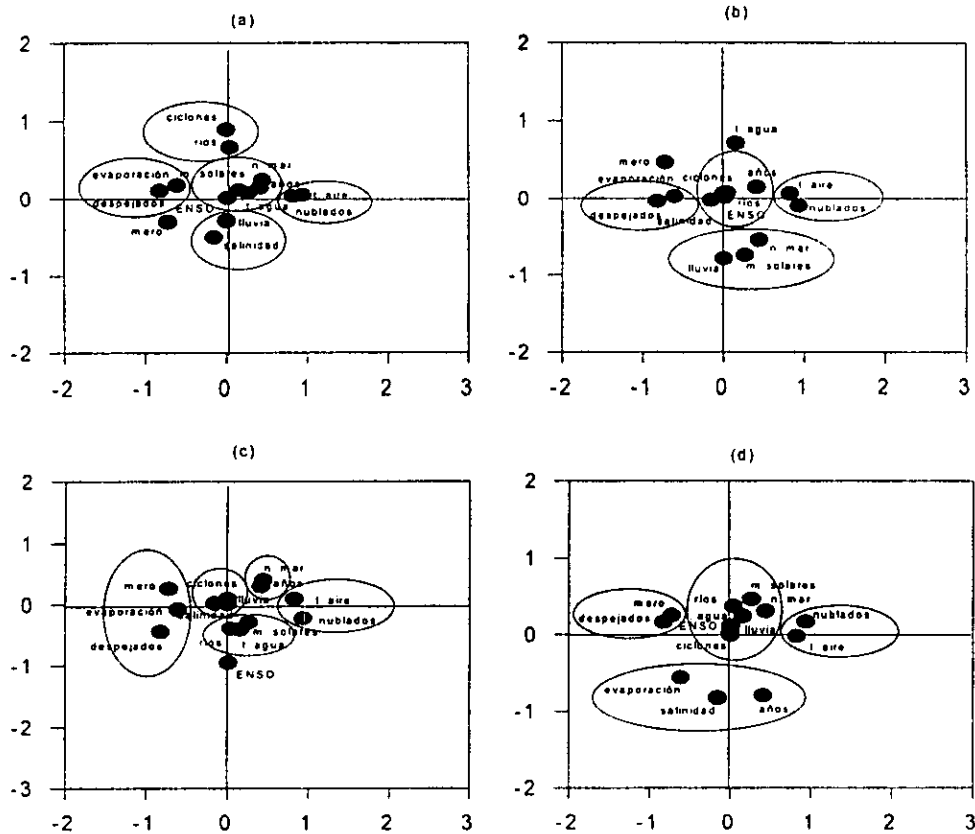
Cazón (*Rhizoprionodon*, spp.)

El análisis de componentes principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), mostró estos resultados: (Tabla 234 y Fig. 293): La captura total del cazón se explica por el comportamiento de las siguientes variables: en la primera componente los días despejados se asociaron de manera inversa con la cobertura nubosa y la temperatura del aire; en la segunda componente, se determinó que la captura total del cazón está asociada de manera directa con la lluvia y las descargas fluviales; es importante destacar que la evaporación se encuentra asociada de manera inversa con los ciclos de manchas solares. Se puede afirmar entonces que la salinidad y sus modificadores son las variables que modifican en primera instancia los volúmenes de captura, mientras que la temperatura y su modificadores lo están en segundo término.

Tabla 234. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cd. del Carmen.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.02679631	28.7628308	4.02679631	28.7628308
Factor 2	2.92432076	20.8880054	6.95111707	49.6508362
Factor 3	2.17590375	15.5421697	9.12702082	65.1930059
Factor 4	1.44834722	10.3453373	10.575368	75.5383432
Factor 5	1.24323763	8.88026878	11.8186057	84.418612

Figura 293. Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Cd. del Carmen.

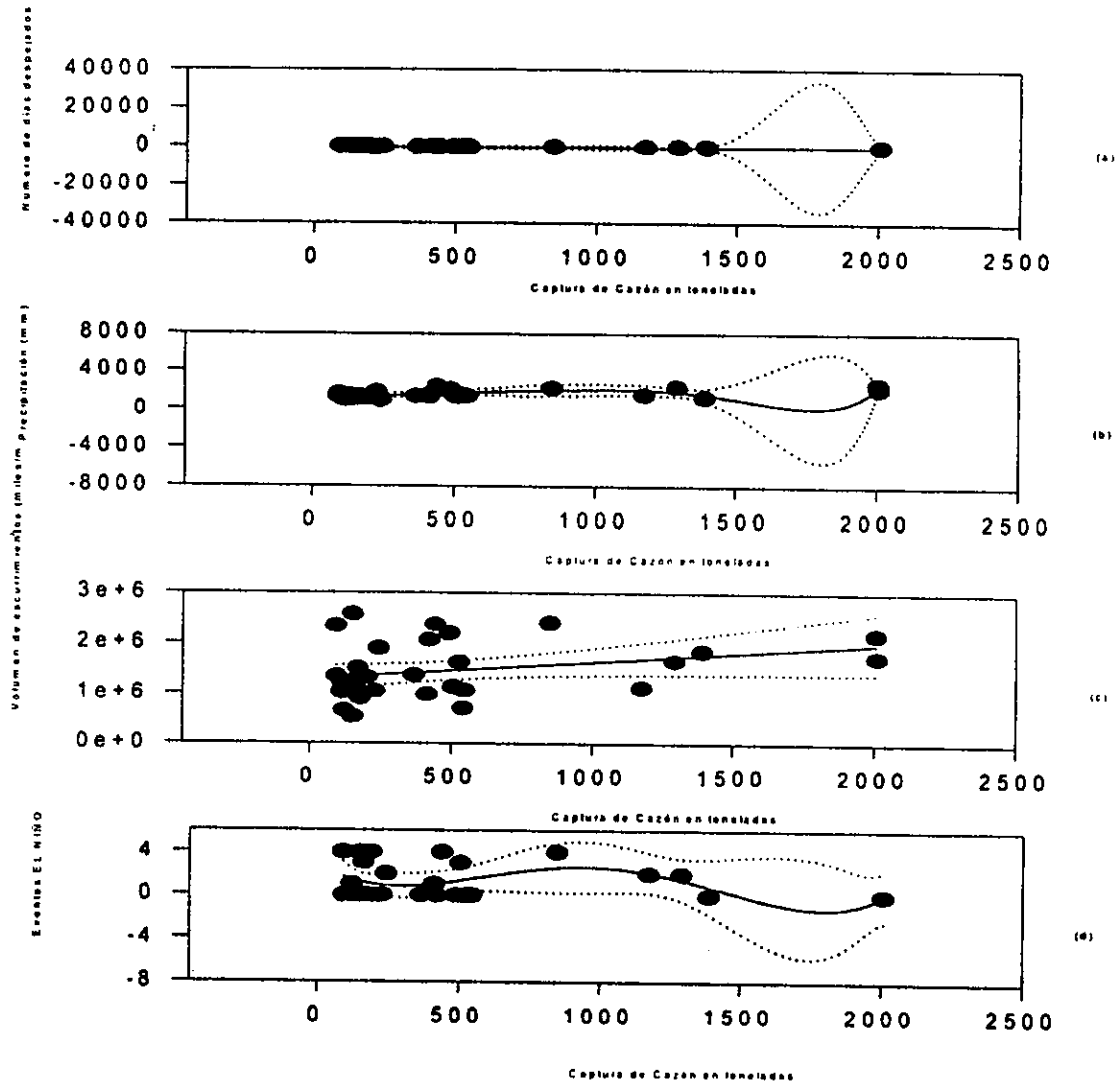


El análisis polinomial de las variables que incidieron de manera más directa en la captura del cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestra en la tabla 235 y figura 294, en donde se observa que el orden polinomial estimado está altamente contrastado, lo que pone de manifiesto la complejidad de las relaciones en el ecosistema; dentro de un intervalo de confianza del 98%, con excepción de la descarga fluvial, donde el nivel de confianza fue del 95%.

Tabla 235. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Cd. del Carmen, con las variables ambientales.

	Días Despejados	Precipitación	Descarga Fluvial	eventos El Niño
Orden del polinomio	10	6	1	4
Regresión	$r^2 = 0.019$	$r^2 = 0.55$	$r^2 = 0.10$	$r^2 = 0.84$

Figura 294. Análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Cd. del Carmen. (a) captura vs cobertura nubosa (días nublados), (b) captura vs incidencia ciclónica, (c) captura vs precipitación, (d) captura vs eventos El Niño, (e) captura vs salinidad.



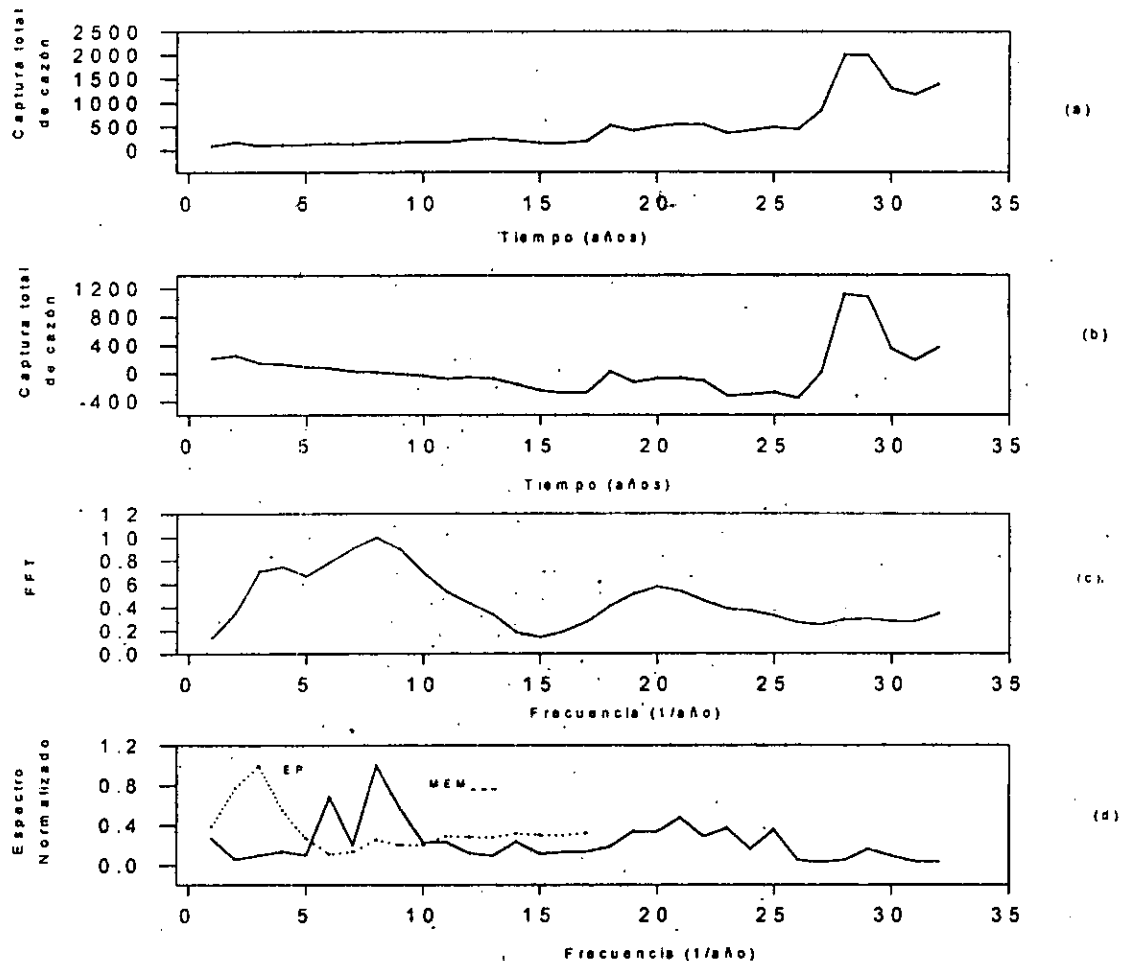


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestran en la tabla 236 y figura 295, se detectaron ciclos vinculados con tres de los ciclos solares de 3.2, 10.7 y 21.3 años; por otro, lado los ciclos de 2.5 y 9.1 años se encuentran relacionados con los períodos de recurrencia de los eventos El Niño. Por último, el de 16 años podría constituir un armónico secundario de un ciclo no detectado que podría estar cercano a los 4.0 años y corresponder a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 236. Espectro de Máxima entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Cd. del Carmen, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 9.1$ años	$T_1 = 9.1$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 10.7$ años	$T_2 = 21.3$ años	
$T_3 = 3.2$ años	$T_3 = 3.3$ años	
$T_4 = 2.6$ años		

Figura 295. Series de Tiempo de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Cd. del Carmen. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de potencia y Máxima Entropía.



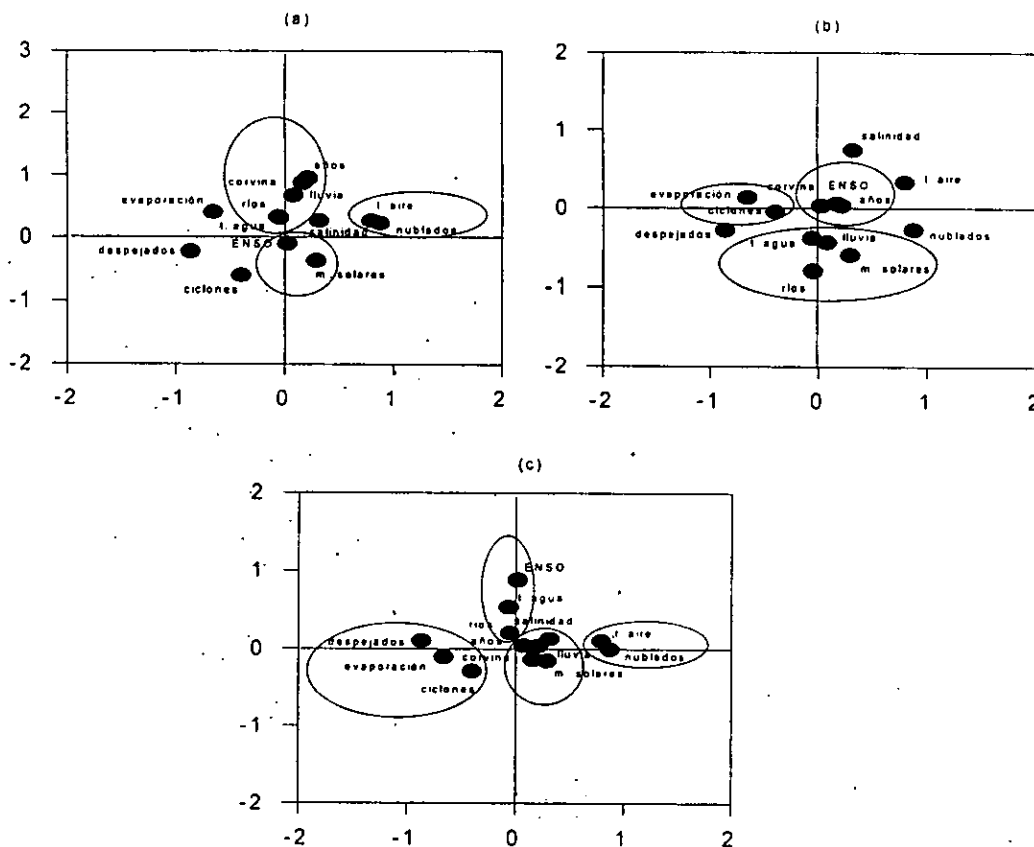
Corvina (*Sciaenops, spp.*)

El análisis de componentes principales para la corvina (*Sciaenops, spp.*), se presenta en la tabla 237 y figura 296, en donde se aprecia que el comportamiento de las capturas se explica por las siguientes variables: en la primera componente se aprecia una relación positiva entre la cobertura nubosa y la temperatura del aire; en la segunda componente existe una relación positiva entre los volúmenes de captura total y las precipitaciones; por otra parte, se detectó una relación inversa entre los ciclos de manchas solares y la evaporación; finalmente, en la tercera componente, se determinó una relación inversa entre las descargas de los ríos y la salinidad; se puede afirmar entonces que la temperatura del aire y sus modificadores, en primer término, y la salinidad y sus modificadores, en segundo, determinan significativamente los volúmenes de captura total.

Tabla 237. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la corvina (*Sciaenops, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Cd. del Carmen.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.1077281	31.5979085	4.1077281	31.5979085
Factor 2	2.46361848	18.9509114	6.57134658	50.5488199
Factor 3	1.96531996	15.1178459	8.53666654	65.6666657
Factor 4	1.20953043	9.30408024	9.74619698	74.970746

Figura 296. Análisis de Componentes Principales para la corvina (*Sciaenops, spp.*) y las variables ambientales en Cd. del Carmen.

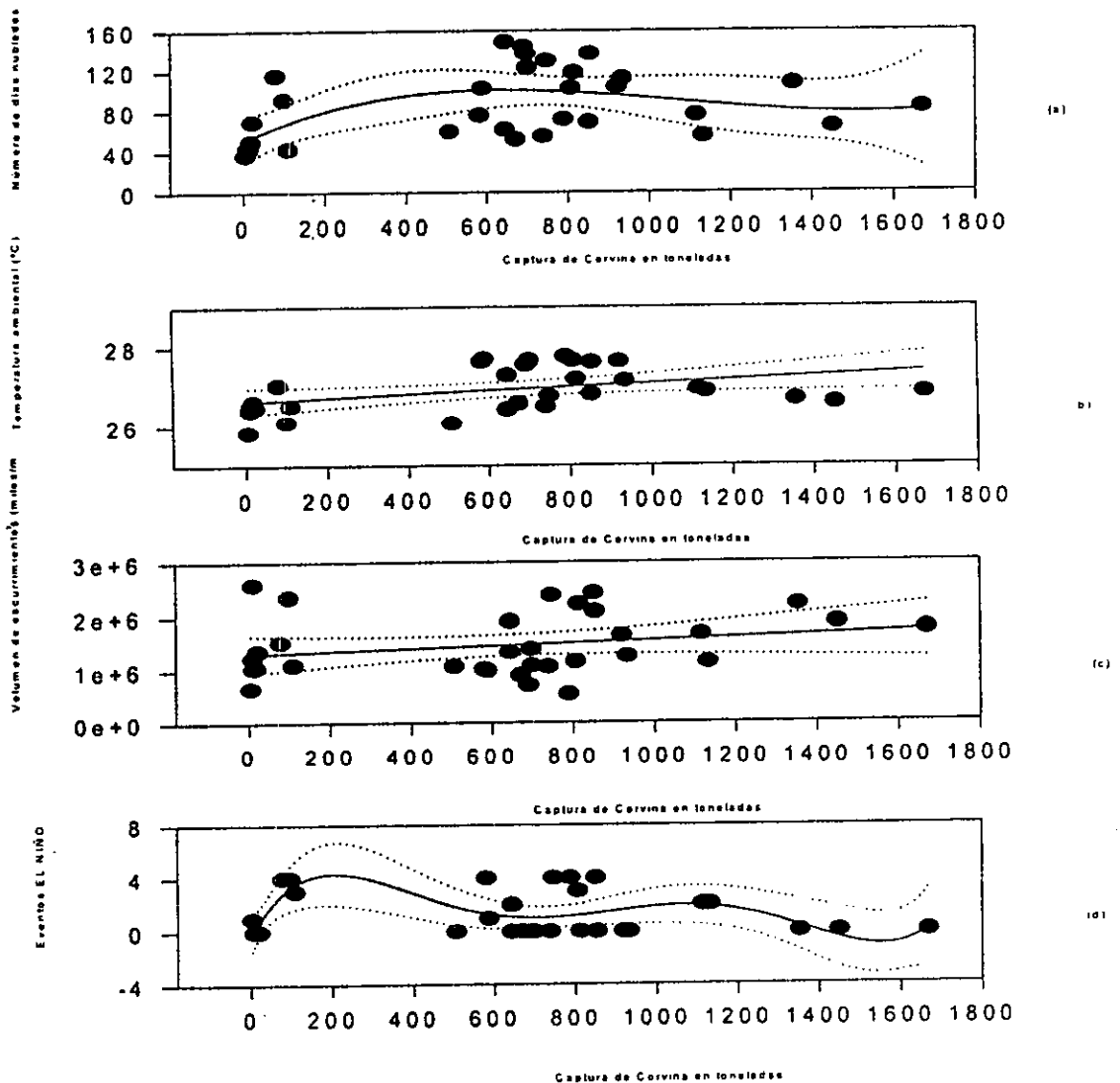


El resultado del análisis polinomial de la corvina (*Sciaenops, spp.*), se expresa en la tabla 238 y figura 297; los diversos órdenes estimados señalan lo complejo del sistema; así como su expresión gráfica, en un intervalo de confianza del 95%, los resultados indican que los eventos El Niño y la cobertura nubosa juegan un papel importante como variables modificadoras, tanto de la temperatura del agua como de la salinidad.

Tabla 238. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Cd. del Carmen, con las variables ambientales.

	Días nublados	Temp. del aire	Descargas fluviales	El Niño
Orden del polinomio	3	1	1	5
Regresión	$r^2 = 0.29$	$r^2 = 0.12$	$r^2 = 0.041$	$r^2 = 0.29$

Figura 297. Análisis polinomial de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Cd. del Carmen. (a) captura vs cobertura nubosidad (días nublados), (b) captura vs temperatura del aire, (c) captura vs descarga fluvial, (d) captura vs eventos El Niño.

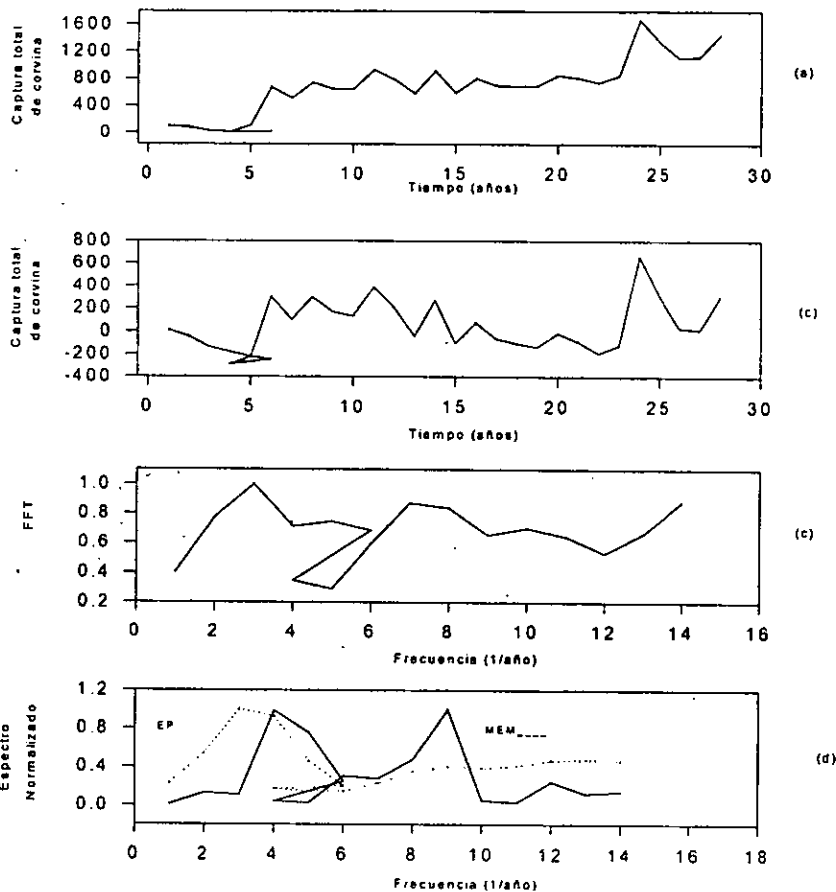


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp*), se muestran en la tabla 239 y figura 298; los ciclos de 2.2, 3.5, 8 y 10.6 años se encuentran asociados a los ciclos de actividad solar; respecto de los ciclos de 2.2, 6.1 y 10.6 años, también son equivalentes a los periodos de recurrencia de los eventos El Niño. En lo que se refiere al ciclo de 16 años, podría ser un armónico secundario de un ciclo no detectado de 4 años y que equivaldría a la edad promedio de captura de esta población; sin embargo la falta de estudios y reportes de longevidad de esta especie impiden la corroboración de esta hipótesis.

Tabla 239. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp*) en Cd. del Carmen, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 16$ años	$T_1 = 6.1$ años
$T_2 = 2.9$ años	$T_2 = 3.5$ años	
$T_3 = 2.2$ años	$T_3 = 8$ años	

Figura 298. Series de Tiempo de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp*) en Cd. del Carmen. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



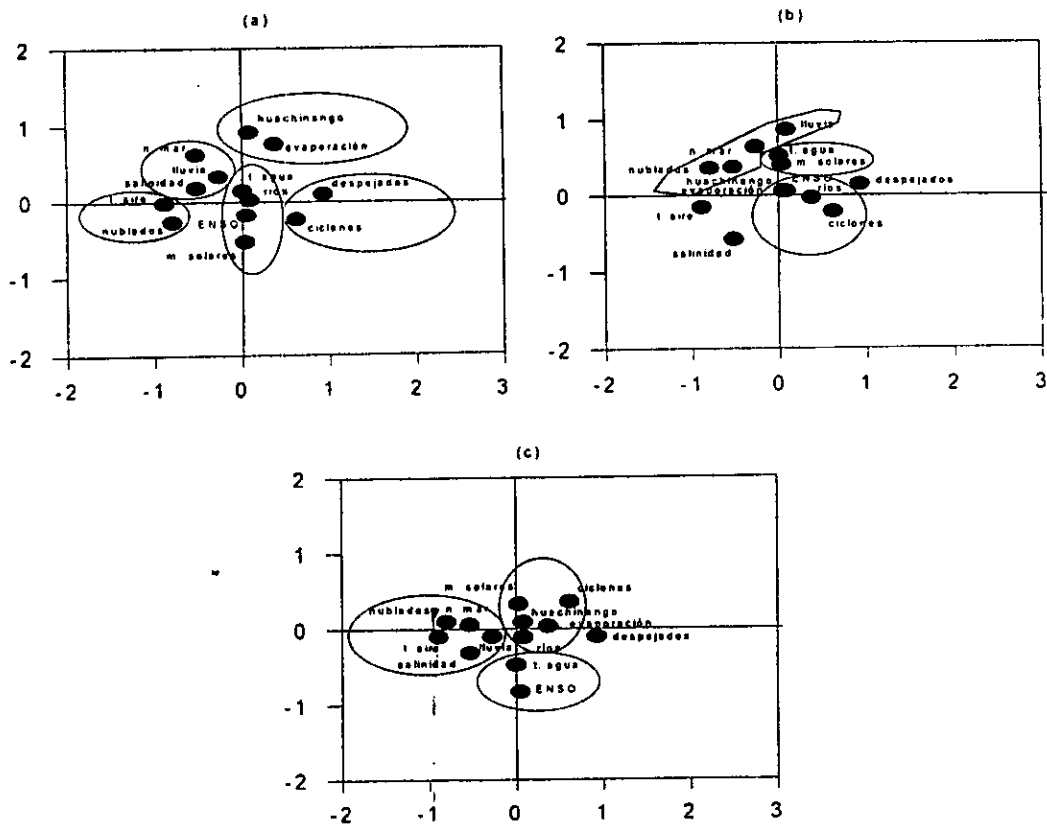
Huachinango (*Lutjanus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.), se presenta en la tabla 240 y figura 299; los resultados indican que el volumen de la captura total se explica por el siguiente comportamiento de las variables: en la primera componente se observa una relación positiva para los días despejados y la incidencia ciclónica, mientras que lo es negativa para la temperatura del aire, la nubosidad y la salinidad; en la segunda componente se detecta una asociación inversa entre la captura total del huachinango y los ciclos de manchas solares y sobresalen las siguientes relaciones inversas: la evaporación con la cobertura nubosa y el nivel medio del mar y la incidencia ciclónica; por último, en la tercera componente se observa un comportamiento positivo para la lluvia. Se puede decir entonces que, los volúmenes de captura se vieron influenciados de forma importante, tanto por la temperatura del agua y sus modificadores como por la salinidad y sus modificadores.

Tabla 240. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cd. del Carmen.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.51618862	27.0476048	3.51618862	27.0476048
Factor 2	2.62134987	20.1642298	6.1375385	47.2118346
Factor 3	2.17717069	16.7474669	8.31470919	63.9593015
Factor 4	1.25202725	9.63097888	9.56673644	73.5902803

Figura 299. Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.) en Cd. del Carmen.

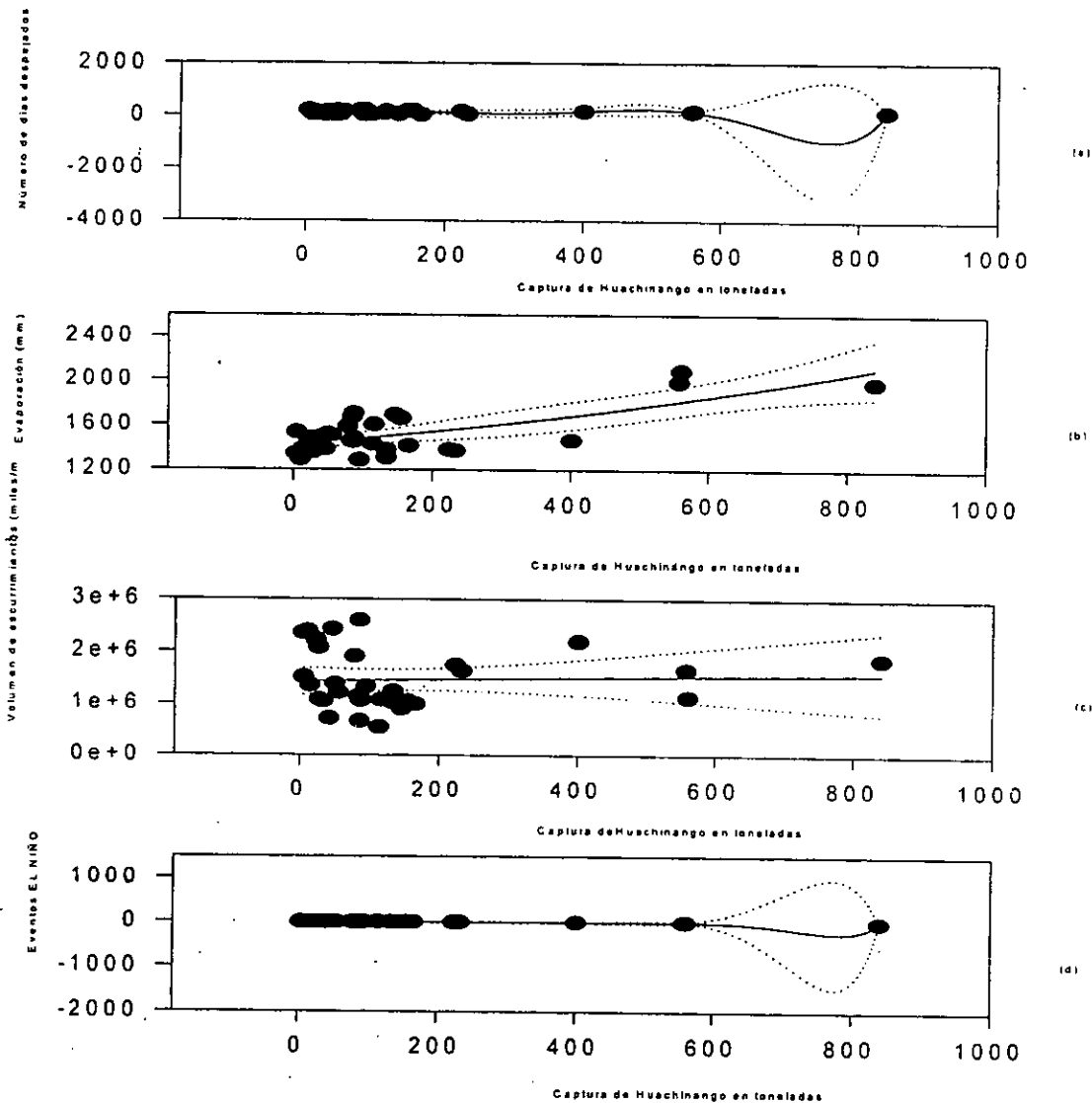


El análisis polinomial de la captura del huachinango (*Lutjanus, spp.*), se muestra en la tabla 241 y figura 300; el orden polinomial requerido para expresar matemática las relaciones en el ecosistema fue variable y se corrobora que la salinidad, a través de sus modificadores, resultó ser el elemento forzante del sistema. El intervalo de confianza fue del 98%, con excepción de las descargas fluviales donde lo fue del 95%.

Tabla 241. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Cd. del Carmen, con las variables ambientales.

	Días despejados	Evaporación	Descargas fluviales	El Niño
Orden del polinomio	6	2	1	8
Regresión	$r^2 = 0.61$	$r^2 = 0.52$	$r^2 = 0.004$	$r^2 = 0.36$

Figura 300. Análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Cd. del Carmen. (a) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (b) captura vs evaporación, (c) captura vs descarga fluvial, (d) captura vs eventos El Niño.

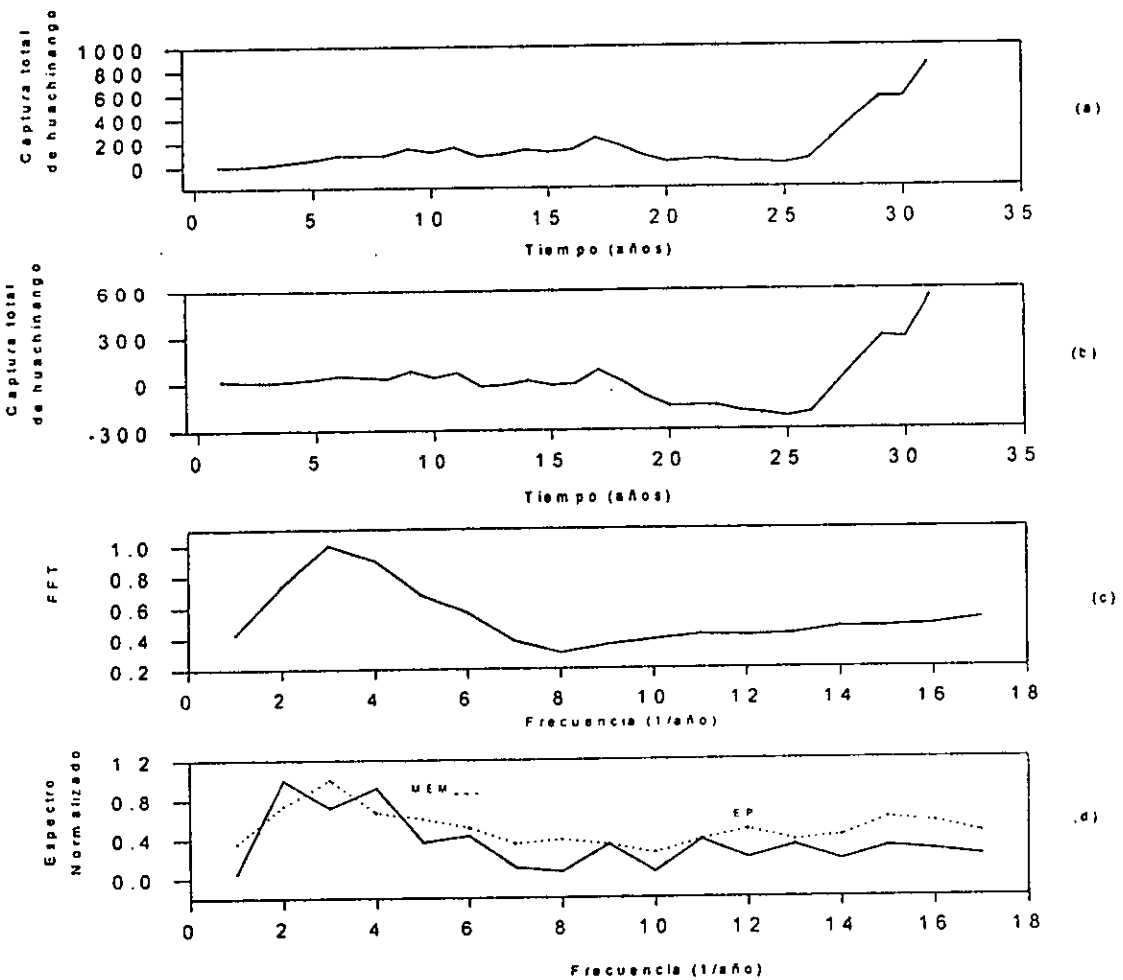


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de huachinango (*Lutjanus spp.*), se muestran en la tabla 242 y figura 301; de los ciclos estimados, cuatro de ellos corresponden a los ciclos de actividad solar de 2.9, 3.2, 10.6 y 32 años; respecto de los ciclos de 2.2, 2.6 y 10.6, coinciden con los ciclos de ocurrencia de los eventos El Niño. El ciclo de 16 años podría corresponder a un armónico secundario del ciclo de 4.0 años, que señalaría la edad promedio de captura de estos individuos.

Tabla 242. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de huachinango (*Lutjanus spp.*) en Cd. del Carmen, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 32$ años	$T_1 = 16$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 10.6$ años		$T_2 = 2.2$ años
$T_3 = 3.2$ años		$T_3 = 2.9$ años
$T_4 = 4$ años		$T_4 = 4.5$ años
$T_5 = 2.6$ años		

Figura 301. Series de Tiempo de la captura total de huachinango (*Lutjanus spp.*) en Cd. del Carmen. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



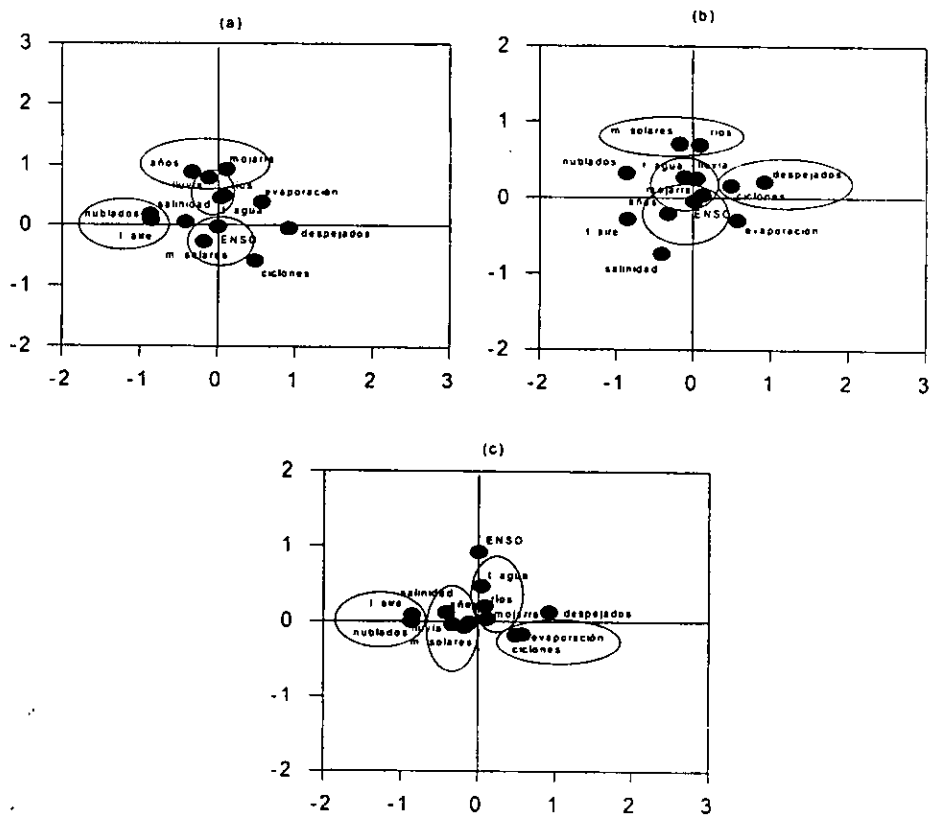
Mojarra (*Eugerres*, spp.)

El análisis de componentes principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.), reportado en la tabla 243 y figura 302, indica que los volúmenes de captura se vieron modificados por las variables ambientales de la siguiente forma: en la primera componente hay una relación positiva para los días despejados, la evaporación y la incidencia ciclónica y negativa para la temperatura del aire y la cobertura nubosa; en la segunda componente se observa que la captura total de mojarra y la variabilidad anual de la lluvia y las descargas fluviales se encuentran asociados de manera positiva y, de forma negativa, con la incidencia ciclónica; éstos últimos, además, se encuentran vinculados de manera inversa con los ciclos de las manchas solares; en la tercera componente existe una relación positiva entre los ciclos de manchas solares y las descargas fluviales. Se puede afirmar entonces que los volúmenes de captura se ven alterados inversamente por la salinidad y sus modificadores, de manera predominante, sobre las demás variables.

Tabla 243. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cd. del Carmen.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.84843344	29.6033342	3.84843344	29.6033342
Factor 2	2.89382291	22.2601763	6.74225636	51.8635104
Factor 3	1.92613453	14.8164195	8.66839089	66.6799299
Factor 4	1.15311942	8.87014935	9.82151031	75.5500793

Figura 302. Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) en Cd. del Carmen.



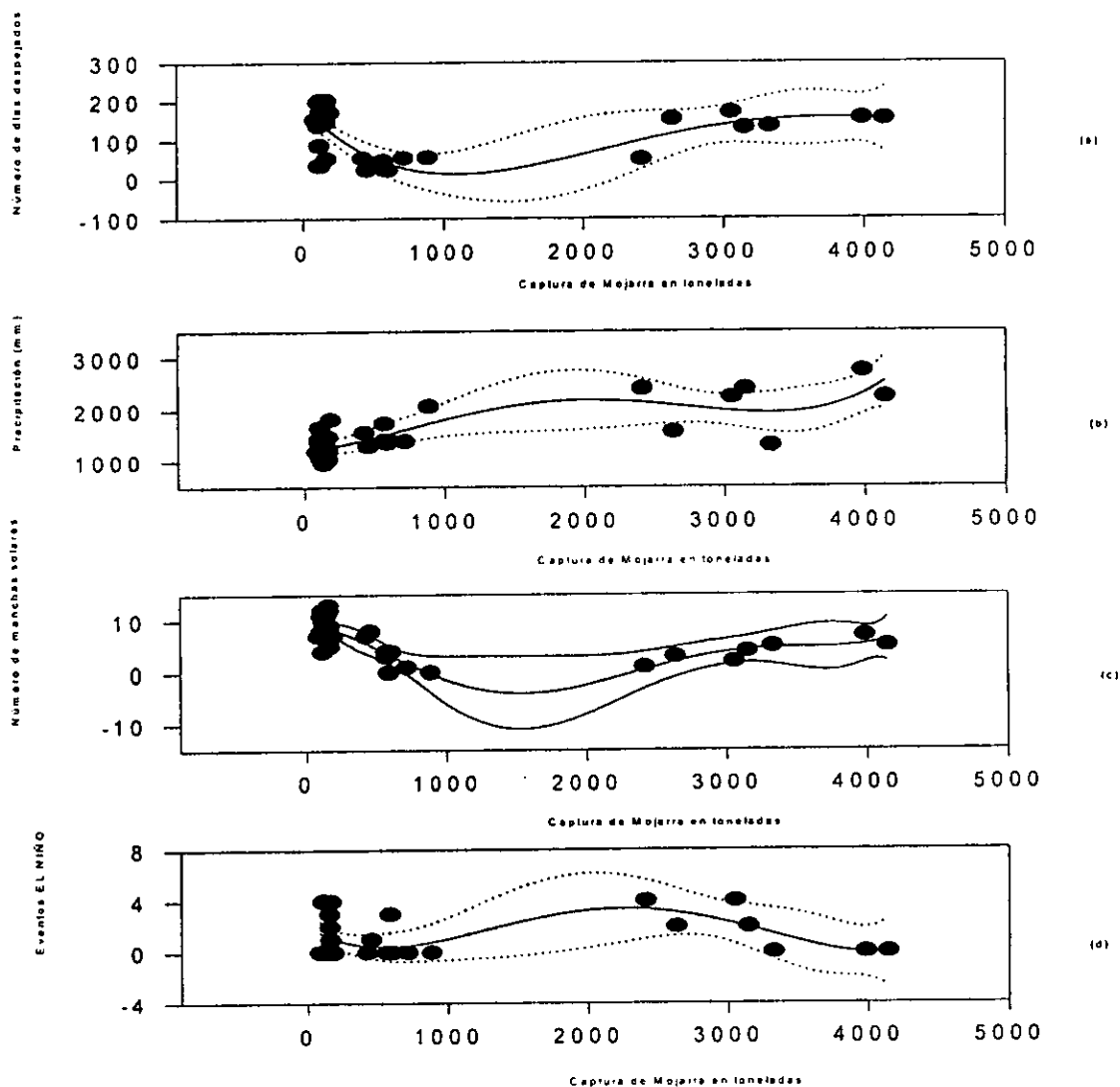


El análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*), se indica en la tabla 244 y figura 303; el orden polinomial estimada resulta un indicador de lo complejo del ecosistema, en donde la salinidad a través de sus modificadores constituyó una de las más importantes funciones forzantes del sistema, tal como se estimó a través del análisis de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 244. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Cd. del Carmen, con las variables ambientales.

	Días despejados	Precipitación	Manchas Solares	El Niño
Orden del polinomio	4	4	5	4
Regresión	$r^2 = 0.47$	$r^2 = 0.61$	$r^2 = 0.65$	$r^2 = 0.20$

Figura 303. Análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Cd. del Carmen. (a) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (b) captura vs precipitación, (c) captura vs manchas solares, (d) captura vs eventos El Niño.

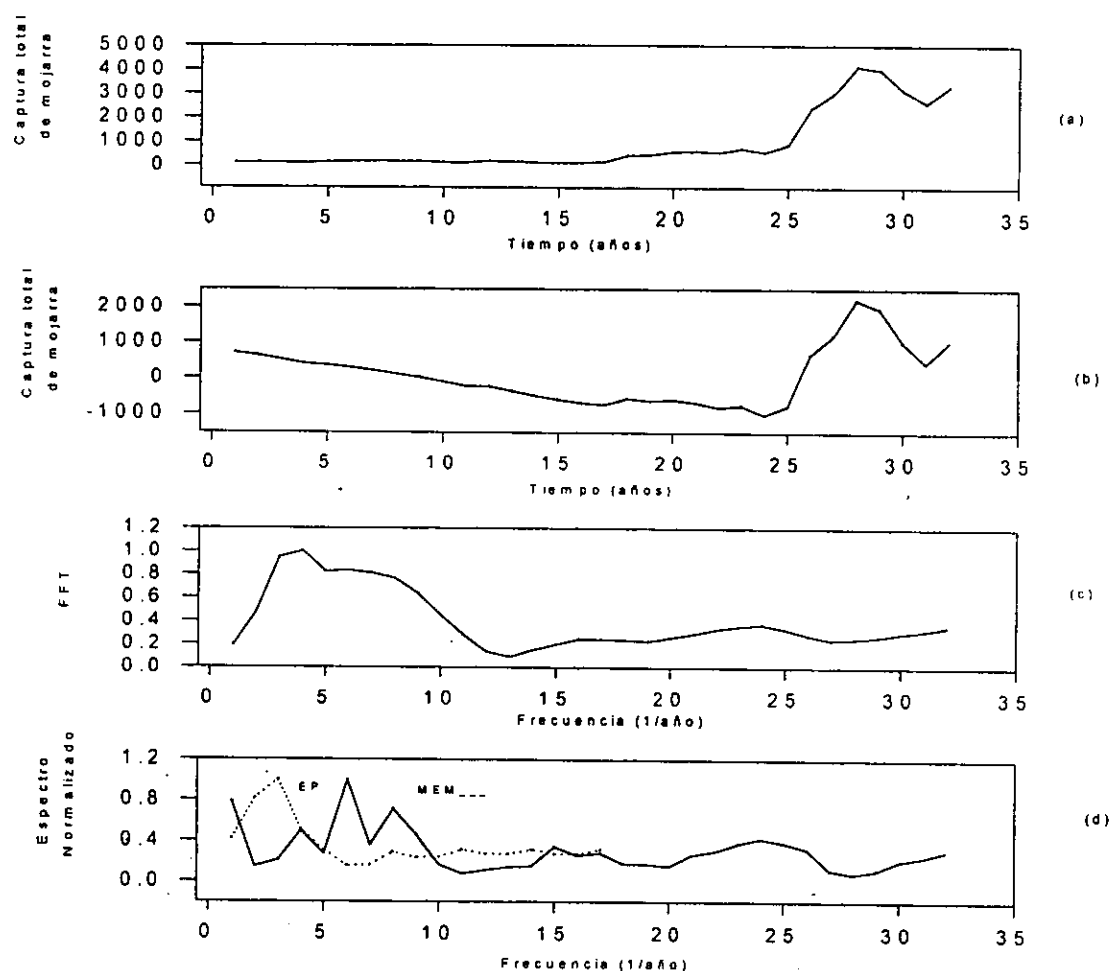


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*), se muestran en la tabla 245 y figura 304; existe una estrecha relación de los ciclos de 2.7 y 21.3 años con dos de los ciclos solares; el de 9.1 años corresponde a periodos cercanos de ocurrencia de los eventos El Niño. En lo que se refiere al ciclo de 16 años, este podría ser un armónico secundario del ciclo de 4.5 años, que se refiere posiblemente a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 245. Espectro de Máxima Entropía, transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Cd. del Carmen, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 21.3$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 9.1$ años	$T_2 = 2.7$ años	
$T_3 = 21.3$ años		
$T_4 = 2.7$ años		
$T_5 = 4.5$ años		

Figura 304. Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Cd. del Carmen. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



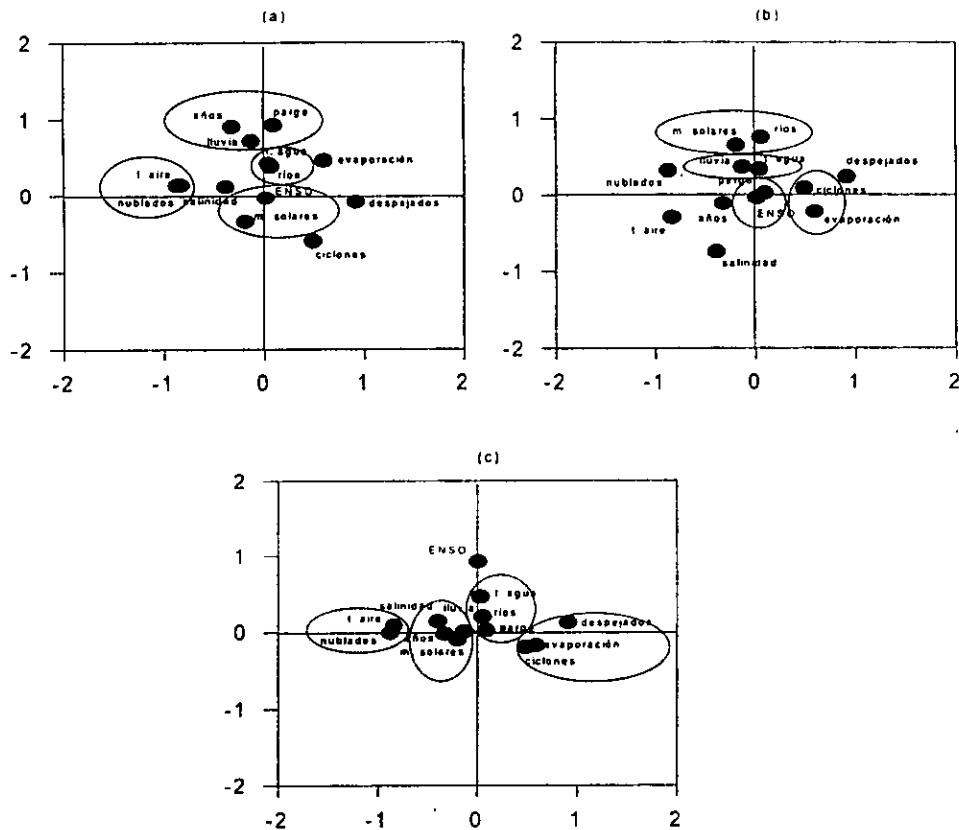
Pargo (*Lutjanus, spp.*)

El análisis de componentes principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*), señalado en la tabla 246 y figura 305, indica que los volúmenes de captura se vieron influenciados por las variables ambientales de la siguiente forma: en la primera componente hay una relación inversa entre los días nublados y la temperatura del aire con los días despejados; en la segunda componente hay una asociación positiva entre la captura total del pargo, la precipitación y la temperatura del agua; se observa además una relación inversa entre la evaporación y los ciclos de manchas solares; en la tercera componente hay una relación positiva con las descargas fluviales. Se puede decir entonces que los volúmenes de captura del pargo se encuentran modificados en primera instancia y de manera inversa con la salinidad y sus modificadores y en segundo término por la temperatura del agua y sus modificadores.

Tabla 246. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Cd. del Carmen.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.87372586	29.7978912	3.87372586	29.7978912
Factor 2	2.80529017	21.5791552	6.67901603	51.3770464
Factor 3	1.97287748	15.1759806	8.65189351	66.553027
Factor 4	1.15502653	8.88481949	9.80692005	75.4378465

Figura 305. Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) en Cd. del Carmen.

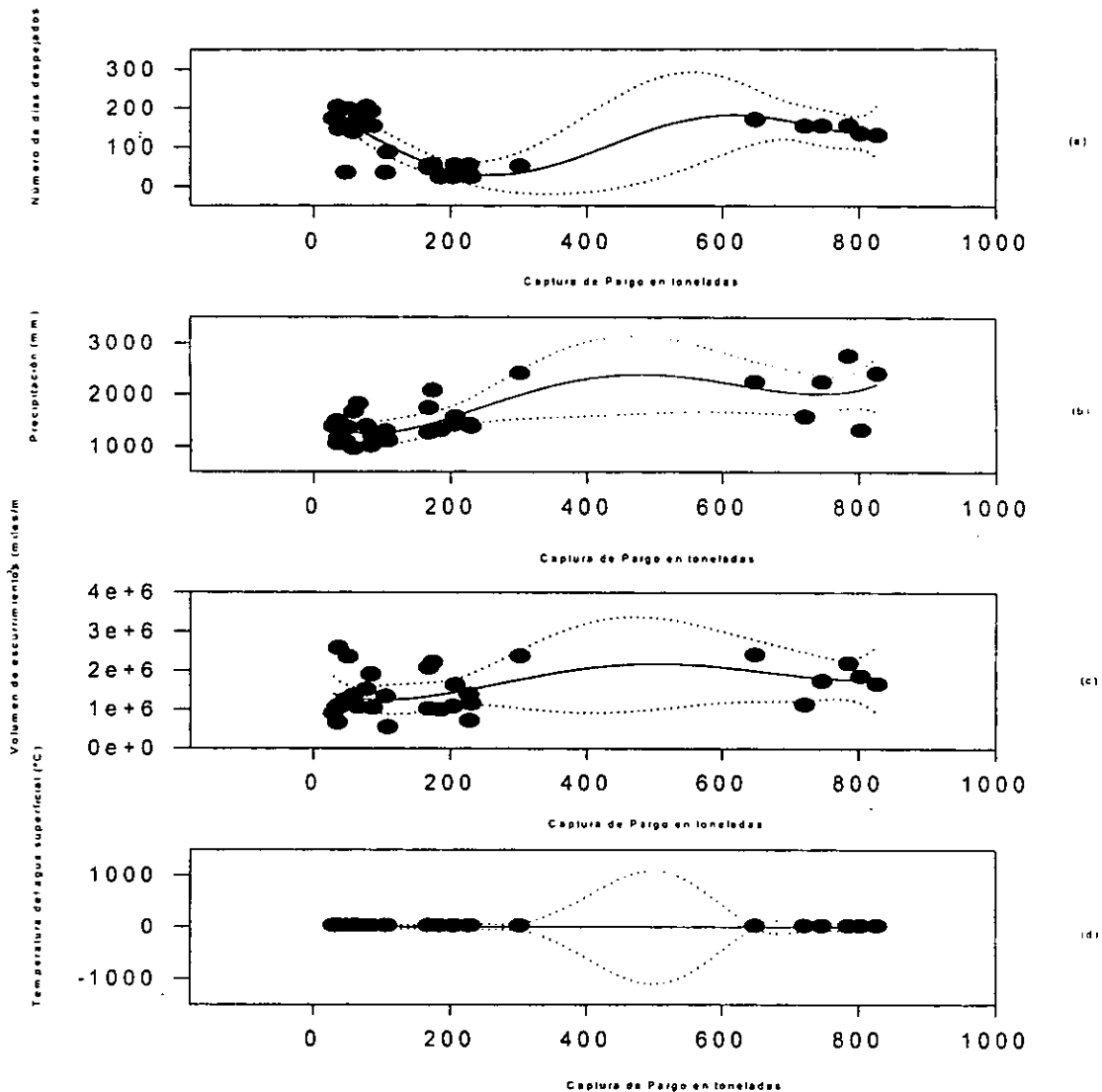


El análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*), se presenta en la tabla 247 y figura 306, en donde se indica, a través del orden de los polinomios, uno de los órdenes más altos que es el de 10; resultaron ser los modificadores de la salinidad, las variables forzantes del sistema, tal y como se calculó en el análisis de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 247. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Cd. del Carmen, con las variables ambientales.

	Días despejados	Precipitación	Descarga fluvial	Temp. del agua
Orden del polinomio	5	4	4	10
Regresión	$r^2 = 0.69$	$r^2 = 0.49$	$r^2 = 0.14$	$r^2 = -0.004$

Figura 306. Análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Cd. del Carmen. (a) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (b) captura vs precipitación, (c) captura vs descarga fluvial, (d) captura vs temperatura del agua.

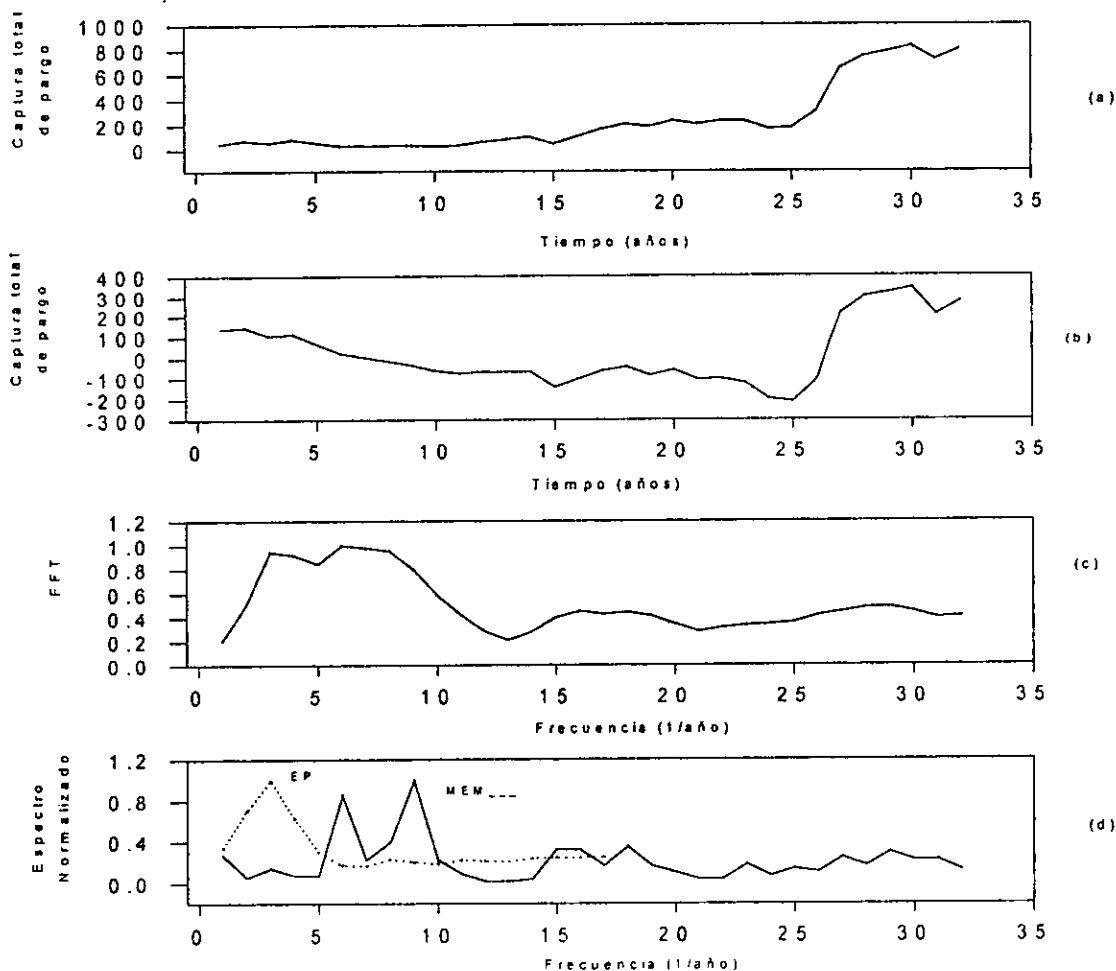


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de pargo (*Lutjanus spp.*), se muestran en la tabla 248 y figura 307; los ciclos de 2.2, 8 y 32 años podrían corresponder a dos de los periodos de actividad solar; el de 2.2 años estaría vinculado también con los periodos de recurrencia de los eventos El Niño; por último, los ciclos de 16, 12.7, 4.7 y 4.5 años podrían constituir armónicos de diversos órdenes que indican la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 248. Espectro de Máxima Entropía, transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de pargo (*Lutjanus spp.*) en Cd. del Carmen, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 8$ años	$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 12.7$ años	$T_2 = 32$ años	
$T_3 = 3.7$ años	$T_3 = 4.7$ años	
$T_4 = 4.5$ años	$T_4 = 3.7$ años	
$T_5 = 2.2$ años	$T_5 = 2.2$ años	

Figura 307. Series de Tiempo de la captura total de pargo (*Lutjanus spp.*) en Cd. del Carmen. (a) Serie Original, (b) Serie Sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



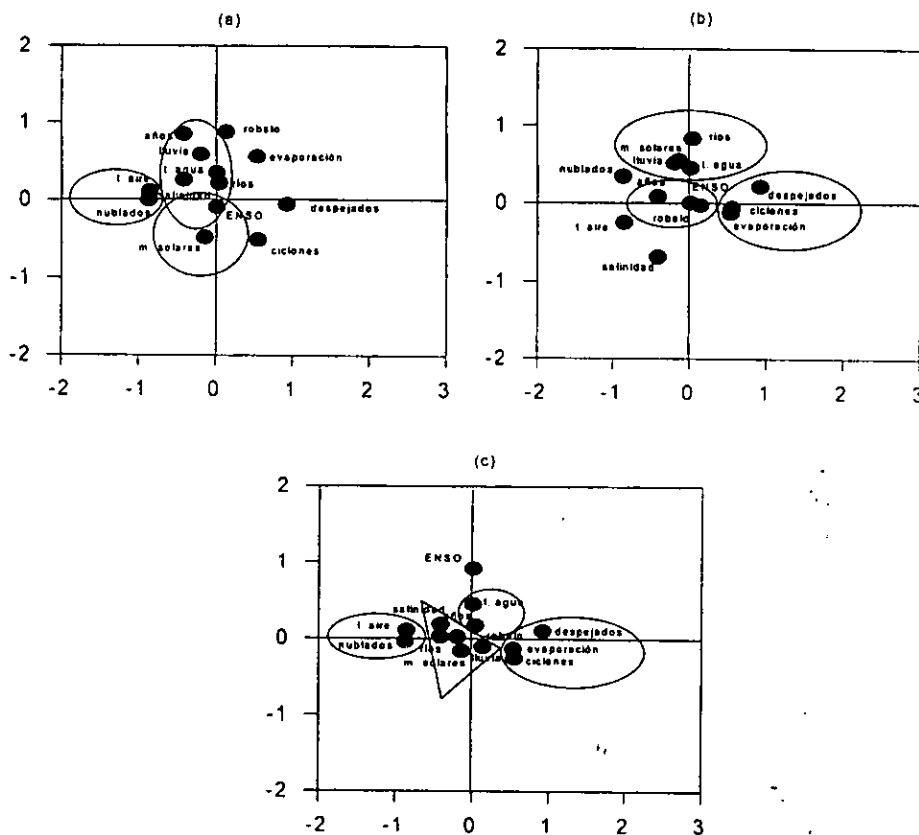
Robalo (*Centropomus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el robalo (*Centropomus*, spp.), que se muestra en la tabla 249 y figura 308, mostró los siguientes resultados: en la primera componente se observa una relación positiva para los días despejados y negativa para la salinidad, la temperatura del aire y los días con cobertura nubosa; en la segunda componente se observa una asociación directa entre la captura total y los ciclos de manchas solares; en la tercera componente hubo una relación positiva para las descargas fluviales, los ciclos de manchas solares, la precipitación y la temperatura del agua. Estos resultados indican que los volúmenes de captura del robalo están influenciados de manera importante por la salinidad y sus modificadores, en primera instancia, en donde se aprecia una influencia importante del Sol en el comportamiento de las precipitaciones, y en segunda, por la temperatura del agua y sus modificadores.

Tabla 249. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cd. del Carmen.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.72417179	28.6474753	3.72417179	28.6474753
Factor 2	2.68811348	20.677796	6.41228526	49.3252713
Factor 3	2.12246814	16.326678	8.5347534	65.6519492
Factor 4	1.18045409	9.08041607	9.71520749	74.7323653

Figura 308. Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) en Cd. del Carmen.

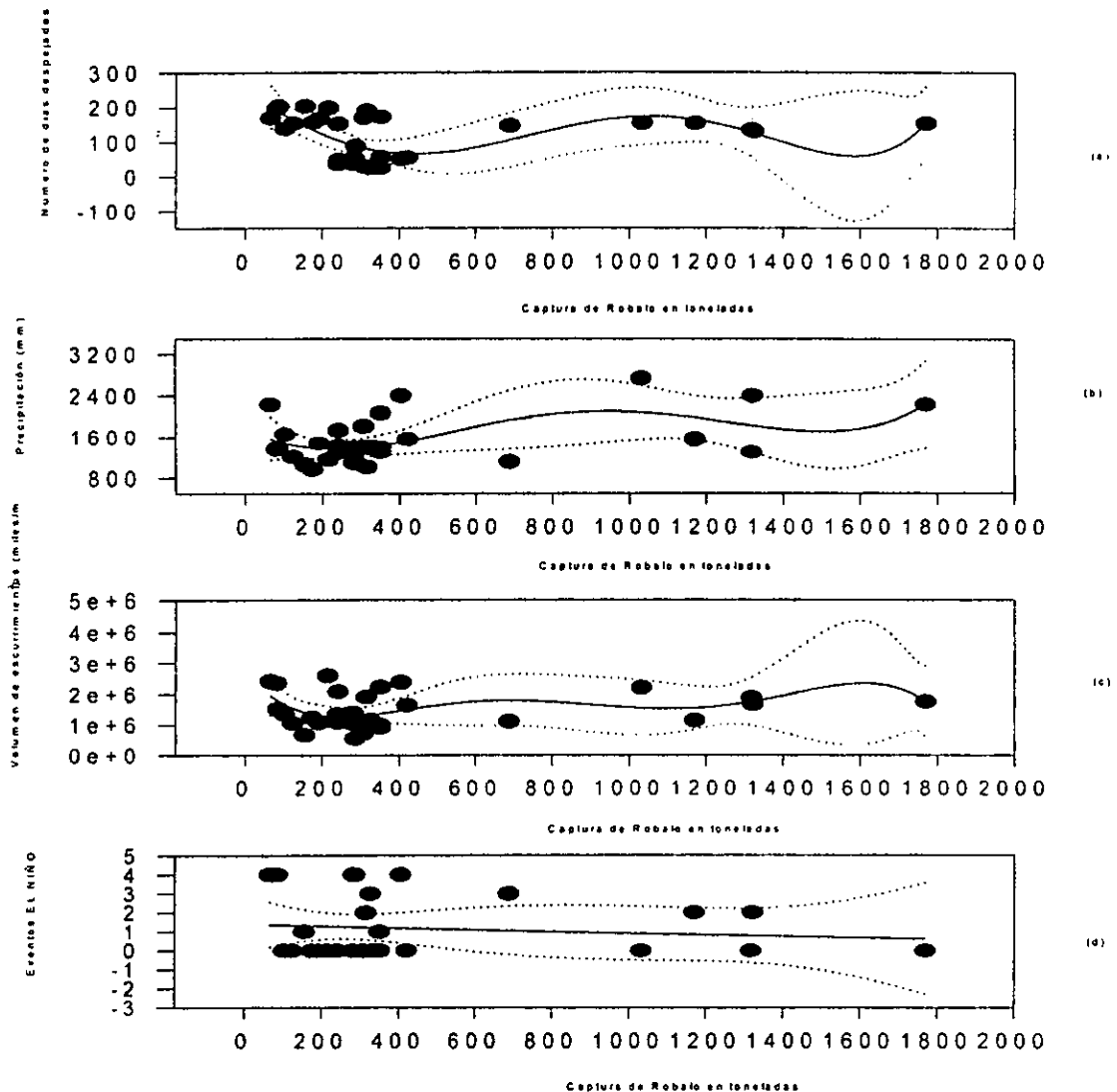


El análisis polinomial para la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.), se señala en la tabla 250 y figura 309, en donde, aunque dos de los órdenes polinomiales estimados fueron bajos, no significa que las relaciones del ecosistema sean simples, sino que fueron suficientes para representar matemáticamente las relaciones de dos variables dentro del ecosistema; de nueva cuenta los modificadores de la salinidad resultaron ser la función forzante del sistema. El intervalo de confianza fue del 95%.

Tabla 250. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Cd. del Carmen, con las variables ambientales.

	Días Despejados	Precipitación	Descarga Fluvial	eventos El Niño
Orden del polinomio	2	4	5	2
Regresión	$r^2 = 0.013$	$r^2 = 0.26$	$r^2 = 0.14$	$r^2 = 0.01$

Figura 309. Análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Cd. del Carmen. (a) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (b) captura vs precipitación, (c) captura vs descarga fluvial, (d) captura vs eventos El Niño.

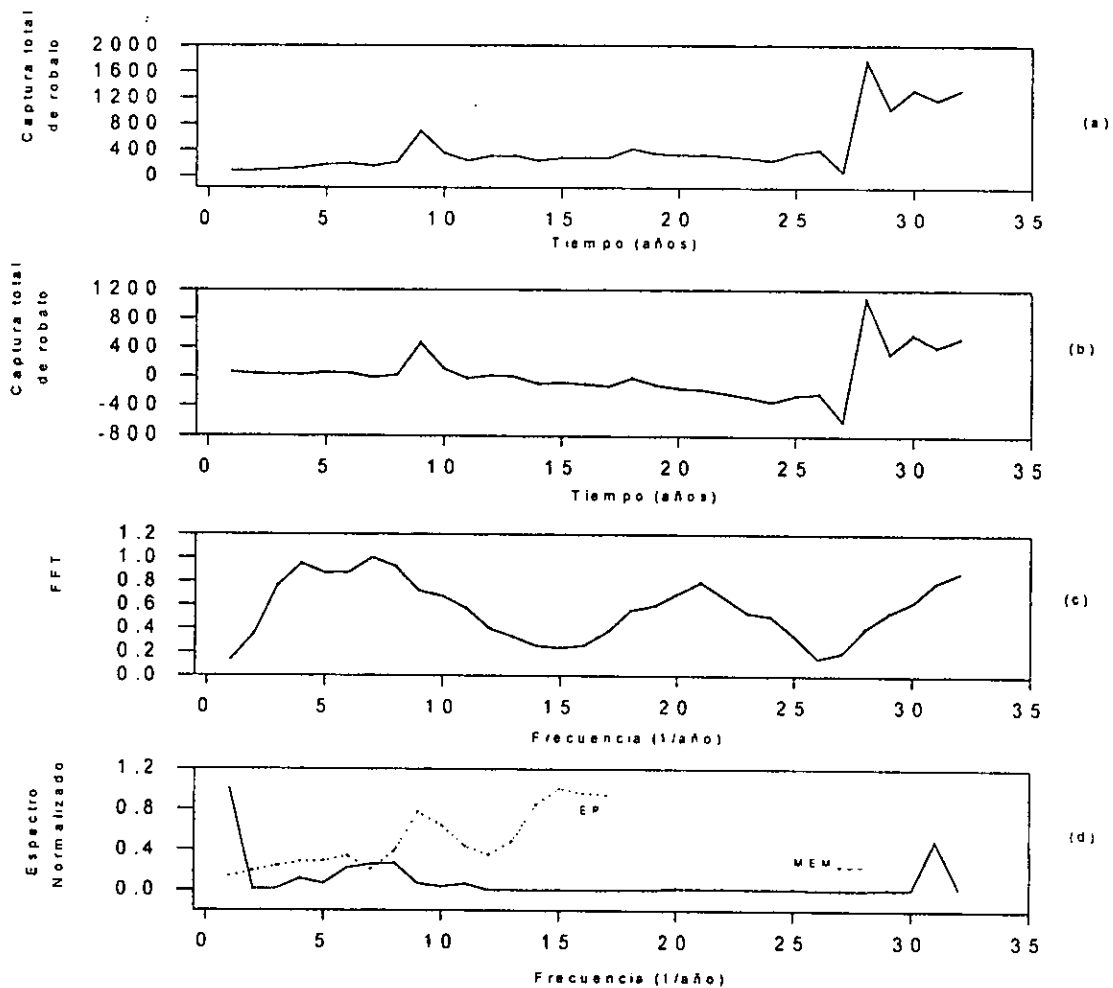


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de robalo (*Centropomus spp.*), se muestran en la tabla 251 y figura 310; los ciclos de 2.1, 3.2, 10.6 y 21.3 años, corresponden a cuatro de los períodos de actividad solar, mientras que los ciclos de 2.6; 6.4 y 10.6 equivalen también a períodos de recurrencia de los eventos El Niño. Por último, el ciclo de 4 años podría corresponder a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 251. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de robalo (*Centropomus spp.*) en Cd. del Carmen, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.1$ años	$T_1 = 21.3$ años	$T_1 = 2.2$ años
$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 4$ años
	$T_3 = 2.6$ años	$T_3 = 6.4$ años
	$T_4 = 3.2$ años	

Figura 310. Series de Tiempo de la captura total de robalo (*Centropomus spp.*) en Cd. del Carmen. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



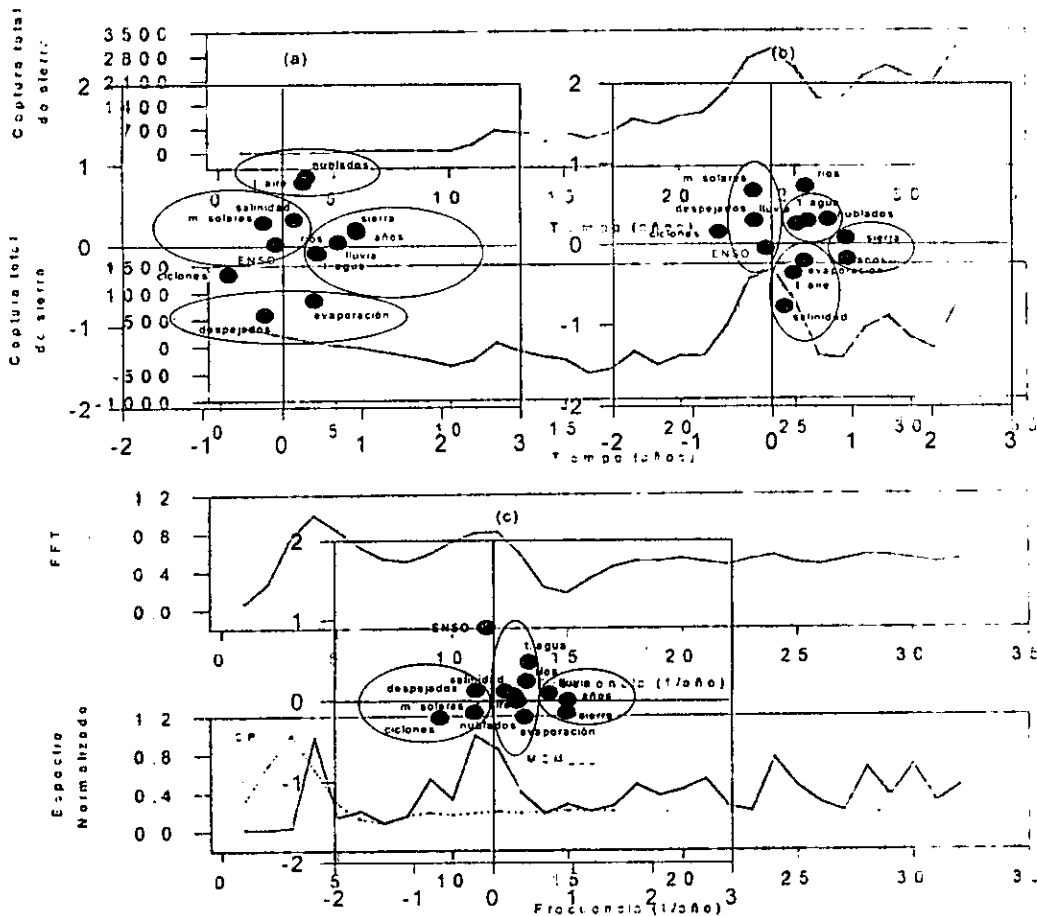


Sierra (*Scomberomorus*, spp) series de Series de Tiempo de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp) mostrada en la tabla 254 y figura 313; los ciclos de 2.2, 2.7 y 21.3 años son los más importantes. El análisis de componentes principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp), se muestra en la tabla 252 y figura 311, en donde la primera componente señala una relación positiva entre la captura total y la variabilidad anual de la precipitación, en la segunda componente, hay otra relación positiva para la cobertura nubosa y la temperatura de aire por último, en la tercera componente se muestra una relación negativa para la salinidad, además de una relación inversa entre la evaporación y los ciclos de manchas solares. Se puede afirmar entonces que los volúmenes de captura de la sierra se encuentran estrechamente vinculados, de manera inversa y en primer lugar con la salinidad y sus modificadores, entre los que destacan la influencia de los ciclos de manchas solares.

Tabla 252. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cd. del Carmen.

Máxima Entropía		Transformada de Fourier	
Eigenvalores		Eigenvalores	
T <sub>1</sub> = 21.3 años		T <sub>1</sub> = 6.4 años	
T <sub>3</sub> = Eigenvalores		% de Varianza Total	
T <sub>4</sub> = 2.2 años		T <sub>4</sub> = 2.2 años	
Factor	Eigenvalor	% de Varianza Total	% Acumulación
Factor 1	4.21986931	32.4605331	32.4605331
Factor 2	2.57074927	19.7749944	52.2355275
Factor 3	1.86946517	14.3805013	66.6160289
Factor 4	1.23116797	9.47052284	76.0865517

Figura 311. Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Cd. del Carmen.

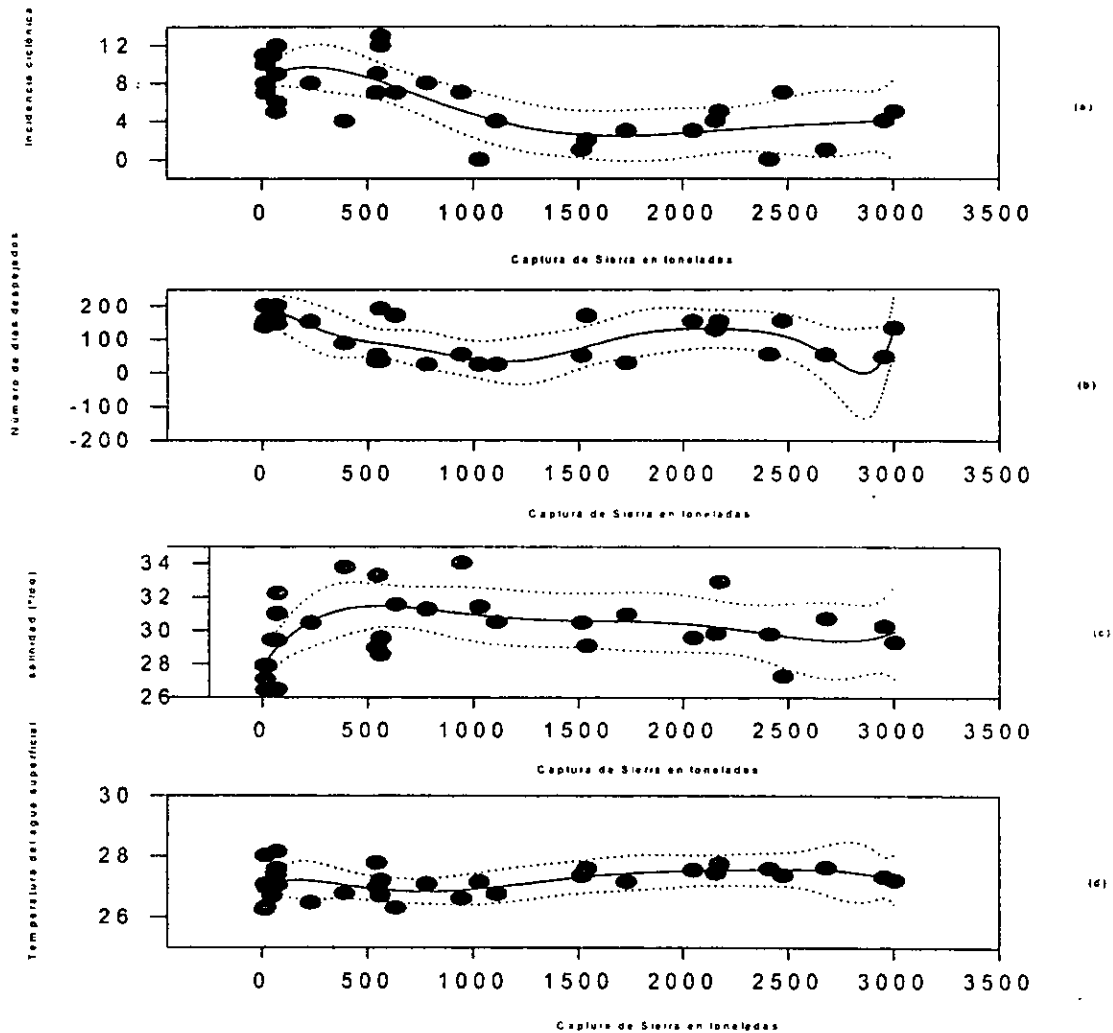


El análisis polinomial de la captura total de la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestra en la tabla 253 y figura 312; los ordenes polinomiales alcanzados fueron de los más altos, lo cual es un indicador de que la expresión matemática necesaria para explicar las relaciones de las diferentes variables del ecosistema es compleja, tal y como lo son dentro del ecosistema; en este caso los modificadores, tanto de la salinidad como de la temperatura, resultaron ser las funciones forzantes del ecosistema. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 253. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Cd. del Carmen, con las variables ambientales.

	Ciclones	Días despejados	Salinidad	Temp. del agua
Orden del polinomio	5	9	5	7
Regresión	$r^2 = 0.53$	$r^2 = 0.56$	$r^2 = 0.33$	$r^2 = 0.22$

Figura 312. Análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Cd. del Carmen. (a) captura vs incidencia ciclónica, (b) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (c) captura vs salinidad, (d) captura vs temperatura del agua.

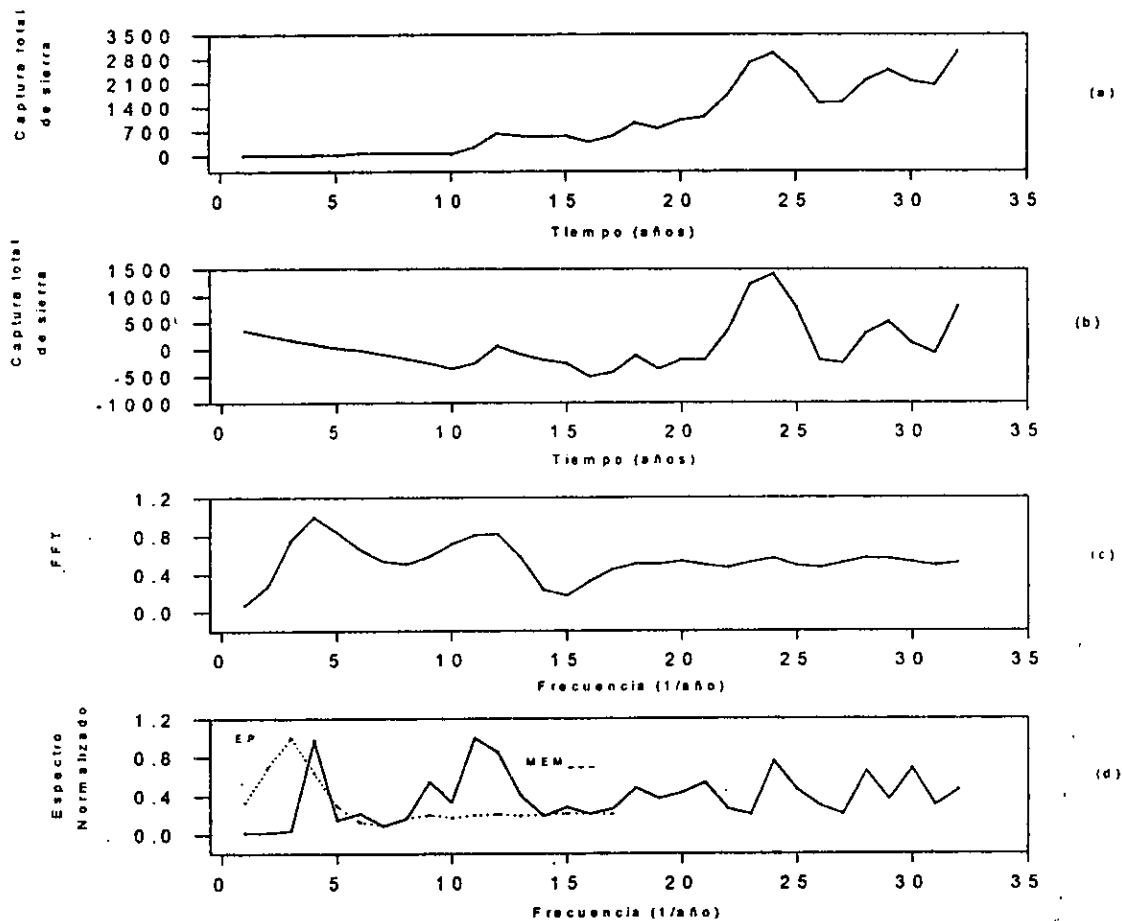


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de sierra (*Scomberomorus* spp.), se muestran en la tabla 254 y figura 313; los ciclos de 2.2, 2.7 y 21.3 años, corresponden a tres de los ciclos de actividad solar, mientras que el de 2.2 años, es equivalente a uno de los de recurrencia de los eventos El Niño; por último, el de 16 años podría ser un armónico secundario de la edad promedio de captura de los individuos de esta población; en lo que se refiere a los de 3.7 y 6.4 años, podrían constituir armónicos secundarios de otros ciclos.

Tabla 254. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de sierra (*Scomberomorus* spp.) en Cd. del Carmen, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 6.4$ años	$T_1 = 21.3$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 21.3$ años	$T_2 = 6.4$ años	
$T_3 = 2.7$ años	$T_3 = 2.7$ años	
$T_4 = 2.2$ años	$T_4 = 2.2$ años	
$T_5 = 3.7$ años		

Figura 313. Series de Tiempo de la captura total de sierra (*Scomberomorus* spp.) en Cd. del Carmen. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



g) Progreso, Yucatán.

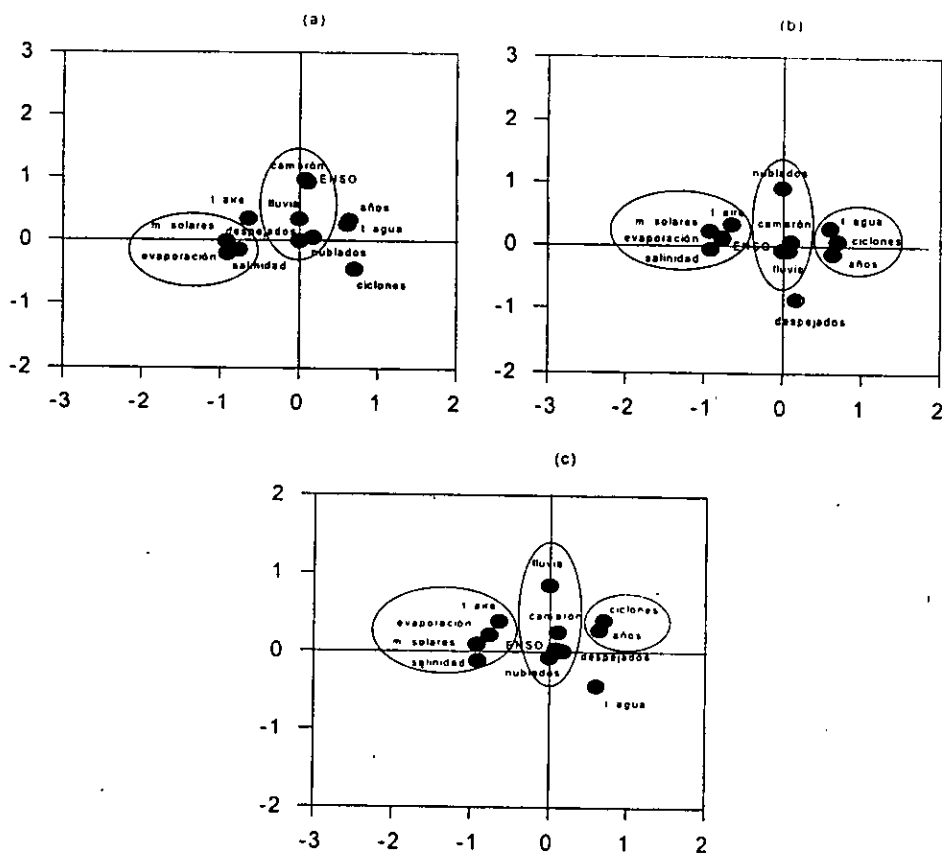
Camarón (*Penaeus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el camarón (*Penaeus*, spp.), se muestra en la tabla 255 y la figura 314, en donde la primera componente resultó positiva para la temperatura del agua y la incidencia ciclónica y negativa para la salinidad, la evaporación y los ciclos de manchas solares; la segunda componente fue positiva para los eventos El Niño y la captura total de camarón; en la tercera componente se aprecia una relación inversa entre los días nublados y los días despejados.

Tabla 255. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso, Yucatán.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.16538825	34.7115687	4.16538825	34.7115687
Factor 2	2.58823328	21.5686107	6.75362153	56.2801794
Factor 3	1.78927075	14.9105896	8.54289228	71.190769
Factor 4	1.21282668	10.106889	9.75571896	81.297658

Figura 314. Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso, Yucatán.

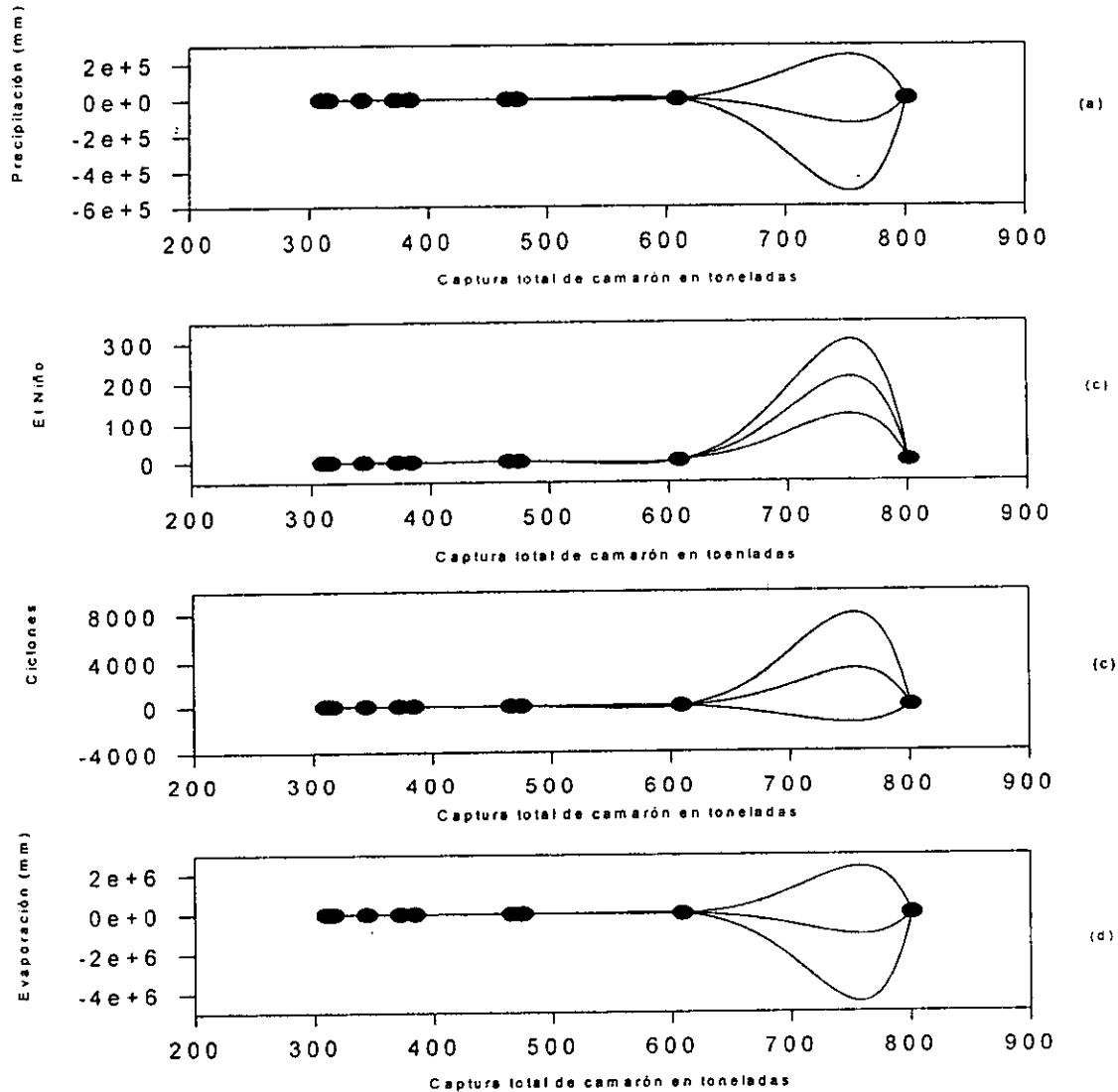


El análisis polinomial de la captura total de camarón (*Penaeus, spp.*), se indica en la tabla 256 y figura 315, en donde se muestran los altos ordenes polinomiales requeridos desde el punto de vista matemático para expresar las complejas relaciones existentes en el ecosistema y resultan ser, los modificadores de la salinidad la función forzante del ecosistema. El un intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 256. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de camarón (*Penaeus, spp.*) en Progreso, con las variables ambientales.

	Precipitación (mm)	eventos El Niño	Ciclones	Evaporación (mm)
Orden del polinomio	7	7	7	8
Regresión	$r^2 = 0.91$	$r^2 = 0.99$	$r^2 = 0.88$	$r^2 = 0.91$

Figura 315. Análisis polinomial de la captura total de camarón (*Penaeus, spp.*) en Progreso. (a) captura vs precipitación (mm), (b) captura vs eventos El Niño, (c) captura vs incidencia ciclónica, (d) captura vs evaporación (mm).



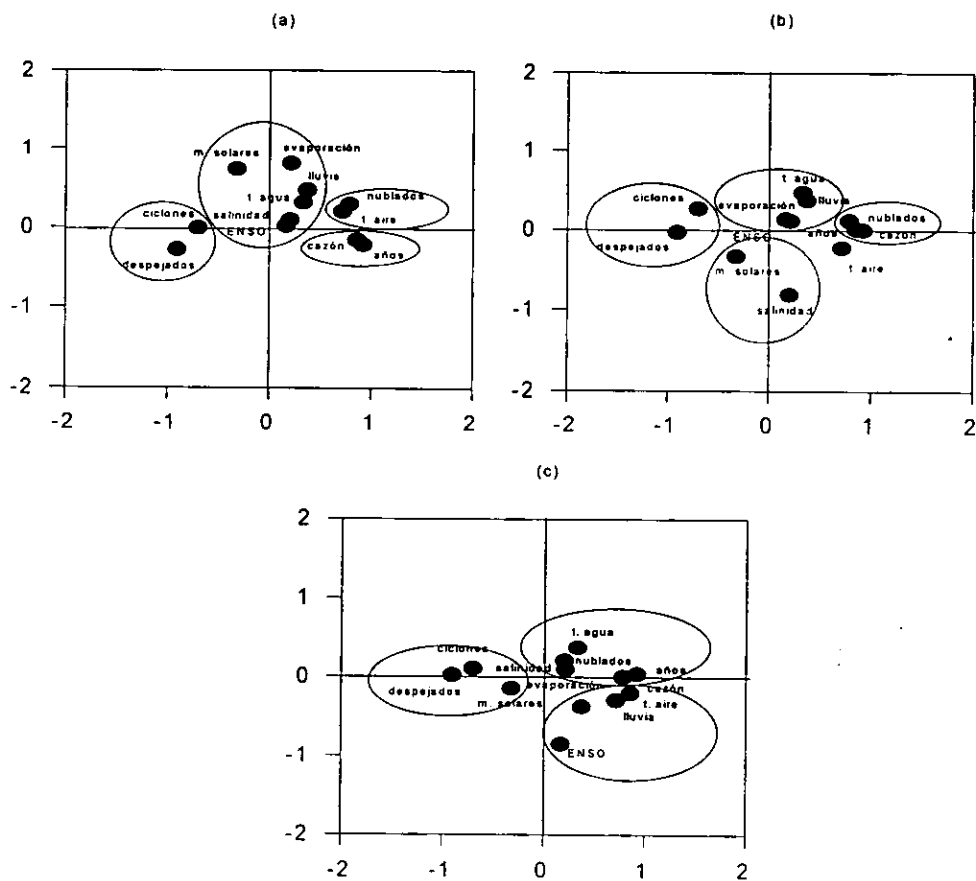
Cazón (*Rhizoprionodon*, spp.)

El análisis de componentes principales de la captura de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se presenta en la tabla 257 y figura 316, en donde se señala que la primera componente es positiva para la temperatura del aire y la captura total del cazón y negativa para la incidencia ciclónica; en la segunda componente se observa una relación positiva para la evaporación y los ciclos de manchas solares. A partir de estos resultados se puede señalar que las captura de cazón se encuentran influenciadas tanto por la temperatura del agua y sus modificadores como por la salinidad y sus modificadores; cabe señalar que los ciclos de manchas solares inciden como una función forzante del sistema.

Tabla 257. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso, Yucatán.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	38.8289664	38.8289664	4.65947597	38.8289664
Factor 2	14.3715305	14.3715305	6.38405963	53.2004969
Factor 3	10.9947401	10.9947401	7.70342844	64.195237
Factor 4	9.18130064	9.18130064	8.80518452	73.3765376

Figura 316. Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

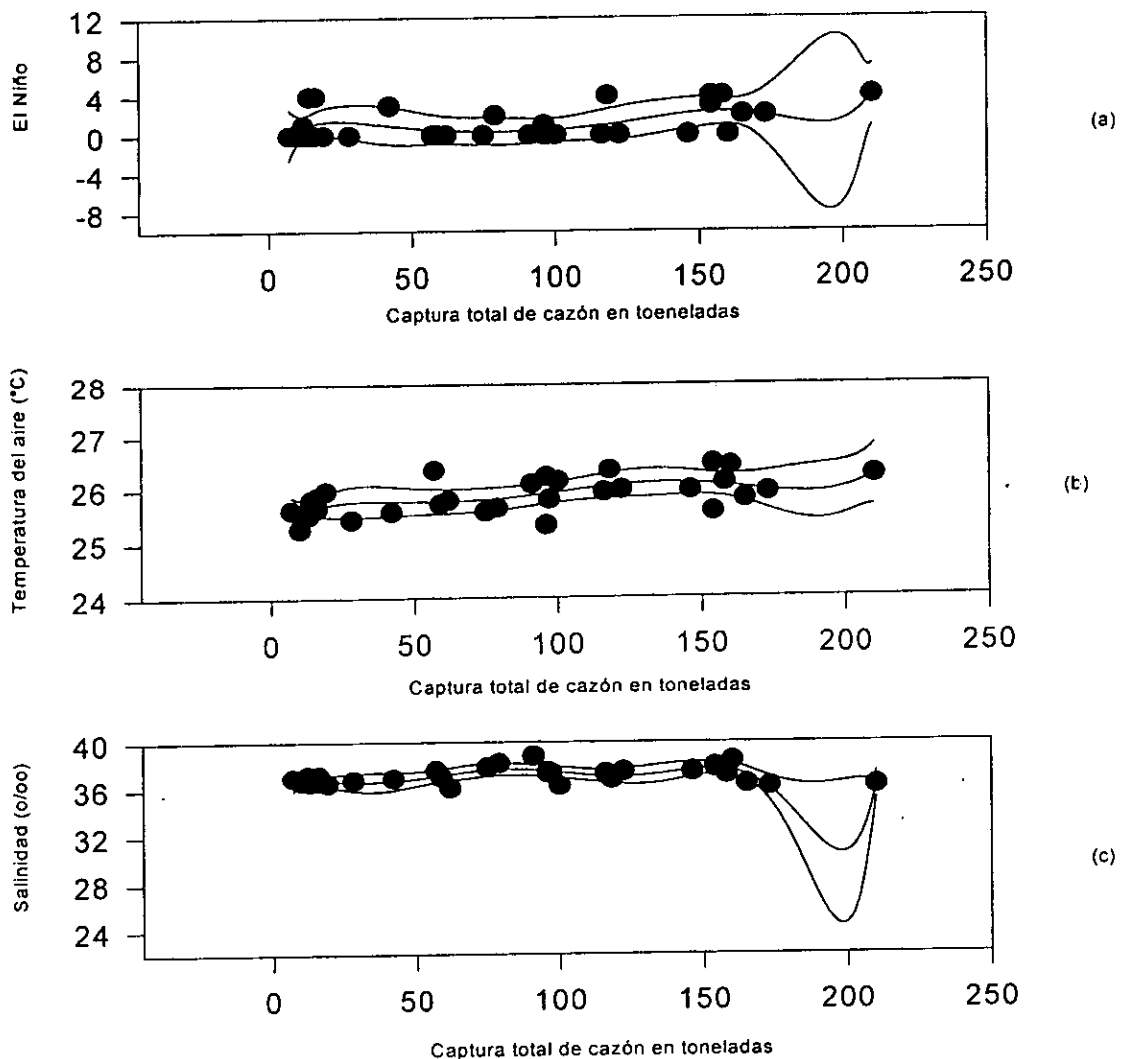


El análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestra en la tabla 258 y figura 317; es factible observar que se requieren de ordenes polinomiales altos para explicar las complejas relaciones existentes en el ecosistema, en el que resultó la ocurrencia de los eventos El Niño, una de las principales funciones forzantes del ecosistema. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 258. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Progreso, con las variables ambientales.

	Eventos El Niño	Temp. del aire	Salinidad
Orden del polinomio	8	5	7
Regresión	$r^2 = 0.47$	$r^2 = 0.36$	$r^2 = 0.27$

Figura 317. Análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Progreso. (a) captura vs eventos El Niño, (b) captura vs temperatura del aire, (c) captura vs salinidad.

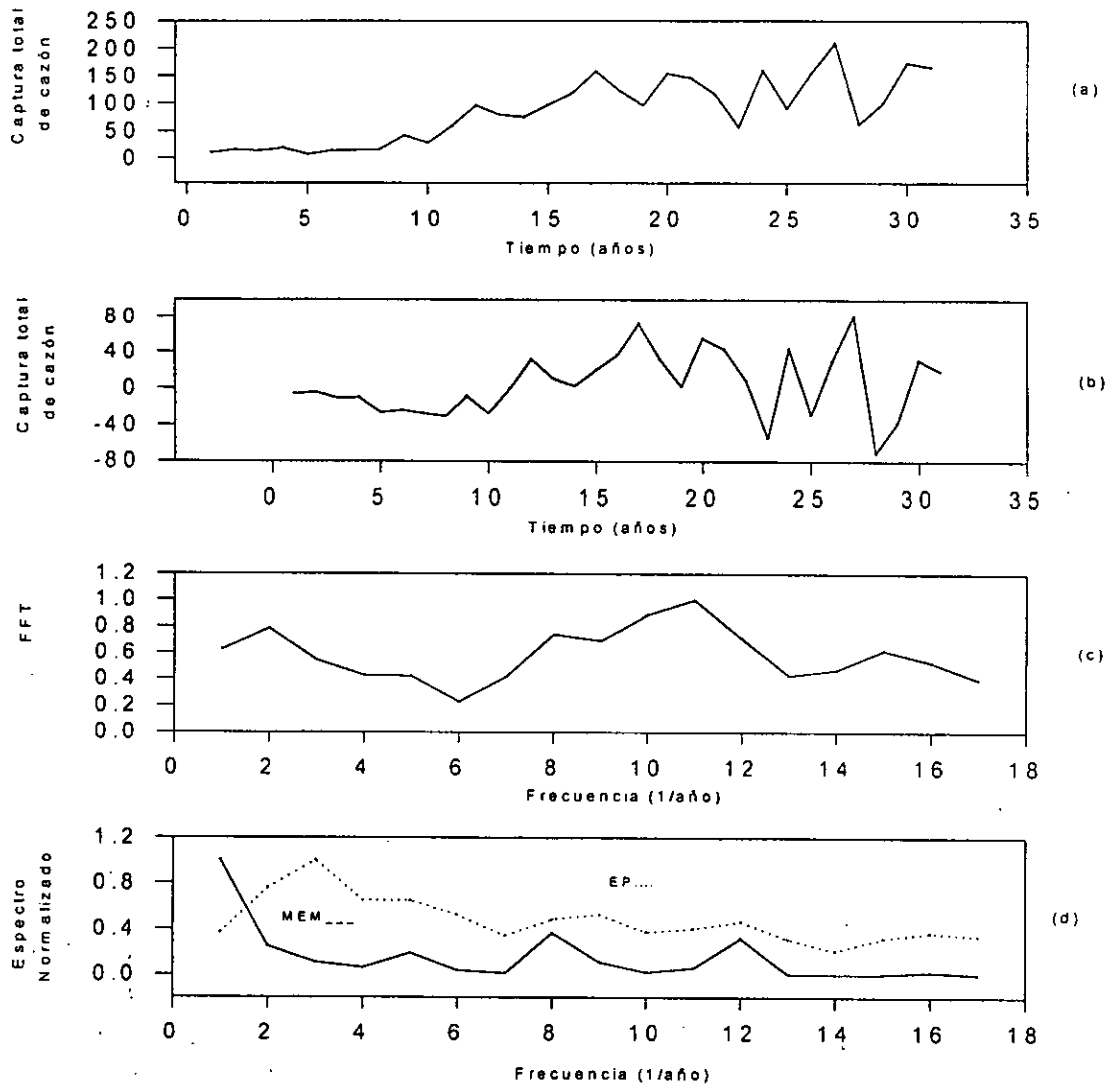


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestran en la tabla 259 y figura 318; los ciclos de 2.2, 2.9, 3.2, 8 y 32 años son equivalentes a cinco de los períodos de actividad solar; de 16 años podría constituir un armónico secundario del ciclo de 4.0 años que correspondería a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 259. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Progreso, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 4.5$ años	$T_1 = 3.2$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.9$ años	$T_2 = 32$ años	$T_2 = 4$ años
$T_3 = 8$ años	$T_3 = 2.2$ años	$T_3 = 2.9$ años

Figura 318. Series de Tiempo de captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Progreso. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





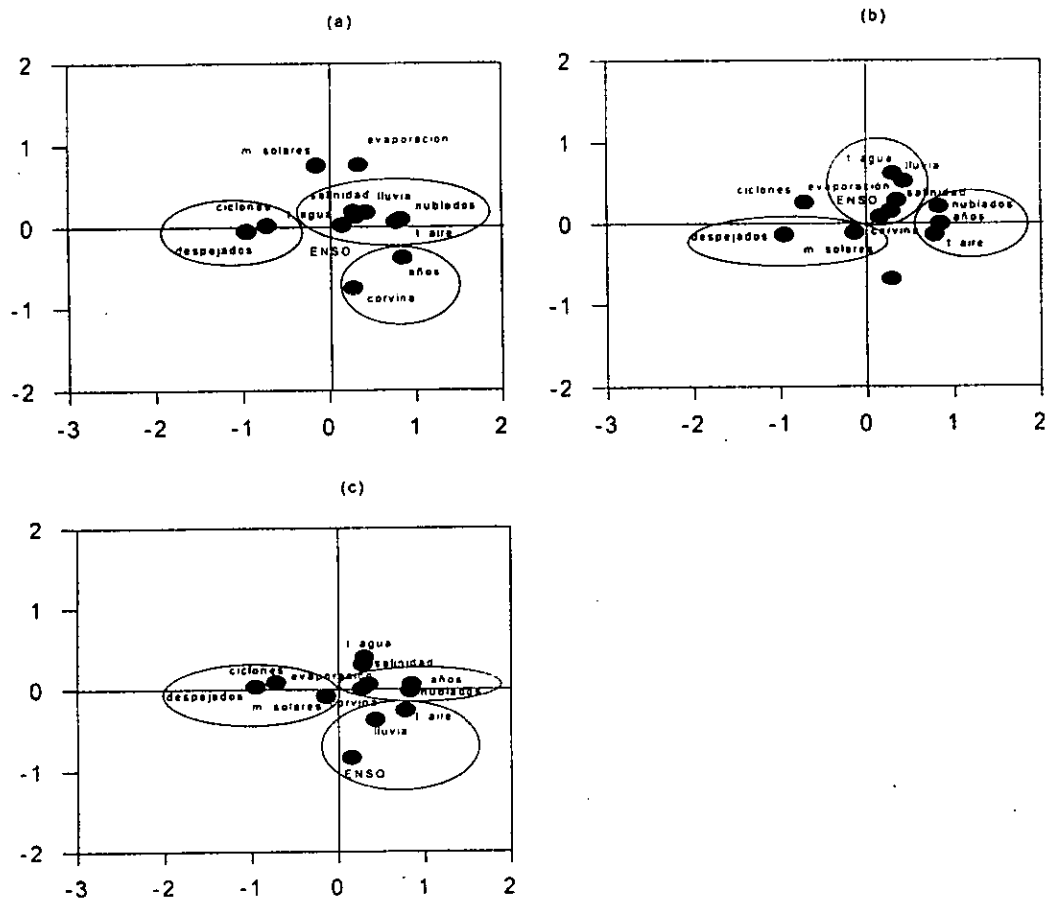
Corvina (*Sciaenops, spp.*)

El análisis de componentes principales para la corvina (*Sciaenops, spp.*), se muestran en la tabla 260 y figura 319; la primera componente es positiva para la temperatura del aire, la precipitación y los días nublados y negativa para la incidencia ciclónica y los días despejados; se observa por otro lado, una relación inversa entre la captura total de corvina y los ciclos de manchas solares; la tercera componente es positiva para la ocurrencia de los eventos El Niño. Se puede afirmar entonces, que la captura de la corvina está influenciada de manera importante tanto por la temperatura y sus modificadores como por la salinidad y sus modificadores.

Tabla 260. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la corvina (*Sciaenops, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.09987284	34.165607	4.09987284	34.165607
Factor 2	1.98852928	16.5710773	6.08840212	50.7366843
Factor 3	1.37171669	11.4309724	7.46011881	62.1676567
Factor 4	1.10090196	9.17418298	8.56102077	71.3418397

Figura 319. Análisis de Componentes Principales para la corvina (*Sciaenops, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

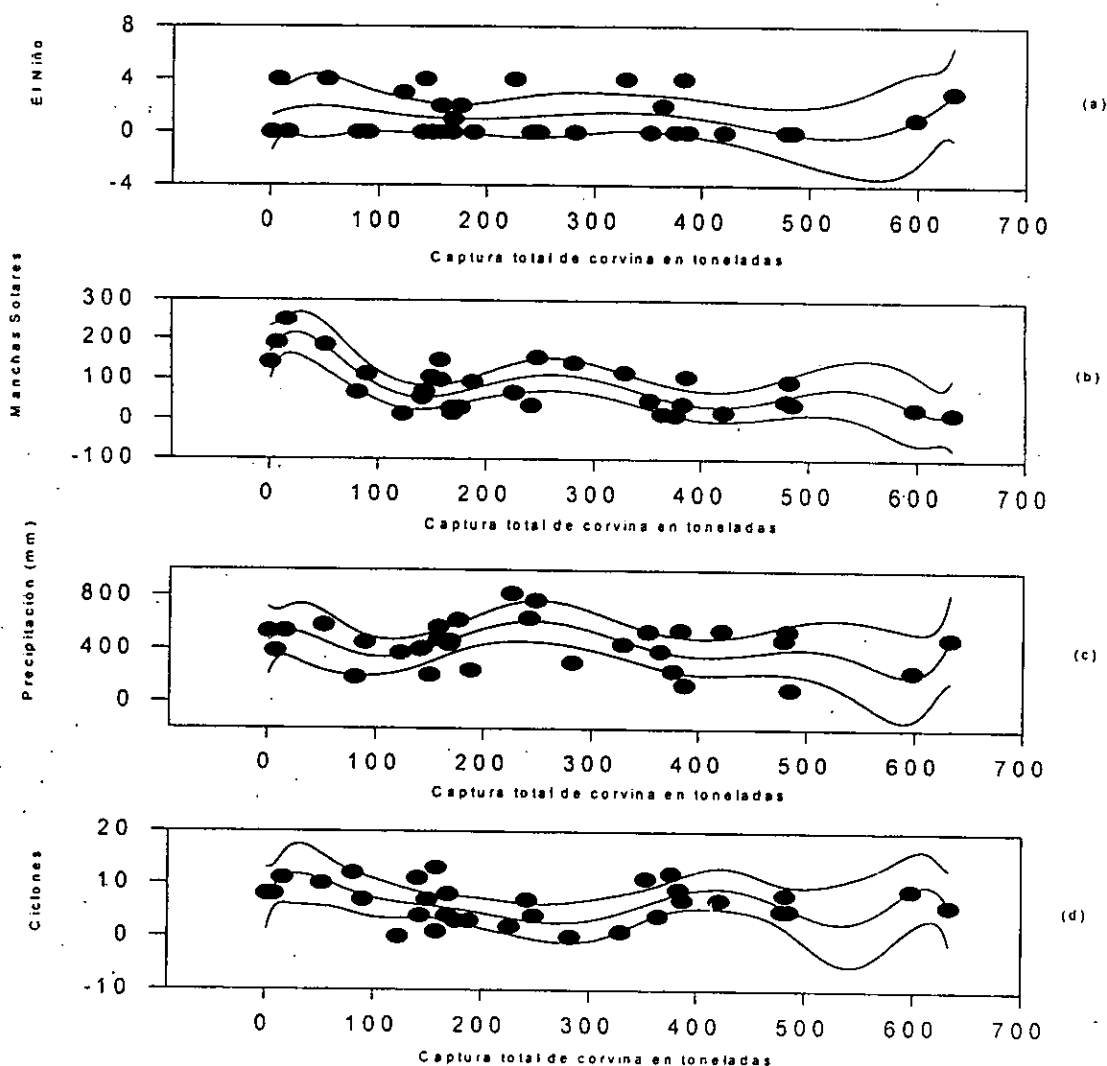


El análisis polinomial de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*), se muestra en la tabla 261 y figura 320, en donde se estimaron altos órdenes polinomiales para poder expresar matemáticamente las complejas relaciones existentes en el ecosistema, dentro del cual, los ciclos de manchas solares como modificadores de las diferentes variables constituyeron un factor determinante. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 261. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Progreso, con las variables ambientales.

	Eventos El Niño	Manchas Solares	Precipitación (mm)	Ciclones
Orden del polinomio	7	7	7	8
Regresión	$r^2 = 0.12$	$r^2 = 0.61$	$r^2 = 0.27$	$r^2 = 0.32$

Figura 320. Análisis polinomial de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Progreso. (a) captura vs eventos El Niño, (b) captura vs manchas solares, (c) captura vs precipitación, (d) captura vs ciclones.

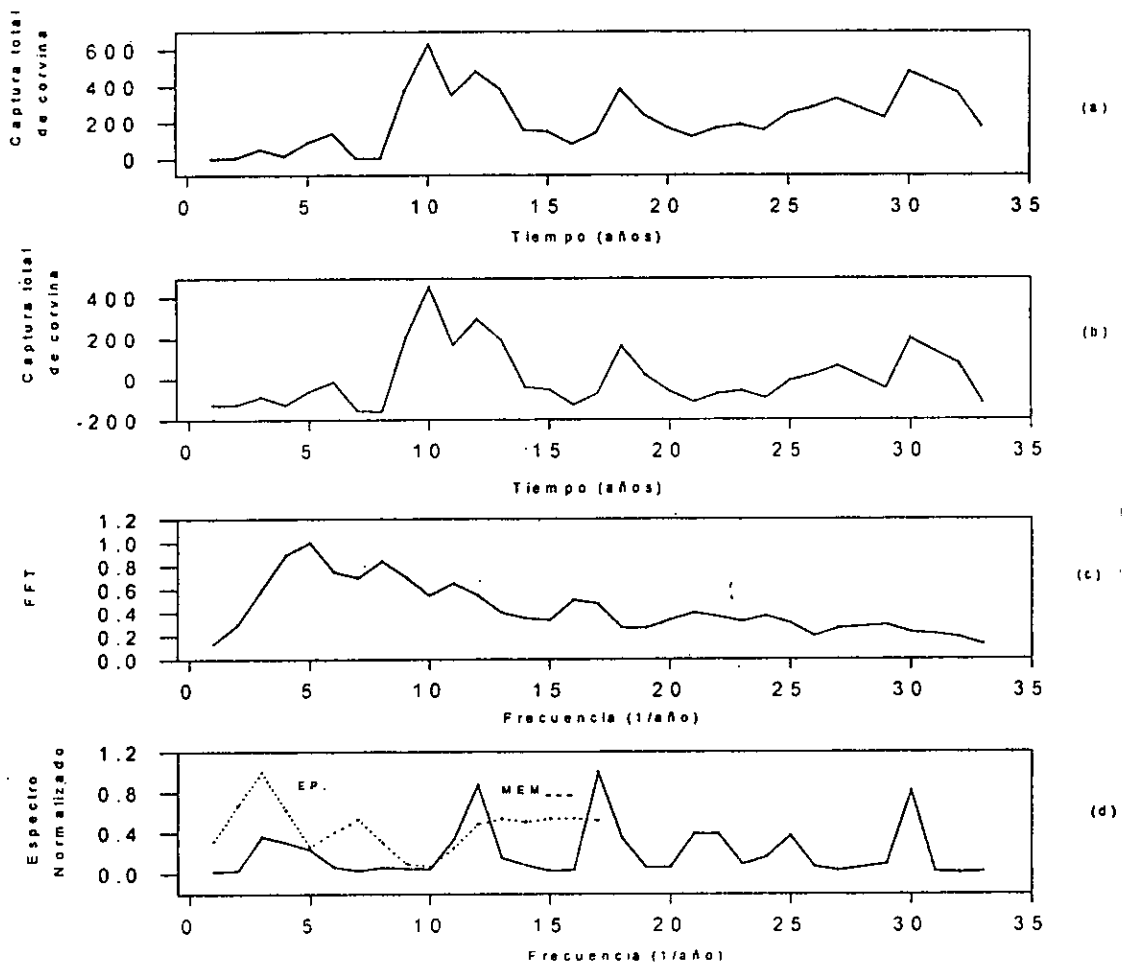


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo del volumen de captura total de corvina (*Sciaenops, spp*), se muestran en la tabla 262 y figura 321; los ciclos de 2.2, 3.2, 5.3 y 32 años corresponden a ciclos de actividad solar, mientras que los de 2.2, 5.8 y 9.1 años son equivalente a los periodos de recurrencia de los eventos El Niño; por último, el de 4.2 años podría corresponder a la edad promedio de captura de estos individuos y el de 16 años sería un armónico secundario del ciclo anterior.

Tabla 263. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia del volumen de captura total de corvina (*Sciaenops, spp*). en Progreso, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 4$ años	$T_1 = 16$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 5.8$ años	$T_2 = 9.1$ años	$T_2 = 5.3$ años
$T_3 = 2.2$ años	$T_3 = 6.4$ años	$T_3 = 2.9$ años
$T_4 = 32$ años	$T_4 = 4.2$ años	
$T_5 = 2.6$ años	$T_5 = 3.2$ años	

Figura 321. Series de Tiempo del volumen de captura total de corvina (*Sciaenops, spp*). en Progreso. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de potencia y Máxima Entropía.



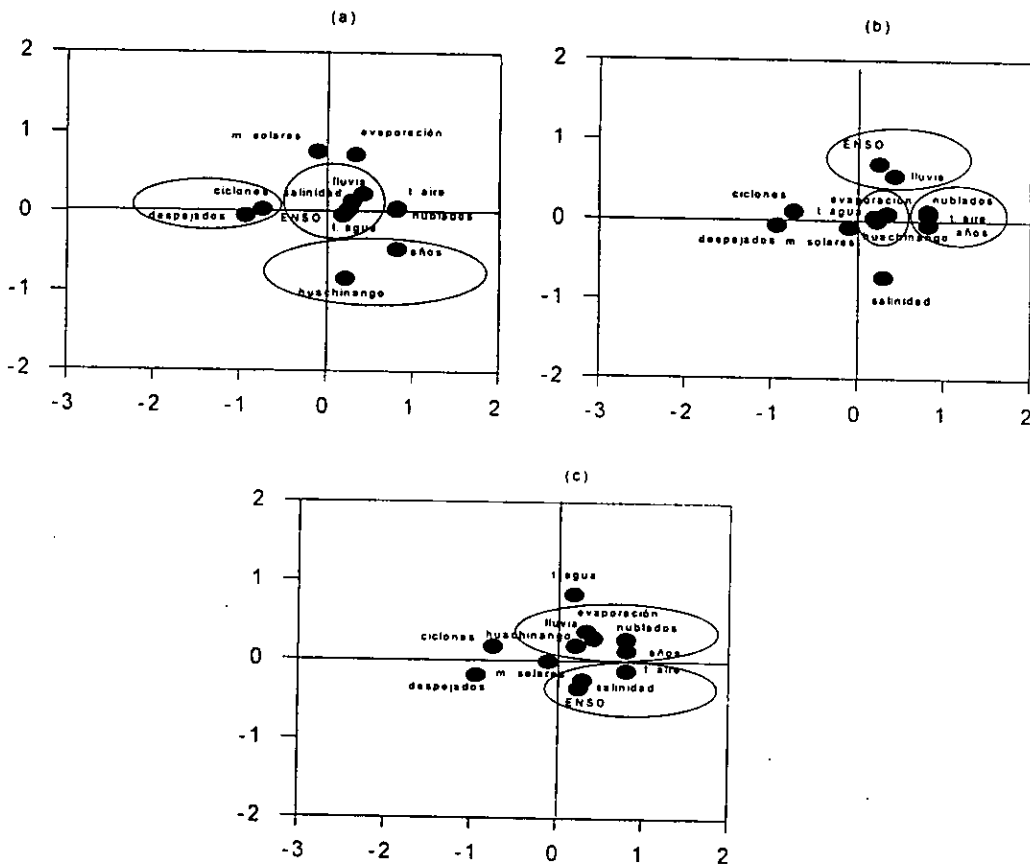
Huachinango (*Lutjanus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.), se muestra en la tabla 264 y figura 322, donde la primera componente es positiva para los días nublados y negativa para los días despejados y la incidencia ciclónica; la segunda componente es positiva para los ciclos de manchas solares y la evaporación mientras que lo es negativa para la captura del huachinango; en la tercera componente se observa una relación positiva para los eventos El Niño y la precipitación y negativa para la salinidad. Los resultados indican que la captura del huachinango se ve inversamente modificada por la salinidad y sus modificadores, entre los que se destacan, de manera importante, los ciclos de manchas solares.

Tabla 264. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.10013345	34.1677787	4.10013345	34.1677787
Factor 2	2.09001113	17.4167594	6.19014458	51.5845382
Factor 3	1.36095899	11.3413249	7.55110357	62.9258631
Factor 4	1.12329165	9.36076387	8.67439524	72.286627

Figura 322. Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

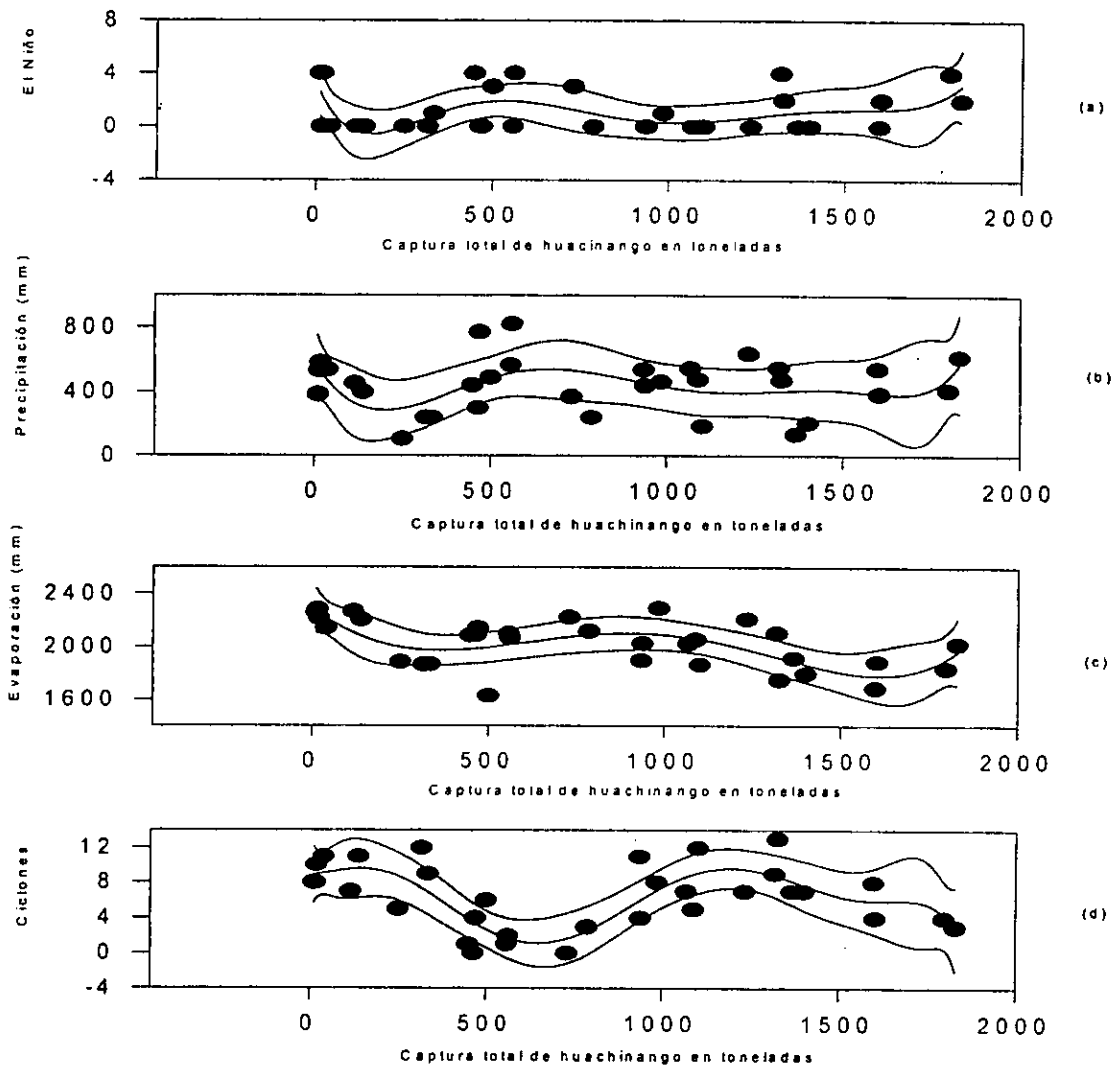


El análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*), se muestra en la tabla 265 y figura 323, en donde se expresaron los altos órdenes polinomiales requeridos para expresar matemáticamente las complejas relaciones existentes dentro del ecosistema, en el que los modificadores de la salinidad resultaron ser una de las funciones forzantes más importantes. El un intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 265. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Progreso, con las variables ambientales.

	eventos El Niño	Precipitación (mm)	Evaporación (mm)	Ciclones
Orden del polinomio	7	7	6	7
Regresión	$r^2 = 0.30$	$r^2 = 0.18$	$r^2 = 0.45$	$r^2 = 0.56$

Figura 323. Análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Progreso. (a) captura vs eventos El Niño, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs evaporación, (d) captura vs captura incidencia ciclónica.

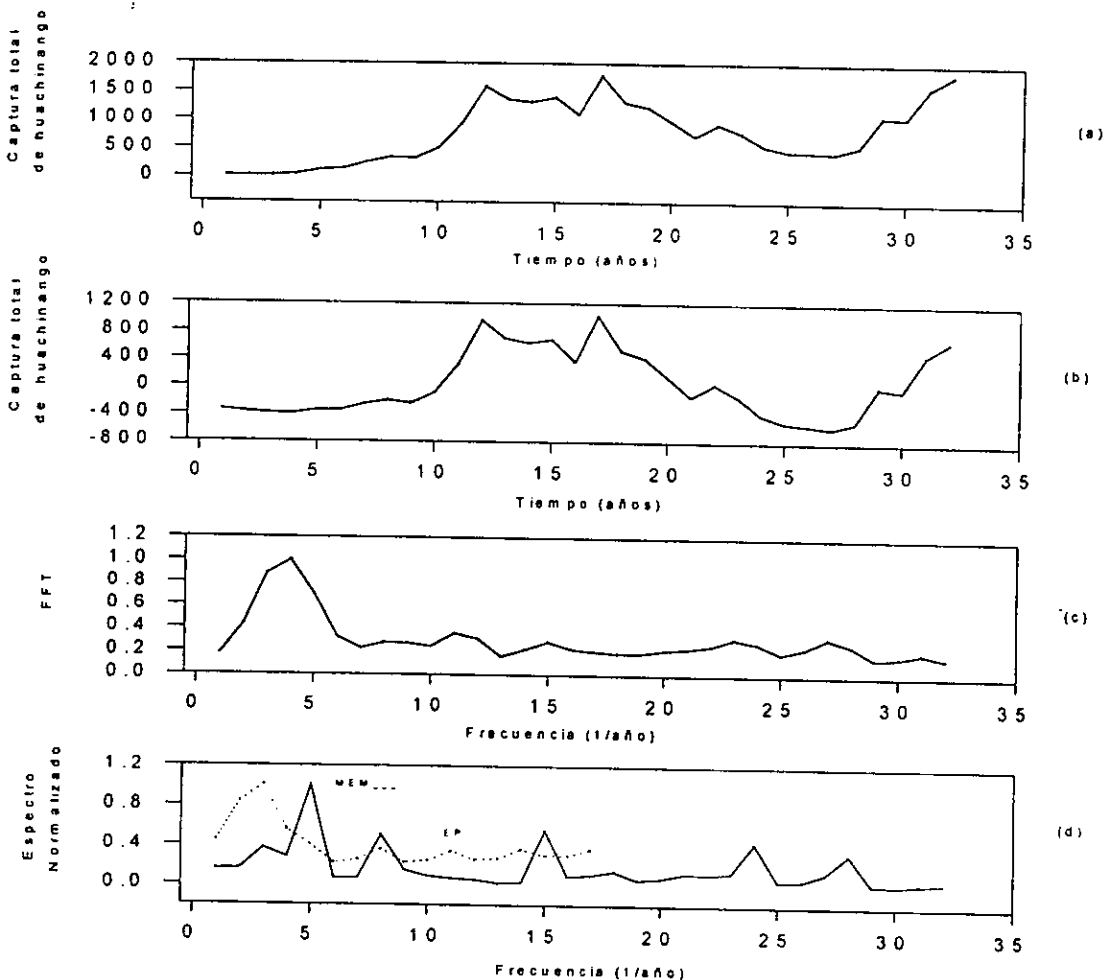


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp.), se muestran en la tabla 266 y figura 324, donde los ciclos de 2.3 y 21.3 años corresponden a ciclos de actividad solar, mientras que los de 2.3 y 9.1 años podrían vincularse a los períodos de recurrencia de los eventos El Niño. Por último, el ciclo de 16 años podría ser un armónico secundario del ciclo de 4.5 años que correspondería a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 266. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp.) en Progreso, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 16$ años	$T_1 = 21.3$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 4.5$ años	$T_2 = 6.4$ años	$T_2 = 4.5$ años
$T_3 = 9.1$ años	$T_3 = 2.7$ años	$T_3 = 3.2$ años
$T_4 = 2.7$ años	$T_4 = 2.4$ años	$T_4 = 2.4$ años
$T_5 = 2.3$ años		

Figura 324. Series de Tiempo de la captura total de huachinango (*Lutjanus*, spp) en Yucatán. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



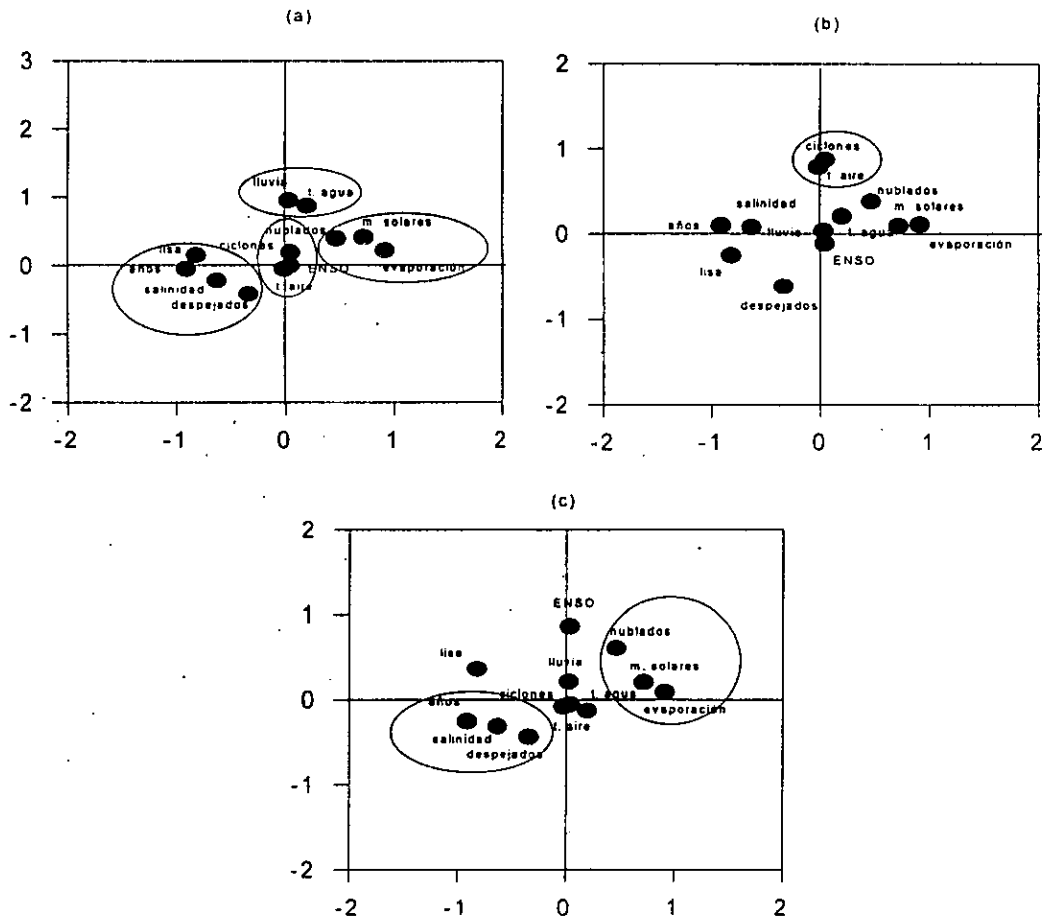
Lisa (*Mugil, spp.*)

El análisis de componentes principales para la lisa (*Mugil, spp.*), se muestra en la tabla 267 y figura 325, en donde la primera componente es positiva para la evaporación y los ciclos de manchas solares y negativa para la captura total de la lisa, la salinidad y los días despejados; la segunda componente resultó positiva para la incidencia ciclónica y la temperatura del aire; por último, la tercera componente resultó positiva para los eventos El Niño. Se puede decir entonces que la salinidad y sus modificadores constituyen la función forzante del sistema, dentro del que las manchas solares inciden en las alteraciones del sistema de manera importante.

Tabla 267. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.97256865	41.4380721	4.97256865	41.4380721
Factor 2	2.00601709	16.7168091	6.97858575	58.1548812
Factor 3	1.68226243	14.0188536	8.66084818	72.1737348
Factor 4	1.08775234	9.06460281	9.74860052	81.2383377

Figura 325. Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

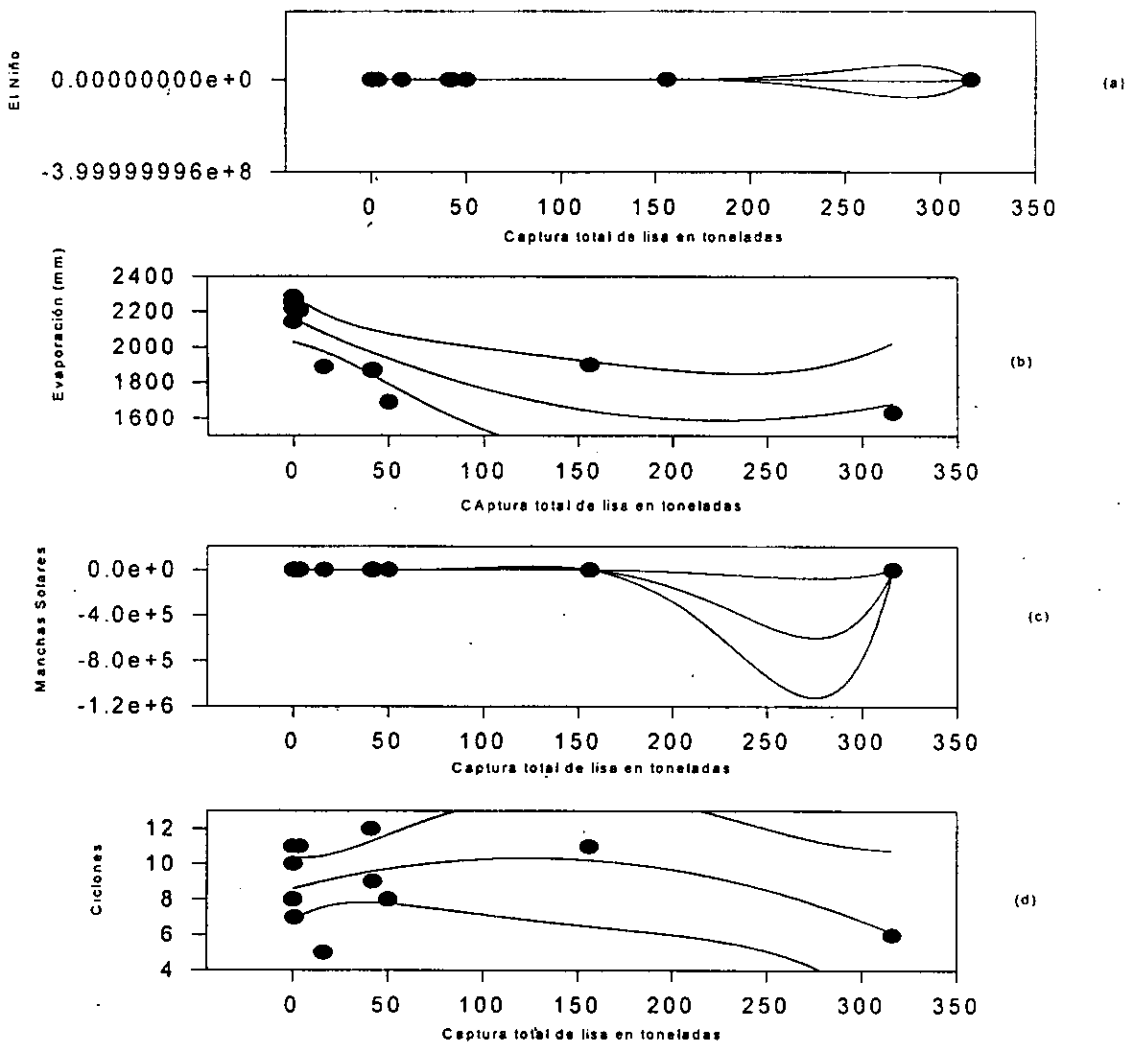


El análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) se señala en la tabla 268 y figura 326, en donde fue necesario estimar diversos órdenes de magnitud polinomial para expresar matemáticamente las relaciones de algunas de las variables que mayormente dominan el sistema, como los modificadores de la salinidad y, particularmente, los ciclos de manchas solares. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 268. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Progreso, con las variables ambientales.

	eventos El Niño	Evaporación	Manchas Solares	Ciclones
Orden del polinomio	8	2	6	2
Regresión	$r^2 = 0.46$	$r^2 = 0.62$	$r^2 = 0.90$	$r^2 = 0.20$

Figura 326. Análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Progreso. (a) captura vs eventos El Niño, (b) captura vs evaporación, (c) captura vs manchas solares, (d) captura vs incidencia ciclónica.





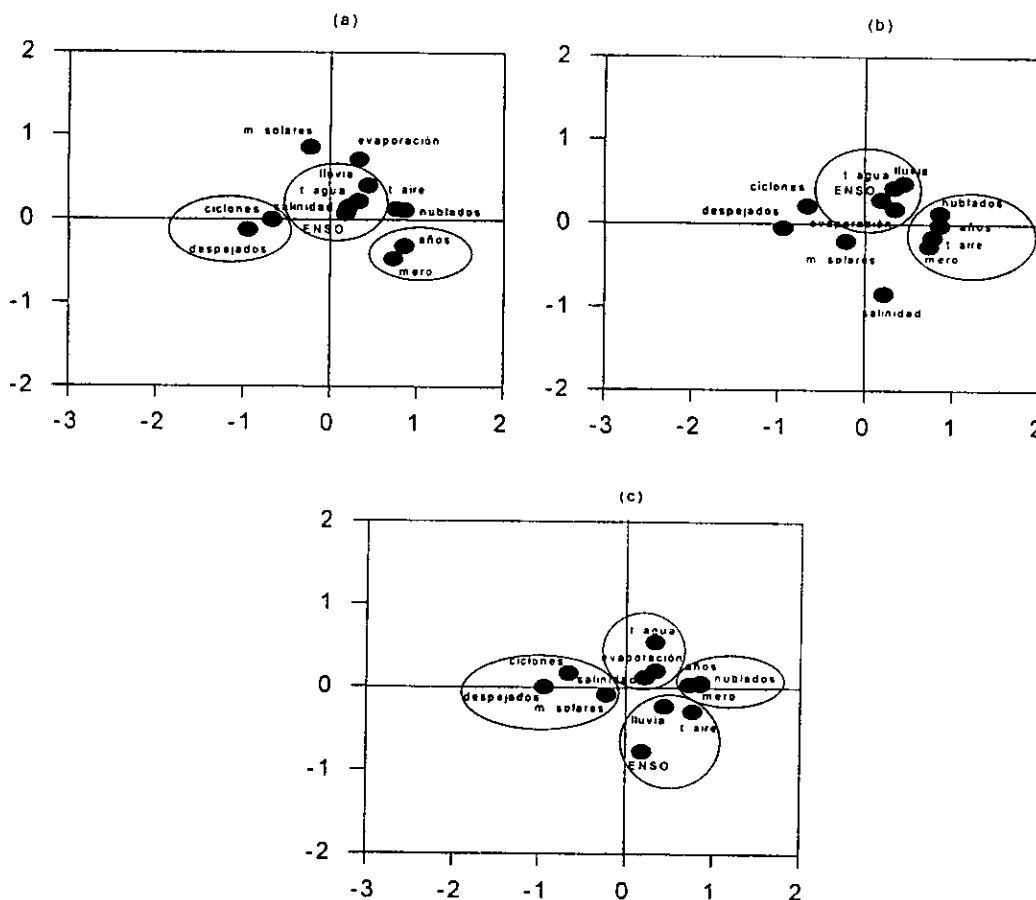
Mero (*Epinephelus*, spp.)

El análisis de componentes principales del mero (*Epinephelus*, spp.), se muestra en la tabla 269 y figura 327, en donde la primera componente fue positiva para los días nublados y la temperatura del aire y negativa para los días despejados; en la segunda componente una relación inversa entre los ciclos de manchas solares y la evaporación; la tercera componente principal fue positiva para la precipitación y la temperatura del agua y negativa para la salinidad. Estos resultados indican que la función forzante del sistema es la salinidad con sus modificadores y actúa de manera directa sobre los volúmenes de captura del mero.

Tabla 269. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el mero (*Epinephelus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.4658392	37.2153267	4.4658392	37.2153267
Factor 2	1.93866742	16.1555619	6.40450663	53.3708886
Factor 3	1.3142011	10.9516759	7.71870773	64.3225644
Factor 4	1.09791905	9.14932542	8.81662678	73.4718898

Figura 327. Análisis de Componentes Principales para el mero (*Epinephelus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

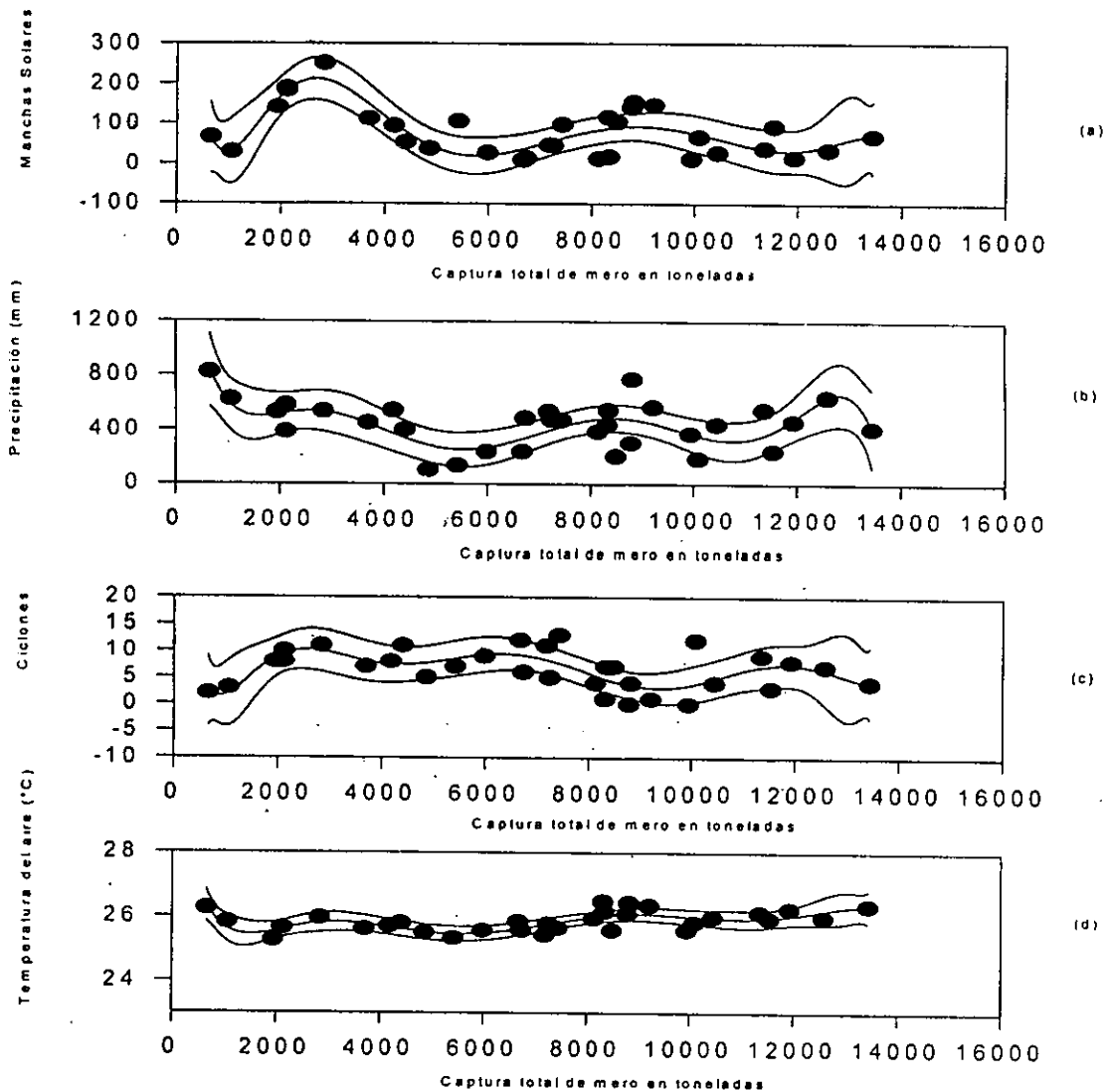


El análisis polinomial de la captura total de mero (*Epinephelus*, spp.), se indica en la tabla 270 y figura 328; los órdenes polinomiales requeridos para expresar matemáticamente las diferentes relaciones del ecosistema fueron altos, particularmente para los modificadores de la salinidad, cuyo comportamiento está vinculado a través de diversos ciclos con la actividad solar. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 270. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de mero (*Epinephelus*, spp.) en Progreso, con las variables ambientales.

	Manchas Solares	Precipitación	Ciclones	Temp. del aire
Orden del polinomio	9	7	9	8
Regresión	$r^2 = 0.63$	$r^2 = 0.46$	$r^2 = 0.42$	$r^2 = 0.55$

Figura 328. Análisis polinomial de la captura total de mero (*Epinephelus*, spp.) en Progreso. (a) captura vs manchas solares, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs incidencia ciclónica, (d) captura vs temperatura del aire.

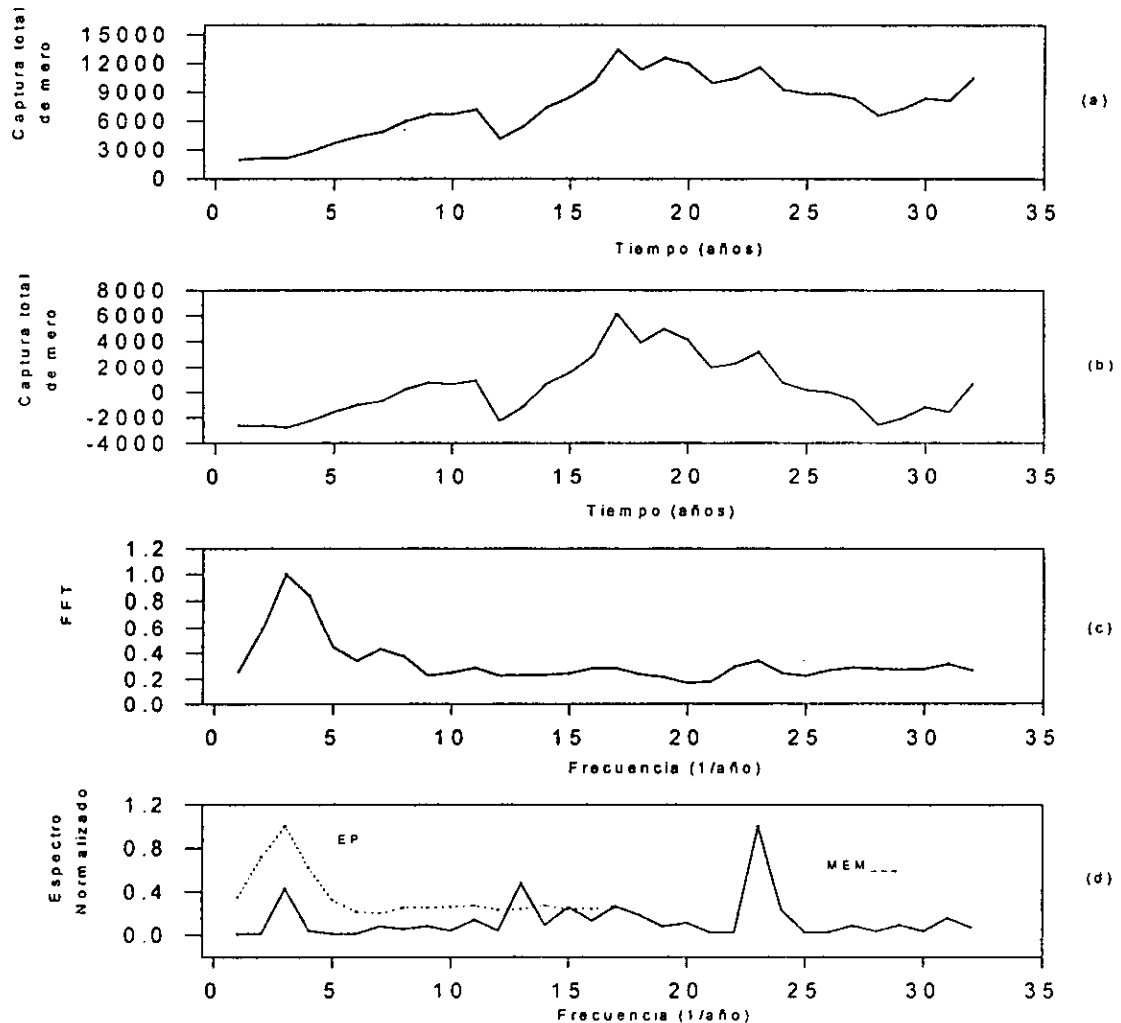


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total del Mero (*Epinephelus, spp.*), se muestran en la tabla 271 y figura 329; los ciclos de 2.9, 5.3, 10.6 y 32 años corresponden, de manera cercana, a ciclos de actividad solar, mientras que el de 10.6 también es equivalente a los periodos de recurrencia de los eventos El Niño. Por último, el de 16 años podría constituir un armónico secundario de un ciclo no detectado de 4.0 años, que sería la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 271. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de Mero (*Epinephelus, spp.*) en Progreso, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.9$ años	$T_1 = 32$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 5.3$ años	$T_2 = 10.6$ años	
$T_3 = 30.7$ años	$T_3 = 2.9$ años	

Figura 329. Series de Tiempo de la captura total de Mero (*Epinephelus, spp.*) en Progreso. (a) Serie Original, (b) Serie Sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



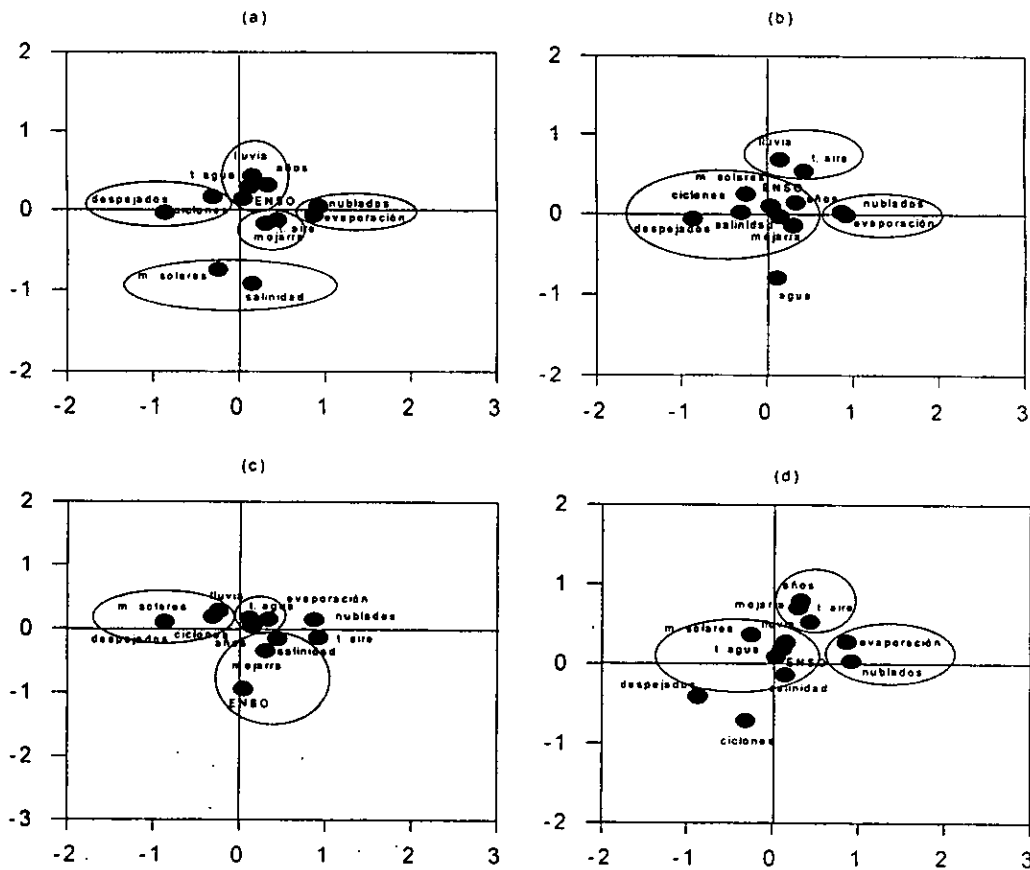
Mojarra (*Eugerres, spp.*)

El análisis de componentes principales para la mojarra (*Eugerres, spp.*), se muestra en la tabla 272 y la figura 330, en donde la primera componente fue positiva para la precipitación y la temperatura del agua y negativa para las manchas solares y la salinidad; la segunda componente fue positiva para los días con cobertura nublada y la evaporación, mientras que para la evaporación fue negativa; en la tercera componente se observa una relación inversa entre la precipitación y la ocurrencia de los eventos El Niño. A partir de los resultados podemos afirmar que los volúmenes de la captura de mojarra están modificados de una manera significativa por la salinidad y sus modificadores en un sentido inverso.

Tabla 272. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.3866237	36.5551975	4.3866237	36.5551975
Factor 2	1.91123202	15.9269335	6.29785573	52.4821311
Factor 3	1.49408354	12.4506961	7.79193926	64.9328272
Factor 4	1.14184487	9.51537396	8.93378414	74.4482012
Factor 5	1.06057373	8.83811439	9.99435787	83.2863155

Figura 330. Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

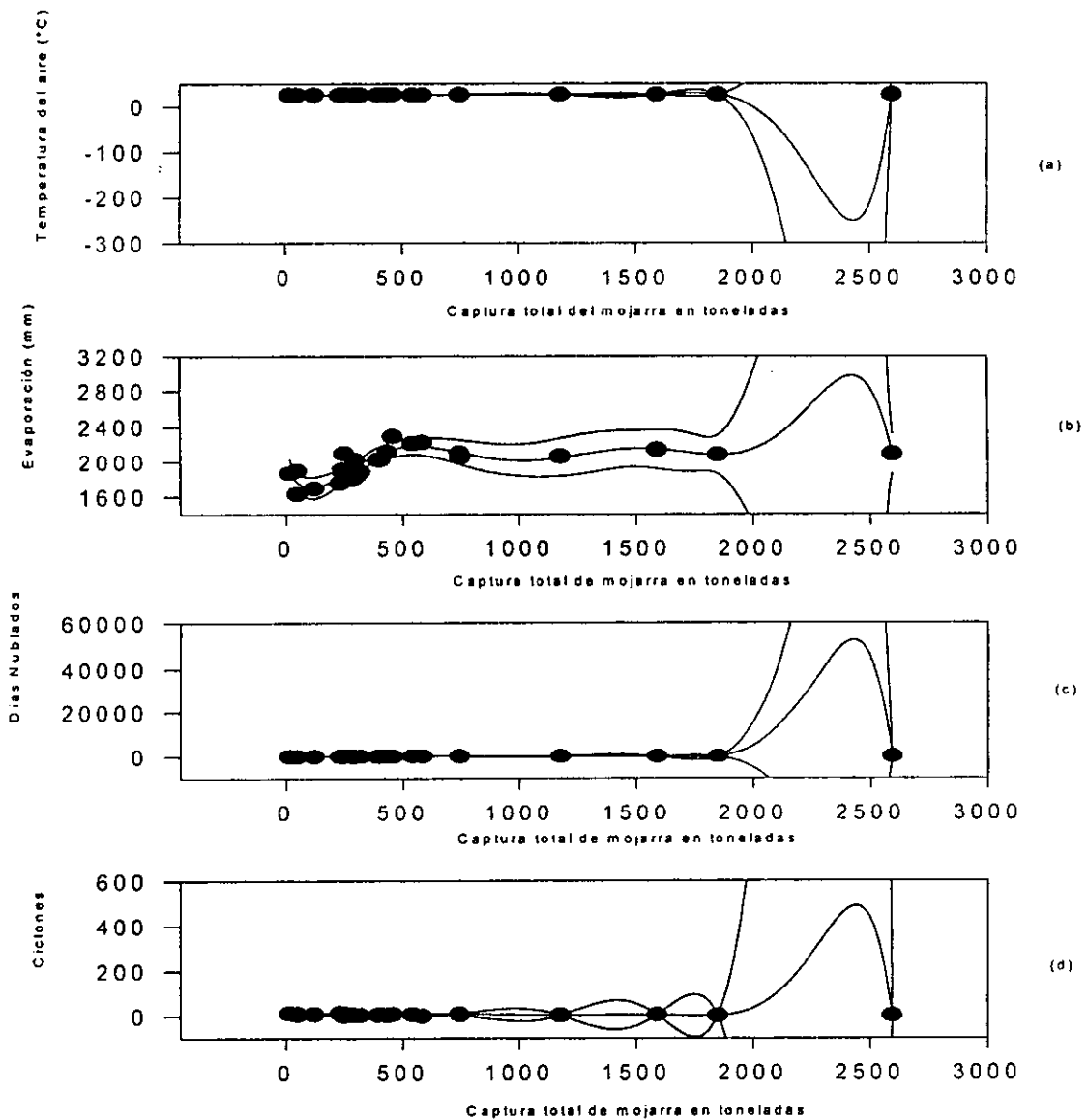


El análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*), se muestra en la tabla 273 y figura 331; el orden polinomial estimado fue de los más altos, lo que es indicador de las complejas relaciones existentes dentro del ecosistema, dentro del cual la temperatura y sus modificadores juegan un papel preponderante. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 273. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Progreso, con las variables ambientales.

	Temp. del aire	Evaporación	Días Nublados	Ciclones
Orden del polinomio	9	7	9	9
Regresión	$r^2 = 0.54$	$r^2 = 0.73$	$r^2 = 0.66$	$r^2 = 0.45$

Figura 331. Análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Progreso. (a) captura vs temperatura del aire, (b) captura vs evaporación, (c) captura vs cobertura nubosa (días nublados), (d) captura vs incidencia ciclónica.

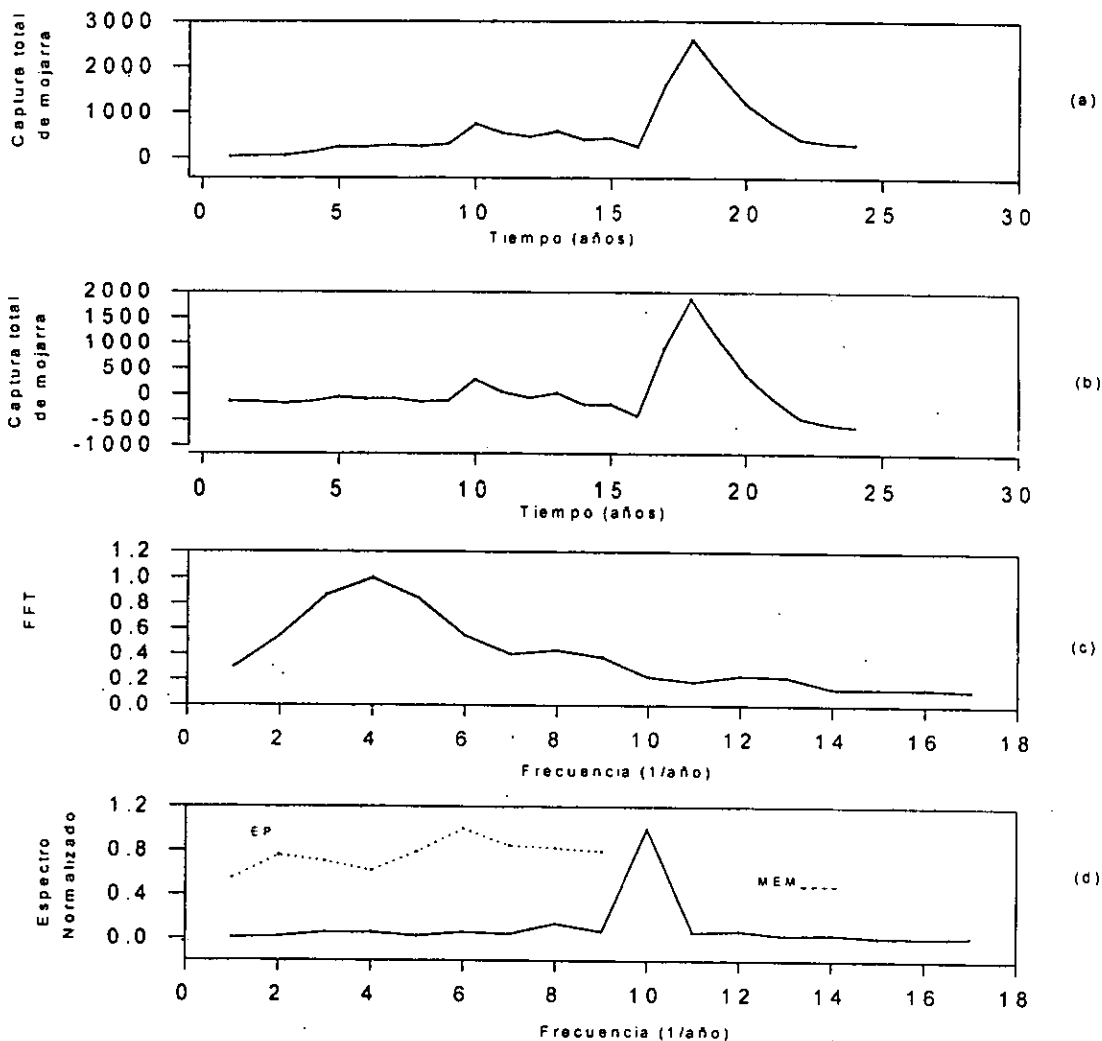


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*), se muestran en la tabla 274 y figura 332, donde los ciclos de 3.5 y 10.6 años se encuentran cercanos, por un lado, a los ciclos de actividad solar y por otro, a los de recurrencia de los eventos El Niño; el ciclo de 16 años podría constituir un armónico secundario de uno de 4.0 años no detectado, el cual equivaldría a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 274. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Progreso, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 3.5$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 3.2$ años $T_2 = 16$ años

Figura 332. Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Progreso. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



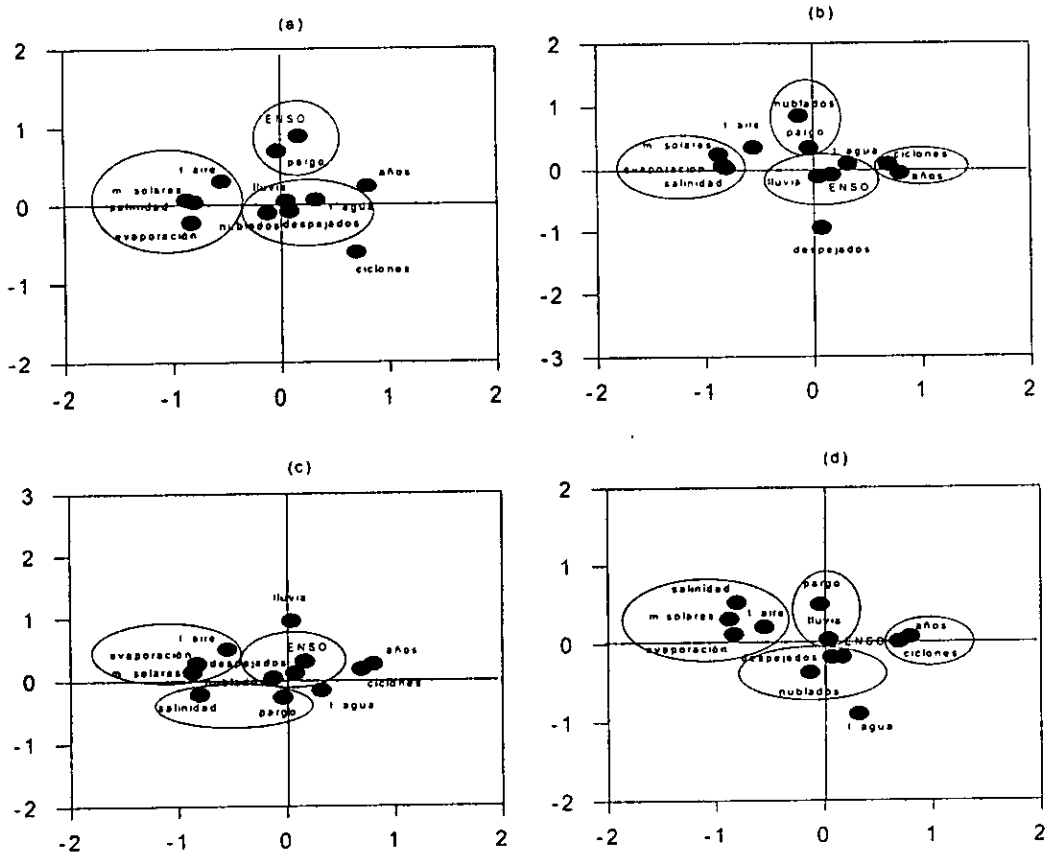
Pargo (*Lutjanus, spp.*)

El análisis de componentes principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*), se muestra en la tabla 275 y figura 333, en donde se aprecia en la primera componente una relación positiva para la temperatura del agua y negativa para los ciclos de manchas solares, la salinidad y la evaporación; la segunda componente resultó positiva para los eventos El Niño y negativa para el volumen de captura total del pargo; se observan además relaciones inversas entre los ciclones y los ciclos de manchas solares, la evaporación y la salinidad; existe también una relación inversa entre el pargo y la nubosidad y otra, muy estrecha, entre éste y la salinidad; esta última variable, junto con sus modificadores, constituyen la función forzante del sistema.

Tabla 275. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Progreso, Yucatán.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.39793352	36.649446	36.649446	36.649446
Factor 2	1.99598068	53.2826183	53.2826183	53.2826183
Factor 3	1.87729734	68.9267628	68.9267628	68.9267628
Factor 4	1.46478612	81.1333137	81.1333137	81.1333137
Factor 5	1.07732286	90.1110042	90.1110042	90.1110042

Figura 333. Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

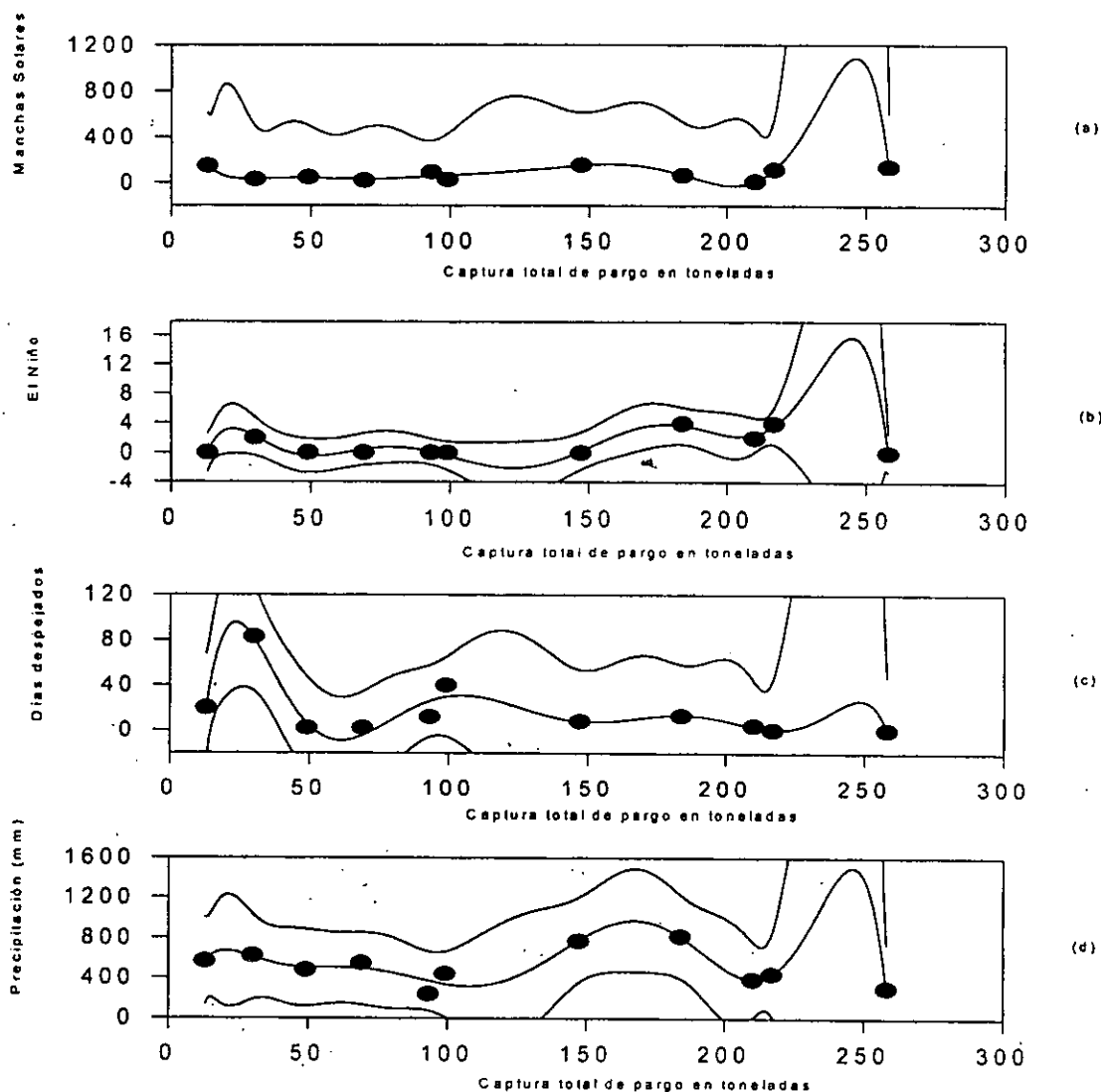


El análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*), se muestra en la tabla 276 y la figura 334, en donde sobresalen los altos órdenes polinomiales requeridos para explicar matemáticamente el complejo comportamiento de las relaciones existentes en el ecosistema, dentro del cual la salinidad, a través de sus modificadores, jugó un papel preponderante. El nivel de confianza fue del 98%.

Tabla 276. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Progreso, con las variables ambientales.

	Manchas Solares	eventos El Niño	Días Despejados	Precipitación
Orden del polinomio	9	8	8	8
Regresión	$r^2 = 0.90$	$r^2 = 0.95$	$r^2 = 0.94$	$r^2 = 0.90$

Figura 334. Análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Progreso. (a) captura vs manchas solares, (b) captura vs eventos El Niño, (c) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (d) captura vs precipitación.





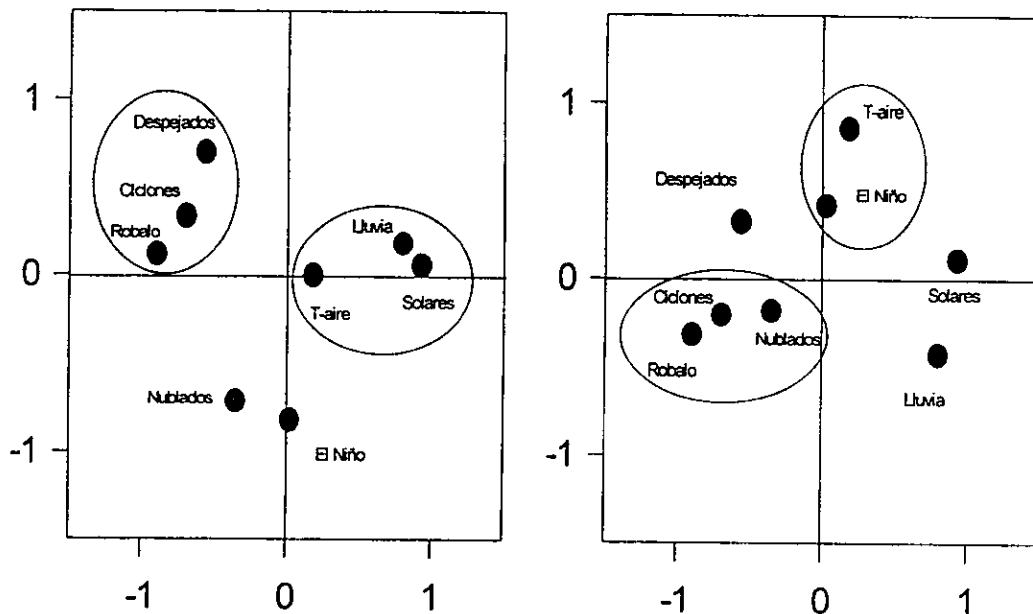
Robalo (*Centropomus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el robalo (*Centropomus*, spp.), se muestra en la tabla 277 y figura 335; se muestra una primera componente positiva para los ciclos de manchas solares y la precipitación y negativa para los volúmenes de la captura total del robalo; la segunda componente fue positiva para los eventos El Niño; se encontraron además relaciones inversas entre los ciclos de manchas solares y las capturas del robalo y entre éstos y la precipitación. La función forzante del sistema es la salinidad, que junto con sus modificadores opera en un sentido inverso.

Tabla 277. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, sp) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	4.28607655	35.7173046	4.28607655	35.7173046
Factor 2	2.20669808	18.3891507	6.49277464	54.1064553
Factor 3	1.8948751	15.7906259	8.38764974	69.8970812
Factor 4	1.30006519	10.8338766	9.68771493	80.7309577

Figura 335. Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

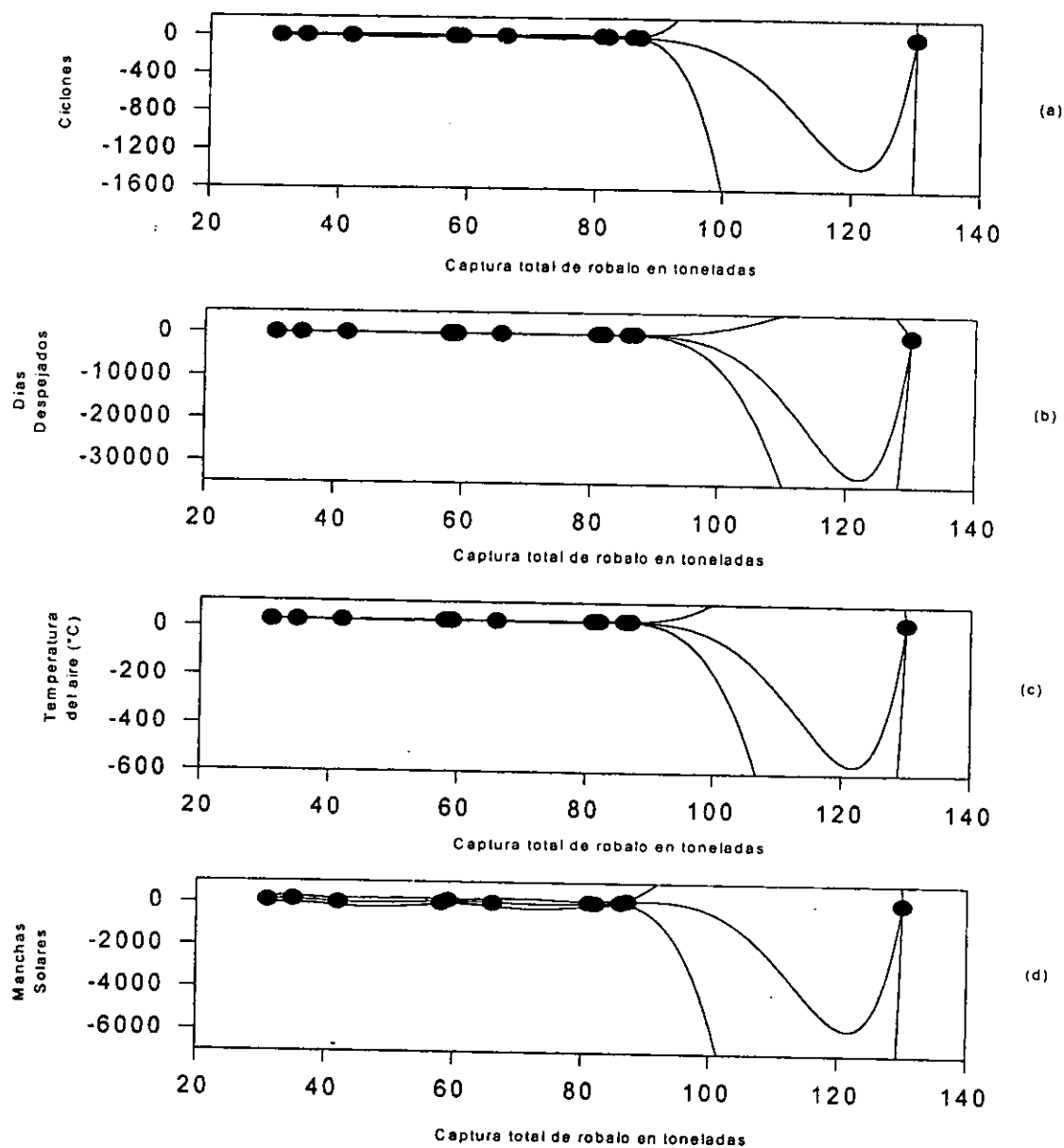


El análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.), se indica en la tabla 278 y figura 336, donde los órdenes polinomiales requeridos fueron altos, lo que indica la gran complejidad de las relaciones existentes dentro del ecosistema; sobresalen los modificadores de la salinidad como funciones forzantes del sistema, tal y como se calculó en la prueba de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 278. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Progreso, con las variables ambientales.

	Ciclones	Días Despejados	Temp. del Aire	Manchas Solares
Orden del polinomio	8	8	8	7
Regresión	$r^2 = 0.81$	$r^2 = 0.98$	$r^2 = 0.87$	$r^2 = 0.61$

Figura 336. Análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Progreso. (a) captura vs incidencia ciclónica, (b) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (c) captura vs temperatura del aire, (d) captura vs manchas solares.



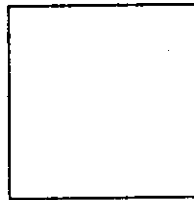
Sierra (*Scomberomorus*, spp.)

El análisis de componentes principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestra en la tabla 279 y figura 337; la primera componente resultó positiva para la incidencia ciclónica y negativa para los ciclos de manchas solares y la precipitación; en la segunda componente se observa una relación inversa entre los días despejados y los eventos El Niño; la tercera componente fue positiva para los eventos El Niño y la temperatura del aire; se detectaron además, relaciones directas entre el volumen de captura total de la sierra con los eventos El Niño y con la precipitación, lo cual indica que la salinidad y sus modificadores constituyen una función forzante e indirecta en el sistema.

Tabla 279. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.95815543	35.9832312	3.95815543	35.9832312
Factor 2	1.89376293	17.2160266	5.85191835	53.1992578
Factor 3	1.4193114	12.902831	7.27122976	66.1020887

Figura 337. Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Progreso.

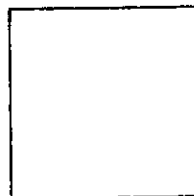


El análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestra en la tabla 280 y figura 338, en donde se requirieron de altos órdenes polinomiales para describir matemáticamente las complejas relaciones del sistema, dentro del cual los modificadores de la salinidad constituyen la función forzante, tal y como se estimó en el análisis de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 280. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Progreso, con las variables ambientales.

	Manchas Solares	Temp. del Aire	Ciclones	Precipitación
Orden del polinomio	8	9	8	9
Regresión	$r^2 = 0.48$	$r^2 = 0.39$	$r^2 = 0.35$	$r^2 = 0.37$

Figura 338. Análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Progreso. (a) captura vs manchas solares, (b) captura vs temperatura del aire, (c) captura vs incidencia ciclónica, (d) captura vs precipitación.



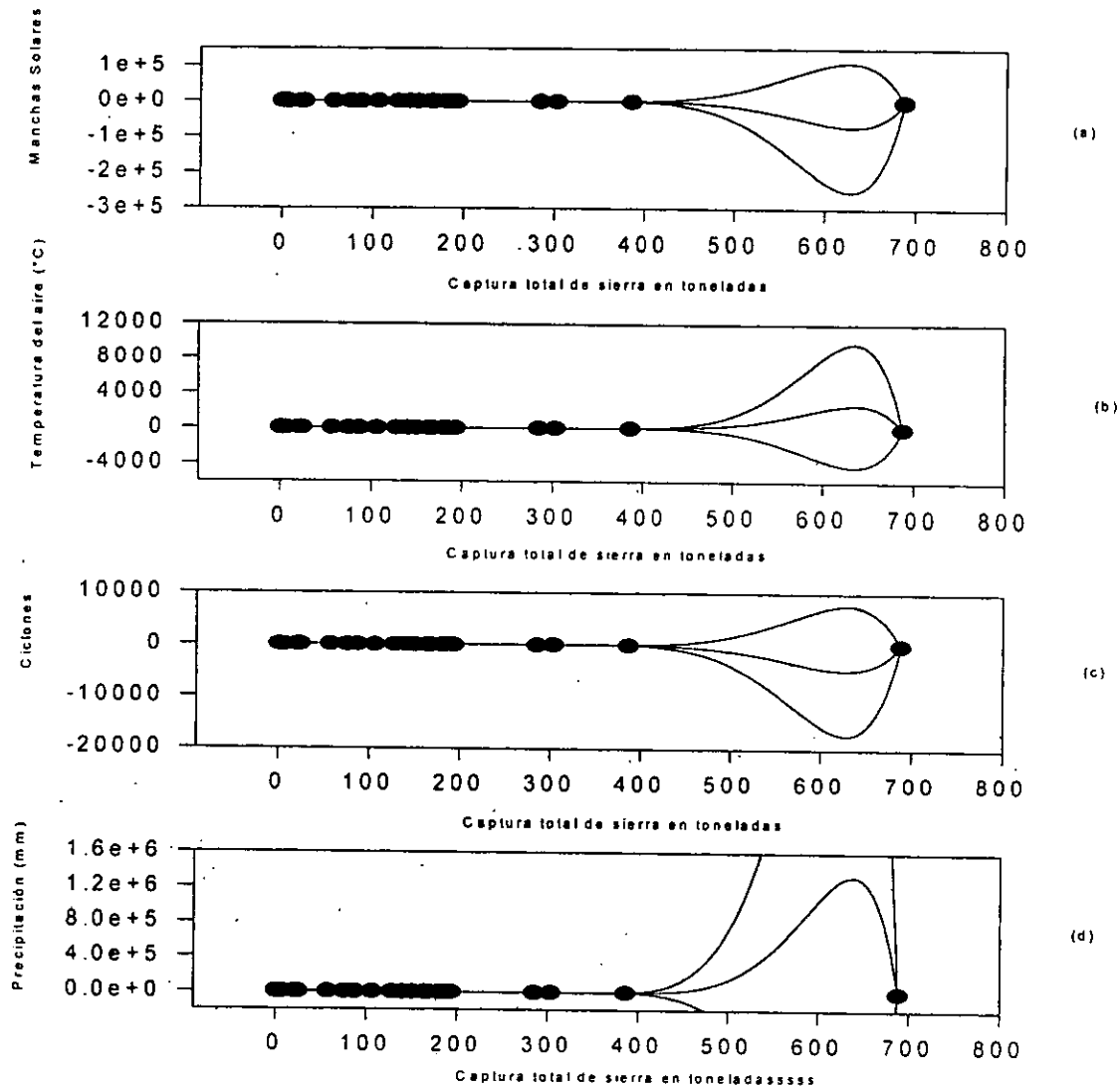
Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de sierra (*Scomberomorus* spp.), se muestran en la tabla 281 y figura 339; los ciclos de 2.2, 2.9, 10.6 y 32 años corresponden en buena medida a los ciclos de actividad solar, mientras que los de 2.2, 2.6, 5.3 y 10.6 años, son equivalentes cercanos de los periodos de recurrencia de los eventos El Niño; por último, el de 16 años podría ser un armónico secundario del de 4 años, el cual correspondería a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

El análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestra en la tabla 280 y figura 338, en donde se requirieron de altos órdenes polinomiales para describir matemáticamente las complejas relaciones del sistema, dentro del cual los modificadores de la salinidad constituyen la función forzante, tal y como se estimó en el análisis de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 280. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Progreso, con las variables ambientales.

	Manchas Solares	Temp. del Aire	Ciclones	Precipitación
Orden del polinomio	8	9	8	9
Regresión	$r^2 = 0.48$	$r^2 = 0.39$	$r^2 = 0.35$	$r^2 = 0.37$

Figura 338. Análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Progreso. (a) captura vs manchas solares, (b) captura vs temperatura del aire, (c) captura vs incidencia ciclónica, (d) captura vs precipitación.

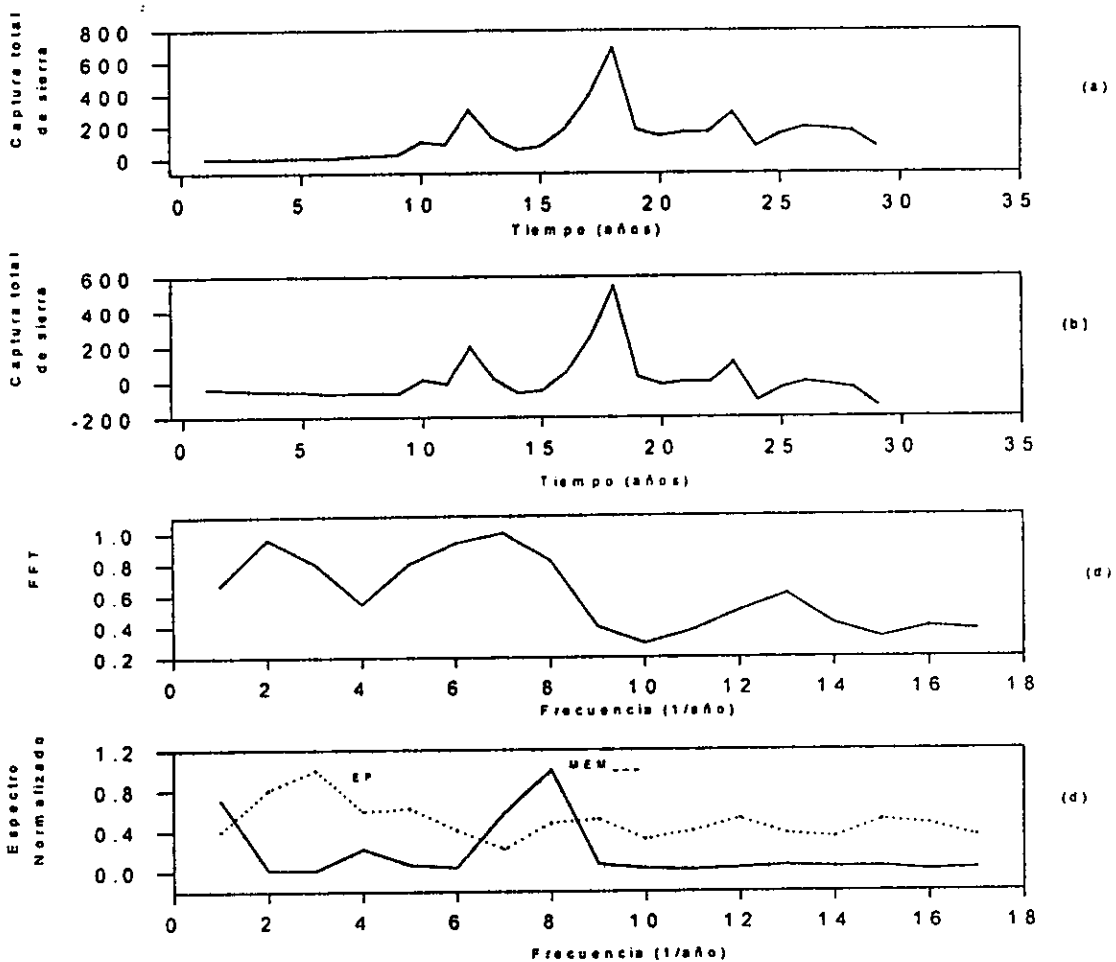


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de sierra (*Scomberomorus* spp.), se muestran en la tabla 281 y figura 339; los ciclos de 2.2, 2.9, 10.6 y 32 años corresponden en buena medida a los ciclos de actividad solar, mientras que los de 2.2, 2.6, 5.3 y 10.6 años, son equivalentes cercanos de los períodos de recurrencia de los eventos El Niño; por último, el de 16 años podría ser un armónico secundario del de 4 años, el cual correspondería a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 281. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de potencia de la captura total de sierra (*Scomberomorus* spp.) en Progreso, durante el período de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 4.5$ años	$T_1 = 5.3$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 32$ años	$T_2 = 4$ años
	$T_3 = 2.6$ años	$T_3 = 2.9$ años
		$T_4 = 2.2$ años

Figura 339. Series de Tiempo de la captura total de sierra (*Scomberomorus* spp.) en Progreso. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



h) Cozumel, Quintana Roo.

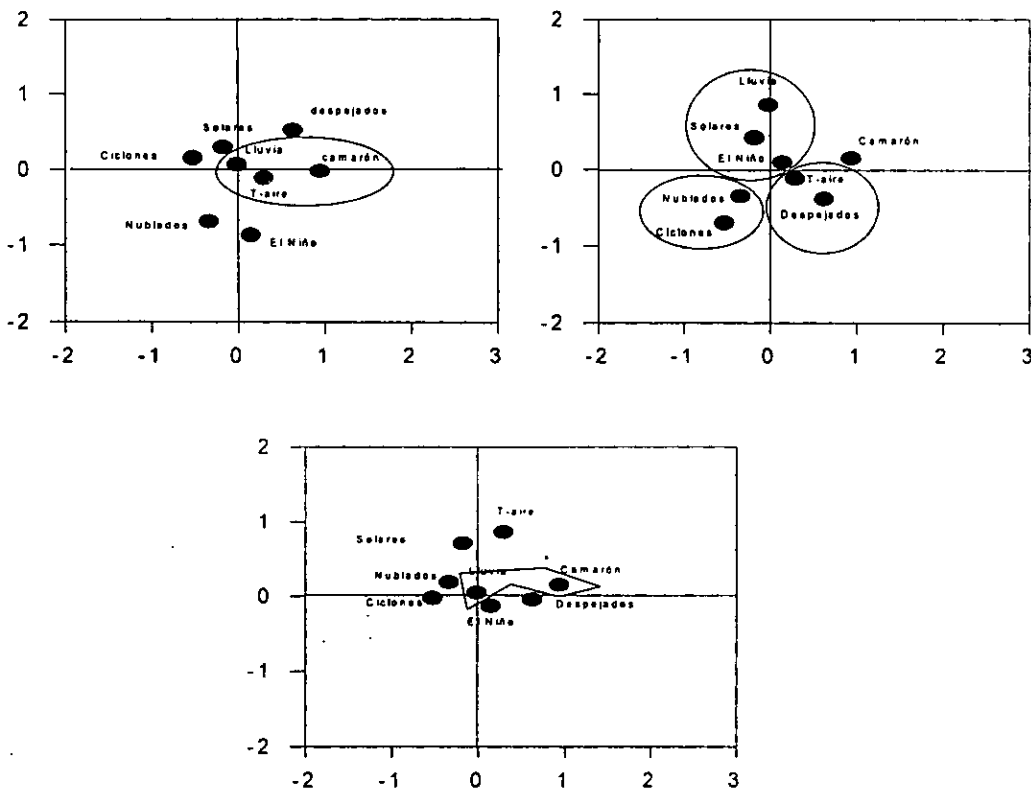
Camarón (*Penaeus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el camarón (*Penaeus*, spp.), se muestra en la tabla 282 y figura 340, donde se señala en la primera componente una relación positiva para los volúmenes de captura del camarón y negativa para la incidencia ciclónica; la segunda componente fue positiva para la lluvias y se detectó, además, una relación inversa entre la incidencia ciclónica y los eventos El Niño. De ahí que se pueda confirmar a la salinidad como la función forzante que actúa de manera inversa sobre los volúmenes de captura del camarón.

Tabla 282. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel, durante el periodo de 1968 a 1987.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.2204606	27.7557575	2.2204606	27.7557575
Factor 2	1.65369619	20.6712023	3.87415679	48.4269598
Factor 3	1.39118395	17.3897994	5.26534074	65.8167592
Factor 4	1.22861692	15.3577115	6.49395766	81.1744708

Figura 340. Análisis de Componentes Principales para el camarón (*Penaeus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel.

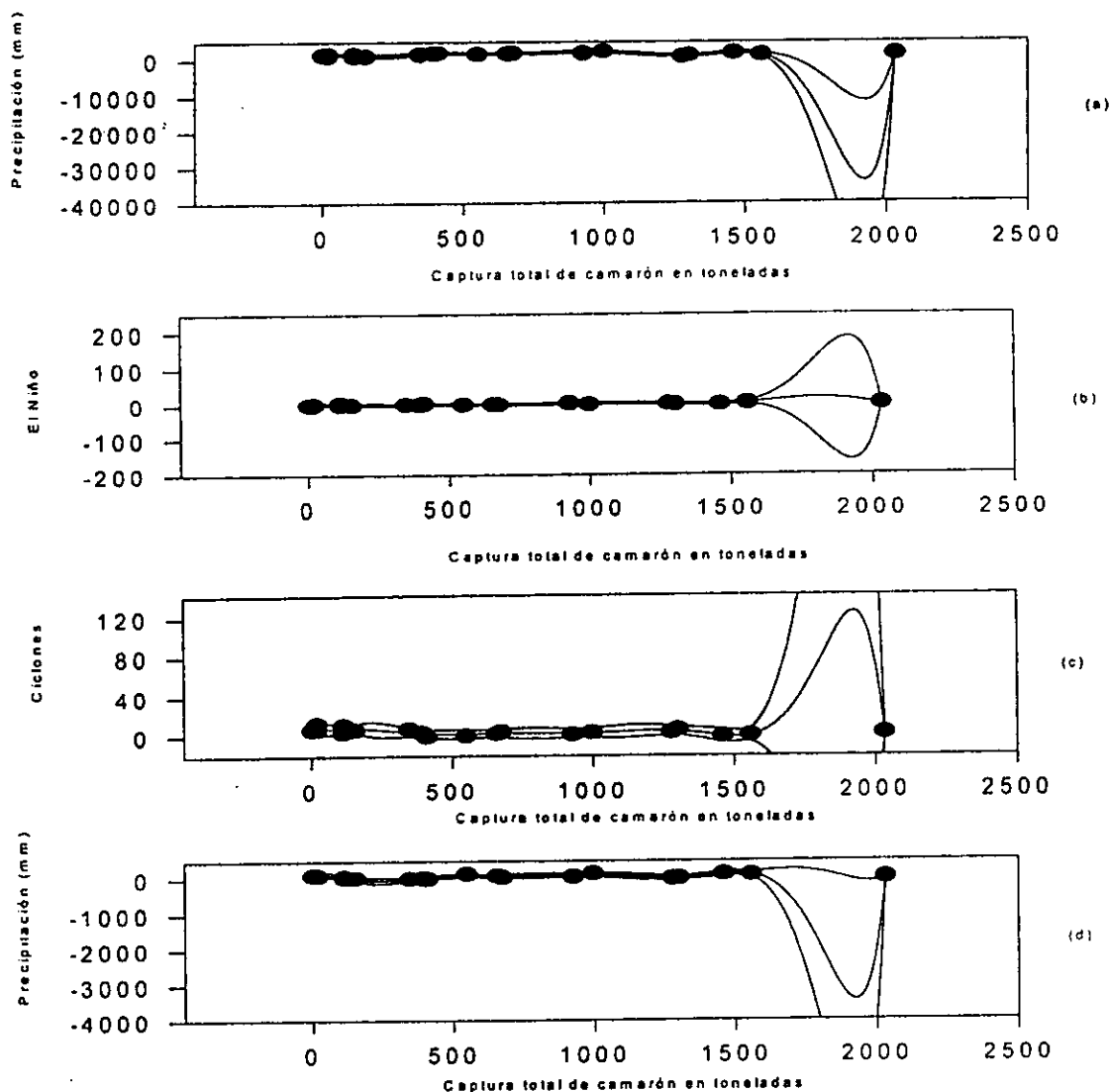


El análisis de componentes principales de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.), se indica en la tabla 283 y figura 341, en donde sobresale en todos los casos, el alto orden polinomial requerido para expresar matemáticamente las complejas relaciones existentes dentro del ecosistema, en el que los modificadores de la salinidad jugaron el papel predominante. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 283. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Cozumel, con las variables ambientales.

	Precipitación	eventos El Niño	Ciclones	Manchas Solares
Orden del polinomio	9	9	9	9
Regresión	$r^2 = 0.75$	$r^2 = 0.34$	$r^2 = 0.61$	$r^2 = 0.68$

Figura 341. Análisis polinomial de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Cozumel. (a) captura vs precipitación, (b) captura vs eventos El Niño, (c) captura vs incidencia ciclónica, (d) captura vs manchas solares.

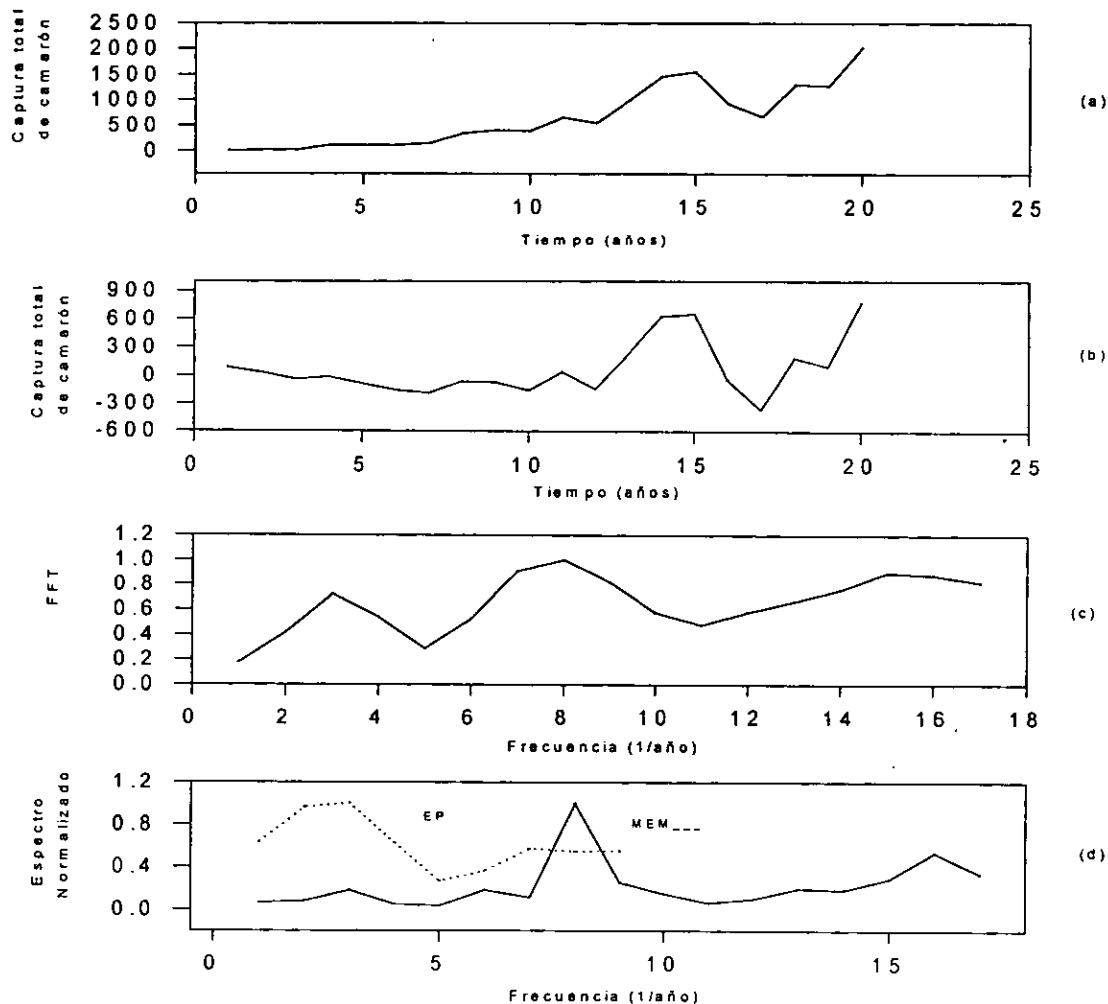


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.), se muestran en la tabla 284 y figura 342; los ciclos de 2.1 y 8 años corresponden a ciclos de actividad solar y el de 2.1 años también se relaciona con los de recurrencia de los eventos El Niño. Por último, el de 16 años podría ser un armónico secundario del ciclo de 4.5 años que constituiría la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 284. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Cozumel, durante el período 1950-1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 4.5$ años	$T_1 = 4.5$ años	$T_1 = 8$ años
$T_2 = 2.1$ años	$T_2 = 2.2$ años	$T_2 = 2.6$ años
	$T_3 = 16$ años	

Figura 342. Series de Tiempo de la captura total de camarón (*Penaeus*, spp.) en Cozumel. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





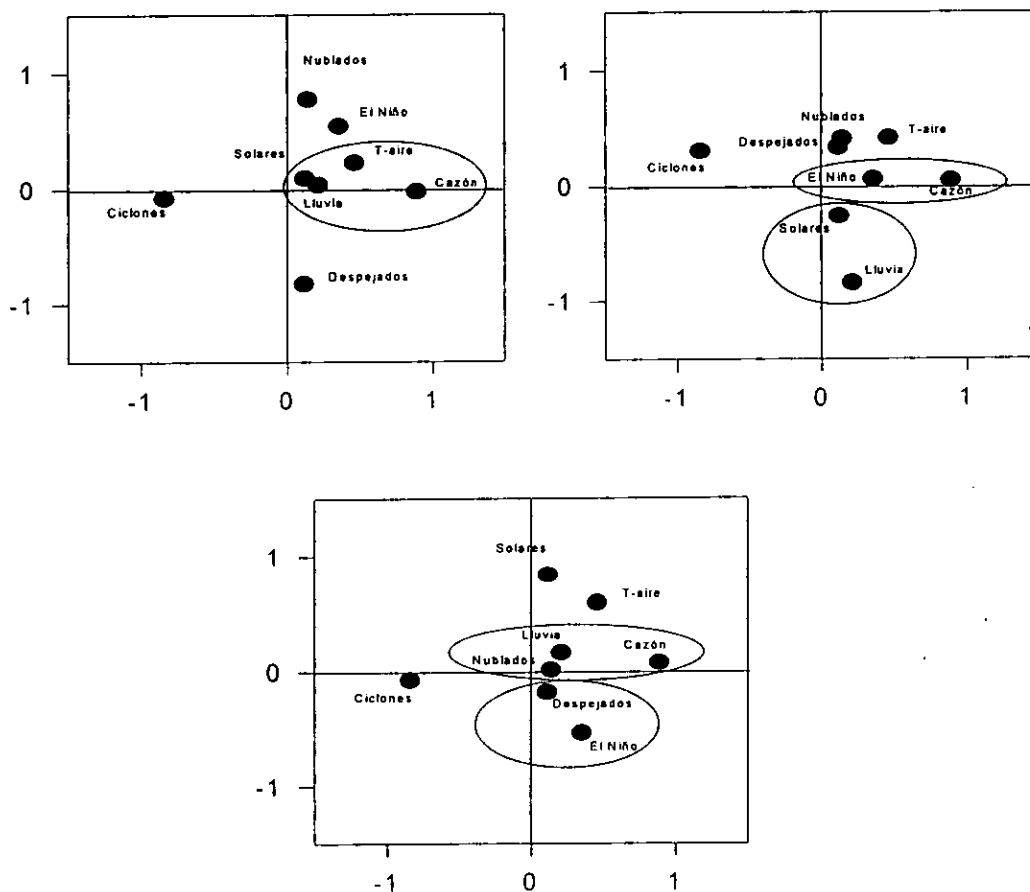
Cazón (*Rhizoprionodon*, spp.)

El análisis de componentes principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestra en la tabla 285 y figura 343; la primera componente resultó positiva para el volumen total de captura del cazón y la temperatura del aire y negativa para la incidencia ciclónica; la segunda componente fue positiva para la cobertura nubosa y negativa para la lluvia; resultó la salinidad, estimada de manera indirecta a través de sus modificadores, la función forzante que actúa sobre los volúmenes de captura total del cazón.

Tabla 285. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel, durante el período 1964-1987.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.30373773	28.7967217	2.30373773	28.7967217
Factor 2	1.60944043	20.1180054	3.91317817	48.9147271
Factor 3	1.26007885	15.7509856	5.17325702	64.6657127
Factor 4	1.11792756	13.9740945	6.29118457	78.6398072

Figura 343. Análisis de Componentes Principales para el cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel.

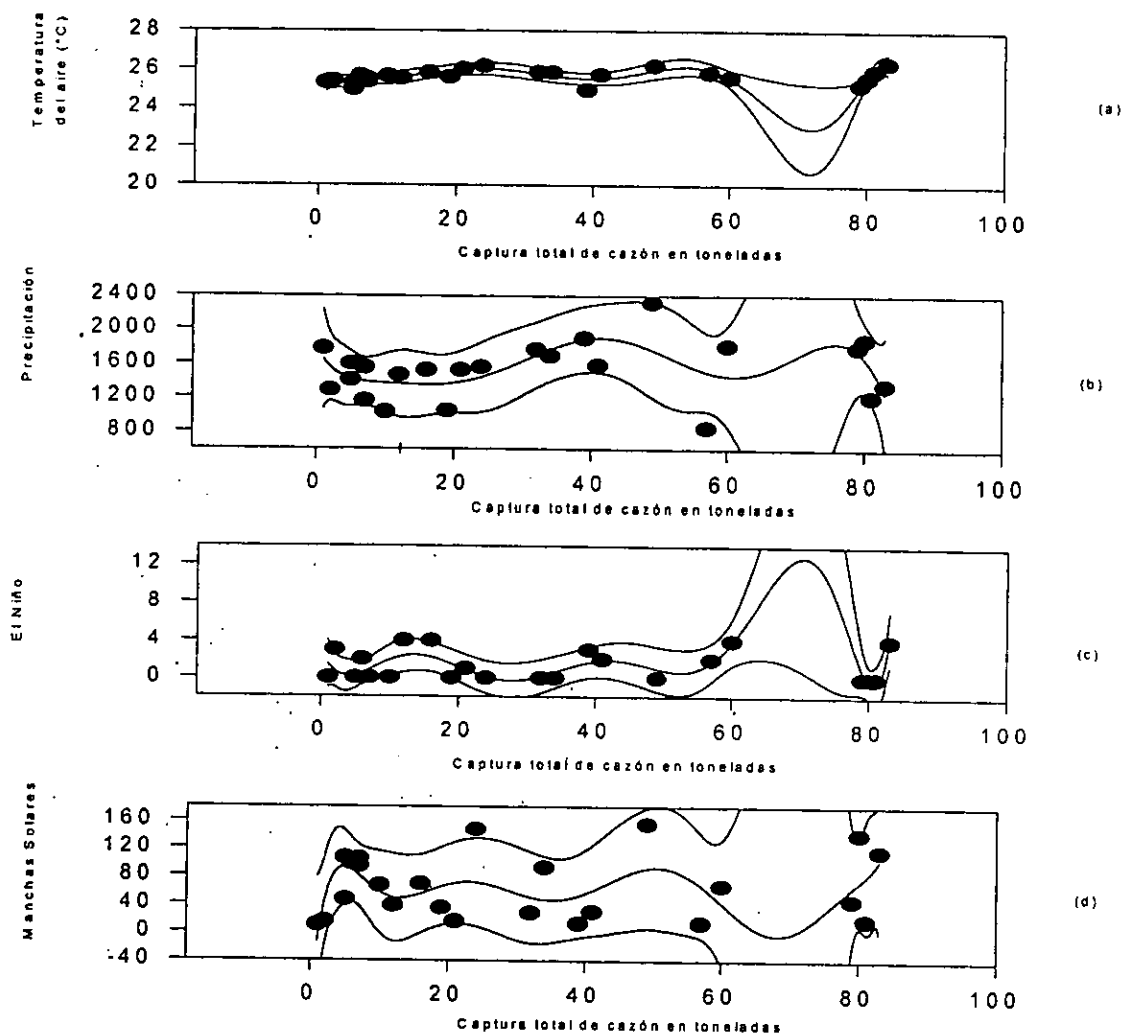


Los resultados del análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.), se muestran en la tabla 286 y figura 344, en donde se señalan los altos órdenes polinomiales requeridos para expresar matemáticamente las complejas relaciones existentes en el ecosistema, dentro del cual fueron los modificadores de la salinidad y la temperatura los responsables principales de sus variabilidades. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 286. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Cozumel, con las variables ambientales.

	Temp. del aire	Precipitación (mm)	eventos El Niño	Manchas Solares
Orden del polinomio	9	8	9	9
Regresión	$r^2 = 0.69$	$r^2 = 0.32$	$r^2 = 0.53$	$r^2 = 0.27$

Figura 344. Análisis polinomial de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Cozumel. (a) captura vs temperatura del aire, (b) captura vs precipitación, (c) captura vs eventos El Niño, (d) captura vs Manchas Solares.

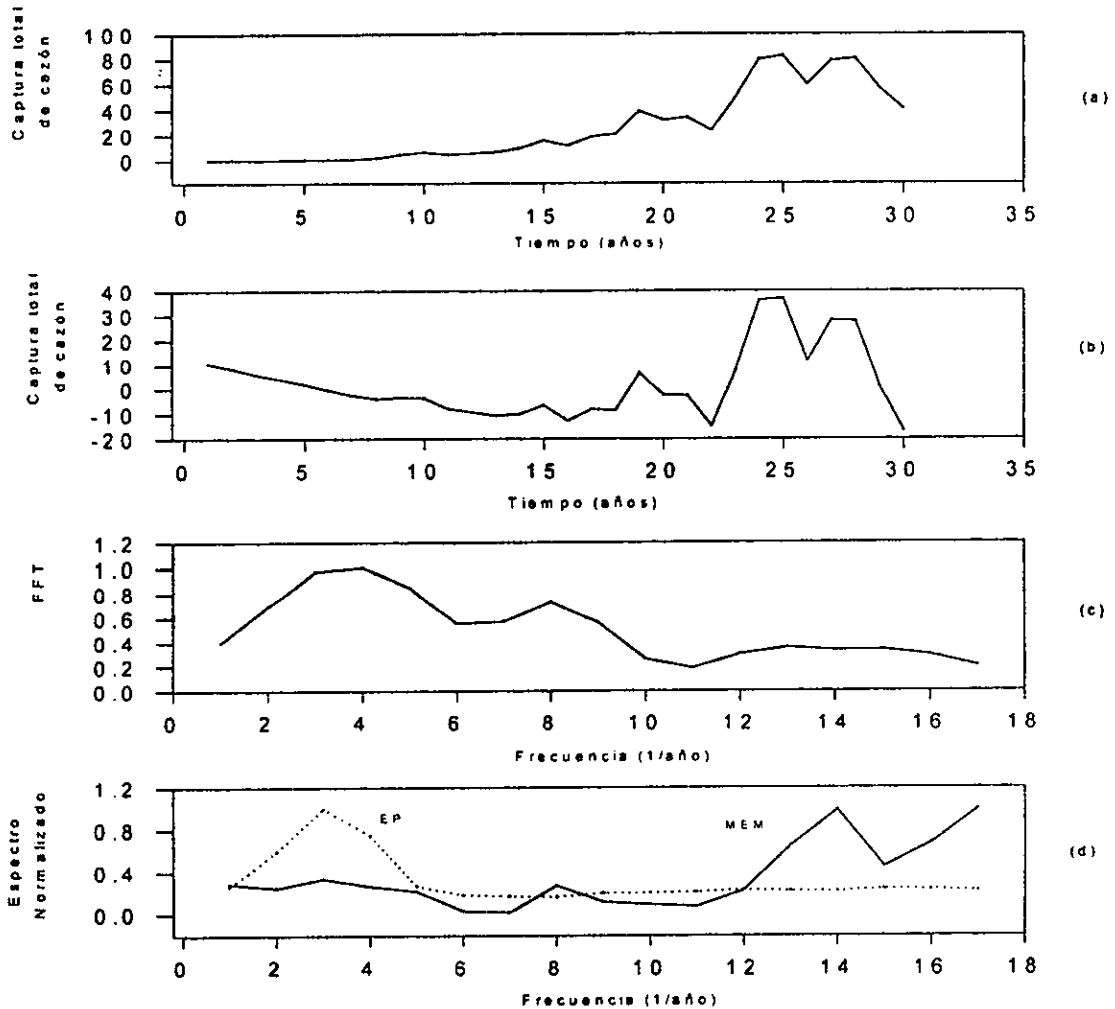


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) se muestran en la tabla 287 y figura 345; el ciclo de 10.6 está vinculado, junto con el de 2.4, tanto con los períodos de actividad solar como con los de ocurrencia de los eventos El Niño, mientras que el de 16 años podría ser un armónico secundario del ciclo de 4.5 años, que estaría vinculado con la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 287. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Cozumel, durante el periodo 1950-1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.4$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 16$ año
$T_2 = 6.2$ años	$T_2 = 4.5$ años	
$T_3 = 4.5$ años		

Figura 345. Series de Tiempo de la captura total de cazón (*Rhizoprionodon*, spp.) en Cozumel. (s) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



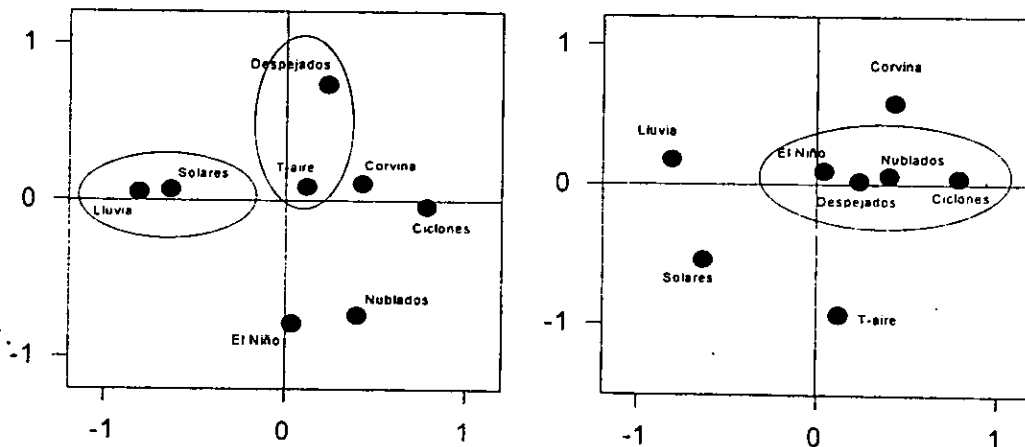
Corvina (*Sciaenops, spp.*)

El análisis de componentes principales para la corvina (*Sciaenops, spp.*), se muestran en la tabla 288 y la figura 346, en donde la primera componente resultó positiva para la captura total de corvina y los ciclones y negativa para la precipitación y los ciclos de manchas solares; en la segunda componente se detectó una relación inversa entre los días despejados y los eventos El Niño. Se puede afirmar entonces que la salinidad y sus modificadores constituyen una función forzante del volumen total de la captura, en sentido inverso.

Tabla 288. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la de corvina (*Sciaenops, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Cozumel, durante el periodo de 1972 a 1987.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.41139752	30.142469	2.41139752	30.142469
Factor 2	1.64714628	20.5893285	4.0585438	50.7317975
Factor 3	1.33819576	16.727447	5.39673956	67.4592445

Figura 346. Análisis de Componentes Principales para la corvina (*Sciaenops, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Cozumel.

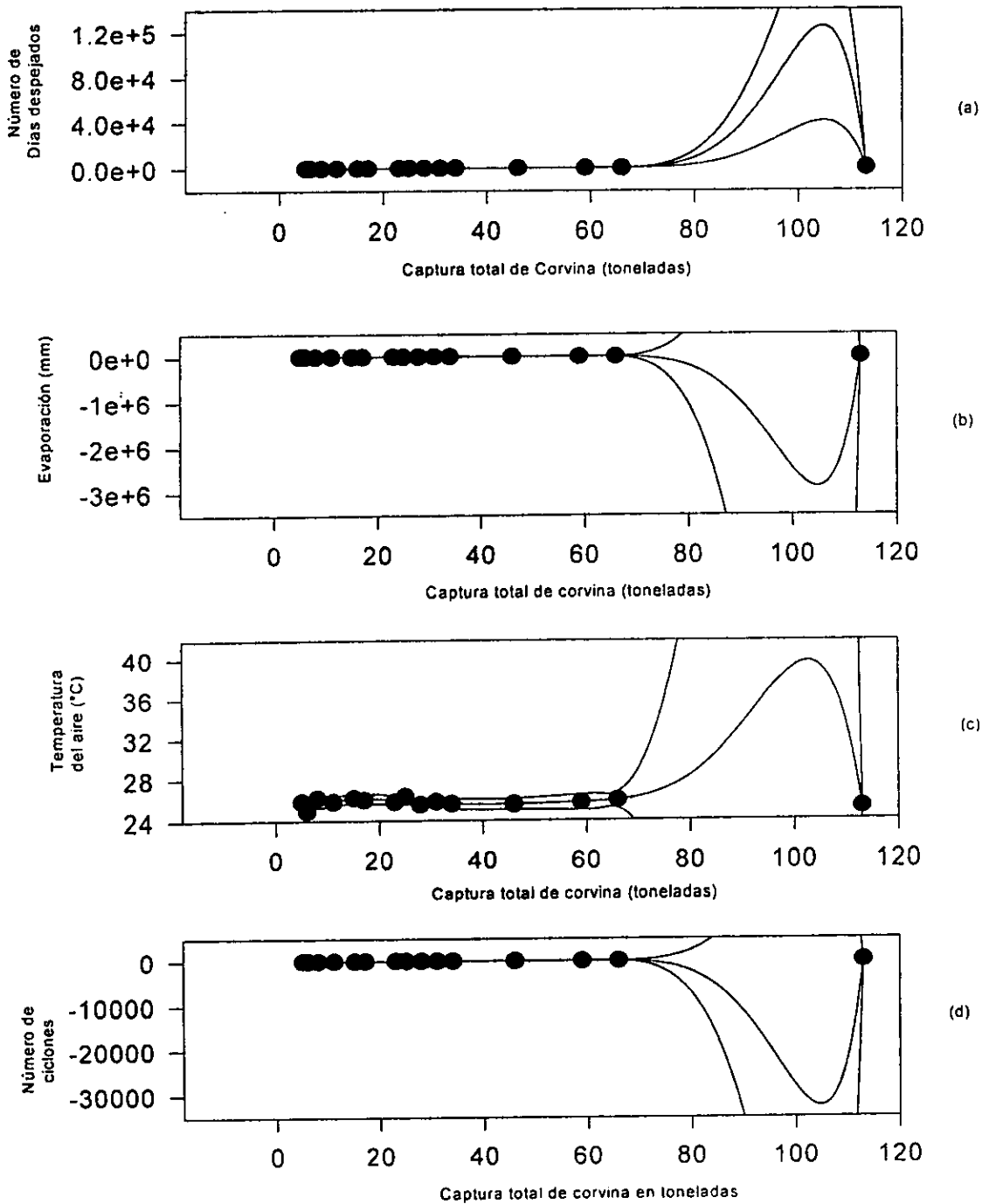


El análisis polinomial de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*), se muestra en la tabla 289 y figura 347; el orden de los polinomios estimados fue bastante alto, lo que señala las complejas relaciones existentes en el sistema, dentro del cual los modificadores de la salinidad constituyeron la función forzante. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 289. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Cozumel, con las variables ambientales.

	Días despejados	Evaporación	Temp. del Aire	Ciclones
Orden del polinomio	9	9	7	9
Regresión	$r^2 = 0.85$	$r^2 = 0.19$	$r^2 = 0.46$	$r^2 = 0.67$

Figura 347. Análisis polinomial de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Cozumel. (a) captura vs cobertura nubosa (días despejados), (b) captura vs evaporación (días despejados), (c) captura vs temperatura del aire , (d) captura vs incidencia ciclónica.

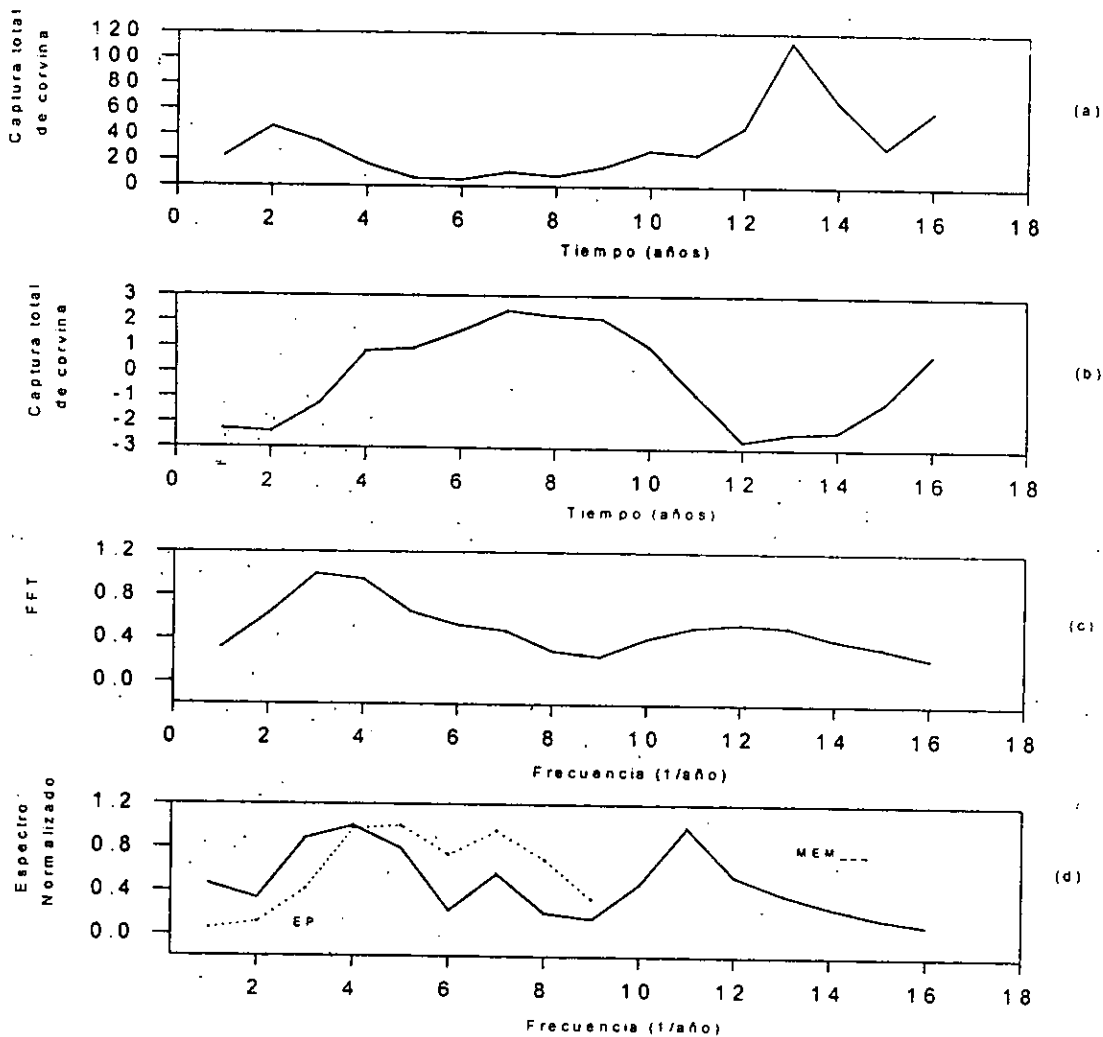


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*), se muestran en la tabla 290 y figura 348; los ciclos de 2.1, 2.9, 3.2, 5.3 y 10.6 años, se encuentran bastante cercanos a los ciclos de actividad solar, mientras que los de 2.1, 5.3, y 10.6, están también muy próximos a los de recurrencia de los eventos El Niño; por último, el de 16 años podría ser un armónico secundario de un ciclo de 4 años, no detectado, que correspondería al de la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 290. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Cozumel, durante el período de 1973 a 1987.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 3.2$ años	$T_1 = 16$ años	$T_1 = 5.3$ años
$T_2 = 10.6$ años	$T_2 = 2.9$ años	$T_2 = 2.16$ años
$T_3 = 5.3$ años		

Figura 348. Series de Tiempo de la captura total de corvina (*Sciaenops, spp.*) en Cozumel. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



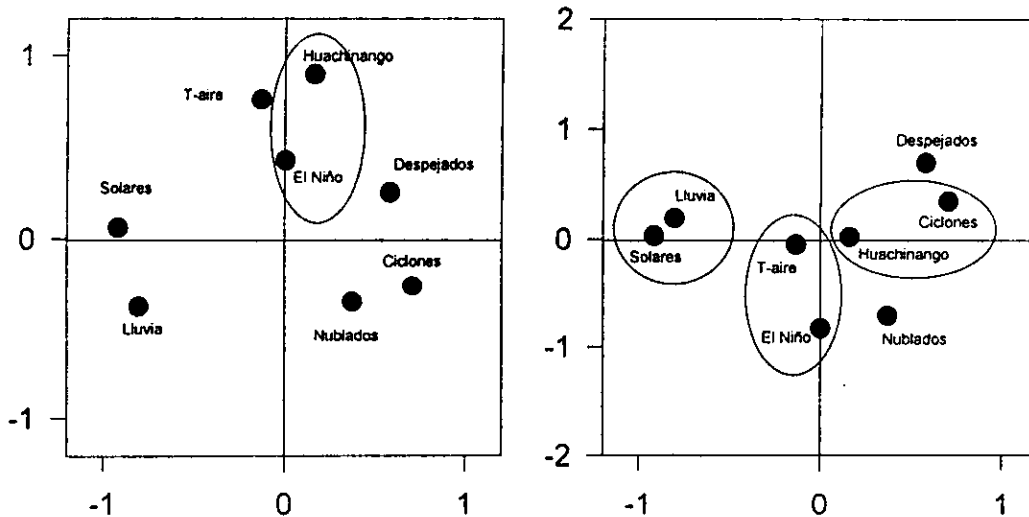
Huachinango (*Lutjanus, spp.*)

El análisis de componentes principales para el huachinango (*Lutjanus, spp.*), se muestra en la tabla 291 y figura 349; la primera componente fue positiva para la incidencia ciclónica y negativa para los ciclos de manchas solares; la segunda componente fue positiva para el volumen de la captura total de huachinango, los eventos El Niño y la temperatura del aire. Es importante destacar la relación directa que existe ente la lluvia y los ciclos de manchas solares y entre la incidencia ciclónica y el volumen total de la captura huachinango.

Tabla 291. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Cozumel, durante el periodo 1980-1987.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.57289607	32.1612009	2.57289607	32.1612009
Factor 2	2.03770544	25.471318	4.61060151	57.6325189
Factor 3	1.70657961	21.3322451	6.31718112	78.964764

Figura 349. Análisis de Componentes Principales para el huachinango (*Lutjanus, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Cozumel.

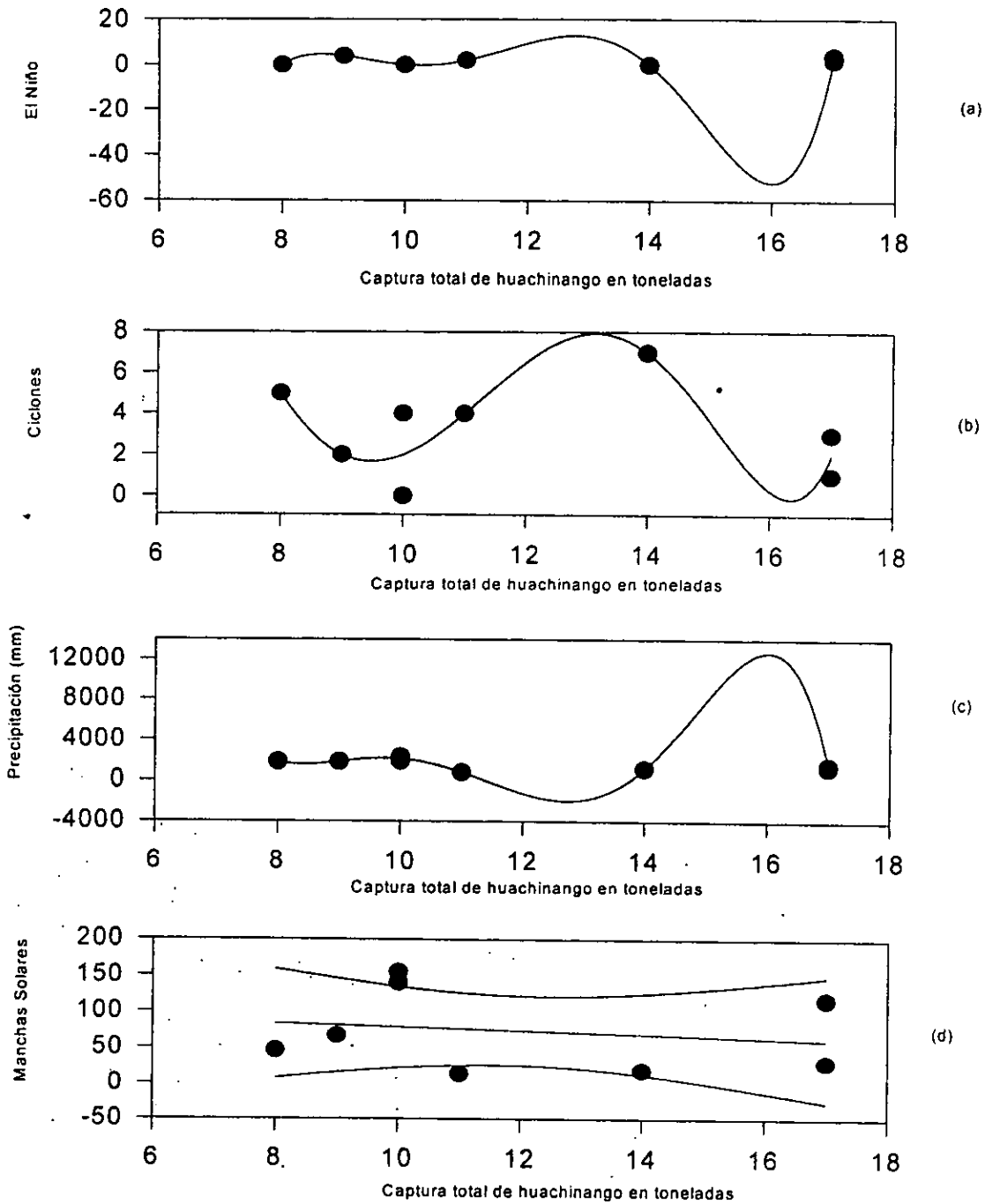


El análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) se muestra en la tabla 292 y figura 350; los órdenes de magnitud fueron altos dentro de esta prueba, lo que muestra la complejidad existente del ecosistema, dentro del cual, los modificadores de la salinidad fueron determinantes, tal y como lo señala la prueba de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 95%.

Tabla 292. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Cozumel, con las variables ambientales.

	Eventos El Niño	Ciclones	Precipitación	Manchas Solares
Orden del polinomio	7	7	7	7
Regresión	$r^2 = 0.91$	$r^2 = 0.72$	$r^2 = 0.92$	$r^2 = 0.93$

Figura 350. Análisis polinomial de la captura total de huachinango (*Lutjanus, spp.*) en Cozumel. (a) captura vs eventos El Niño, (b) captura vs ciclones, (c) captura vs precipitación (mm), (d) captura vs manchas solares.





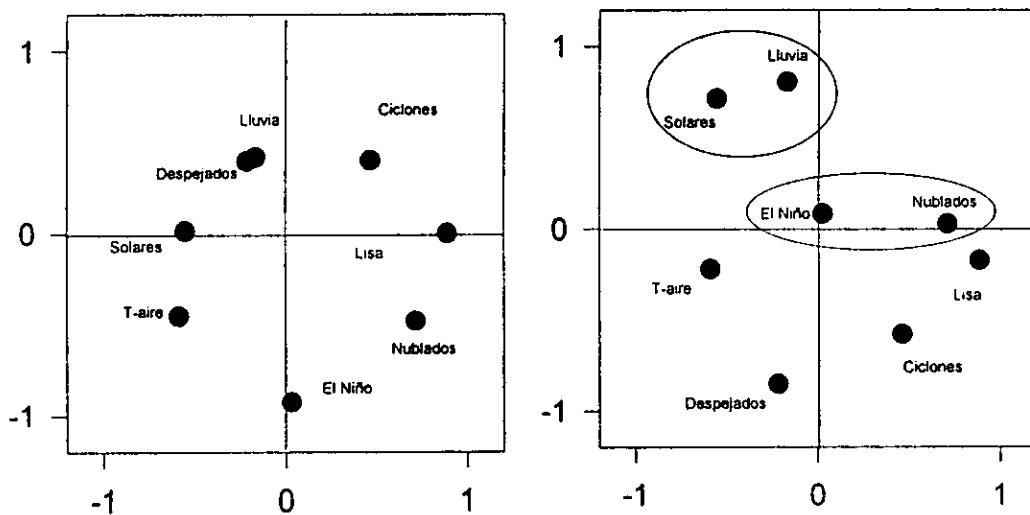
Lisa (*Mugil, spp.*)

El análisis de componentes principales para la lisa (*Mugil, spp.*), se muestran en la tabla 293 y figura 351; la primera componente fue positiva para el volumen de captura de la lisa y negativa para los ciclos de manchas solares; en la segunda componente hay dos relaciones inversas, la primera entre la precipitación y los eventos El Niño y la segunda entre los volúmenes de captura total de la lisa y la temperatura del aire.

Tabla 293. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Cozumel, durante el periodo 1980-1987.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.89208716	36.1510894	2.89208716	36.1510894
Factor 2	1.92785195	24.0981494	4.81993911	60.2492389
Factor 3	1.50083104	18.760388	6.32077015	79.0096268

Figura 351. Análisis de Componentes Principales para la lisa (*Mugil, spp.*) y las variables océano-atmósfera en Cozumel.

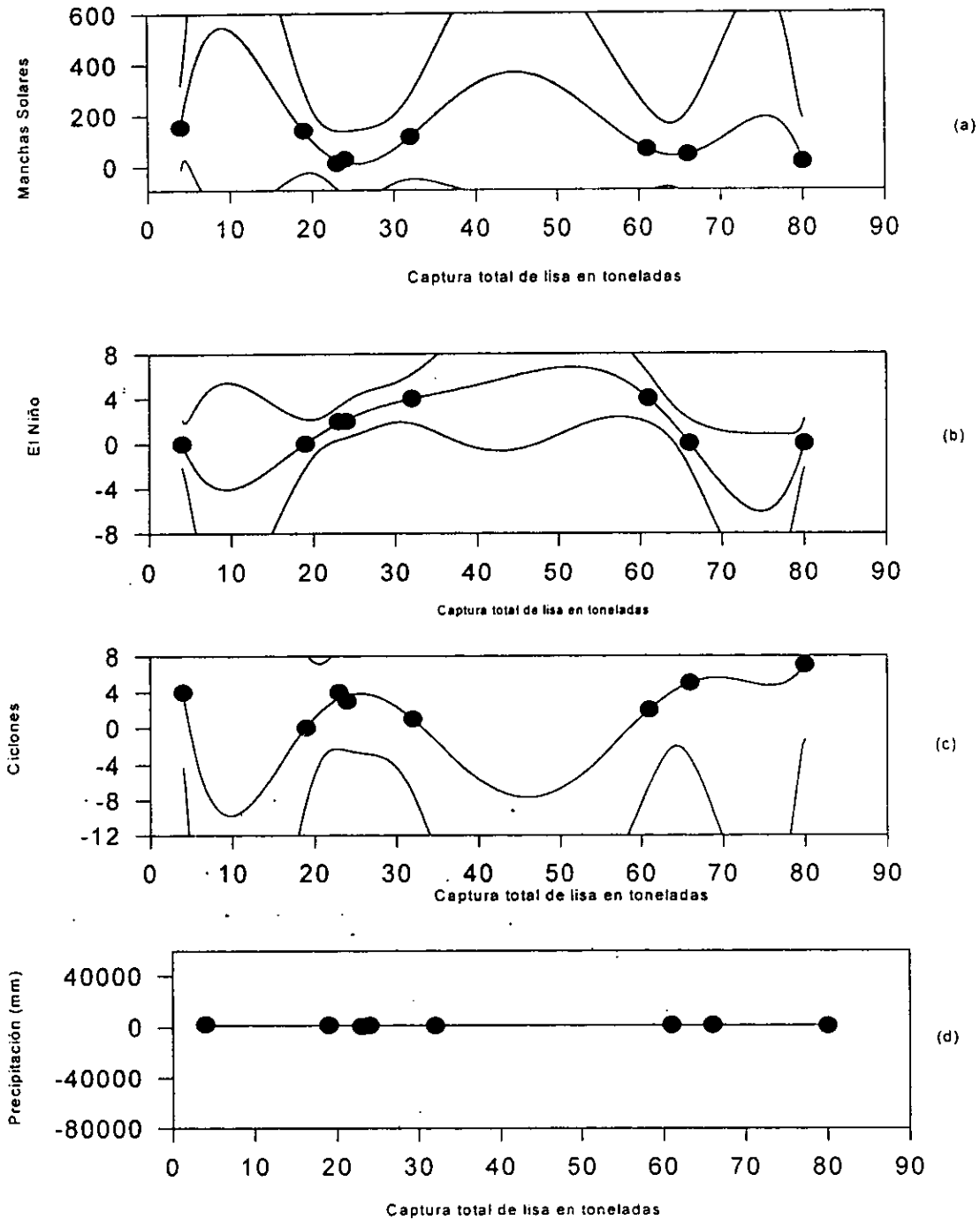


Los resultados del análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*), se muestran en la tabla 294 y figura 352; los órdenes de magnitud de las polinomiales se consideran altos y expresan matemáticamente la complejidad del ecosistema, dentro del cual, los modificadores de la salinidad y, particularmente, los eventos El Niño, contribuyen de manera importante en la variabilidad del mismo. El intervalo de confianza fue del 95%.

Tabla 294. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Cozumel, con las variables ambientales.

	Manchas Solares	El Niño	Ciclonas	Precipitación
Orden del polinomio	6	6	6	7
Regresión	$r^2 = 0.98$	$r^2 = 0.99$	$r^2 = 0.97$	$r^2 = 1.0$

Figura 352. Análisis polinomial de la captura total de lisa (*Mugil, spp.*) en Cozumel. (a) captura vs manchas solares, (b) captura vs eventos El Niño, (c) captura vs incidencia ciclónica, (d) captura vs precipitación.



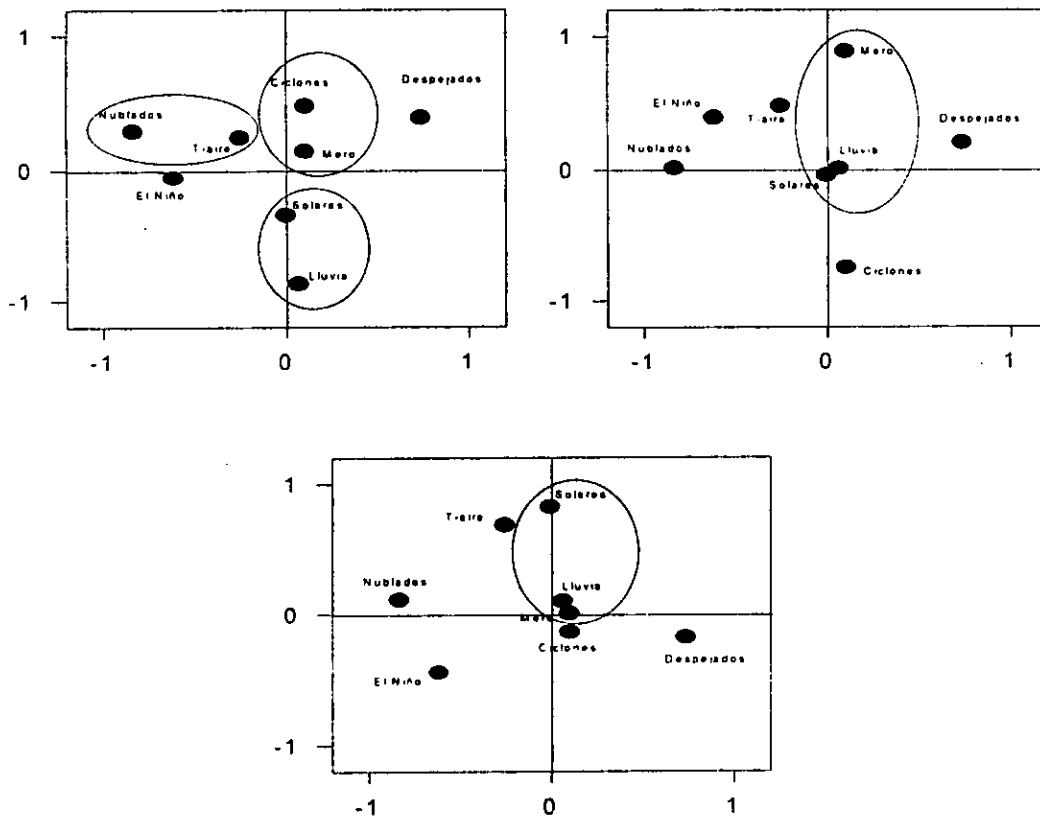
Mero (*Epinephelus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el mero (*Epinephelus*, spp.), se muestra en la tabla 295 y figura 353; la primera componente fue positiva para los eventos El Niño; la segunda componente fue positiva para la incidencia ciclónica y el volumen de captura total del mero y negativa para los ciclos de manchas solares y la lluvia; se observa, además, una relación inversa entre el volumen de captura total del mero y la incidencia ciclónica y otra directa entre el mismo volumen de captura, la lluvia y los ciclos de manchas solares. La función forzante del sistema parece ser, en este caso, la incidencia ciclónica, vinculada de manera importante con los ciclos solares.

Tabla 295. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el mero (*Epinephelus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel, durante el periodo 1964-1987.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.09521636	26.1902045	2.09521636	26.1902045
Factor 2	1.60715294	20.0894118	3.7023693	46.2796163
Factor 3	1.51592078	18.9490098	5.21829008	65.228626
Factor 4	1.11608895	13.9511119	6.33437904	79.179738

Figura 353. Análisis de Componentes Principales para el mero (*Epinephelus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel.

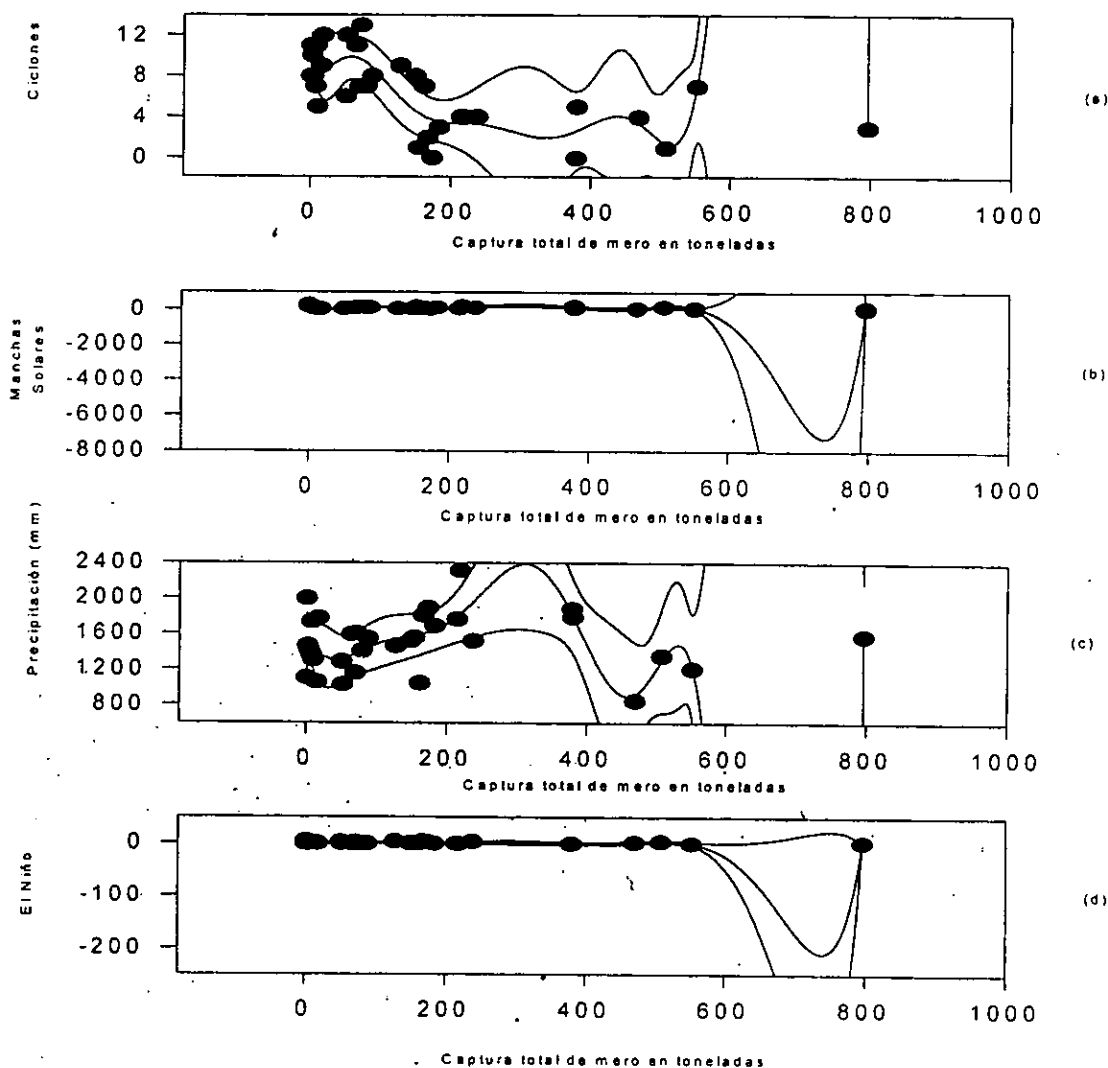


El análisis polinomial de la captura total de mero (*Epinephelus*, spp.), se muestra en la tabla 296 y figura 354; sobresalen los altos órdenes polinomiales requeridos para expresar matemáticamente las complejas relaciones del ecosistema, en donde los modificadores de la salinidad son los principales responsables de esta variabilidad. El intervalo de confianza fue del 95%.

Tabla 296. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de mero (*Epinephelus*, spp.) en Cozumel, con las variables ambientales.

	Ciclones	Manchas Solares	Precipitación	eventos El Niño
Orden del polinomio	9	9	9	8
Regresión	$r^2 = 0.62$	$r^2 = 0.66$	$r^2 = 0.40$	$r^2 = 0.24$

Figura 354. Análisis polinomial de la captura total de mero (*Epinephelus*, spp.) en Cozumel. (a) captura vs incidencia ciclónica, (b) captura vs manchas solares, (c) captura vs precipitación (mm), (d) captura vs eventos El Niño.

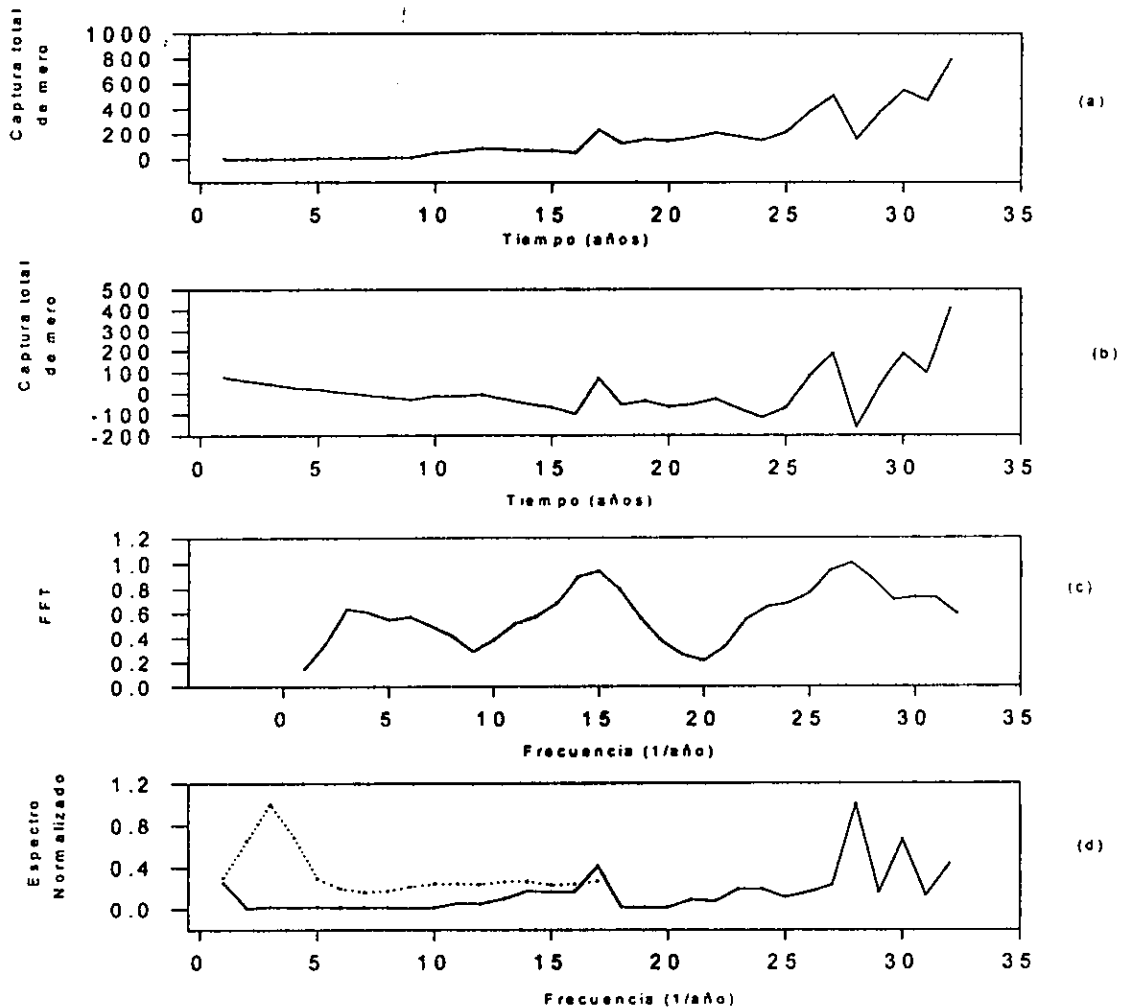


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de mero (*Epinephelus*, spp.), se muestran en la tabla 297 y figura 355; los ciclos de 2.2 y 32 años se encuentran vinculados con los períodos de actividad solar; por otro lado, el de 2.2 años también se corresponde con un ciclo de recurrencia de los eventos El Niño. Finalmente, el ciclo de 16 años podría constituir un armónico secundario del ciclo de 4 años, el cual sería la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 297. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de mero (*Epinephelus*, spp.) en Cozumel, durante el período 1950-1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 2.3$ años	$T_1 = 2.4$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 2.2$ años	$T_2 = 4.5$ años	
$T_3 = 2.0$ años	$T_3 = 32$ años	
$T_4 = 4$ años		

Figura 355. Series de Tiempo de la captura total de mero (*Epinephelus*, spp.) en Cozumel. (s) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



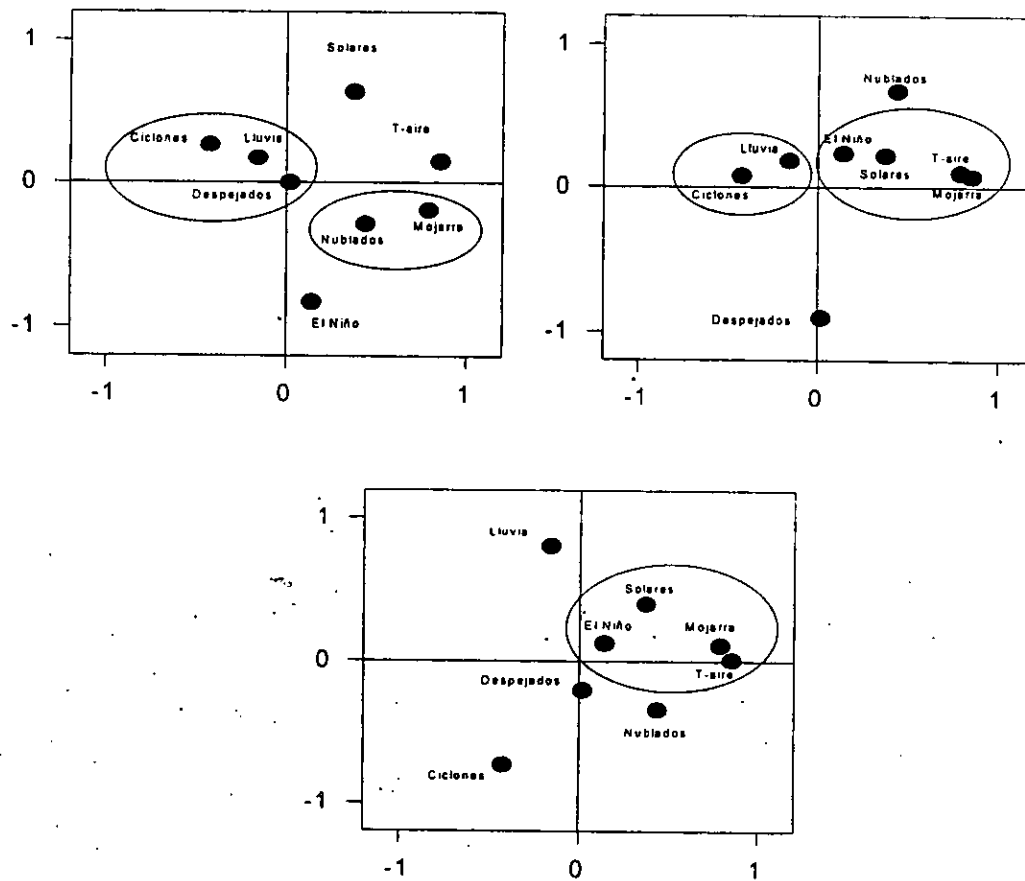
Mojarra (*Eugerres*, spp.)

El análisis de componentes principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.), se presenta en la tabla 298 y figura 356; la primera componente fue positiva para la incidencia ciclónica y negativa para la captura total de mojarra; la segunda componente fue negativa para los eventos El Niño y la tercera componente también resultó negativa para los días despejados. Existe un vínculo importante de la captura total de mojarra con las manchas solares, los eventos El Niño y la temperatura del aire, variables que inciden de forma importante sobre el ecosistema.

Tabla 298. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel, durante el periodo 1964-1987.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.36423268	29.5529085	2.36423268	29.5529085
Factor 2	1.6144831	20.1810387	3.97871577	49.7339472
Factor 3	1.1764952	14.70619	5.15521098	64.4401372
Factor 4	1.04575548	13.0719435	6.20096646	77.5120807

Figura 356. Análisis de Componentes Principales para la mojarra (*Eugerres*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel.

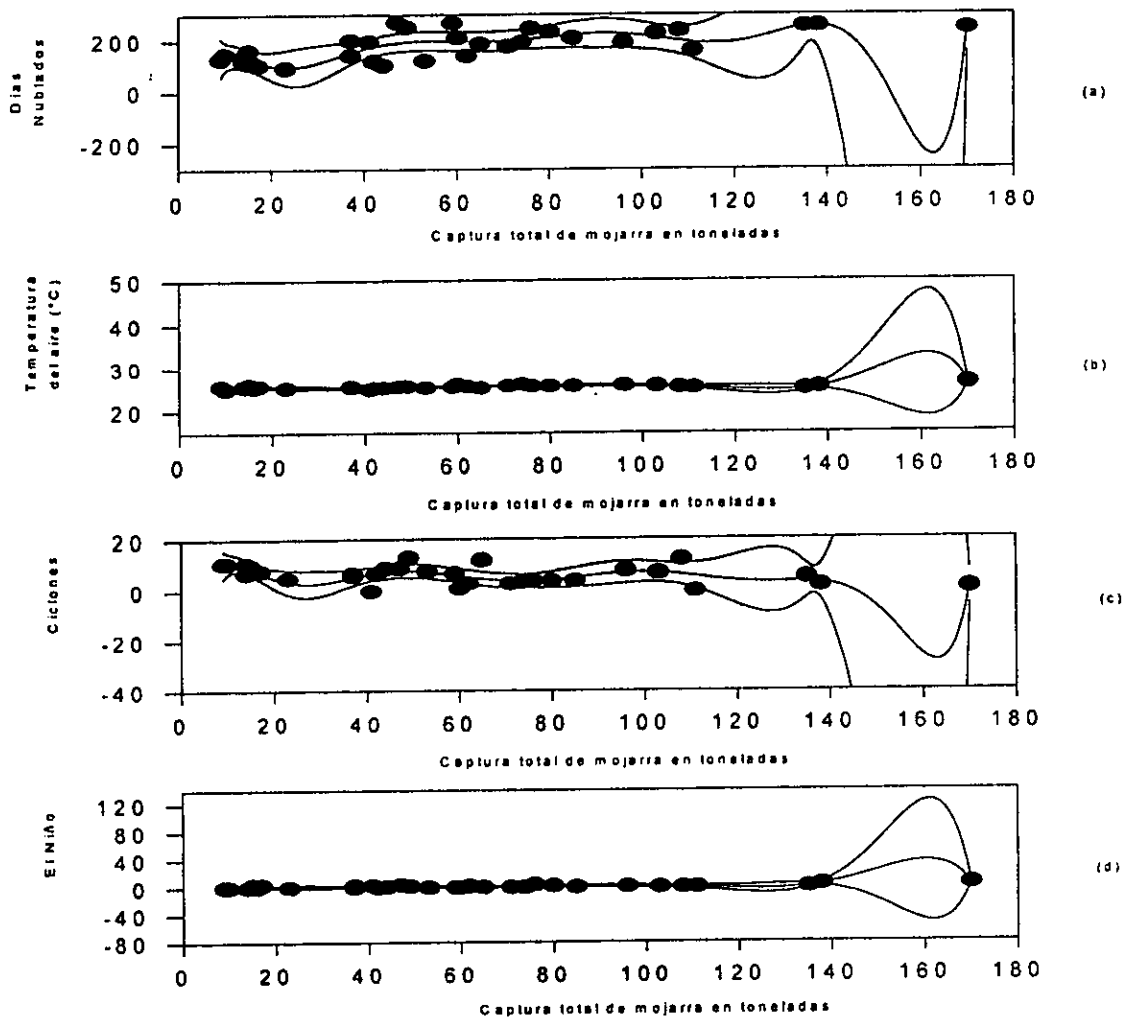


El análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*), se indica en la tabla 299 y figura 357; los altos órdenes de magnitud requeridos para expresar matemáticamente el ecosistema, son un indicador de lo complejo de las relaciones del ecosistema, en el que los modificadores de la salinidad constituyeron la función forzante, tal y como se estimó a través del análisis de componentes principales. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 299. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Cozumel, con las variables ambientales.

	Días Nublados	Temp. del aire	Ciclones	eventos El Niño
Orden del polinomio	9	9	9	9
Regresión	$r^2 = 0.53$	$r^2 = 0.55$	$r^2 = 0.41$	$r^2 = 0.29$

Figura 357. Análisis polinomial de la captura total de mojarra (*Eugerres, spp.*) en Cozumel. (a) captura vs cobertura nubosa (días nublados), (b) captura vs temperatura del aire, (c) captura vs incidencia ciclónica, (d) captura vs eventos El Niño.

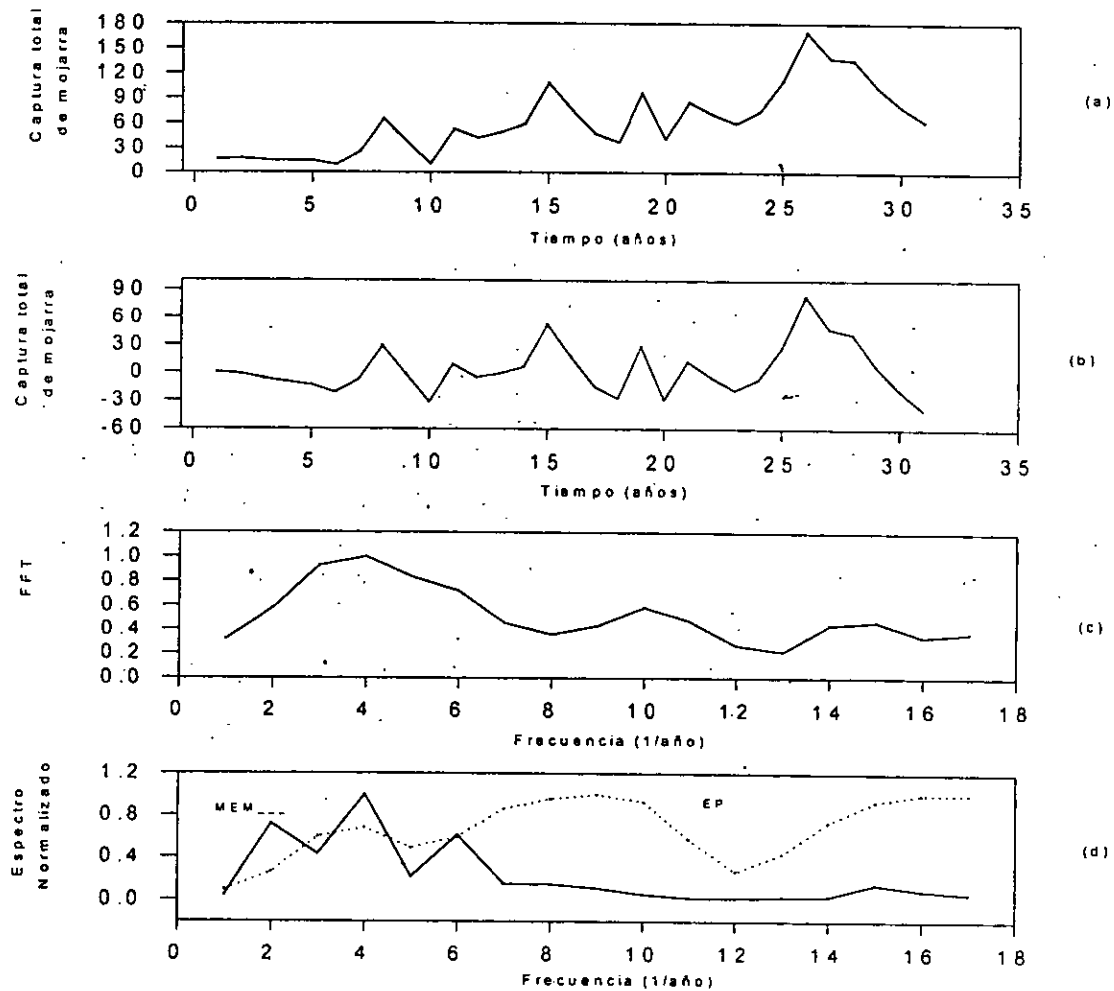


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.), se muestran en la tabla 300 y figura 358; los ciclos de 10.6 y 32 años se corresponden, con los ciclos de actividad solar, mientras que los de 2.4 y 10.6 años están vinculados con los de recurrencia de los eventos El Niño. Por último, el de 4.0 años podría corresponder a la edad promedio de captura de los individuos de esta población.

Tabla 300. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.) en Cozumel, durante el período 1950-1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 4$ años
$T_2 = 32$ años	$T_2 = 3.5$ años	$T_2 = 10.6$ años
$T_3 = 6.4$ años	$T_3 = 2.4$ años	

Figura 358. Series de Tiempo de la captura total de mojarra (*Eugerres*, spp.) en Cozumel. (s) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





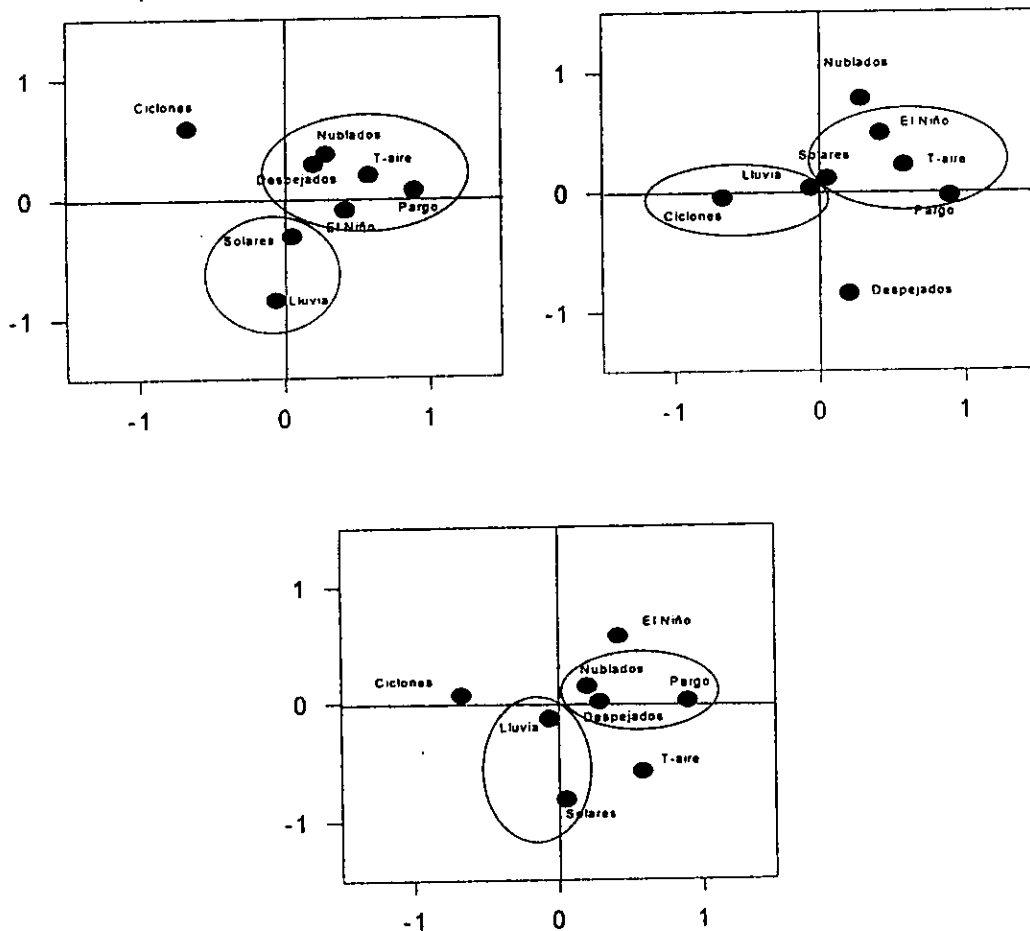
Pargo (*Lutjanus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el pargo (*Lutjanus*, spp.), se muestra en la tabla 301 y figura 359; en la primera componente la relación fue positiva para la captura total de pargo, los eventos El Niño y la temperatura del aire; la segunda componente fue negativa para la lluvias y se detectó una relación inversa entre la incidencia ciclónica y la captura total del pargo.

Tabla 301. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel, durante el periodo de 1967 a 1984.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.22415317	27.8019146	2.22415317	27.8019146
Factor 2	1.63705479	20.4631849	3.86120796	48.2650995
Factor 3	1.34916875	16.8646094	5.21037672	65.1297089
Factor 4	1.10937997	13.8672496	6.31975668	78.9969585

Figura 359. Análisis de Componentes Principales para el pargo (*Lutjanus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel.

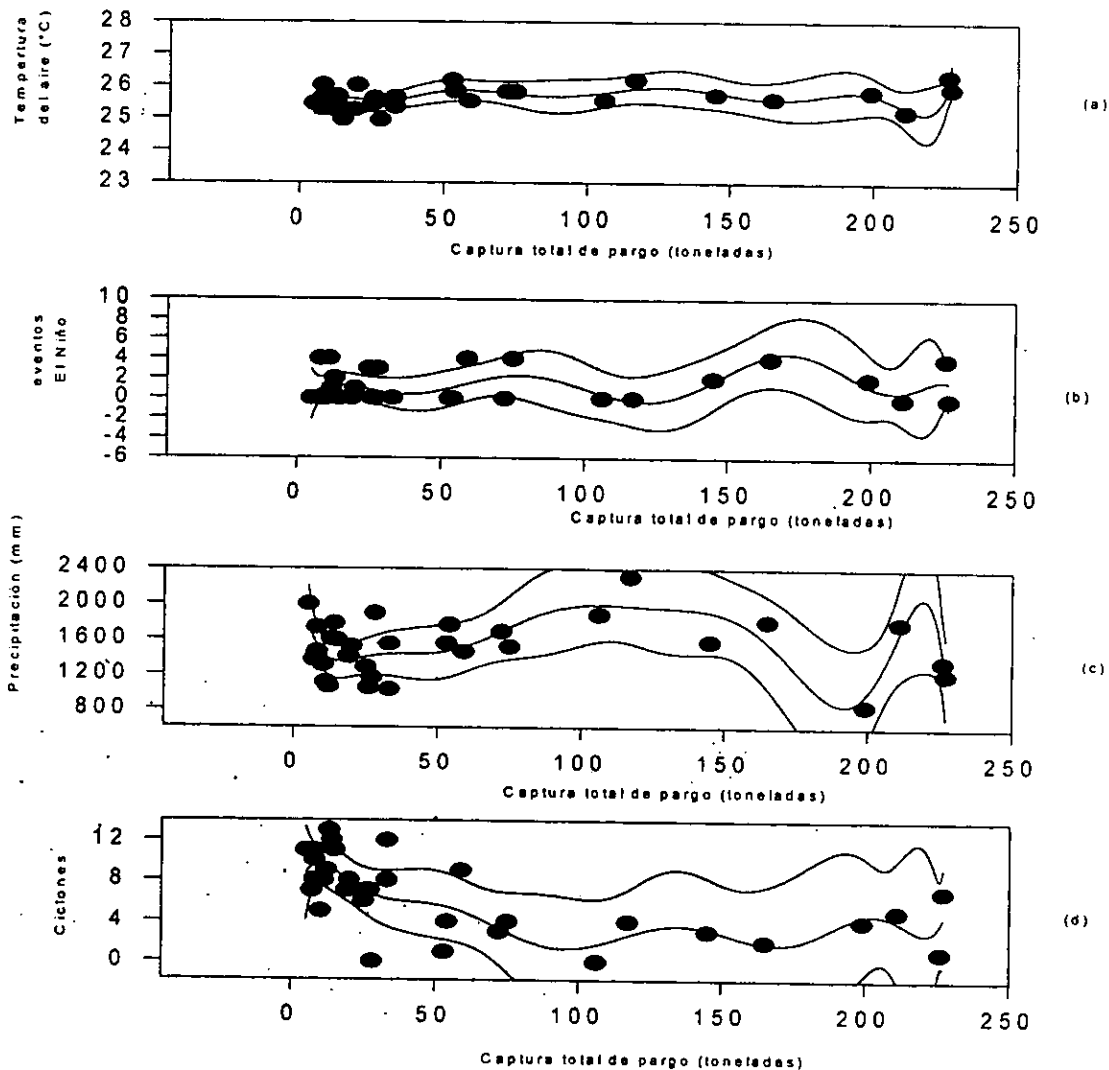


El análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*), se señala en la tabla 302 y figura 360, donde se observan altos órdenes polinomiales, lo que es un indicador de las complejas relaciones existentes dentro del ecosistema, en el que indudablemente los modificadores de la salinidad constituyeron la función forzante. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 302. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Cozumel, con las variables ambientales.

	Temp. del aire	eventos El Niño	Precipitación	Ciclones
Orden del polinomio	9	6	9	9
Regresión	$r^2 = 0.42$	$r^2 = 0.23$	$r^2 = 0.48$	$r^2 = 0.50$

Figura 360. Análisis polinomial de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Cozumel. (a) captura vs temperatura del aire, (b) captura vs eventos El Niño, (c) captura vs Precipitación, (d) captura vs incidencia ciclónica.

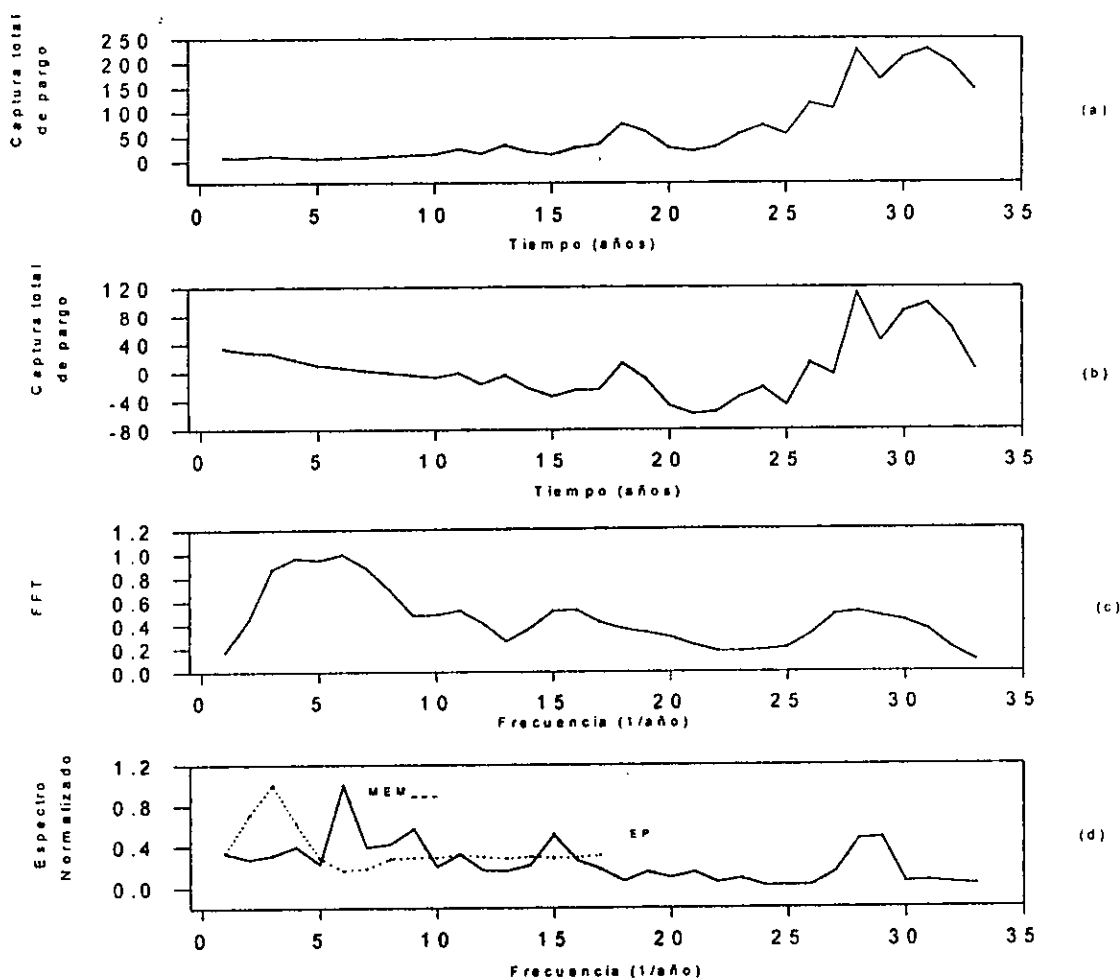


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*), se muestran en la tabla 303 y figura 361, en donde se observa que los ciclos de 2.3 y 8 años se encuentran cercanos con los períodos de actividad solar, mientras que el de 2.3 también está muy próximo al de recurrencia de los eventos El Niño. Por último, el ciclo de 4.5 años podría corresponder al de la edad promedio de captura de los individuos de esta población y el de 16 años sería un armónico secundario de este último.

Tabla 303. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Cozumel, durante el periodo de 1950 a 1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 12.7$ años	$T_1 = 16$ años	$T_1 = 16$ años
$T_2 = 8$ años	$T_2 = 4.5$ años	
$T_3 = 4.5$ años	$T_3 = 2.3$ años	
$T_4 = 2.3$ años		

Figura 361. Series de Tiempo de la captura total de pargo (*Lutjanus, spp.*) en Cozumel. (a) Serie Original, (b) Serie Sin Tendencia, (c) transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.



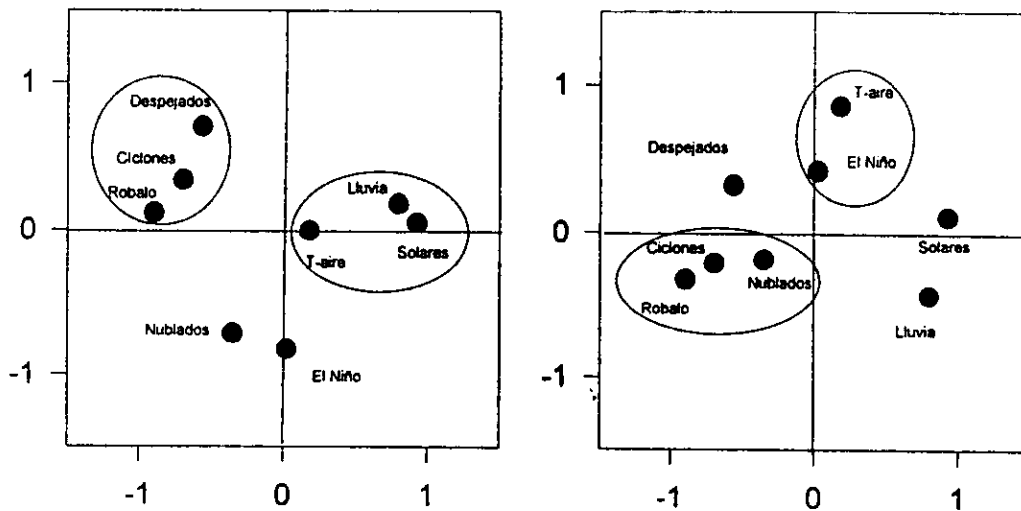
Robalo (*Centropomus*, spp.)

El análisis de componentes principales para el robalo (*Centropomus*, spp.), se muestra en la tabla 304 y figura 362; la primera componente resultó positiva para los ciclos de manchas solares, la lluvia y la temperatura del aire y negativa para la captura total de robalo; en la segunda componente hay una relación inversa entre la temperatura del aire y los eventos El Niño. Destacan dos asociaciones importantes: la primera se da entre los días despejados, la incidencia ciclónica y el volumen de captura de robalo y la segunda, entre la lluvia, la temperatura del aire y los ciclos de manchas solares; las variables antes indicadas parecen ser las funciones forzantes del sistema.

Tabla 304. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel, durante el periodo 1980-1987.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	3.35611115	41.9513894	3.35611115	41.9513894
Factor 2	1.80823248	22.602906	5.16434363	64.5542954
Factor 3	1.33890811	16.7363514	6.50325175	81.2906468

Figura 362. Análisis de Componentes Principales para el robalo (*Centropomus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel.

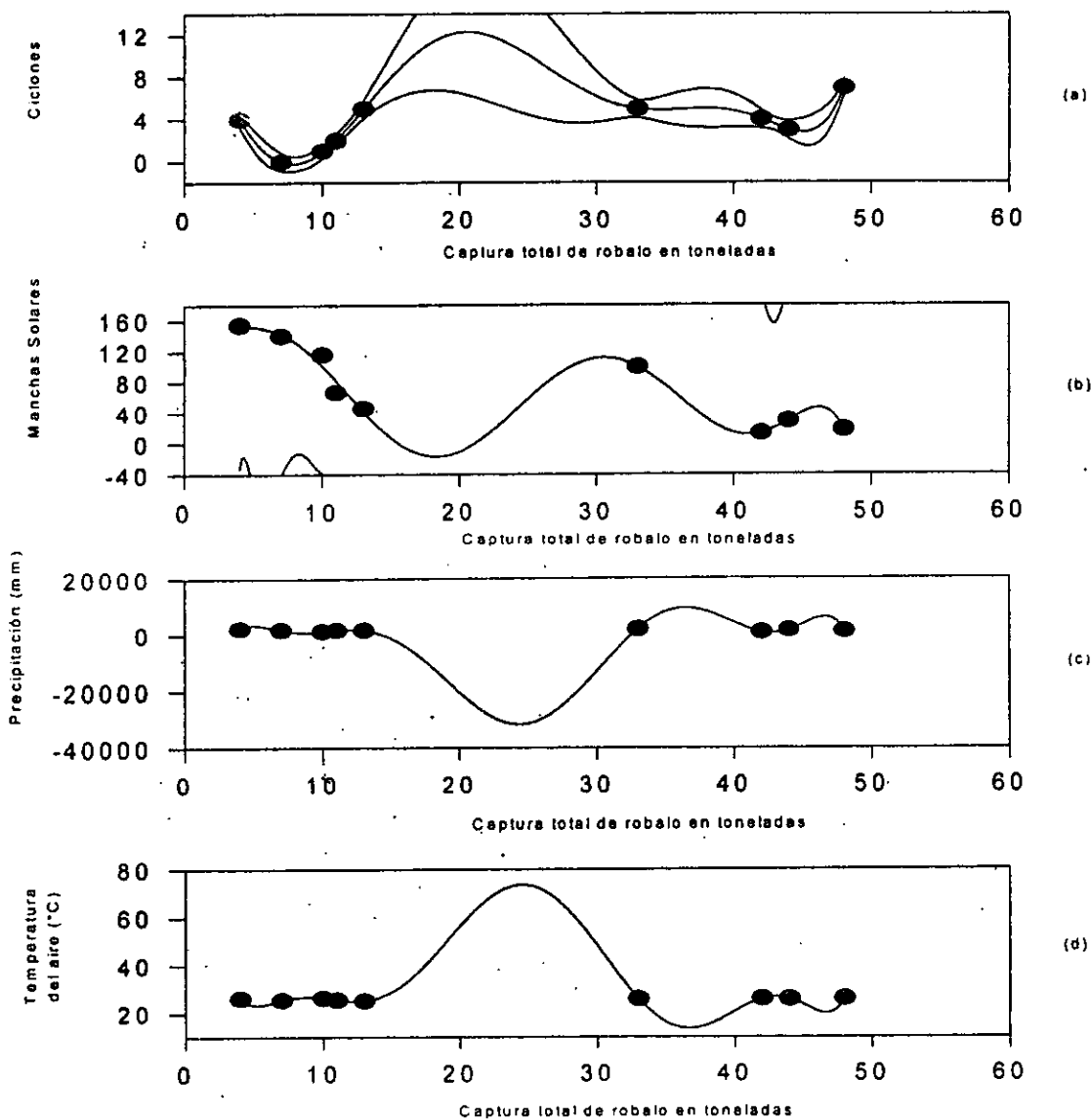


El análisis de componentes principales de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) se muestra en la tabla 305 y figura 363; los resultados señalan que dados los altos órdenes de magnitud requeridos para expresar matemáticamente las relaciones del ecosistema, éstas son sumamente complejas; dentro de ellas, los modificadores de la salinidad y la temperatura constituyen las funciones forzantes del ecosistema. El intervalo de confianza fue del 95%.

Tabla 305. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Cozumel, con las variables ambientales.

	Ciclones	Manchas Solares	Precipitación	Temp. del aire
Orden del polinomio	7	7	8	8
Regresión	$r^2 = 0.99$	$r^2 = 0.98$	$r^2 = 1.0$	$r^2 = 1.0$

Figura 363. Análisis polinomial de la captura total de robalo (*Centropomus*, spp.) en Cozumel. (a) captura vs incidencia ciclónica, (b) captura vs manchas solares, (c) captura vs precipitación, (d) captura vs temperatura del aire.



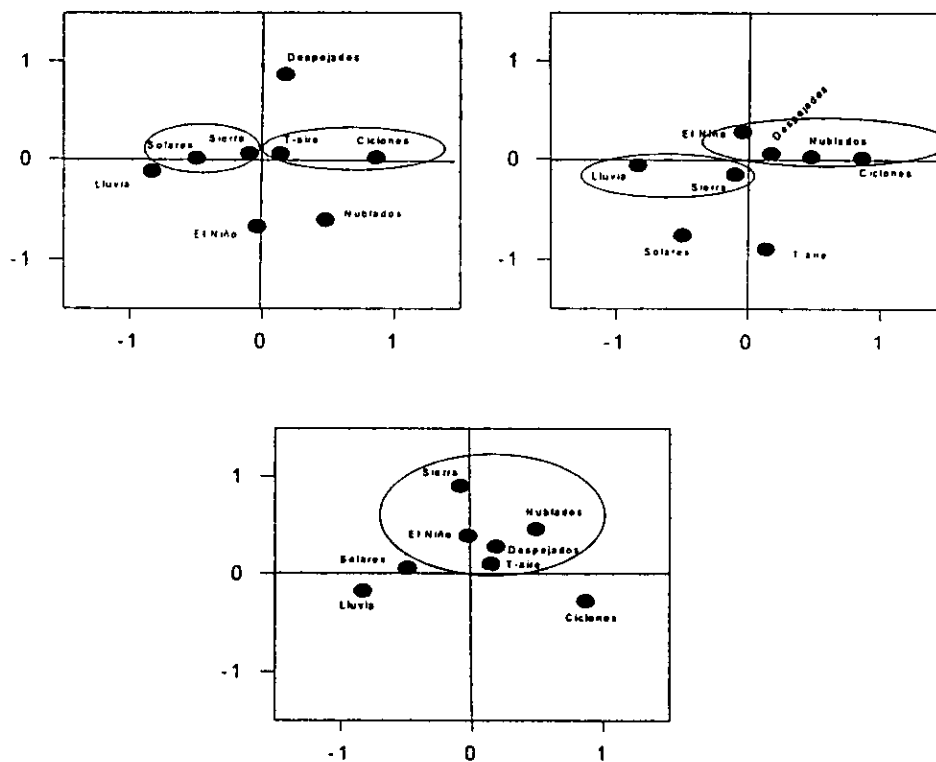
Sierra (*Scomberomorus*, spp.)

El análisis de componentes principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.), se muestra en la tabla 306 y figura 364; la primera componente resultó positiva para la incidencia ciclónica y negativa para los ciclos de manchas solares y la precipitación; en la segunda componente se observa una relación inversa entre los días despejados y los eventos El Niño; en la tercera componente hubo otra relación inversa entre los eventos El Niño y la temperatura del aire; cabe señalar, por otra parte, tres relaciones directas que se dieron con los volúmenes de captura total de la sierra: 1) con los eventos El Niño; 2) con los ciclos solares; 3) con la precipitación. Se puede afirmar que la salinidad evaluada a través de su modificador principal, la precipitación, constituyó la función forzante del sistema.

Tabla 306. Eigenvalores calculados a partir del Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel, durante el período de 1971 a 1987.

	Eigenvalores	% de Varianza Total	Eigenvalores acumulados	% Acumulación
Factor 1	2.16112799	27.0140998	2.16112799	27.0140998
Factor 2	1.75010072	21.876259	3.91122871	48.8903589
Factor 3	1.48280811	18.5351014	5.39403682	67.4254602
Factor 4	1.03483485	12.9354356	6.42887167	80.3608958

Figura 364. Análisis de Componentes Principales para la sierra (*Scomberomorus*, spp.) y las variables océano-atmósfera en Cozumel.

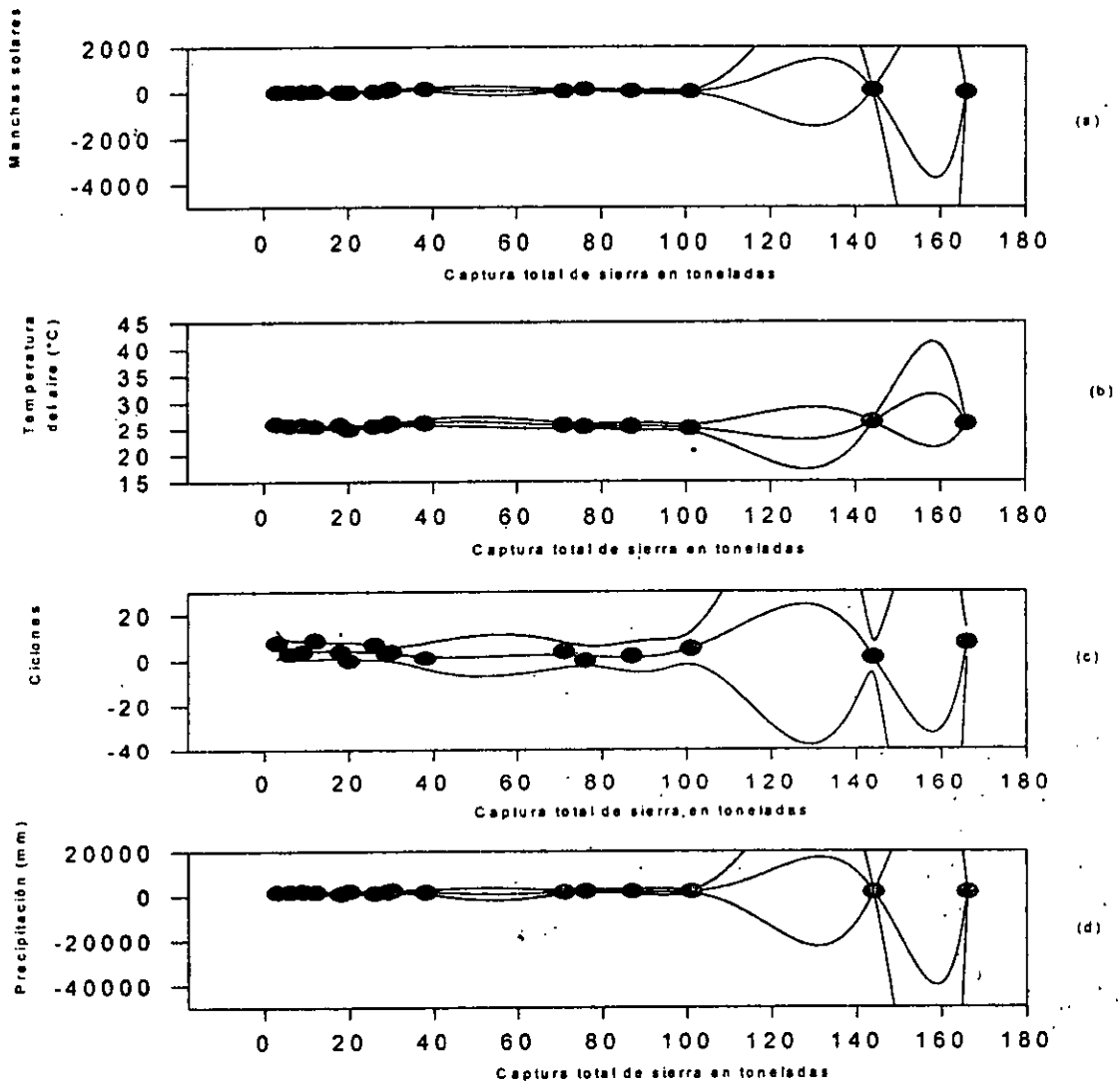


El análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) se indica en la tabla 307 y figura 365, en donde se muestran los altos órdenes polinomiales estimados para expresar matemáticamente la complejidad de las diversas variables del ecosistema, en el que los modificadores de la salinidad jugaron un papel preponderante. El intervalo de confianza fue del 98%.

Tabla 307. Regresiones y órdenes de los polinomios de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Cozumel, con las variables ambientales.

	Manchas Solares	Temp. del aire	Ciclones	Precipitación
Orden del polinomio	9	8	8	9
Regresión	$r^2 = 0.82$	$r^2 = 0.69$	$r^2 = 0.43$	$r^2 = 0.37$

Figura 365. Análisis polinomial de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Cozumel. (a) captura vs manchas solares, (b) captura vs temperatura del aire, (c) captura vs incidencia ciclónica, (d) captura vs precipitación.

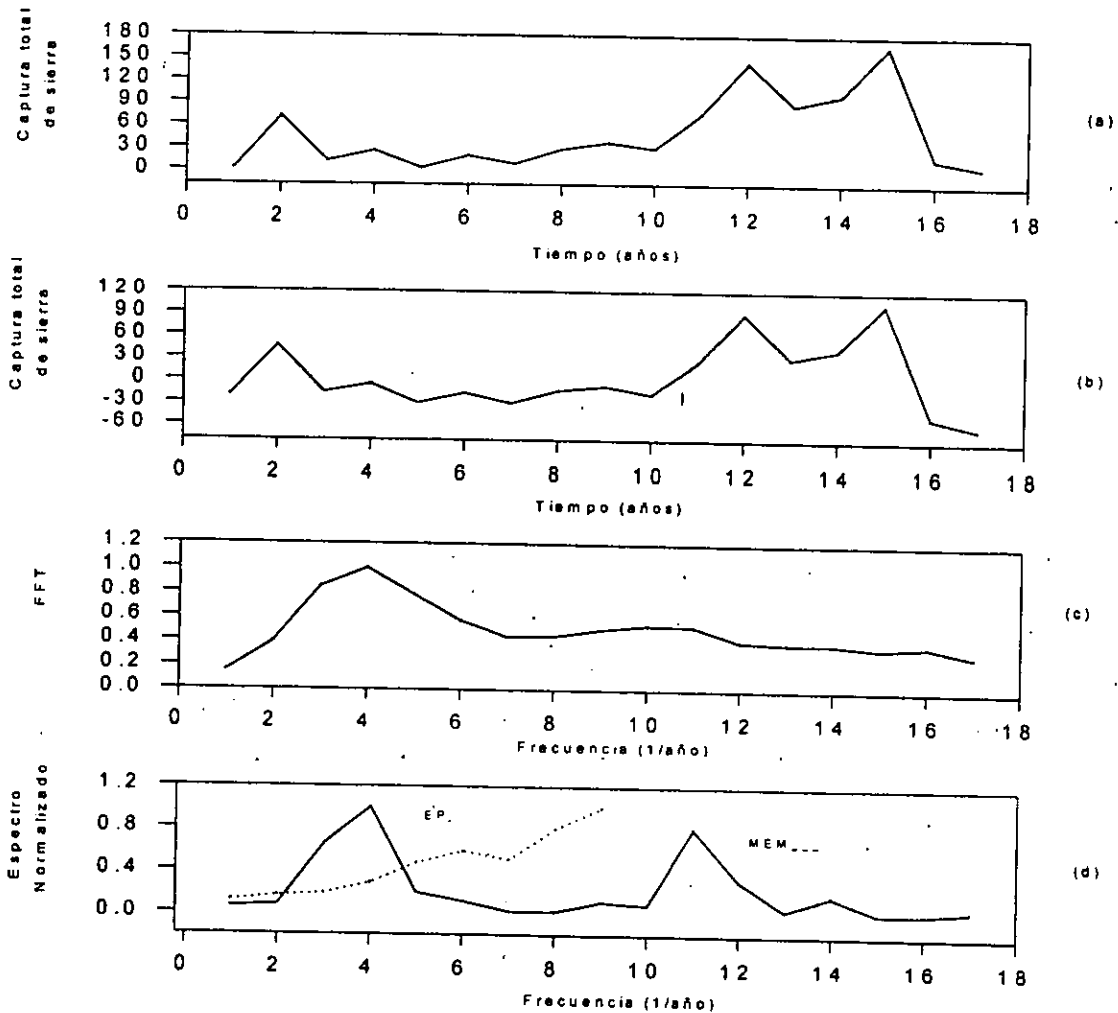


Los resultados del análisis de series de Series de Tiempo de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) se muestran en la tabla 308 y figura 366; los ciclos de 3.2 y 10.6 años se corresponden, a los ciclos de actividad solar, mientras que los de 2.4 y 10.6 años se relacionan también con los recurrencia de los eventos El Niño.

Tabla 308. Espectro de Máxima Entropía, Transformada de Fourier y Espectro de Potencia de la captura total de sierra (*Scomberomorus*, spp.) en Cozumel, durante el período 1970-1990.

Máxima Entropía	Transformada de Fourier	Espectro de Potencia
$T_1 = 10.6$ años $T_2 = 3.2$ años $T_3 = 2.4$ años	$T_1 = 10.6$ años	$T_1 = 3.2$ años

Figura 366. Series de Tiempo de la captura total de sierra (*Scomberomorus* spp) en Cozumel. (a) Serie Original, (b) Serie sin Tendencia, (c) Transformada de Fourier, (d) Espectro de Potencia y Máxima Entropía.





## DISCUSION

Algunos de los resultados de este apartado confirman cuantitativamente a través de las herramientas matemáticas utilizadas, lineales y no lineales, que la variabilidad en los volúmenes de captura depende en un 50% del efecto combinado de los factores ambientales que integran el sistema océano-atmósfera y no a la acción aislada de cada uno de ellos; estos resultados también señalan que la oscilación de los volúmenes de captura fue cíclica y se encuentra vinculada con procesos climáticos recurrentes como los eventos El Niño y los ciclos de actividad solar.

Debido a la gran cantidad de resultados que arroja este capítulo, se han agrupado los más relevantes en función de los enfoques principales del presente trabajo. En primera instancia se tratan aquellos que confirman los beneficios de la utilización conjunta de herramientas estadísticas lineales y no lineales y, mediante la exposición de algunas de las relaciones encontradas entre los elementos del clima y las pesquerías estudiadas, se pone de manifiesto la importancia del enfoque holístico; más adelante se abordan las significativas correlaciones existentes entre los volúmenes de captura de las especies analizadas, tanto con los eventos El Niño, como con los ciclos de las manchas solares; un punto más de discusión lo constituye la aseveración de que lo aquí encontrado no corrobora la hipótesis de una variación o cambio climático; finalmente, se exponen dos pequeños apartados: uno que caracteriza las regiones de acuerdo a su producción y otro más que analiza un curioso resultado hallado en Ciudad del Carmen, Campeche, en donde aparentemente no existe la relación que pudiera esperarse entre los volúmenes de captura del camarón y el esfuerzo pesquero de la zona.

Hasta este momento se ha dado una amplia panorámica de las complejas relaciones existentes entre la atmósfera y el océano con los volúmenes de captura de las diversas pesquerías seleccionadas para esta investigación. A través de los resultados expresados a lo largo del capítulo se observa que existe una variabilidad temporal con carácter periódico en dichos volúmenes; también se evidencia, a través de la estimación de 73 pruebas de componentes principales (herramienta lineal), 72 regresiones polinomiales (herramienta no lineal) y 60 series de tiempo (herramienta no lineal), que en las ocho localidades estudiadas las interacciones del sistema océano-atmósfera con los volúmenes de captura de las doce especies seleccionadas son, en todos los casos, complejas y no lineales. El uso de herramientas lineales y no lineales fue complementaria; por un lado, la prueba de componentes principales permitió detectar de una manera simple el grado y tipo de relación existente, es decir, si ésta era directa o inversa, así como su intensidad; en el 100% de las pruebas estimadas, el 80% de la explicación del comportamiento del sistema, se obtuvo en las primeras tres componentes, tal y como se señala en las tablas referidas.

Por otro lado, el análisis polinomial señaló dos puntos importantes: el primero de ellos, detectado a través del orden del polinomio, mostró que efectivamente las cuatro primeras variables (la salinidad y sus modificadores y la temperatura del agua y sus modificadores), explicaron alrededor de un 90% de la variabilidad de las capturas, por lo que se afirma que las funciones forzantes del sistema fueron la salinidad y la temperatura. Cabe señalar que el hecho de que dos elementos sean los forzantes, no significa que sean los únicos, sino que la combinación de sus modificadores en ambos casos, condicionan el comportamiento termo-halino; esto fue particularmente evidente en la región de Cozumel y Progreso, localidades con pocos registros disponibles de salinidad y temperatura del agua, por lo que los modificadores de ambas variables fueron los elementos que permitieron detectar a la salinidad y la temperatura del agua como las variables con mayor impacto sobre el sistema. Uno de los puntos más destacados de este análisis, es que la relación entre los volúmenes de captura y las variables forzantes fue de tipo no lineal en todos los casos, lo que se hizo evidente a través de su representación gráfica, en donde el grado polinomial calculado para el 70% de las pruebas fue de entre 5° y 10° y en el 30% restante fue de entre 2° y 4° grado.

Finalmente, las pruebas de series de tiempo permitieron comprobar que los volúmenes de captura son cíclicos y que estos períodos coinciden con los ciclos de vida del organismo y con las periodicidades estacionales de 2, 4 y 6 meses, correspondientes a las temporadas de Nortes, Secas y Lluvias, respectivamente, derivadas a su vez de los movimientos de translación terrestre; un último aspecto, de capital importancia, que se pudo observar mediante estas pruebas en todas las especies analizadas, fueron sus períodos coincidentes con los ciclos de actividad solar y con los eventos El Niño. En este sentido Ottersen, *et al.*, (1994), sugieren el empleo de Series de Tiempo, para describir las posibles variaciones ambientales y el volumen de captura de las poblaciones

susceptibles de explotación. Algunos autores como Rodinov y Krovnin (1990); Francis y Sibley (1991); Kashiwai (1992); Mountain y Murawski (1992); Murawski (1993); Chatters, *et al.*, (1995); Ignell, *et al.*, (1995); Kashiwai (1995); Klyashtorin y Smirnov (1995); Narayan, *et al.*, (1995); Ohtani y Azumaya (1995); Studenetsky (1995); Thomas y Kirsch (1995); Yang *et al.*, (1995); Zebdi (1995); sugieren que la razón de las variabilidades en los volúmenes de captura analizadas en otros lugares del mundo obedece a variabilidades climáticas periódicas.

Existen algunos trabajos desarrollados acerca de diversas pesquerías en el Golfo de México y el Caribe Mexicano, en los que se emplean este tipo de análisis estadísticos; entre los más sobresalientes, se encuentran los de Castro-Aguirre (1982); Castro-Aguirre y Mora-Pérez (1984); Castro-Aguirre, *et al.* (1984); Castro-Aguirre (1986); Castro-Aguirre y Romero (1988) y Cury, *et al.*, (1995), en donde se menciona que es poco probable que la relación existente entre la variabilidad ambiental y las capturas de las diversas pesquerías se manifieste como una función lineal simple, dada la compleja interacción entre las numerosas componentes del ambiente, así como por el retardo entre la ocurrencia de una perturbación ambiental y la manifestación de sus efectos sobre las capturas de los individuos. La gran mayoría de los trabajos desarrollados acerca de pesquerías, tanto en el mundo, como en México, emplean análisis de tipo lineal (Gunter, 1967; Yañez-Arancibia, 1978; Castello y Moller, 1978; Francis, 1980; Lara-Domínguez, *et al.*, 1981; Sánchez-Gil, 1981; Newman y Martin, 1983; Deegan, *et al.*, 1984; Sánchez-Gil, 1985; Soberón-Chávez, *et al.*, 1986), lo que genera una interpretación pobre en cuanto a la causalidad de las variaciones en su volumen de captura.

Algunos modelos pesqueros conllevan desde su planteamiento un error inicial, ya que, los efectos de las perturbaciones ambientales sólo se perciben hasta el momento del reclutamiento (Csrike, 1989), cuando nuevos organismos se incorporan al grupo de peces susceptibles de explotación. Hay, por lo tanto, un retardo entre el momento de la perturbación y la respuesta en términos de las capturas totales, lo cual es también un impedimento para la detección de las relaciones causales mediante modelos simples. Existen otro tipo de modelos pesqueros como los sugeridos por Ricker (1954, 1958) y Beverton y Holt (1957), en donde se sintetizan y desarrollan aspectos teóricos de la relación entre la población desovante y el reclutamiento en términos matemáticos, que permiten describir y cuantificar los mecanismos que regulan la mortalidad de los huevos, larvas y juveniles a partir de los registros existentes del tamaño de la población desovante; sin embargo, las variables que emplean dentro de estas ecuaciones no incluyen variables ambientales y sólo consideran tasas de sobrevivencia a la mortalidad, introduciendo un coeficiente de mortalidad compensadora; se puede afirmar entonces, a partir de los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación, que estos modelos se encuentran bastante lejos de poder explicar las relaciones causales de la variabilidad en la abundancia de las poblaciones.

También existen modelos como el propuesto por Power y Power (1994), en los que se agregan las variables de temperatura y precipitación para determinar los patrones de abundancia, ya que según estos autores, estas variables inciden en la densidad de alevines por efectos en los cambios de salinidad y la temperatura del agua; obviamente, estas propuestas explican la causalidad de las variaciones en los volúmenes de captura en función de sólo tres variables, la temperatura, la precipitación y la salinidad, sin embargo, es importante agregar otras más, igualmente importantes, que constituyen modificadores tanto de la salinidad como de la temperatura del agua, en la dinámica océano-atmósfera e inciden en los volúmenes de captura, tal y como lo expresan los resultados de este último capítulo.

Cabe señalar que aunque el enfoque de esta investigación no fue el de evaluar las pesquerías desde el punto de vista de los modelos biológico-pesqueros, los resultados generados a lo largo de esta investigación, constituyen una base contundente para afirmar que el medio ambiente, es decir, el sistema océano-atmósfera, tiene un carácter estocástico, regido por procesos periódicos y esta premisa es la que, desde nuestro punto de vista, tendría que emplearse en el planteamiento y uso de modelos pesqueros que deben considerar todas las fases biológicas de los organismos a estudiar, así como la mayor cantidad de variables ambientales disponibles, con el fin de comprender la causalidad de su comportamiento,

En este sentido Cushing (1982), afirma que la explicación de la variación en la existencia de determinadas especies entre una temporada a otra, presenta un elevado nivel de incertidumbre, debido a que los modelos empleados han estado sobresimplificados (Bertalanffy, 1938), y generalmente no incluyen a las componentes ambientales o, en el peor de los casos, se les considera como un factor constante. La identificación de estas relaciones se complica por el hecho de que, en su mayoría, son de naturaleza no lineal.

Evidentemente, todos los análisis de componentes principales, polinomiales y series de tiempo calculados a lo largo de esta investigación, permiten la construcción de un esquema más claro de la variabilidad ambiental, que constituya una herramienta para los análisis biológico-pesqueros. Todos ellos, en su conjunto, deben ser la base para elaborar modelos predictivos sobre los volúmenes de las capturas, en los que se considere lo que las condiciones ambientales determinen, tanto al régimen de explotación del recurso, como a la magnitud del reclutamiento. En las tablas referidas a lo largo del capítulo de componentes principales y regresiones polinomiales, se demuestra que el 50% de la variabilidad en los volúmenes de la captura se debió al efecto combinado de las variables ambientales, tales como la temperatura, la salinidad, los vientos dominantes, las descargas de los ríos, la precipitación, las temperaturas del aire y del agua, la cobertura nubosa y la incidencia ciclónica, que a su vez generaron corrientes de viento que participan en la conformación de giros ciclónicos y anticiclónicos que se desprenden de la Corriente de Lazo y que alteran positiva o negativamente el tamaño y el balance dinámico de las poblaciones durante sus diferentes estadios biológicos, puesto que con los giros ciclónicos ocurre un ascenso de masas de agua ricas en nutrientes, que favorecen la producción pláncica, mientras que en los anticiclónicos ocurre lo contrario. Es de esperar, que el otro 50% de la variabilidad se explique a través de las relaciones inter e intraespecíficas.

Los resultados presentados a lo largo de esta investigación constituyen un argumento lo suficientemente sustentado como afirmar que el medio ambiente no puede considerarse como un factor constante; esta variabilidad tiene un impacto distinto de acuerdo a la etapa de los organismos acuáticos, ya que existe una relación inversa entre la edad de los organismos y la influencia que el medio ambiente ejerce sobre ellos, es decir, que mientras más jóvenes son, mayor es el impacto del ambiente (Lasker, 1981); de ahí que gran parte de los organismos marinos, y entre ellos las doce especies analizadas en este estudio, presentan estrategia de reproducción del tipo *r*, es decir, tienen una tasa de reproducción elevada combinada con una alta mortalidad; esto significa, desde el punto de vista ecológico, que estas especies funcionan como vehículos en la transferencia de energía dentro del ecosistema (Margalef, 1980). Durante las etapas planctónicas, es decir, las primeras etapas de su vida, la turbulencia que es provocada tanto por los vientos como por la mezcla de masas de agua con diferente densidad, juega un papel determinante en la abundancia y desarrollo de los organismos, ya que es a través de este fenómeno que, existe una continua distribución tanto del alimento como de los predadores. En un estudio desarrollado por Sundby *et al.*, (1994), en el norte de Noruega, se calculó que si el viento se incrementa de 2 a 10 m/s, se aumentan las tasas de alimentación de los juveniles de bacalao (*Gadus morhua*), aunque, si la velocidad es mayor, el efecto es contrario y decrecen en número rápidamente. Sin embargo, para comprender la dinámica de una o varias comunidades se requiere de varias décadas de estudio, con el fin de determinar las relaciones causales que ocasionan sus fluctuaciones poblacionales y que son la consecuencia de la búsqueda continua del equilibrio dentro del sistema, equilibrio que se rompe periódicamente y en diferentes escalas temporales por la acción del clima; un ejemplo de esto lo constituye la ocurrencia de ciclones en el Golfo de México y el Caribe Mexicano, que es capaz de diezmar las poblaciones fitoplanctónicas, a través de la ruptura de los parches, estructura a través de la cual se organiza esta comunidad, lo que desencadena una merma de la población de la comunidad herbívora que depende de ella, alterándose sucesivamente el número de los individuos en toda la red trófica, hasta llegar a los organismos susceptibles de ser reclutados.

Cushing (1982) refiere que el número de peces en una población es muy grande y está comprendido por  $10^{10}$  individuos adultos por  $10^{17}$  huevos; lo anterior ha sido corroborado en múltiples pesquerías y da un ejemplo de la alta tasa de mortalidad existente que no ha podido ser explicada en parte porque los diversos modelos matemáticos empleados en la dinámica de poblaciones no incorporan variables ambientales en forma cuantitativa.

Otros ejemplos de cómo el medio ambiente modifica las diferentes etapas de los organismos son los siguientes: las alteraciones en la salinidad y la temperatura del agua ocasionan fluctuaciones en la abundancia fitoplanctónica, elemento inicial de la red trófica y Mertz y Myers (1994), señalan que alteraciones de estas variables en el Atlántico Norte y particularmente, las bajas salinidades, ocasionan una merma en el crecimiento del florecimiento fitoplanctónico primaveral que afecta, en consecuencia, el crecimiento zooplanctónico y el reclutamiento pesquero; los autores indican que este retardo en el florecimiento se debe a la estabilización de la columna de agua y la falta de turbulencia. Por su parte Santoyo (1994), menciona que la sucesión fitoplanctónica está asociada a las condiciones de turbulencia; éstas últimas se observan con frecuencia en las lagunas costeras, áreas frecuentemente desestabilizadas donde es comprensible que la

estrategia de gran parte de los organismos marinos, y particularmente los de las especies aquí analizadas, sea establecerse durante las etapas de crecimiento en dichas áreas, donde habrá una disponibilidad de alimento suficiente para soportar, desde el punto de vista energético, a las diferentes poblaciones que constituyen la red trófica.

Otro de los efectos que las variabilidades del clima ejercen sobre los stocks poblacionales se observa en el zooplancton; la importancia de analizar este nivel dentro de la red trófica obedece a que, de las especies seleccionadas para esta investigación, con excepción del cazón, las demás presentan una etapa meroplanctónica, es decir, que durante la etapa temprana de sus ciclos vitales forman parte del plancton, ya que al crecer o desarrollarse, adquieren hábitos bentónicos, como el camarón, o pasan a formar parte del necton, categoría dentro de la que se ubican durante la fase adulta todas las especies aquí analizadas. Durante la fase zooplanctónica, se encuentran sujetos a las mismas presiones ambientales que el resto de los organismos que constituyen el plancton; Suárez (1994), menciona que su abundancia en los ecosistemas se encuentra ligada a cambios estacionales que afectan la abundancia de los estadios tempranos y, en este caso particular, a la abundancia de los estadios tempranos de especies con importancia comercial, lo que, afirma, es una información valiosa para entender la dinámica de los recursos pesqueros.

En estudios mensuales de abundancia de zooplancton durante cinco años, en el SE del Océano Índico, Phillips *et al.*, (1991), observaron que existe un decremento de estos organismos durante años en los que se registra una Oscilación del Sur que se refleja en las alteraciones del nivel del mar, la salinidad y la temperatura del agua superficial, lo que afecta a las poblaciones de peces que son zooplanctófagos.

Dentro de los elementos que determinaron en mayor medida las alteraciones en los volúmenes de captura de las doce especies aquí analizadas se encuentran la salinidad, las temperaturas del aire y del agua, la evaporación, las precipitaciones, las descargas de los ríos, la velocidad y dirección del viento y la incidencia ciclónica. Cabe señalar que, aunque éstas fueron las que con mayor peso contribuyeron a la variabilidad ambiental, las otras constituyeron elementos necesarios dentro de la combinación, para que los elementos mencionados fueron el elemento disparador. Así por ejemplo, en las capturas del huachinango, el mero, la mojarra y la lisa fue la temperatura del agua y sus modificadores los que jugaron un papel predominante con respecto al jugado por la salinidad y sus modificadores, mientras que, para la sierra, el robalo, el camarón, la corvina, el cazón, el bonito y la sierra, fueron la salinidad y sus modificadores preponderantes por sobre la temperatura y sus modificadores, según se muestra en las tablas referidas.

Con respecto a este punto, existen pocos estudios referentes a la relación de las pesquerías y las variables ambientales; entre estos se encuentran algunos en los que la temperatura es una de las variables críticas para el camarón café, el blanco y el rosado; el camarón blanco, particularmente, parece tener una sensibilidad especial. Debido a que la temperatura es crucial durante el desove así como durante el período de crecimiento en los estuarios, aquélla puede ser más significativa durante el ciclo de vida de los camarones que la salinidad (Barrett y Gillespie, 1973). Las postlarvas de camarón café requieren temperaturas de alrededor de 20°C (St. Amant *et al.*, 1962), con un crecimiento menor cuando la temperatura es menor (Ford y St. Amant, 1971). Más aún, las temperaturas por debajo de 8.8°C disminuyen la capacidad osmorregulatoria, esto es, para regular su balance salino interno (Williams, 1960) y en temperaturas por arriba de 25°C detienen su crecimiento (Mistakidis, 1968). De manera similar, para el camarón blanco, Baxter y Renfro (1967) observaron que las postlarvas de camarón no entran a los estuarios hasta que las temperaturas exceden los 25°C; ambos extremos térmicos parecen actuar en detrimento del crecimiento y supervivencia del camarón blanco. Las temperaturas por arriba de 32°C ocasionan una merma en su crecimiento (Mistakidis, 1968; Zimmerman y Minello, 1984). Además de la temperatura y la salinidad, existen otras variables que son determinantes en el crecimiento y supervivencia de los camarones: la depredación, el alimento, la turbidez, la dirección e intensidad de las corrientes oceánicas y la calidad y cantidad del hábitat son algunos otros factores importantes, los cuales posiblemente estén conectados a las condiciones climáticas que contribuyen a posibles periodicidades en las poblaciones y que se reflejan en el volumen de captura (Turner y Boesh, 1988).

En lo que se refiere a la salinidad existe una mayor oscilación en la región oceánica durante años con evento El Niño que durante la fase fría, es decir, La Niña. Esta variabilidad hialina parece incidir de manera determinante en los camarones, ya que la tolerancia del camarón café a la salinidad parece ser un factor que determina su talla; las postlarvas tienen una tolerancia mayor al decremento de la salinidad que los juveniles (Vernkataramiah, *et al.*, 1974). Los requerimientos de salinidad del camarón café son un tanto ambiguos. Las

investigaciones de laboratorio indican que la salinidad tiene un impacto pequeño sobre el crecimiento o la supervivencia de los camarones (Zein-Eldin y Aldrich, 1965). Sin embargo algunos estudios indican que se requiere de un mínimo de salinidad de 10‰ para que prospera la población (Barret y Gillespie, 1973). Se cree que el camarón blanco tiene una tolerancia mayor que el café, pero no hay evidencias concluyentes con respecto a sus límites de tolerancia a la salinidad. No obstante, algunos autores refieren que los camarones café y blanco dominan las capturas en el oeste y norte del Golfo de México. El ciclo de vida de estas dos especies es similar; ambas especies depositan sus huevos en áreas demersales y se mantienen allí hasta que alcanzan la fase nauplio. Después de tres a cinco semanas, las postlarvas de camarón se distribuyen en las áreas costeras de las lagunas y estuarios donde crecen y llegan a juveniles y, aproximadamente cuatro meses después migran de nuevo hacia afuera (Williams, 1960; Kutkuhn, 1966; GMFMC, 1981; Walker y Salia, 1986). A pesar de estas similitudes, el ciclo del camarón café y el blanco están separadas geográfica y temporalmente: el camarón café predomina en las aguas moderadamente saladas de Texas, mientras que es más densa la población del camarón blanco en las aguas menos salinas de Louisiana (Gunter y Edwards, 1969). El pico de máxima abundancia de esta especie es durante los meses invernales; las postlarvas migran dentro de los estuarios al inicio de la primavera, maduran y emigran aguas afuera de los estuarios en los meses de verano (Baxter y Renfro, 1967; Gaidry y White, 1973; White y Bourdeaux, 1977). El camarón blanco registra una abundancia alta durante todo el año y decae durante la primavera. Los picos de inmigración ocurren en el invierno y fines de la primavera, seguidos de una maduración y emigración en la primavera o finales del verano para luego decaer (GMFMC, 1981; Walker y Salia, 1986).

Es importante señalar también, que los cambios en los patrones del tiempo atmosférico también pueden resultar alterados o intensificados de manera importante por la velocidad y dirección del viento. La influencia de la velocidad y dirección del viento influye los ambientes estuarinos y se refleja en la temperatura, la salinidad, las corrientes oceánicas y surgencias. Alteraciones en los vientos pueden causar cambios en las corrientes oceánicas superficiales que entran y que salen de los estuarios y lagunas costeras; una consecuencia derivada de esto es el impacto que se desencadena por la resuspensión de partículas y que incrementa la turbidez, así como cambios en la temperatura y la salinidad; finalmente, la conexión entre la salinidad y la temperatura con los eventos atmosféricos e hidrológicos resulta determinante y la respuesta de los camarones café, rosado y blanco, así como de los otros peces, dependerá de su respuesta fisiológica contenidas en su osmógen y osmóterm.

En general, las especies analizadas son marinas y desovan en el mar durante la temporada de mayo a octubre, los huevos y larvas son transportados hacia la costa por las corrientes marinas y se desarrollan en manglares y lagunas costeras hasta las primeras etapas de juvenil, para migrar posteriormente hacia mar adentro. De acuerdo con esto, podría esperarse una relación positiva entre la salinidad y las capturas en todos los casos, pero la situación es más compleja, dado que el enriquecimiento de las aguas costeras depende en gran medida del aporte de nutrimentos por las descargas fluviales y la supervivencia de los estadios larvales requiere que exista un abastecimiento adecuado de presas para las larvas, lo cual depende de la productividad plánctica.

La temporada de desove comprende de julio a mediados de octubre, meses que corresponden a la temporada de Lluvias, en que los vientos dominantes son los del noroeste, esto garantiza que los huevos y larvas sean transportados hacia la costa, en donde se presentan las condiciones idóneas para su supervivencia, a la vez que las contribuyen al aumento de la producción plánctica.

Es de esperar que las perturbaciones climáticas que originan crecidas de los ríos, la incidencia ciclónica o algunos otros fenómenos capaces de alterar las condiciones en las áreas de alimentación y crianza de los peces, afectan su probabilidad de supervivencia, más que las alteración de las concentraciones salinas, ya que durante la etapa en la que viven en las áreas costeras reportan una tolerancia bastante amplia a la salinidad.

Un segundo grupo de resultados, de la mayor relevancia dentro de la presente investigación, se refiere al hecho de que los volúmenes de las capturas de las diferentes poblaciones estudiadas registraron diversos periodos que corresponden armónicamente, por un lado, con los eventos El Niño, y con los ciclos de actividad solar, por otro.

Las periodicidades más frecuente dentro de los volúmenes captura de las doce pesquerías analizadas, que se encuentran vinculadas con los eventos El Niño, correspondieron a los ciclos de 2.2, 5.3 y 10.6 años (Tablas referidas).

Dentro de los ciclos estimados para los volúmenes de captura de las doce especies estudiadas, que mostraron periodicidades mayormente vinculadas con los ciclos de actividad solar, se encuentran los de 2-3, 10.6 años y el de 32 años.

Es importante recordar que existe un vínculo bastante estrecho entre los ciclos de actividad solar y los eventos El Niño, aspecto que se discutió en el primer capítulo. Por otro lado, las variables océano-atmósfera como la precipitación y la temperatura del agua, junto con sus modificadores, también están vinculados con los ciclos de actividad solar, tal y como se señaló en los capítulos dos y tres. De tal manera que, si los organismos guardan una estrecha relación con las variables ambientales y éstas últimas son periódicas, no es extraño que los organismos también tengan este mismo patrón.

Existen múltiples estudios en donde se asocian las fluctuaciones de la captura con los ciclos solares; destacan los de Bulatov (1995), en donde se hace una revisión del pollock *Theragra chalcogramma* en el Mar de Bering, con el propósito fue desarrollar una hipótesis que explicara las fluctuaciones en su abundancia. Esta revisión implicó el estudio histórico de la pesquería, el desove, la estructura de la población, tamaño y composición por edades así como las condiciones del stock y concluye que los mayores tamaños de clases se formaron durante la fase ascendente de la curva de actividad solar (considerando el ciclo de Wolf de 11 años). En este mismo sentido Hartmann (1995), también detecta armónicos en los volúmenes de captura de el corégano (*Coregonus lavaretus*), la perca (*Perca fluviatilis*) y el leunisco (*Rutilus rutilus*) en el lago Constance en Canadá, que se encuentran asociados a los ciclos de actividad solar de once años y explica que esta relación se expresa a través del vínculo indirecto de las condiciones cíclicas de las variables ambientales, que responden a los ciclos solares y que inciden sobre las diferentes etapas biológicas de estas poblaciones. Thresher (1994), encuentra una variación cíclica en el reclutamiento de la escalopa en la región sur de Australia; esta asociación se debe, según argumenta, a la variación periódica de los vientos del oeste en la región que se detectan en el mismo armónico. Davydov (1986), detecta que las fluctuaciones climáticas de escala semicenturia (40-60 años) están asociadas con las variaciones en la abundancia de diversas pesquerías comerciales y las atribuye a la actividad solar.

Sin embargo los ciclos de actividad solar no solo se han reflejado en los volúmenes de captura, sino también en estudios de la variabilidad en la abundancia de otros organismos de niveles energéticos menores, como los son los que integran el plancton; dentro de estos, se encuentra el estudio desarrollado por Coull (1985), sobre copépodos arcticoides, en donde determina periodos de 10 años y los asocia con el ciclo solar de Hale.

Dentro de los trabajos más antiguos que relacionan la actividad solar con las pesquerías, se encuentran el de Océano (Helland-Hanses y Nansen, citado por Hjort, (1914), en donde se determina la relación entre la temperatura del agua, las corrientes y los ciclos de manchas solares y sus efectos sobre las pesquerías.

Es importante destacar otro ciclo observado por Wyatt, *et al.*, (1994) y Parker, *et al.* (1995), donde señalan que las fluctuaciones en los volúmenes de captura del hipogloso *Hippoglossus stenolepis* en el Golfo de Alaska se encuentran en sincronía con el comportamiento atmosférico y éste, a su vez, con el ciclo lunar de 18.6 años; estiman que el 60% de la varianza en el reclutamiento está asociado con este ciclo y también reportan ciclos de captura para el bacalo noruego (*Gadus morhua*) asociados a los ciclos lunares de 18.6 años y a otro ciclo de 10-11 años vinculado a los ciclos de actividad solar. Sin embargo, en la presente investigación no se detectó este período para ninguna de las pesquerías.

Un resultado sobresaliente es el que se refiere la incidencia favorable de los eventos El Niño sobre los volúmenes de captura en las doce especies analizadas. Durante los años con eventos El Niño se incrementaron los volúmenes de captura, que fueron del orden de 54.7%, mientras que en años con eventos La Niña fueron de 45.2%. Esto se podría deber a que durante los años que corresponden a la fase fría del ENSO, los años con eventos La Niña, existe una mayor oscilación térmica, mientras que, durante la fase cálida, El Niño, la oscilación es menor; las repercusiones biológicas de estas oscilaciones, serían que durante los años con mayor oscilación térmica, el desarrollo reproductivo es más lento, aunque hay un aumento del crecimiento somático y la madurez

sexual es más tardía, comparada con los años de menor oscilación, años en los que es más rápido el desarrollo gonadal, aunque es menor el crecimiento somático, lo que genera mayor número de individuos, aunque más pequeños; esto podría explicar en parte, el porqué del aumento en el volumen. Lo anterior se ha comprobado en especies como la anchoveta (Ware, *et al.*, 1981), y podría ser el caso de otras, como las analizadas en el presente trabajo, sin embargo, se carece de información al respecto. Otra de las posibles causas podría ser que durante los años con eventos El Niño existe una merma de hasta el 50% de la ocurrencia de ciclones; esto favorece las actividades pesqueras y en consecuencia el aumento de los volúmenes de pesca.

A partir de los registros observados en los volúmenes de captura de las doce especies analizadas, se arriba a otro resultado, de capital importancia para los objetivos de este capítulo en particular y de toda la investigación, en general, que fue el determinar que en ningún caso hubo una tendencia en alguna de las especies que apuntara hacia su desaparición, como resultado de una alteración severa del ambiente, es decir, a consecuencia de un Cambio Climático, sino que lo que se observó fueron ciclos dentro de los volúmenes de captura, que indican más bien una asociación importante con el efecto que otras variables periódicas ejercen sobre el sistema, lo que permite afirmar que lo que se observa en el Golfo de México y el Caribe Mexicano con respecto a estas especies, son variabilidades propias del clima y no variaciones de éste.

Cabe señalar que tanto en el Golfo de México como el Caribe Mexicano, no se registró a lo largo de 32 de años de análisis de los volúmenes pesqueros, una caída en ninguna de las pesquerías analizadas, tal y como ocurre en otros lugares de México, (la zona del Pacífico y de la Península de Baja California) y en otros lugares del mundo. Existen ejemplos de pesquerías en esas zonas que han aparecido y desaparecido no sólo entre el período de finales del siglo pasado y principios del presente, sino también en otros períodos, en escalas de tiempo seculares, principalmente en Escandinavia y Groenlandia; en años recientes, los cambios climáticos a escala geológica están documentados, lo que ha dado pie a poder establecer que existen periodicidades en las capturas de diversas pesquerías las cuales se pueden atribuir en todos los casos al efecto de los factores ambientales sobre el ciclo biológico de las poblaciones (Cushing, 1982).

Lo anterior podría estar relacionado de forma directa con el patrón de la Oscilación del Norte, que se presenta entre la Península Escandinava y Groenlandia como ya se analizó; esto se fundamenta en lo reportado entre 1924 y 1939 por Russell (1967), en donde se expone un análisis de muestras de macroplankton y se notifica la existencia de la scyfoamedusa (*Pelagica noctiluca*), especie indicadora del retorno de las condiciones oceanográficas reportadas para 1920 y que se repitieron en 1925 y 1935, condiciones que a su vez se invirtieron entre 1965 y 1969; a estos eventos Cushing y Dickson (1976), le denominaron ciclo de Russell, que consta de cinco componentes: 1) la magnitud de la máxima concentración de fósforo durante el invierno, 2) el número de larvas de peces, 3) la cantidad de macroplankton, 4) la presencia o ausencia de *Sagitta elegans* y *S. setosa* y 5) la aparición o desaparición de la población de sardinas. Estos cinco componentes modifican la abundancia y distribución de otros organismos que de manera regular se encuentran en el área del Atlántico Norte y particularmente en el canal Inglés, cerca de Plymouth; se corroboró que, las especies registradas pertenecían a una distribución localizada normalmente más al sur. Southward, *et al.*, (1975), sugirieron que existe una tendencia con períodos seculares de calentamiento en esta zona, lo que implica cambios considerables en el ecosistema. Por otra parte, Lamb (1967), corrobora que hubo un calentamiento a principios de siglo y lo confirma a partir de especies indicadoras de aguas tropicales en latitudes cercanas a Inglaterra.

A partir de lo anterior se sugirió por parte de Rodinov (1995), el concepto de teleconexiones biológicas, basado en el análisis de años de clase de 10 de los stocks de (*Gadus morhua*) que se desarrolló en el Atlántico Norte y los mares Árticos de Europa; éstos muestran a través del análisis de factores, que la parte significativa de la varianza total del reclutamiento de los stocks parece estar relacionada con las teleconexiones atmosféricas y el autor afirma que todos los patrones de teleconexiones biológicas analizados se encuentran asociados con las teleconexiones atmosféricas.

Dentro de los estudios más completos acerca de ecotipos térmicos para el Atlántico Norte, se encuentra el desarrollado por Breeman y Pakker (1994), en donde se analizan especies diferentes especies de algas procedentes de diversos grupos biogeográficos y se demuestra que es posible hablar de cambio climático sólo durante el Pleistoceno, cuando ocurrió la última glaciación; en lo que se refiere a los últimos tres siglos se

registrar variabilidades del clima ocasionadas por eventos cíclicos como lo son los eventos El Niño y la Oscilación del Norte.

Otro de los estudios realizados en la región oeste de Groenlandia y que refleja, sin lugar a dudas, el impacto de la Oscilación del Norte, es el de Raetz y Stein (1995), en donde se desarrolla un análisis de la biomasa del estock de peces demersales y determinan que el clima durante los pasados 40 años se caracterizó por dos décadas de condiciones anómalamente cálidas y, posteriormente, dos décadas de enfriamiento, las cuales dominaron el clima desde 1969. Los eventos anómalamente fríos fueron determinados alrededor de 1983, 1984 y durante 1992 y 1993. Similares a las anomalías de la temperatura del aire, las temperaturas superficiales del océano durante el otoño indican periodos de enfriamiento y calentamiento durante las pasados 30 años, en contraste con el enfriamiento con respecto a la condición normal de la atmósfera durante el inicio de los 90's; de cualquier manera, las condiciones del océano indican un calentamiento intermedio.

Otro de los estudios sobresalientes en lo que se refiere a las áreas de migración vinculadas con las alteraciones en la Corriente del Gulf Stream, es el propuesto por Castonguay, *et al.*, (1994), en donde se sugiere que éstas podrían estar asociadas con la ocurrencia de la Oscilación del Norte, a diferencia de lo que se reporta para la región del Golfo de California, en donde los principales periodos de decremento en la biomasa de la sardina (*Sardinops carulea*) han coincidido con años que registran eventos ENSO, como 1982-1983; Lluch-Belda, *et al.*, (1991) y Hernández-Vázquez (1994), argumentan que los cambios en la temperatura y en la actividad de las surgencias influyen en el patrón reproductivo, como consecuencia de las modificaciones en la disponibilidad de las áreas de reproducción de esta especie, las cuales registran una variabilidad temporal y espacial.

Un resultado más que se pudo observar fue la caracterización de las áreas de estudio de acuerdo a su producción pesquera; en orden decreciente, la producción se distribuyó de la siguiente forma: Campeche con un 35.2% de la producción total, Yucatán con un 24.3%; Veracruz con un 22.5%; Tamaulipas con un 15.8% y Quintana Roo con un 1.9%. La distribución de la producción obedece, indudablemente, a la distribución de los nutrimentos en el Golfo de México y Caribe Mexicano. En la zona de la Sonda de Campeche es donde se aprecia el mayor volumen de descarga fluvial; esto favorece por un lado, el arrastre de terrígenos provenientes del margen continental; por otro lado, en esta región se registra un giro ciclónico de carácter semipermanente que favorece el aporte de nutrimentos, al emerger de la porción central de éste, aguas frías provenientes del fondo.

Un elemento interesante que sobresale de entre los resultados obtenidos para explicar los volúmenes de captura de las tres especies de camarón en la región de Cd. del Carmen, es el efecto que sobre ellos ejerce el esfuerzo pesquero; cabe señalar, que éste sólo se pudo analizar en esta zona gracias a la disponibilidad de datos de esta variable. En el análisis de componentes principales se observa que el esfuerzo pesquero no juega un papel tan determinante como era de esperarse; si bien constituye un elemento a considerar, el análisis señala que no es el más significativo; cabe señalar que aunque el esfuerzo pesquero juega un papel importante, éste sólo funciona dentro de la etapa adulta de los camarones analizados, mientras que la estocasticidad ambiental, junto con las relaciones inter e intraespecíficas, son los factores determinantes durante sus otras etapas vida.

Existen trabajos que señalan que la presencia de reclutas en el caso de las tres especies de camarón dependen, directamente y en mayor grado, de la supervivencia de las postlarvas y juveniles en los estuarios o áreas de crecimiento, más que la supervivencia de los reclutas (Ford y St. Amant, 1971; GMFMC, 1981; García, 1984; Turner y Boesch, 1988). En otros trabajos se afirma que el esfuerzo pesquero no constituye la variable que desencadena las "caídas" en las pesquerías; al respecto Raetz y Stein (1995), comprueban que los stocks pesqueros en el oeste de Groenlandia no se explican por el esfuerzo pesquero, sino que son las condiciones ambientales las que desencadenan esta respuesta en los volúmenes de captura, particularmente las temperaturas de algunos años; cabe destacar que los años en los que se reportan decrementos importantes en los volúmenes de captura, coinciden con años en los que ha ocurrido Oscilaciones del Norte. Otro estudio semejante fue desarrollado por Svendsen *et al.*, (1995), en donde señalan que a través de múltiples décadas, las ciencias pesqueras han tratado de entender y explicar la gran variabilidad que se observa desde la fase de huevo hasta la de peces maduros y una de las razones de comprender este proceso es que permitiría esclarecer la forma en la que influye la física de los factores climáticos, la cual hasta la fecha ha sido subestimada. Lo anterior se basa en que más del 70% de la variabilidad del reclutamiento puede explicarse por



los factores climáticos y no por el esfuerzo pesquero, el cual, en la mayoría de los casos, ha resultado independiente.

Finalmente, Rogers *et al.*, (1990), determinan que las oscilaciones en las capturas del cangrejo azul están asociadas al esfuerzo pesquero, pero en mucho mayor grado a la estocasticidad de las variables ambientales y, dentro de ellas, preponderantemente a los patrones de precipitación.

## CONCLUSIONES

- El empleo de pruebas estadísticas lineales y no lineales demostró que las interacciones del sistema océano-atmósfera con las doce especies analizadas, son en todos los casos, complejas y no lineales.
- El 50% de la variabilidad en los volúmenes de la captura de las doce pesquerías analizadas se debe al efecto combinado de las variables ambientales del sistema océano-atmósfera.
- Los volúmenes de las capturas de las diferentes especies estudiadas registraron diversos períodos, que corresponden armónicamente con los eventos El Niño, por un lado y con los ciclos de actividad solar, por otro.
- Los eventos El Niño inciden de manera favorable en los volúmenes de captura en las doce poblaciones pesqueras analizadas.
- La distribución de la producción pesquera total durante el período de 1956 a 1987 se distribuyó, en orden decreciente: en Campeche con un 35.2%; Yucatán con un 24.3%; Veracruz con 22.5%; Tamaulipas con 15.8% y por último Quintana Roo con 1.9%
- Las oscilaciones en los volúmenes de captura de las doce especies analizadas son de carácter cíclico y obedecen, en buena parte, a la variabilidad climática y no a una variación o Cambio del Clima.

## CONCLUSIÓN GENERAL

Con base a los resultados determinados en esta investigación, en donde se analizaron diversos aspectos climáticos en escalas globales, regionales y locales, no fue posible establecer la existencia de un Cambio Climático en la región del Golfo de México y el Caribe Mexicano.

Las teleconexiones derivadas de la Oscilación del Norte y del ENSO, ambas vinculadas con los ciclos de actividad solar son las que han desencadenado variabilidades en los patrones de la presión barométrica, la precipitación y la temperatura durante un lapso secular y en una escala global; de manera particular, las variabilidades observadas tanto en la temperatura como en la precipitación en el Golfo de México y el Caribe Mexicano, comprobadas a escala regional y local, así como el efecto de ambas sobre otras variables ambientales. El vínculo existente entre la Oscilación del Norte y los eventos El Niño, se refleja en las condiciones térmicas y pluviométricas del Golfo de México y el Caribe Mexicano, que desencadena fluctuaciones en las características termo-halinas de la porción superficial del océano tanto en la región costera como la oceánica, lo que provoca una respuesta biológica por parte de los organismos que a su vez se refleja en los volúmenes de captura de los diferentes recursos pesqueros.

Las alteraciones en la temperatura tanto, a escala local como regional, corresponden a variabilidades propias del clima y si bien es cierto que existe una tendencia de calentamiento tanto en el aire como en el agua, ésta no ha implicado en ningún caso un cambio en el tipo climático, lo cual se corrobora con los resultados encontrados a escala global y en donde la región del Golfo de México y el Caribe Mexicano se localizan dentro de las áreas con menor variabilidad climática con respecto al resto del mundo y funcionan como un puente de intercambio térmico entre Europa y la región del Pacífico Centro y Sur. La temperatura del agua y la salinidad y los modificadores de ambas, constituyeron las funciones forzantes dentro de la explicación de la variabilidad en los volúmenes de las capturas.

A escalas local y regional la salinidad y sus modificadores, evidenció que no hay una modificación sustantiva en los patrones de la precipitación que pudieran señalar un cambio de clima; por otro lado se comprobó que la tendencia de calentamiento observada en la temperatura es insuficiente para incrementar la evaporación y en consecuencia la concentración salina, lo cual es coherente con lo registrado en la abundancia de las diferentes especies.

Si bien es palpable el incremento que se observa en el nivel medio del mar, los registros fueron poco confiables, por lo que no se puede afirmar que este incremento sea real o que corresponda a la respuesta a un Cambio Climático, derivada del incremento térmico. Sin embargo, aunque los registros no son del todo veraces, la tendencia positiva que señalan puede atribuirse al efecto sostenido del viento que se observa durante los meses de mayor incidencia ciclónica, septiembre y octubre. Por otro lado, durante los años con eventos El Niño, en los cuales hay una merma de hasta el 50% en la incidencia ciclónica, el incremento en el nivel del mar podría explicarse a través de la expansión térmica de las masas del agua cuya temperatura se eleva durante los años cálidos del ENSO. La existencia de esta elevación en el nivel medio del mar, debía vincularse con una mayor extensión de las áreas costeras inundables, es decir, en las lagunas costeras, áreas que son las refugios de crecimiento y crianza de once de las doce especies analizadas aquí, lo cual hubiera incidido positivamente en los volúmenes de captura de los años subsecuentes a la elevación; sin embargo, la escasa resolución estadística de los resultados determinados en las pruebas de componentes principales y las de correlaciones múltiples permite confirmar esta hipótesis

Las oscilaciones en los volúmenes de captura no señalan a las variabilidades definidas en el medio ambiente como capaces de alterar de forma definitiva la abundancia de los recursos pesqueros, lo cual argumentaría un Cambio Climático. Por otro lado, fue bastante notable el estrecho vínculo que existe entre los volúmenes de captura de las diferentes especies analizadas y los ciclos de actividad solar; esto refleja la relación entre los diferentes niveles energéticos del sistema, que se inicia desde las variables abióticas, las cuales condicionan de manera sistemática la abundancia de los diferentes niveles de la red trófica, dentro de un contexto cíclico que se inicia con el fitoplancton y se refleja en la abundancia y distribución de los recursos pesqueros, entre

los que se contemplaron especies que por sus hábitos alimenticios se localizan prácticamente en todos los niveles de consumidores: los fitoplanctófagos, los zooplanctófagos y particularmente los ictiófagos (mojarra, robalo, corvina, bonito y sierra); los carnívoros (huachinango, cazón, pargo) y los detritívoros (camarón y lisa).

A partir de los resultados, discusiones y conclusiones obtenidos a lo largo de la presente investigación y al enfoque mediante el cual se lograron, se sugiere, para la elaboración de futuros trabajos análogos, el uso de herramientas estadísticas de tipo lineal y no lineal, para que, a partir de un planteamiento holístico, sistematizado y en una escala espacio-temporal amplia y diversa, sea posible una amplia comprensión de las interrelaciones existentes entre el medio ambiente y la respuesta de los organismos. Por otro lado, debido a las dificultades por las que se atravesó para procesar datos suficientes y fidedignos, es de capital importancia concientizar a las diferentes Instituciones, públicas ó privadas, encargadas de las datos climatológicos, mareográficos, oceanográficos y pesqueros, de la necesidad de fomentar la responsabilidad, tanto en la toma de registros como en la sistematización y disponibilidad de los mismos. Finalmente, tomando en cuenta los resultados que vinculan a los ciclos solares, directa ó indirectamente, con casi todos los procesos aquí analizados, se recomienda ampliamente la profundización en los estudios de la actividad solar y su posible influencia en los diferentes problemas factibles de ser objetos del conocimiento científico, con el fin, en la medida en que estos ciclos puedan establecerse, de construir modelos predictivos que ayuden a incrementar los alcances de esta área de la ciencia.



- Bakun, A. 1996. Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics. Ed. California Sea Grant College System, National Oceanic and Atmospheric Administration en cooperación con el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, BCS México. P. 323.
- Balandier, G. 1989. El desorden. Ed. Gedisa. Barcelona. España. P. 59.
- Barber, R.T. y F.P. Chávez. 1983. Biological consequences of El Niño. Science. 222 (4629): 1203-1210.
- Bárcena, M. 1896. Datos para el estudio de las lluvias en el Valle de México. Anuario de la Academia Mexicana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Oficina tipográfica de la Secretaría de Fomento, México. D.F. s/p.
- Bardach, J.E. y R.M. Santerre. 1981. Climate and the fish in the sea. Bio-Science. 31(3): 206-215.
- Barnett, T. P. 1983. Recent changes in sea level and their possible causes. Climatic Change. 5: 15-38.
- Barnett, T. P. 1984. Estimation of "global" sea level change: a problem of uniqueness. Journal of Geophysical Research. 89: 7980-7988.
- Barnett, T. P. 1988. Global sea level change. In: NCPO, Climate variations over the past century and the greenhouse effect. A report based on the First Climate Trends. Workshop, 7-9 de septiembre. Washington, D.C. National Climate Program Office/NOAA, Rocville, Mariland.
- Barret, B.B. y M.C. Gillespie. 1973. Primary factors which influence commercial shrimp production in coastal Louisiana. Louisiana Wild Life and Fisheries Commission, Technical Bulletin No. 9.
- Basabe, L. 1978. Uso de la capacidad instalada en flota y plantas para la industria pesquera nacional. In: Vigésima Serie de Mesas Redondas: Panorama Pesquero Nacional, Análisis de tres lustros. Ed. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables., A.C. Del 16 al 23 de octubre de 1978. México. 147-164 pp.
- Bates, J. R. 1981. A dynamical mechanism through which variations in solar ultraviolet radiation can influence tropospheric climate. Solar Physics. 74: 399-415.
- Bath, M. 1974. Spectral Analysis in Geophysics. Ed. Elsevier Scientific Publ. Co. Amsterdam. P. 563.
- Baum, D. A. y A. Larson. 1991. Adaptation reviewed: a phylogenetic methodology for studying character macroevolution. Systematic Zoology. 40(1):1-18.
- Baxter, K.N. y W.C. Renfro. 1967. Seasonal occurrence and size distribution of postlarval brown and white shrimp near Galveston, Texas with notes on species identification. U.S. Fish and Wildlife Service. Fish Bulletin. 66: 149-158.
- Becker, B. y B. Kromer. 1993. The continental tree-ring record - Absolute chronology, super(14)C calibration and climatic change at 11 ka. Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeocology. 103(1-2): 67-71.
- Becker, A.; V. Krysanova; W. Lahmer y D. Mueller-Wohlfeil. 1993. Modeling of hydrological and hydrochemical variability under environmental change impact. Acta Geológica Hispánica. 28(2-3): 37-43.
- Behringer, W. D. ; R. L. Molinari y J. F. Festa. 1977. The variability of anticyclonic current patterns in the Gulf of Mexico. Journal of Geophysical Research. 82: 5469-5476.
- Belyaev, V. A. y T. A. Shatilina. 1995. Variations in abundance of pelagic fishes in the Kuroshio zone as related to Climate Changes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 553-559.

## LITERATURA CITADA

- Abbot, C. G. 1955. Periodic Solar Variation. Smithsonian Miscellaneous Collection. 128 (4). Washington, D.C. s/p.
- Adem, J. 1962. On the theory of general circulation of the atmosphere. Tellus. XIV (1): 102-105.
- Adem, J. 1970. On the prediction of mean monthly ocean temperatures. Tellus. XXII (4): 410-430.
- Adem, J. Ocean effects on weather and climate. Geofísica Internacional. 13: 1-73.
- Adem, J. 1975. Descripción general del modelo termodinámico variables, parámetros e interacciones. In: Memoria de El Colegio Nacional, VIII(2): 53-64.
- Adem, J. 1976. Causas, efectos y posibilidades de predicción de las fluctuaciones y los cambios climáticos. Geofísica Internacional 16: 203-254.
- Ahmad, R.; M. S. Swati; H. U. Rahman y I. Munir. 1997. Screening of wheat genotypes under different level of salt for yield and yield components. Sarhad Journal of Agriculture 13(3): 283-289.
- Aldeco, J. y D. A. Salas. 1994. Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano: Física. In: Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. (Eds.) De la Lanza, G. y C. Cáceres. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 75-126 pp.
- Ali, S. 1994. Changes in Global Climate and its effects on fisheries resources. In: Proceedings of Pakistan Congress of Zoology. 13: 15-25.
- Alkezweeny, A. J. 1995. Trend analyses of sulphur dioxide emissions and sulfate concentrations and their applications to global cooling. Atmósfera. 8(2): 91-97
- Allee, W. C. 1965. Principles of Animal Ecology. Ed. Saunders. Nueva York. 35-46 pp.
- Anderson, J. B. 1992. Glacial Marine Sediments. Antarctic Research Series. 3: 3-39.
- Anónimo, 1970. Industrias Conexas a la Pesca. Secretaría de Industria y Comercio. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. México. P. 121.
- Antuña, J. C.; I. Polares y R. Estevan. 1996. Temperature trends at Camaguey, Cuba, after some volcanic eruptions. Atmósfera. 9(4): 241-250.
- Armstrong, R. S. y V. R. Grady. 1967. Geronimo crusier Entira Gulf of Mexico in Late Winter. Commission Fisherie Review. 29 (10): 35-40.
- Arroyo, J.; S. Serra y A. Estrada. 1976. Atlas de Trayectorias de Ciclones Tropicales. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. s/p.
- Aschoff, J. (Ed.) 1964. Circadian Clocks. Ed. North-Holland Publishing Co. Amsterdam. 36 -57 pp.
- Aubrey, D. G. 1985. Recent sea level from tide gauges: problems and prognosis. In: Glaciers, Ice Sheets and Sea Level: Effect of a CO<sub>2</sub>-induced climatic change. DOE/ER/60235-1 (U.S. Department of Energy Carbon Dioxide Research Division, Washington). 73-91 pp.
- Ayala, F. J., M. E. Gilpin y J. G. Ehrnfeld. 1973. Competition between species: Theoretical models and experimental tests. Theoretical Population Biology, 4: 331-356.

- Bakun, A. 1996. Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics. Ed. California Sea Grant College System, National Oceanic and Atmospheric Administration en cooperación con el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, BCS México. P. 323.
- Balandier, G. 1989. El desorden. Ed. Gedisa. Barcelona. España. P. 59.
- Barber, R.T. y F.P. Chávez. 1983. Biological consequences of El Niño. Science. 222 (4629): 1203-1210.
- Bárcena, M. 1896. Datos para el estudio de las lluvias en el Valle de México. Anuario de la Academia Mexicana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Oficina tipográfica de la Secretaría de Fomento, México. D.F. s/p.
- Bardach, J.E. y R.M. Santerre. 1981. Climate and the fish in the sea. Bio-Science. 31(3): 206-215.
- Barnett, T. P. 1983. Recent changes in sea level and their possible causes. Climatic Change. 5: 15-38.
- Barnett, T. P. 1984. Estimation of "global" sea level change: a problem of uniqueness. Journal of Geophysical Research. 89: 7980-7988.
- Barnett, T. P. 1988. Global sea level change. *In*: NCPO, Climate variations over the past century and the greenhouse effect. A report based on the First Climate Trends. Workshop, 7-9 de septiembre. Washington, D.C. National Climate Program Office/NOAA, Rocville, Mariland.
- Barret, B.B. y M.C. Gillespie. 1973. Primary factors which influence commercial shrimp production in coastal Louisiana. Louisiana Wild Life and Fisheries Commission, Technical Bulletin No. 9.
- Basabe, L. 1978. Uso de la capacidad instalada en flota y plantas para la industria pesquera nacional. *In*: Vigésima Serie de Mesas Redondas: Panorama Pesquero Nacional, Análisis de tres lustros. Ed. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables., A.C. Del 16 al 23 de octubre de 1978. México. 147-164 pp.
- Bates, J. R. 1981. A dynamical mechanism through which variations in solar ultraviolet radiation can influence tropospheric climate. Solar Physics. 74: 399-415.
- Bath, M. 1974. Spectral Analysis in Geophysics. Ed. Elsevier Scientific Publ. Co. Amsterdam. P. 563.
- Baum, D. A. y A. Larson. 1991. Adaptation reviewed: a phylogenetic methodology for studying character macroevolution. Systematic Zoology. 40(1):1-18.
- Baxter, K.N. y W.C. Renfro. 1967. Seasonal occurrence and size distribution of postlarval brown and white shrimp near Galveston, Texas with notes on species identification. U.S. Fish and Wildlife Service Fish Bulletin. 66: 149-158.
- Becker, B. y B. Kromer. 1993. The continental tree-ring record - Absolute chronology, super(14)C calibration and climatic change at 11 ka. Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology. 103(1-2): 67-71.
- Becker, A.; V. Krysanova; W. Lahmer y D. Mueller-Wohlfel. 1993. Modeling of hidrological and hydrochemical variability under environmental change impact. Acta Geológica Hispánica. 28(2-3): 37-43.
- Behringer, W. D. ; R. L. Molinari y J. F. Festa. 1977. The variability of anticyclonic current patterns in the Gulf of Mexico. Journal of Geophysical Research. 82: 5469-5476.
- Belyaev, V. A. y T. A. Shatilina. 1995. Variations in abundance of pelagic fishes in the Kuroshio zone as related to Climate Changes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 553-559.

- Bellot, J. 1978. Desarrollo general de los sistemas de financiamiento, distribución y comercialización en los últimos 15 años. *In: Vigésima Serie de Mesas Redondas: Panorama Pesquero Nacional, Análisis de tres lustros.* Ed. Instituto Mexicano de recursos Naturales Renovables., A.C. Del 16 al 23 de octubre de 1978. México. 165- 194 pp.
- Berlage, H. P. 1957. Fluctuations in the general atmospheric circulation of more than one year, their nature and prognostic value. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Institut Mededelingen en Verhandelingen. 69. P. 152.
- Berberi, F.; R. Blong; S. de la Cruz-Reyna; M. Hall; K. Kamo; P. Mothes; C. Newhall; D. Peterson; R. Punongbayan; G. Sigvaldasson y D. Zana. 1990. Reducing Volcanic Disasters in the 1990's. Bulletin Vulcanological Society Japan. Serie 2(35): 80-95.
- Bertalanffy, L. von. 1938. A quantitative theory of organic growths (inquiries on growth laws II). Human Biology, 10(2): 181-213.
- Bessonov, N.; O. González y A. Elizarov. 1968. Resultados de las Investigaciones Cubano-Soviéticas en el Banco de Campeche. *In: I Simposio sobre el Caribe y Regiones Adyacentes.* FAO. 317-325 pp.
- Beverton, R. J. y S. J. Holt. 1957. On the dynamic of exploited fish populations. Fish Investigation Serie 2, 19. P.533.
- Beynon, W. J. G. y E. H. Winstanley. 1969. Nature. 222: 1262.
- Bhaud, M.; J. Cha; J. Duchene y C. Nozais. 1995. Influence of temperature on the marine fauna: What can be expected from a climatic change. Journal of Thermal Biology. 20(2): 91-104.
- Birol, A. K. Y J. Elsner. 1998. Characteristics of atmospheric boundary layer for coastal and inland locations around the Gulf of Mexico. Atmósfera. 12(1): 1-13.
- Bjerknes, J. 1964. Atlantic air-sea interaction. Advances in Geophysics. 10: 1-82.
- Bjerknes, J. 1965. Atmosphere-ocean interaction during the "Little Ice Age" (seventeenth to nineteenth centuries, AD). WMO Tech. Nota 66. World Meteorological Organization. 77-88 pp.
- Bjerknes, J. 1966. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of the ocean temperature. Tellus. 18: 820-829.
- Bjerknes, J. 1969. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. Monthly Weather Review. 97: 163-172.
- Blaha, J. y W. Sturges. 1981. Evidence for wind-forced circulation in the Gulf of Mexico. Journal Marine Research. 39(4): 711-734.
- Blasquez, L. 1957. Hidrología de la cuenca superior de los ríos Jamapa y una parte del Río Blanco. Anales del Instituto de Geología. Instituto de Geología, UNAM, México. Tomo II: 45-76.
- Bloomfield, P. 1976. Fourier Analysis of Time Series: An Introduction. Ed. Wiley & Sons. Nueva York. P. 270.
- Bohm, D. 1980. Wholeness and Implicate Order. Londres. (Eds.) Routledge y P. Kegan. 36-40 pp.
- Bolin, B. 1979. Global Ecology and Man. *In: Proceedings of the World Climate Conference.* 12-23 de febrero, Génova, Italia. 27-50 pp.



- Bonan, G. B.; F. S. Chapin y S. L. Thompson. 1995. Boreal forest and tundra ecosystems as components of the Climate System. Climatic Change. 29(2): 145-167.
- Boza, J. 1990. Sistemas de producción caprina en las zonas áridas del duseste de la Península Ibérica. Terra Arida. 10: 23-35.
- Boulad-Ayouch, J. 1988. De culture, signes, critiques. Colección Symbolique et idéologie. Ed. Presses de l'Universit'e de Quebec. 65-87 pp.
- Bradley, R. S.; H. F. Diaz; G. N. Kiladis y J. K. Eischeid. 1987. ENSO signal in continental temperature and precipitation records. Nature. 327: 497-501.
- Breeman, A. M. y H. Pakker. 1994. Temperature ecotypes in seaweeds: Adaptive significance and biogeographic implications. Botanica Marina. 37(3): 171-180.
- Brett, C. E.; L. Ivany y K. Schopf. 1996. Coordinated stasis: An overview. Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology 127(1-4): 1-20.
- Briggs, J. 1974. Marine Zoogeography. Tomos I y II. Ed. McGraw-Hill. Nueva York. P. 474.
- Brinkhuis, H.; A. Santarelli; P. L. Boer; F. J. Hilgen; L. J. Lourens; W. J. Zachariasse y G. J. Versteeg. 1998. Astronomical forcing, timescales and dinoflagellate cysts. *In*: VI International Conference on Modern and Fossil Dinoflagellates, Dino-6. Trondheim, junio de 1998. Eds. Morten Smelror. Noruega. 20-21 pp.
- Bootsma, A. 1994. Long term (100 yr.) climatic trends for agriculture at selected locations in Canada. Climatic Change. 26: 1, 65-88.
- Brown, F. A. Jr. 1962. Biological Clocks and the fiddler Crab. Scientific American. 190(34): 47
- Brown, D. y P. Rothery. 1993. Models in Biology: Mathematics, Statistics and Computing. Ed. Wiley & Sons. Toronto. P. 688.
- Brunenmeister, S.L. 1984. Standarization of fishing effort and production models for brown, white and pink shrimp stocks fished in U.S. waters of the Gulf of Mexico. *In*: Penaeid Shrimp, Their Biology and Management. (eds.). J.A. Gulland y B.J. Rothschild, 187-210. Farnham, U.K.: Fishing News.
- Bryson, R. 1994. On integrating climatic change and culture change studies. Human Ecology. 22(1): 115-128.
- Budyko, M. I. 1969. Effect of solar radiation variations on the climate on the earth. Tellus. 21: 611-619.
- Buendía, E; F. Villicaña; E. Azpra y Orlando Delgado. 1998. El pronóstico de la trayectoria de los ciclones tropicales en el transcurso del año de 1997. *In*: VIII Congreso de la Organización Mexicana de Meteorólogos, A.C. Celebrada en Veracruz del 28 al 30 de octubre de 1998. 135-136 pp.
- Bulatov, O. A. 1995. Biomass variations of walleye pollock of the Bearing Sea in relation to oceanological conditions. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 631-640.
- Busalacchi, A. J. y M. A. Cane. 1985. Hindcasts of sea level variations during the 1982-1983 El Niño. Journal Physical Oceanography, 15: 213-221.
- Bush, M. 1994. Amazonian speciation: A necessarily complex model. Journal of Biogeography. 21(1): 5-17
- Buscher, J. 1996. Supervising the fold: functional principles of molecular chaperones. FASEB Journal. 10: 10-19.

- Callendar, G. S. 1961. Temperature fluctuations and trends over the Earth. Quarterly Journal Research Meteorological Society. 87: 1.
- Cameron, W. M. y D. W. Pritchard. 1963. Estuaries. In: The Sea. Vol. 2. (Ed). Hill, M. N. Ed. John Willey & Sons. Nueva York. 15: 306-324 pp.
- Campbell, 1983. Possible tidal modulation of the Indian monsoons onset. Tesis Doctoral. Air Force Institute of Technology, Wright-Patterson AFB, OH (USA), P. 155.
- Candel, R. 1971. Atlas de Meteorología. Ed. Jover. Barcelona. s/p.
- Capra, F. 1991. El nuevo paradigma ecológico. In: Nueva Conciencia. Ed. Integral. 28-31 pp.
- Capula, M. 1996. Evolutionary genetics of the insular lacertid lizard *Podarcis tiliguerta*: Genetic structure and population heterogeneity in a geographically fragmented species. Heredity. 77(5): 518-529.
- Carranza, J. 1978. La investigación científica y tecnológica en el desarrollo pesquero del país. In: Vigésima Serie de Mesas Redondas: Panorama Pesquero Nacional, Análisis de tres lustros. Ed. Instituto Mexicano de recursos Naturales Renovables., A.C. Del 16 al 23 de octubre de 1978. México. 15-48 pp.
- Carranza, E.; E. M. Gutiérrez y T. R. Rodríguez. 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 2(1):81-88.
- Carrasco, P. 1945. Meteorología. Ed. Fondo de Cultura Económica. México. 278 P.
- Castello, J. P. y O. O. Moller Jr. 1978. On the relationship between rainfall and shrimp production in the estuary of the Patos Lagoon (Rio Grande do Sul, Brazil). Atlantica Rio Grande. 3: 67-74.
- Castonguay, M.; P. V. Hodson; C. Moriaty; K. F. Drinkwater y B. M. Jessop. 1994. Is there a role of ocean environmental in American and European eel decline? Fisheries Oceanography. 3(3): 197-203.
- Castro-Aguirre, J. L. 1978. Catálogo Sistemático de los Peces Marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Serie Científica No. 19. Departamento de Pesca. México, P. 298.
- Castro-Aguirre, J. L. 1982. Los peces de las lagunas Oriental y Occidental, Oaxaca, México, y sus relaciones con la temperatura y salinidad. II. Análisis multifactorial. Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. 26: 85-100.
- Castro-Aguirre, J. L. 1986. Efecto de algunas variables meteorológicas sobre la producción pesquera de tres lagunas costeras de Tabasco, México. Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México. 30: 191-209.
- Castro-Aguirre, J. L. y C. Mora-Pérez. 1984. Relación de algunos parámetros hidrometeorológicos con la abundancia y distribución de peces en la Laguna de la Mancha, Veracruz. México. Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. 28: 167-181.
- Castro-Aguirre, J. L.; L. Ma. Pichardo y B. Kwiecinsky. 1984. Efecto del nivel de esfuerzo y algunos parámetros ambientales sobre la captura de camarón blanco (*Penaeus occidentalis* Storer) en el Golfo de Panamá, Centroamérica. Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México 28: 149-166.
- Castro-Aguirre, J. L. y A. S. Romero. 1988. Relación de algunas variables meteorológicas con la captura de lisa (*Mugil cephalus*) en el Mar Muerto, Chiapas, México. Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México. 32: 213-228.

- Cavazos, T. y S. Hastenrath. 1990. Convection and rainfall over Mexico and their modulation by the southern oscillation. International Journal Climatology. 10: 377-386.
- Cesarman, E. 1984. Hombre y Entropía. Ed. Gernika. P. 401.
- Chamberso, F. 1993. Climate change and human impact on the landscape. Eds. Chapman & Hall. Nueva York. P. 303.
- Chang, F. y K. M. Lau. 1990. Natural variability in summertime droughts over the United States Great Plains. Annual Climate Diagnostics Workshop, 14th, La Jolla, Ca, Oct. 16-20. 1989. *In: Proceedings of the Fourteenth Annual Climate Diagnostics Workshop*, Washington, D.C., U.S.A. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, 1990, 178-183 pp.
- Chapin, F.; E. Rincon y P. Huante. 1993. Environmental responses of plants and ecosystems as predictors of the impact of global change. Journal of Bioscience. 18(4): 515-524.
- Chatters, J. C.; D. A. Neitzel; M. J. Scott y A. S. Shankle. 1991. Potential impacts of Global Climate Change on Pacific Northwest spring chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*): An exploratory case study. Northwest Environmental Journal. 7(1): 71-92.
- Chatters, J. C.; V. L. Butler; M. J. Scott; D. M. Anderson y D. A. Neitzel. 1995. A paleoscience approach to estimating the effects of climatic warming on salmonid fisheries on the Columbia River basin. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 489-496.
- Cheney R.; L. Miller y N. Doyle. 1989. The NOAA GEOSAT program: Monitoring tropical sea level with satellite altimetry. *In: Proceedings of The Conference and Exposition on Marine Data Systems*. P. 249.
- Childers, D.; J. Day y R. Muller. 1990. Relating climatological forcing to coastal water levels in Louisiana estuaries and the potential importance of El Niño-Southern Oscillation eventos. Climate Research. 1(1): 31-42.
- Christmas, J. Y. y D.J. Etzold. 1977. The shrimp fishery of the Gulf of Mexico, United States: A regional management plan. Gulf Coast Research Laboratory Technical Report Series 2, Ocean Springs, Mississippi.
- Christy, F. T. Jr. y A. Scott. 1967. La Pesca Oceánica. Ed. The Common Wealth in Ocean Fisheries. Estados Unidos. P. 305.
- Cifuentes, J. L. 1978. La organización de recursos humanos para la actividad pesquera nacional. *In: Vigésima Serie de Mesas Redondas: Panorama Pesquero Nacional, Análisis de tres lustros*. Ed. Instituto Mexicano de recursos Naturales Renovables., A.C. Del 16 al 23 de octubre de 1978. México. 99-146 pp.
- Clayton, H. Helm. 1927. World Weather Records. Smithsonian Institute. s/p.
- Clayton, H. Helm. 1934. World Weather Records. Smithsonian Institute. s/p.
- Clayton, H. Helm. 1959. World Weather Records. Smithsonian Institute. s/p.
- Cloudsley, T. 1961. Rhythmic Activity in Animal Physiology and Behavior. Ed. Academic Press. Nueva York. P. 233.
- Cochrane, J. D. 1972. Separation of an anticyclonic and subsequent development in the Loop Current (1969). *In: Contributions on the Physical Oceanography of the Gulf of Mexico*. L.R.A. Capurro y J.L. Reid (Eds.), Gulf Publ. Co., Houston, Texas. 91-106 pp.

- Cole, D. D. 1984. Possible effects of solar variability on the middle atmosphere. Journal Atmospheric Terrestre Physical. 46: 721-725.
- Cooney, R.T.; T. M. Willette; S. Sharr; D. Sharp y J. Olsen. 1995. The effect of climate on North Pacific pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) production: Examining some details of a natural experiment. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 475-482.
- Conover, W. J. 1971. Practical Nonparametric Statistics. Ed. John Wiley & Sons. Nueva York. P. 493.
- Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Ed. Centro de Ecodesarrollo y Secretaría de Pesca. P. 263.
- Contreras, F.; M. Herzig y A.V. Botello. 1988. Atlas del Golfo y Caribe de México: Diagnóstico Ambiental. Eds. Centro de Ecodesarrollo y Secretaría de Pesca. México. s/p.
- Comisión Federal de Electricidad. Tarjetas de Registros Meteorológicos diarios de 1950 a 1990.
- Comisión Nacional del Agua. 1960 a 1990. Registros hidrométricos Diarios. Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos.
- Comisión Nacional del Agua 1920 a 1990. Registros Meteorológicos mensuales. Dirección de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos.
- Comiso, J. C. 1982. Microwave Remote Sensing of the Environmental. *in*: Proceedings International Conference on Energy and Environment, Ed. Koh. National Science Board, Manila, Filipinas. 383-389 pp.
- Conde, C.; O. Sánchez y C. Gay. 1994. Escenarios básicos y regionales, Estudio de País: México. *In*: Primer Taller de Estudio de País: México. Cuernavaca, Morelos, del 18 al 22 de abril de 1994. Instituto Nacional de Ecología, U.S. Country Studies Program Support for Climate Changes Studies, Coordinación de la Investigación Científica y Centro de Ciencias de la Atmósfera:39-49 pp.
- Coops, A. J. y A. J. E. Schuurmans. 1986. Detection of the Co2 effect upon the climate of Weastern Europe. Theoretical and Applied Climatology. 37(3): 111-125.
- Cornish, E. A. 1982. On the secular variation on rainfall at Adelaide, Australia. Journal Physical. 7: 334.
- Coull, B. C. 1985. The use of Long-Term Biological Dta to Generatte Testable Hypoteses. Estuaries. 8(2A): 84-92.
- Cowling, M. R.; P. W. Rundel; B. Lamont; M. K. Arroyo y M. Arianoustou. 1996. Plant diversity in mediterranean-climate regions. Trends in Ecology & Evolution. 11(11): 362-366.
- Cserna, Z. 1984. Margen continental de colisión activo en la parte suroccidental del Golfo de México. Revista del Instituto de Geología. 5(2): 255-261.
- Cress, A. y C. Schönwiese. 1992. Statistical signal-to-noise assessments of the seasonal and regional patterns of global volcanism-temperature relationships. Atmósfera. 5(1): 21-30.
- Cruz, O. R. 1966. Sedimentología de la Laguna de Tamiahua, Veracruz. México. Tesis de Licenciatura. I.P.N. México. P. 142.
- Csirke, B. J. 1989. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO. Documento Técnico de Pesca No. 192. Perú. P. 82.
- Culotta, E. 1993. Is the geological past a key to the (near) future?. Science. 259(12 feb.): 906-908.

- Cury, P.; C. Roy; R. Mendelsohn; A. Bakun; D. M. Husby y R. H. Parrish. 1995. Moderate es better: Nonlinear climatic effect on California anchovy. pp. 417-424. *In*: R.J. Beamish (ed.). Climate Change and Northern Fish Populations. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science. 121. P. 739.
- Cushing, D. H. 1971. the dependance of recruitment on parent stock in different groups of fishes. Journal Conseil. 33: 340-362.
- Cushing, D. H. 1975. Ecología Marina y Pesquerías. Ed. Cambridge. University Press. España. P. 256.
- Cushing, D.H. y R. R. Dickson. 1976. The biological response in the sea to climatic changes. Advances in Marine Biology. 14: 1-22.
- Cushing, D. H. 1980. The decline of the herring stocks and the gadoid outburst. Journal Conseil International Exploration Marine. 39(1): 70-81.
- Cushing, D. H. 1982. Climatic change relevant to fisheries. Climate and Fisheries. Ed. Academic Press. Londres. 97-121 pp.
- Cushing, D. 1996. Population production and regulation in the sea: A fisheries perspective. Ed. Cambridge University Press. Inglaterra. 354 P.
- Cushing, D. H. y R. R. Dickson. 1976. The biological response in the sea to climatic changes. Advances in Marine Biology. 14: 1-122.
- D'Asaro, E. 1982. Absorption of internal waves by the benyhic boundary layer. Journal Physical Oceanography. 12(4): 323-336.
- Darnel, R. M. 1961. Trophic spectrum of an estuarine community based on studies of Lake Ponchartrain, Louisiana. Ecology. 42(3): 353-416.
- Daniel, W. W. 1996. Bioestadística. Base para el análisis de las Ciencias de la Salud. Ed. Uthea. España. P. 878.
- Dantzer, R. y P. Mormede. 1983. Stress in farm animals: a need for reevaluation. Journal Animal Science. 57(1): 6-18.
- Das, P. y M. Radhakrishna. 1991. An analysis of Indian tide-gauge records. Proceedings Indian Academic Science Earth Planet Sciences. 100(2): 177-194.
- Davydov, I.V. 1986. On the nature of long-term fluctuations in fish abundance and possibilities of their prediction. Dinamika Chislennosti Promyslovskh Zhivotnykh Dal Nevostochnykh Morej. Vladivostock USSR TINRO. 5-17 pp.
- Day, Jr. J. y A. Yáñez-Arancibia. 1982. Coastal lagoons and estuaries: Ecosystem approach. Ciencia Interamericana (Marine Science). OEA. Washington. 22(1 y 2): 11-26
- Deegan, L. A.; W. Barnes; J. W. Day Jr.; J. G. Gosselink y A. Yáñez-Arancibia. 1984. Relationships between primary productivity and physicak characteristics in eight Gulf of Mexico estuaries. LSU-NSF-UNAM. Technical Report. P. 46.
- De la Lanza, E. G. 1992. Variación climática de corto plazo y su trascendencia en la zona costera. Ciencia. (3): 103-110.

- De la Lanza, E. G. 1993. Importancia ecológica de los ciclos biogeoquímicos en los sistemas lagunares costeros. Fisicoquímica y Biología de las Lagunas Costeras Mexicanas. (Eds). Figueroa, G.; Alvarez, S.; Esquivel, H. y Ponce Márquez. Serie: Grandes Temas de la Hidrobiología I. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. 7-15 pp.
- DeVries, H. 1958. Variation in concentration of radiocarbon with time location on earth. Koninkl. Ned. Akad. Wetenschap. Proc., Ser. B-61, P. 94.
- Díaz, H. F. y G. Kiladis. 1983. A comparison of the sea-level pressure anomaly field in the Northern Hemisphere during the mayor El Niño episodes of 1877-78 and 1982-83. EOS Transactions of American Geophysical Union. 64(45): 720.
- Díaz, H. F. y V. Markgraf. 1993. (Eds.) El Niño. Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation. Ed. Cambridge University Press. P. 476.
- Díaz-Pardo, E. y S. Hernández-Vázquez. 1980. Crecimiento, reproducción y hábitos alimenticios de la lisa, *Mugil cephalus* en la Laguna de San Andrés, Tamps. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. 23: 109-127.
- Dickson, R.R. y J. Namias. 1976. North American influences on the circulation and climate of the North Atlantic sector. Monthly Weather Review. 104: 1256-1265.
- Ditty, J. G y R. F. Shaw. 1996. Spatial and temporal distribution of larval striped mullet (*Mugil cephalus*) and white mullet (*M. curema*, family: Mugilidae) in the northern Gulf of Mexico, with notes on mountain mullet, *Agnostomus monticola*. Bulletin Marine Science. 59(2): 271-288.
- Dobrovolski, S.G. y B. J. Choudhry. 1996. Temporal climatic variabilities of global atmospheric, oceanic, and land surface parameters. Atmósfera. 9(4): 273-289.
- D'Arrigo, R y G. Jacoby. 1993. Secular trends in high northern latitude temperature reconstructions based on tree rings. Climatic Change. 25: 2, 163-177;
- Ekman, M. 1988. The world's longest continuous series of sea level observations. Pure and App. Geophys. 127: 73-77.
- Eddy, J. A. 1976. The Maunder minimum. Science. 192, 11 Dobrovolski, S.G. y B. J. Choudhry. 1996. Temporal climatic variabilities of global atmospheric, oceanic, and land surface parameters. Atmósfera. 9(4): 273-289.
- El-Fandy, G.; Z. Ashour y S. Taniel. Time Series Models Adoptable for Forecasting Nile Floods and Ethiopian Rainfalls. Bulletin of the American Meteorologica Society. 75(1):83-94.
- Ellington, A. D.; M. P. Robertson y J. Bull. 1997. Ribosymes in Wonderland. Science. 276(5312): 546-547.
- Elliot, B. A. 1982. Anticyclone rings in the Gulf of Mexico. Journal of Physics Oceanography. 12: 1292-1309.
- Emilsson, I. 1976. Factores ambientales Físicos en los Mares Latinoamericanos. UNESCO/PNUD. UNAM. México, P. 77.
- Enfield, D. B. 1989. El Niño, past and present. Reviews of Geophysics. 27: 159-187.
- Engels, F. 1975. Introducción a la dialéctica de la naturaleza. Ed. Quinto Sol. México. P. 176
- Engman, E. T.; L. H. Parmele and W. J. Gburek. 1974. Hidrologie Impact of the Tropical Storms Agnes. Journal of Hidrology. 22 179-193.

- Erickson, J. 1991. Violent Storms. Ed. McGraw Hill. Madrid. P. 305.
- Fairbanks, R. G. 1989. A 17 000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. Nature. 342: 637-642.
- Fiedler, P.C.; R.D. Methot y R.P. Hewitt. 1986. Effects of California El Niño 1982-1984 on the northern anchovy. Journal of Marine Research 44, 317-338.
- Firor, J. 1990. Understanding Climatic Change. *In: Planning Ahead for South Carolina*. Proceedings of the South Carolina Sea Grant Consortium's Eight Annual Winter Conference. Columbia, S.C. January, 16, 1990. Ed. John Tibbetts.
- Firth, E. F. (Ed.). 1969. The Encyclopedia of Marine Resources. Ed. van Nostrand Reinhold Co. Londres. P. 740.
- Flohn, H. 1968. Clima y Tiempo. Ed. Guadarrama. Madrid. P. 256.
- Flores, V. O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Eds. CONABIO y UNAM. México. P. 439.
- Florescano, E. 1969. Precios del Maiz y Crisis Agrícolas en México (1708-1810). Ed. El Colegio de México, Serie 4. s/p.
- Fontseré, E. 1953. Elementos de Meteorología. Ed. Gustavo Gili. Barcelona. P.358.
- Ford, T.B. y St. L.S. Amant. 1971. Management guidelines for predicting brown shrimp, *Penaeus aztecus*, production in Louisiana. *In: Proceedings of the Gulf Caribbean Fisheries Institute*. 23: 149-61.
- Foster, J. L. y J. P.Ormsby. 1978. Cloud vortices. Weather. 33 (9): 350-351.
- Francis, R. C. 1980. Fisheries sciences now and in the future: A personal view. Nueva Zelanda. Journal Marine Freshwater Research. 14(1): 95-100.
- Francis, R. C. 1990. Climate Change and marine fisheries. Fisheries. 15 (6): 7-9.
- Francis, R. C. y T. H. Sibley. 1991. Climate change and Fisheries: What are the real issues ? Northwest Environmental Journal. 7(2): 295-307.
- Frank, N. L. y P. Herbert. 1974. Atlantic Tropical Systems of 1973. Monthly Weather Review. 102: 290-295.
- Fraser, D.; J. S. D. Ritchie y A. Fraser. 1975. The term "stress" in a veterinity context. British Veterinary Journal. 131: 653-662.
- Fröhlich, C. 1977. Contemporary measures of the solar constant, in the solar output and its variations. (O.R. White Ed.) Colorado Associated University Press, Boulder, E.U.A. P. 346.
- Fröhlich; C, 1989. Solar irradiance variability. Atmospheric Research. 23(3/4):379-390.
- Foucault, A. y J. F. Raoult. 1985 Diccionario de Geología. Ed. Masson. Paris. P. 316.
- Fuehrboeter, A. 1989. Changes of the tidal water levels at the German North Sea coast. Helgolander Meeressuntersuchngen. 43(3-4): 325-332.
- Fuglestedt, J. S.; I. Isaksen y W. Wang. 1996. Estimates of indirect global warming potentials for CH-4, CO-2 and NO-x. Climatic Change. 34(3-4): 405-437.

- Fuglister, F.C. 1951. Annual variations in current speeds in the Gulf Stream. Journal of Marine Research. 10: 119-127.
- Gaidry, W.J. y C.J. White. 1973. Investigations of commercially important *Penaeid* shrimp in Louisiana estuaries. Louisiana Wildlife Fisheries Commission, Technical Bulletin 8: 1-54.
- Gajewski, K. 1993. The role of paleoecology in the study of global climatic change. Review Palaeobotanic Palynology. 79(1-2): 141-151
- Gallagar, R. B. 1970. Population biology of lymphocytes. Science. 276(5320): 1817.
- Garbrecht, J. y G. Fernández. 1994. Visualization of Trends and Fluctuations in Climatic Records. Water Resources Bulletin. 30(2): 297-306.
- García, E. 1965. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. Boletín del Instituto de Geografía México. 1: 175-191.
- García, E. 1970. Carta de Climas. 45 Cartas escala 1: 500 000 según el Sistema de Köppen Modificado por García. Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), Secretaría de la Presidencia. México.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México. 4a. ed. Ed. Offset Larios. 218 P.
- García, E. 1998. Carta de Climas. 48 Cartas escala 1: 1 000 000 según el Sistema de Köppen Modificado por García. CONABIO y Estadística. México.
- García, E. 1978 y 1989. Apuntes de Climatología. Ed. Offset Larios. México. P. 155.
- García, E. y P. Mosiño. 1969. Los climas de Baja California. Memoria del Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional: 1966-67. Universidad Nacional Autónoma de México. s/p.
- García, E. y Z. Falcón. 1977. Nuevo Atlas Porrúa de la Ciudad de México. 3a ed. Ed. Porrúa. México. P. 197.
- García, E.; R. Vidal y A. Miranda. 1982. Sunspot numbers and precipitation in Mexico. *in*: Geographical topics of Mexico City and its environs. Latin American Regional Conference Igu, Brazil. 11-18 pp.
- García, S. 1984. A note on environmental aspects of *Penaeid* shrimp biology dynamics. *In*: *Penaeid Shrimp, Their Biology and Management*, ed. J.A. Gulland y B.J. Rothschild, 268-271. Farnham, U.K.: Fishing News.
- Garduño, R. 1994. El veleidoso clima. La Ciencia desde México. Ed. SEP, FCE y CONACyT. México. P. 169.
- Garduño, R.; J. Adem y B. Mendoza. 1997. Contributions of preindustrial CO<sub>2</sub> and climate feedbacks on the Maunder minimum cooling. World Resource Review. 9(2): 240-247.
- Garrod, D. J. y J. M. Colebrook. 1978. Biological effects of variability in the north Atlantic Ocean. Rapp. Proces-Verb. Conseil International Exploraton Marine. 173: 128-144.
- Gates, L. W. 1977. The Physical Basis of Climate. *In*: Proceedings of the World Climate Conference. 12 al de febrero, Génova. Italia. 112-131 pp.
- Gerety, E.; J. M. Wallace y C. S. Zerefos. 1977. Sunspots, geomagnetic indices and the weather: a cross spectral analysis between sunspots, geomagnetic activity and global weather data. Journal Atmospheric Science. 34: 673-679.
- Giese, G. S.; Chapman, D. C.; Black, P. G.; Fornshell, J. A. 1990. Causation of large-amplitud coastal seiches on the Caribbean Coast of Puerto Rico. Journal Physical Oceanography. 20(9): 1449-1458.



- Glaumerc, M. 1979. Temporal fluctuations in benthic communities in relation to climatic changes. Oceanological Acta. 2(3): 365-371.
- Glenn, M. S. y C. C. Ebbesmeyer. 1993. Drifting Buoy Observations of a Loop Current Anticyclonic Eddy. Journal of Geophysical Research. 98(C-11): 20105-20119.
- Gloersen, P.; D. J. Cavalieri y W. J. Campbell. 1980. "Derivation of Sea Ice concentration, Age and Surface temperature from Multispectral Microwave Radiances Obtained from the Nimbus-7 SMMR". Oceanography from Space Marine Science. 13. (Ed.) J.F.R. Gower. Ed. Plenum Press. Nueva York. 254-267.
- Glantz, M. H. 1990. Does history have a future ? Forecasting Climate Change effects on fisheries by analogy. Fisheries. 15(6): 39-44.
- Glantz, M. H.; R. W. Katz y N. Nicholls. 1991. Teleconnections linking worldwide climate anomalies. Cambridge University Press. Cambridge. P. 535.
- GMFCM (Gulf of Mexico Fishery Management Council). 1981. Fishery Management Plan for the Shrimp Fishery of the Gulf of Mexico, United States Waters. Tampa, F.L: GMFCM.
- Goeber, M.; H. Herzel y H. Graf. 1991. Dimensions analysis of El Niño-Southern Oscillation time series. Annales Geophysicae Atmospheres Hydrospheres Space Science. 10(10): 729-734.
- González, A. E.; L. G. Ruiz. S. y C. Gay G. 1994. Inventario de emisiones de metano por desechos del ganado bovino en México y su relación con los climas. *In*: Primer Taller de Estudio de País: México. Cuernavaca, Morelos, del 18 al 22 de abril de 1994. Instituto Nacional de Ecología, U.S. Country Studies Program Support for Climate Changes Studies, Coordinación de la Investigación Científica y Centro de Ciencias de la Atmósfera: 23-32 pp.
- González, J. 1987. El Sol. Ed. SEP/UNAM. México. P. 81.
- Gordon, A. H. 1992. Intehemispheric contrasts of mean global temperature anomalies. International Journal of Climatology. 12(1): 1-19.
- Gornitz, V. y A. Solow. 1989. Observations of long-term tide-gauge records for indications of accelerated sea level rise. *In*: Workshop on Greenhouse Gas Induced Climatic Change, mayo 8-12. University of Massachussets, Amherst, M.A.
- Graham, J. B.; R. Dudley; N. Aguilar y C. Gans. 1995. Implications of the late Paleozoic oxygen pulse for physiology and evolution. Nature. 375: 117-119.
- Graumlich, L. y M. Davis. 1993. Holocene variation in spatial scales of vegetation pattern in the upper Great Lakes. Ecology. 74(3): 826-839.
- Gray, W. M. 1968. Global view of the origin of the tropical disturbances and storms. Monthly Weather Review. 96(10): 669-699.
- Gray, W. M. 1979. Hurricanes, their structure and formation. Ed. Shaw, D. Meteorology over the Tropical Oceans, Blacknell, U.K.: Royal Meteorology Society: 155-218.
- Gray, W. M. 1983. Atlantic seasonal hurricane frequency - El Niño and 30 mb QBO influences. Part I: Forecasting its variability. Atmospheric Science. 370. s/p. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Gribbin J. y M. Gribbin. 1986. El Clima Futuro. Ed. Biblioteca Científica Salvat. Barcelona. P. 240.

- Grijalba, N. 1975. The M tide in the Gulf of Mexico. Geofísica Internacional. 2: 103-125.
- Grivel, F. P. y F. Grivel V. 1991. Variaciones del nivel medio, temperatura y salinidad del Mar. Datos Geofísicos. Serie A. Oceanografía 7. P. 42.
- Gucinski, H.; R. T. Lackey y B. C. Spence. 1990. Global Climate Change: Policy implications for fisheries. Fisheries. 15(6): 33-38.
- Gunter, G. 1942. A list of a fishes of the mainland of North and Middle America recorded from both fresh water. Amer. Midl. Nat. 28(2): 305-326.
- Gunter, G. 1962. Shrimp landings and production of the State of Texas for the period 1956-1959, with a comparison with other Gulf States. Publication of the Institute of Marine Science, University of Texas. 8: 216-226.
- Gunter, G. y J. C. Edwards, 1967. Some relationships of estuaries to the fisheries of the Gulf of Mexico. *In*: G. A. Lauff (ed.) Estuaries. Am. Assoc. Adv. Sci. Publ. Spec. 83: 621-638.
- Gunter, G. y J. C. Edwards. 1969. The relation of rainfall and fresh-water drainage to the production of the *Penaeid* shrimps (*Penaeus fluviatilis* Say and *Penaeus aztecus* Ives) in Texas and Louisiana waters. Food and Agriculture Organization of the United Nations Fisheries Report. 57(3): 875-892.
- Gupta, R. S. y G. B. Golding. 1993. Evolution of hsp70 gene and its implications regarding relationships between Archaeobacteria, eubacteria and eucariotes. Journal Molecular Evolution. 37: 573-582.
- Gutierrez, G y C. Winant. 1996. Seasonal patterns of wind stress and wind stress curl over the Gulf of Mexico. Journal of Geophysical Research. Agosto 15, 101(C8): 18127-18140.
- Hader, D. P. 1996. Effects of enhanced solar UV-B radiation on phytoplankton. Scientia Marina 60(SUPPL. 1): 59-63.
- Haenninen, H. 1995. Effects of Climate Change on trees from cool and temperate regions: An ecophysiological approach to modelling of bud burst phenology. Canadian Journal Botanical Review. 73(2): 18-201.
- Hann, J. 1908. Handbuch der Klimatologie. Ed. T.I. Allgemeine Klimalehre, Stuttgart, Alemania. 8. P. 394.
- Harbuz, M. S. y L. S. Lightman. 1992. Stress and the hypothalamo-pituitary-adrenal axis: acute, chronic and immunological activation. Journal Endocrinol. 134: 327-339.
- Hartl, F. U.; R. Holdan y T. Langer. 1994. Molecular chaperone in protein folding: the art of avoiding sticky situations. Trends in Biochemical Science. 19: 20-25.
- Hartmann, J. 1995. The difficulty of tracing the effects of climate change on the fishes of Lake Constance. *In*: Conf. Climate Change and Northern Fish Populations, Victoria, Canadá del 19 al 24 de octubre. Beamish, R.J. Ed. National Research Council of Canada, Ottawa, ON, Canada. No. 121: 261-270.
- Hastenrath, S. 1988. Weather and Circulation of the Tropics. Ed. D.Reidel. Dordrecht, Germany. (Atmospheric Sciences Library). P. 445.
- Hattermer, F.; A. Holly; K. Thomas R. y F. T. Quinian. 1986. Annotated inventory of climatic indices and data sets. *in*: United States, Dept. of Energy, Office of Energy Research, Office of Basic Energy Sciences, Wash., D.C., DOE/NBB, Nov. 1986. Springfield, Va. 22161. P. 195.

- Hayes, M.L. y E.A. 1985. Salmon management in response to the 1982-83 El Niño event. *In: El Niño North: Niño Effects in the Eastern Subarctic Pacific Ocean.* eds. W.S. Wooster y D.L. Fluharty. 226-236. Seattle, WA: Washington Sea Grant Program, University of Washington.
- Hayflick, L. 1995. Immortal longings. Nature. 376 (3 de agosto) : 398.
- Heath, D. F. 1980. A review of observational evidence for short and long term ultraviolet flux variability of the Sun. *In: International Conference on Sun and Climate.* Toulouse, Francia. Ed.CNES: 163 pp.
- Hedgpeth, J. W. 1957. Treatise on Marine Ecology and Paleocology. Vol. I. Geol. Soc. Am. Mem. P. 67.
- Heezen, C. y H. Menard, 1963. Topography of the Deep-Sea Floor. *In: The Sea.* (ed.) Hill, M.N. Ed. Interscience. Nueva York. 24-23 pp.
- Henderson-Sellers, 1994. Global terrestrial vegetation "prediction": The use and abuse of climate and application models. PROG.-PHYS.-GEOGR. 18(2): 209-246.
- Henderson, M. A.; D. A. Levy y J. S. Stockner. 1992. Probable consequences of Climate Change on freshwater production of Adams River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Geojournal. 28(1): 51-59.
- Herman, R. J. y R. A. Goldberg. 1978. Sun, Weather, and Climate. Aeronautics and Space Administration. P.360.
- Hernández, T. T. 1994. Emisiones por el cambio de uso del suelo forestal, quema de pastizales y de residuos de cultivos agrícolas. *In: Primer Taller de Estudio de País: México.* Cuernavaca, Morelos, del 18 al 22 de abril de 1994. Instituto Nacional de Ecología, U.S. Country Studies Program Support for Climate Changes Studies, Coordinación de la Investigación Científica y Centro de Ciencias de la Atmósfera:19-22 pp.
- Hernández-Trujillo, S. y A. Esquivel-Herrera. 1997. Asociaciones interespecíficas de copépodos en la costa oeste de Baja California Sur, México. Hidrobiología. 7:65-74.
- Hernández-Vazquez, S. 1994. Distribution of eggs and larvae from sardine and anchovy off California and Baja California, 1951-1989. California Cooperation Oceanic Fisheries Investigation Report. 34: 94-107.
- Hewitt, C. N. 1992. Methods of environmental data analysis. Ed. Elsevier. Londres. P. 309.
- Hildebrand, H. H. 1958. Estudios biológicos preliminares sobre la Laguna Madre de Tamaulipas. Ciencia. México. 17(7-9): 151-173.
- Hildebrandsson, H. H. 1897. Quelques recherches sur les centre d'action de l'atmosphère. Kungliga Svenska Vetenskapsakademien Handlingar. 29. P. 33
- Hjort, J. 1911. Fluctuations in the Great Fisheries of Northern Europe: Viewed in the Light of Biological Research. Conseil Permanent International Pour L'exploration de la Mer. Volumen XX. Copenage. P. 228.
- Hope, J. 1975. Atlantic Hurricane Season of 1974. Monthly Weather Review. 103 (4): 285-293.
- Horel, J.D. y J.M. Wallace. 1981. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. Monthly Weather Review. 109: 813-829.
- Houghton, J. T.; G. J. Jenkins y J. J. Ephraums. 1990. El Cambio Climático. (Eds.) Instituto Nacional de Meteorología y Ministerio de Obras públicas y Transporte. Cambridge University Press. 397 P.

- Hsieh, W. Y B. Hamon. 1991. The El Niño-Southern Oscillation in south-eastern Australian waters. Australian Journal Marine Freshwater. 42(3): 263-275.
- Huang, P. y L. Changwu. 1984. On the long term fluctuations of annual extreme wave heights. *In: Proceedings of the Third Chinese Oceanological and Limnological Science Conference*. 75-83 pp.
- Ibáñez, L. 1994. Coexistence of *Mugil cephalus* and *Mugil curema* in a coastal lagoon to the northwest of the Gulf of Mexico. Revista de Investigaciones Marinas. 15(1): 39-44.
- Ichiye, T. y J. R. Petersen. 1963. Anomalous rainfall of the 1957-58 winter in the equatorial Central Pacific arid area. Journal of Meteorological Society of Japan. 41: 172-182.
- Ignell, S. E.; S. R. Carson y R. A. Rumbaugh. 1995. Variability in frontal boundaries, temperatures and the geographic ranges of species and pelagic marine communities along 175°30'E, 1978-91. Canadian Special Publication of Fishery Aquatic Science. No. 121: 667- 674.
- Inman, D. L. y C. E. Nordstrom. 1971. On the tectonic and morphologic classification of coasts. Journal of Geology. 79(1): 1-21.
- Jablonski, D. y J. Sepkoski. 1995. Paleobiology, community ecology, and scales of ecological pattern. Ecology. 77(5): 1367-1378.
- Jauregui, E. 1968. Los ciclones del año 1967 y su contribución a la precipitación anual en México. Ingeniería Hidráulica en México. 22(2): 169-176.
- Jauregui, E. O. 1979. Algunos aspectos de las fluctuaciones pluviométricas en México en los últimos cien años. Boletín del Instituto de Geografía. 9: 39-64.
- Jauregui, E. 1989. La Climatología de ciclones en México y el ciclón Gilberto. *In: Memorias de la Segunda Reunión Nacional de Agroclimatología*. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Irrigación. 269-298 pp.
- Jauregui, E. y D. Klaus. 1976. Some aspects of climatic fluctuations in Mexico in relation to drought. Geofísica Internacional. 16: 45-61.
- Jauregui, E.; F. Cruz y J. Vidal. 1980. Los ciclones y tormentas tropicales en Quintana Roo durante el período 1971-1978. *In: Memoria del Simposio Quintana Roo, México*. 47-61 pp.
- Jiménez, A. Características hidrográficas de la vertiente del Golfo de México en el estado de Veracruz. Boletín del Instituto de Geografía. 9: 117-157.
- Kandel, R. e Y. Fouquart. 1992. El balance radiativo de la Tierra. La Recherche. 124(12): 426-434.
- Kashiwai, M. 1992. Migration dynamics of pelagic fish into Oyashio region under synoptic temperature variation. *In: The Seventh International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice Abstracts*. Hokkaido Japan Okhotsk Sea and Cold Ocean Research Assoc. 231-232 pp.
- Kashiwai, M. 1995. Change in distribution of favourable water temperatures and migration of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*). Canadian Special Publication of Fishery Aquatic Science. 121: 675-686.
- Katz, R.W. 1977. Assessing the impact of climatic change on food production. Climatic Change. 1: 85-96.
- Kawasaki, T. y M. Omory. 1995. The impacts of Climate Change on Japanese fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 523-528.
- Keith, L. B. 1963. Wildlife's ten-years cycle. Univ. Wisconsin Press, Madison. 23-58 pp.

- Kennedy, V. S. 1990. Anticipated effects of Climate Change on estuarine coastal fisheries. Fisheries. 15(6): 16-25.
- Kerr, R. A. 1997. Climate-evolution link weakens. Science. 276(5323): 1968.
- Kerr, J. T. y L. Packer. 1997. Habitat heterogeneity as a determinant of mammal species richness in high-energy regions. Nature. 385(6613): 252-254.
- Kiladis, G. N. y H. F. Díaz. 1989. Global climatic anomalies associated with extremes of the Southern Oscillation. Journal of Climate. 2: 1069-1090.
- Kiladis, G. N. y S. K. Sinha. 1991. ENSO, monsoon and drought in India. In: Glantz, M. H., Katz, R. W. and Nicholls, N (eds.). Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies. Cambridge: Cambridge University Press. 431-458 pp.
- Kiladis, G. N. y H. van Loon. 1988. The Southern Oscillation. Part VII: Meteorological anomalies over the Indian and Pacific sectors associated with the extremes of the Oscillation. Monthly Weather Review. 116: 120-136.
- King, J. W. 1973. Solar radiation changes and the weather. Nature. 245: 443.
- King, J. W. 1974. Weather and the Earth's magnetic field. Nature. 247: 131-134.
- King, J. W. 1975. Sun-weather relationships. Astronautic and Aeronautic. p. 10, April.
- King, J. W.; E. Hurst; A. J. Slater, P. A. Amith, and B. Tamkin. 1974. Agriculture and Sunspots. Nature. 252: 2.
- Kirwan, A. D.; W. J. Merrel; J. K. Lewis y R. E. Whitaker. 1984. Langrangian observations of an anticyclonic ring in the western Gulf of Mexico. Journal of Geophysics Research. 89 (C3): 3417-3424.
- Klein, W.H. 1952. Some empirical characteristics of long waves on monthly mean charts. Monthly Weather Review. 80: 203-219.
- Klyashtorin, L. y B. Smirnov. 1995. Climate dependent salmon and sardine stocks fluctuations in the Northern Pacific. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 687-689.
- Kobayashi, H. 1987. Evolution on the metabolic endocrine system: its phylogenetic significance. In: Hormones, adaptation and evolution. Ishii (ed.) Eds. Science Soc. Press, Tokio/ Springer-Verlag, Berlín. 15-22 pp.
- Kope R. y L. Botsford. 1990. Determination of factors affecting recruitment of chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* in central California. Fisheries Bulletin. 88(2): 257-269.
- Kopecky, M. 1987. Forecast of abnormally high solar activity in the next century and of its possible negative effects on the Earth. Studia Geophysica et Geodaetica. 3181. 43-59. Praga.
- Köppen, W. 1914. Lufttemperaturen, Sonnenflecken und Vulkanausbrüche. Meteorolo Zeitschrift. 31: 305.
- Koski, V. 1996. Breeding plants in case of global warming. Euphytica. 92(1-2): 235-239.
- Krebs, Ch. L. 1985. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Ed. Harper & Row. Londres. P. 694.
- Kullman, L. 1993. Pine (*Pinus sylvestris* L.) tree-limit surveillance during recent decades, Central Sweden. Arctic and Alpine Research. 25(1): 24-31.

- Kullmer, C. J. 1943. A remarkable reversal in the distribution of storm frequency in the U.S. in double Hale solar cycles. Smithsonian Misc. Collection 103, 20.
- Kutkuhn, J.H. 1966. The role of estuaries in the development and perturbation application of commercial shrimp resources. Fisheries Society Special Publication. 3: 16-36.
- Labitzke, K. y H. Jan Loon. 1989. Recent Work correlating the 11-year solar cycle with atmospheric elements grouped according to the phase of Quasi-Biennial Oscillation. Space Science Review. 49: 239-258.
- Laevastu, T y T. Hela. 1970. Fisheries Oceanography. Fishing News (Books). LTD Londres. P.190.
- Laguarda-Figueras, A. 1987. Desarrollo Científico y Tecnológico para el aprovechamiento integral de los recursos del Mar. Desarrollo Pesquero. México 1986-1987. Secretaría de Pesca. Tomo III: 133-159.
- Lalli, M. C. y T.R. Parsons. 1993. Biological Oceanography: an Introduction. Ed. Pergamon Press. Londres. P.301.
- Lamb, H. H. 1963. On the nature of certain climatic epochs with differed from the modern (1900-1939) normal. Changes of Climate. UNESCO. Arid Zone Research. Francia. No. 29. P.125.
- Lamb, H. H. 1967. Britains Changing Climate. Geographycal Journal. 133 (4): 455.
- Lamb, H. H. 1972. Climate, Present, Past and Future. I. Fundamentals and Climate Now, Methuen, Londres. 57-93 pp.
- Lamb, P. J. y R. A. Pepler. 1986. Interannual variability in the tropical Atlantic. Nature. 322(17): 238-239.
- Lamb, P. J. y R. A. Pepler. 1987. North Atlantic Oscillation: Concept and aplication. Bulletin of the American Meteorological Society. 68(10): 1218-1225.
- Lankford, R. 1977. Coastal lagoons of Mexico: Their origin and classification. *In*: Willey M.E. Estuarine Process. Circulation Sediments and transfer of material in the estuary. Academic Press Inc. Nueva York. 2: 182-215.
- Lara-Domínguez, A. L. A. Yáñez-Arancibia y F. Amezcua. 1981. Biología y ecología del bagre *Arius melanopus* (Gunther) en la Laguna de Términos, sur del Golfo de México (Pisces: Ariidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 8(1): 267-304.
- Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: The relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. Fishery Bulletin. 73: 453-462.
- Lasker, R. 1978. The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California Current: Identification of the factors leading to recruitment failure. *In*: Rapp. P.-V. Réunion. Conseil International Exploration Marine. 173: 212-230.
- Lasker, R. 1981. Factors contributing to variable recruitment of a northern anchovy (*Engraulis mordax*) in the California Current: Contrasting years 1975 through 1978. *In*: Rapp. P. V. Réunion Conseil International Exploration Marine. 178: 375- 388.
- Latif, M. y A. Willcock. 1990. Interannual variability in the Tropical Pacific as simulated in coupled ocean-atmosphere models. Journal Marine Systems. 1(1-2): 51-60.
- Lau, K. M. y P. J. Sheu. 1988. Annual cycle, quasi-biennial oscillation, and Southern Oscillation in global precipitation. Journal of Geophysical Research. 93: 10975-10988.

- Lavoie, C. y S. Payette. 1996. The long-term stability of the boreal forest limit in subarctic Quebec. Ecology. 77(4): 1226-1233.
- Lavoie, C. y S. Payette. 1996. The long-term stability of the boreal forest limit in subarctic Quebec. Ecology. 77(4): 1226-1233.
- Leatherman, S. 1990. Implications of the Climatic Change. *In: Planning Ahead for South Carolin*. Proceedings of the South Carolina Sea Grant Consortium's eight annual Winter Conference. Columbia, S.C. Enero 16, Ed. John Tibbetts.
- Legendre, L. y J. Lefevre. 1992. Interactions between hidroynamics and pelagic ecosystems: Relevance to resource exploitation and climate change. South Africa Journal Marine Science. TYDSKR-SEEWET. 12: 477-486.
- Lehodey, P.; M. Bertignac; J. Hampton; . Lewis y J. Picaut. 1997. El Niño Southern Oscillation and Tuna in the Western Pacific. Nature. 386.
- Leipper, D. F. 1970. A sequence of current patterns in the Gulf of México. Journal of Geophysics Research. 75: 637-657.
- Leopold, S. A. 1950. Vegetation zones of Mexico. Ecology. 31: 507-518.
- Le Roy Ledurie, E. 1990. Historia del Clima desde el año mil. Ed. Fondo de Cultura Económica. P. 522. México.
- Lincoln, R. J.; G. A. Boxshall y P. F. Clark. 1995. Diccionario de Ecología, Evolución y Taxonomía. Ed. Fondo de Cultura Económica. México. P. 488.
- Linder, M.J. y W.W. Anderson. 1956. Growth, migrations, spawning and size distribution of shrimps *Penaeus setiferus*. U.S. Fish and Wildlife Service. Fisheries Bulletin. 56: 553-645.
- Liu, Z. Y. Wang y J. Guan. 1989. The features in the variability of monthly mean sea level and sea surface temperature in the coastal area of China during ENSO events. Marine Science. 4: 13-20.
- Lockyer, S. N. 1906. Barometric variations of long duration over large areas. *In: Proceedings of the Royal Society of London*. 78: 43-60.
- Lomnitz, C. 1997. El secreto de Chicxulub: algunas consideraciones geofísicas. *In: Extinción masiva del límite Cretácico-Terciario: mitos y realidades*. (Eds.) Carreño, A. L. y M. Montellano. Unión Geofísica Mexicana. Monografía No. 4. 117-120 pp.
- López, E. 1922. Climatología de la República Mexicana. Sociedad Científica "Antonio Alzate". México.
- Lorente, J. y A. Redaño. 1992. Calentamiento Global y Ciclo Hidrológico. Mundo Científico. 126(12): 656-663.
- Love, G. 1987. Banana prawns and the Southern Oscillation Index. Australian Meteorological Magazine. 35: 47-49.
- Lluch-Belda, D. D. B. Lluch-Cota; S. Hernández-Vázquez y C. A. Salinas-Zavala. 1991. Sardine and anchovy spawning as related to teperature and upwelling in the california Current System. California Cooperation Oceanic Fisheries Investigation Report. 32: 105-111.
- Ludwig, J. A y J. F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing. Ed. John Wiley & Sons. Nueva York. P. 337.
- Lugo, H. 1986. Morfoestructuras del Fondo Oceánico Mexicano. Boletín del Instituto de Geografía. 15: 9-40.

- Lukas, R. 1988. Interannual fluctuations of the Mindanao Current inferred from sea level. Journal of Geophysical Research. Part C. Oceans. 93(C6): 6744-6748.
- Lynch, M. y W. Gabriel. 1987. Environmental tolerance. American Naturalist. 129(2): 283-303.
- Maddox, J. 1991. Is Darwinism a thermodynamic necessity? Nature. 350: 653.
- Magaña, V. 1994. El pronóstico del tiempo para los próximos días, meses, años .... Ciencias. Julio-Septiembre. 35: 15-22.
- Magaña, R. O. V. 1994. An strategy to determine regional climate change. In: Primer Taller de Estudio de País: México. Cuernavaca, Morelos, del 18 al 22 de abril de 1994. Instituto Nacional de Ecología, U.S. Country Studies Program Support for Climate Changes Studies, Coordinación de la Investigación Científica y Centro de Ciencias de la Atmósfera:45-53 pp.
- Magaña, V.; J.L. Pérez; C. Conde y S. Medina. 1997. El fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) y sus impactos en México. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. P. 21.
- Maksimov, I. V. y B. A. Slepcev-Sevlevic. 1971. On the relationship between solar activity and pressure field of the northern hemisphere of the earth. Ed. Doklady Akad. Nauk. Moscu. P. 339.
- Manes, F. y C. Blasi. 1995. Environmental stress and Mediterranean vegetation. Fresenius Environmental Bulletin. 4(3): 183-188.
- Mann, K. H. y J. R. N. Lazier. 1991. Dynamics of Marine Ecosystems. Biological-Physical Interacciones in the Oceans. Eds. Blackwell Scientific Publicatios. Londres. P. 465.
- Mansurov, S. M.; G. S. Mansurov; L. G. Mansurova; V. V. Mikhnevich y A. M. Visotsky. 1973. International Association of Geomagnetism and Aeronomy Bulletin. (IAGA) 34: 523.
- Margalef, R. 1968. Perspectives in Ecological Theory. Univ. Chicago Press, Chicago. P.111
- Margalef, R. 1973. Some critical remarks on the usual approaches to ecological modelling. Investigaciones Pesqueras. 37: 621-640.
- Margalef, R. 1980(a). La Biósfera entre la termodinámica y el juego. Ed. Omega. Barcelona. P. 236.
- Margalef, R. 1980. Ecología. Ed. Omega. Barcelona España. P 951.
- Martínez, M. M. 1993. El Paradigma Emergente. Ed. Gedisa. Barcelona. 34-36 pp.
- Mason, B. J. 1976. Towards the understanding and prediction of climatic variations. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 102: 473-498.
- Matthews, W. J. Y E. G. Zimmerman. 1990. Potential effects of Global Warming on native fishes of the southern Great Plains and the Southwest. Fisheries. 15(6): 26-32.
- Matsuno, K. 1978. evolution of dissipative system: A theoretical basis of Margalef's principle on ecosystem. Journal Theoretical Biology. 70: 23-31.
- May, R. M. 1976. Simple mathematical models with very complicated dynamics. Nature. 261: 459-467.
- Mayr. E. 1976. Evolution and the Diversity of Life, selected essays. Ed. The Bleknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusets. P. 721.



- MacDonald, G. 1993. Methodological falsification and the interpretation of palaeoecological records: The cause of the early Holocene birch decline in western Canada. Review Palaeobotanic Palynology. 79(1-2): 83-97.
- McDonald, E.; F. Pierson; G. Flerchinger y L. McFadden. 1996. Application of a soil-water balance model to evaluate the influence of Holocene climate change on calcic soils, Mojave Desert, California, U.S.A. Geoderma. 74(3-4): 167-192.
- McDowall, R. M. 1992. Global Climate Change and fish and fisheries: What might happen in a temperate oceanic archipelago like New Zealand. Geojournal. 28(1): 29-37.
- McGlone, M. y V. Neall. 1994. The late Pleistocene and Holocene vegetation history of Taranaki, North Island, New Zealand. New Zealand Journal of Botany. 32(3): 251-269.
- McIntosh, P. S. 1991. Did Sunspot Maximum Occur in 1989?. Sky and Telescope. January, 1991: 21-23.
- McLain, A. S.; J. J. Magnuson y D. K. Hill. 1994. Latitudinal and longitudinal differences in thermal habitat for fishes influenced by climatic warming: Expectations from simulations. Limnol. Trav. Assoc. Int. Limnology Theory Apply. 25(4): 2080-2085.
- McNaughton, S. J. 1983. Serengety Grassland Ecology: The role composit enviromental factors and contingency in community organization. Ecological Monographs. 53: 291-320.
- Meehl, G. A. 1987. The annual cycle and interannual variability in the tropical Pacific and Indian Ocean regions. Monthly Weather Review. 115: 27-50.
- Miranda, F. 1959. Estudios acerca de la vegetación. In: Los Recursos Naturales del Sureste y su aprovechamiento. Parte 2. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. 215-271 pp.
- Mearns, L.O. 1988. Technological Change, Climate Variability and Winter Weath Yields in the Great Plains of the United States. NCAR Cooperative. Thesis No. 111. Boulder, CO: National Center of Atmospheric Research.
- Meehl, G.A. 1978. Tropical Teleconnections to the Seesaw in Winter Temperatures between Greenland and Northern Europe. NCAR Cooperative Thesis 51. Boulder, CO: National Center of Atmospheric Research.
- Medina, M. 1986. Iniciación a la Meteorología. Ed. Biblioteca Científica Salvat. Barcelona. P.232.
- Medina, E. 1997. Osmolality and delta-13C of leaf tissues of mangrove species from environments of contrasting rainfall and salinity. Estuarine Coastal and Shelf Science 45(3):337-344.
- Meier, M. F. 1984. Contribution of small glaciers to global sea level. Science. 226: 1418-1421.
- Melillo, J.; T. V. Callaghan; F. I. Woodward; E. Salati y S. K. Sinha. 1992. Efectos sobre los Ecosistemas. El Cambio Climático. Evaluación Científica del IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambo Climático. OMM y PNUMA. 313-336 pp.
- Mendelsson, R. y P. Cury. 1987. Forecasting a fortnightly abundance index of the Ivoirian coastal pelagic species and associated environmetal conditions. Canadian Journal Fishery Aquatic Science. 44: 408-421.
- Mendelsson, R. y J. Mendo. 1987. Exploratory analysis of anchoveta recruitment off Peru and related environmental series. 294-306 pp. In: D. Pauly and I. Tsukayama (eds.). The Peruvian Anchoveta and Its Upwelling Ecosystem: Three Decades of Change. ICLARM Studies and Reviews 15. Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ);

- GmbH, Eschborn, Federal Republic of Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines. P. 351.
- Mendoza, B. 1997. Estimations of Maunder Minimun Solar Irradiance and Ca II H and k Fluxes using rotation and diameters. The Astrophysical Journal. 483 : 523-526.
- Mendoza, B.; R. Pérez-Enríquez y M. Alvarez-Madrigal. 1991. Analysis of solar activity conditions during periods of El Niño events. Annales Geophysicae (9): 1-5.
- Mendoza, B. 1997. Estimations of Maunder minimum solar irradiance and Ca II H and K fluxes using rotation rates and diameters. The Astrophysical Journal. 483: 523-526.
- Merrel, W. J. y J. M. Morrison. 1981. On the circulation of the Western Gulf of Mexico eith observations from april 1978. Journal of Geophysical Research. 6: 4181-4185.
- Mertz, G. y R.A. Myers. 1994. The ecological impact of the Great Salinity Anomaly in the northern North-West Atlantic. Fish. Oceanogr. 3(1): 1-4.
- Newman, R. y B. Martin. 1983. Estimation of fish production rates and associated variances. Canadian Journal Fish Aquatic Science. 40: 1729-1763.
- Miller, R. R. 1966. Geographical distribution of Central American freshwater fishes. Copeia (4): 773-802.
- Minns, C. K.; R. G. Randall; E. M. P. Chadwick; J. E. Moore y R. Green. 1995. Potential impact of Climate Change on the habitat and population dynamics of juvenil Atlantic Salmon (*Salmo salar*) in eastern Canada. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 699-708.
- Mistakidis, M.M. (ed.) 1968. Proceedings of the World Scientific Conference on the Biology and Culture of Shrimps and Prawns. FAO Fisheries Report 57(1). Roma.
- Mojika, F. J. M.; E. Cisneros; C. Ferrer; F. Rodriguez-Valera y G. Juez. 1997. Osmotically induced response in representatives of halophilic prokaryotes. The bacterium *Halomonas elongata* and the archaeon *Haloferax volcanii*. Journal of Bacteriology. 179(17): 5471-5481.
- Molinari, L. R. 1976. The formation of the Yucatan Current based on oservations of summer 1971. Journal of Physical Oceanography. 6: 596-602.
- Molinari, L. R. y J. Morrison. 1988. The separation of the Yucatan Current from the Campeche Bank and the intrusion of the Loop Current into the Gulf of Mexico. Journal of Gephysical Research. 93(C9): 10645-10654.
- Morales, C. 1989. Relación entre los ciclones tropicales, los vientos alisios, la sequía y la helada intraestival en la República Mexicana. In: Memorias de la Segunda Reunión Nacional de Agroclimatología. Universidad Autónoma de Chapingo. México. Abril. 306-314 pp.
- Morales-Bojorquez, E. 1996. Simulación de las Fluctuaciones de Sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) con Base en la Relación Existente entre el Stock, el Reclutamiento y la Variabilidad Ambiental. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. P. 65.
- More, H. B. 1962. Marine Ecology. Nueva York. Ed. Wiley & Sons., Inc. Londres. P. 493.
- Morin, E. 1994. Iatitud Introducción al Pensamiento Complejo. Ed. Gedisa. 46-57 pp.
- Mortensen, L. y A. Saebo. 1996. The effect of elevated CO2 concentration on growth of *Phleum pratense* L. in different parts of the growth season. Acta Agriculturae Scandinavica Section B Soil and Plant Science. 46(2): 128-134.

- Mosetti, F. 1990. On two essential cycles in climatic and geophysical fluctuations. Bulletin Oceanological. Teor. Applied. 8(2): 157-160.
- Mosiño, P. 1966. Factores determinantes del clima en la República Mexicana, con referencia especial a las zonas áridas. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Depto. de Prehistoria. México. No. 19: 45-78.
- Mosiño, P. A. 1974. El Escenario Geográfico. Ed. SEP-INAH. P. 306.
- Mosiño, P. A. 1988. Dos tipos de "norte" en el Golfo de México. *In: Memoria del III Congreso Interamericano de Meteorología del 14 al 18 de octubre.* 119-123 pp.
- Mosiño, P. A. y T. Morales. 1988. Los ciclones tropicales, El Niño y las lluvias en Tacubaya, D.F. Geofísica Internacional. 27(1): 61-82.
- Mosiño, A. P. y T. Reyna. 1989. La interrupción del alisio, por recurva de los ciclones tropicales en el Golfo de México, causa parcial de la Sequía Intraestival. *In: Memorias de la Segunda Reunión Nacional de Agroclimatología.* Universidad Autónoma de Chapingo. México. Abril. 315-323 pp.
- Moot, D.; A. Henderson; J. Porter y M. Semenov. 1996. Temperature, CO<sub>2</sub> and the growth and development of wheat: changes in the mean and variability of growing conditions. Climatic Change. 33(3): 351-368.
- Morimoto, R. I.; A. Tisséres y C. Georgopoulos. 1994. Progress and perspectives on the biology of heat shock proteins and molecular chaperones. *In: The Biology of Heat Shock Proteins and Molecular Chaperones.* (Eds.) Morimoto, R.I.; A. Tisséres y C. Georgopoulos. Cold Spring Harbor Lab. Press; Monograph Series: 26. Estados Unidos. 1-29 pp.
- Mosiño, P. y T. Morales. 1988. Los ciclones tropicales, El Niño y las lluvias en Tacubaya, D.F. Geofísica Internacional. 27-1: 61-82.
- Mountain, D.G. y S.A. Murawski. 1992. Variation in the distribution of fish stocks on the northeast continental shelf in relation to their environment, 1980-1989. Hydrobiological Variability in the Ices Area, 1980-1989. Dichson, R.R.; P. Maelkki; G. Radach; R. Saetre y M.P. Sissenwine (eds.) Copenage, Dinamarca. Vol. 195. pp. 424-432.
- Mulholland, P.; G. Best; C. Coutant; G. Hornberg; J. Meyer; P. Robinson; J. Stenberg; R. Turner; F. Vera-Herrera y R. Wetzel. 1997. Effects of climate change on freshwater ecosystem of the south-eastern United States and the Gulf Coastal of Mexico. Hidrologycal Processes. 11(8): 949-970.
- Munekage, Y; H. Kimura y K. Miyamoto. 1982. Mechanism of water movement in Uranouchi Inlet. Coastal Engineering in Japan. 25: 295-304.
- Muñoz, L. R. y Brash. 1994. Cálculo de las emisiones nacionales de CO<sub>2</sub> a partir del balance de energía. *In: Primer Taller de Estudio de País: México.* Cuernavaca, Morelos, del 18 al 22 de abril de 1994. Instituto Nacional de Ecología, U.S. Country Studies Program Support for Climate Changes Studies, Coordinación de la Investigación Científica y Centro de Ciencias de la Atmósfera: 13-18 pp.
- Murawski, S. A. 1993. Climate Change and marine fish distribution. Forecasting from historical analogy. Transaction of the American Fisheries Society. 122(5): 647-658.
- Murphy, G. I. 1966. Population biology of the Pacific Sardine (*Sardinops caerulea*). California Academic Science Proceeding. Serie. 4 (34): 1-84.
- Mustel, E. R. ; V. E. Chertoprud y N.B. Moulukova. 1980. The reality of the solar-atmospheric relation and the changes of atmospheric circulation of the solar origin. *In: International Conference on Sun and Climate.* Toulouse, France, Ed. CNES: 151- 162 pp.

- Mysak, L.A. 1986. El Niño, interannual variability and fisheries in the northeast Pacific Ocean. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 43(2): 464-497.
- Naeem, S. L.; J. Thompson; S. P. Lawer; J. H. Lawston y R. M. Woodfin. 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystem. Nature. 368: 734-737.
- Narayanan, S.; J. Carscadden; J. B. Dempson; M. F. O'Connell; S Prinsberg; D. G. Reddin y N. Schackell. 1995. Marine Climate off Newfoundland and its influence on salmon (*Salmo salar*) and capelin (*Mallotus villosus*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 461-472.
- Nedivi, E. ; D. Hevroni ; D. Naot ; D. Israeli y Y. Citri. 1993. Numerous candidate placticity-related genes reveled by diferencial cDNA cloning. Nature 367 : 718.
- Neilson, R. P. 1995. A model for predicting continental-scale vegetation distribution and water balance. Ecology Apply. 5(2): 362-385.
- Newell, R.; Zhongxiang, Wu; Hsiung, J. y Newell, N. 1990. Possible factors controlling global nighth marine air temperature variations over the past century. *in*: Annual Climate Diagnostics Workshop, 14th, La Jolla, C.A. Oct. 16-20, 1989. Proceedings of the Fourteenth Annual Climate Diagnostics Workshop, Washington, D.C. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service. 145-150 pp.
- Newman, S. 1994. Quatitative and molecular-genetic effects on animal well-being: adaptative mechanisms. Journal Animal Science. 72: 1641-1653.
- Nicholson, S. y D. Entekhabi. 1987. Rainfall Variability in Equatorial and Southern Africa: Relationships with Sea Surface Temperatures along the Southwestern Coast of Africa. Journal of Climate and Applied Meteorology. 26(5): 561-578.
- Niebauer, H. 1988. Effects of El Niño-Southern Oscillation and Northe Pacific weather patterns on interannual variability in the subarctic Bearing Sea. Journal of Geophysical Research. Part C. Oceans. 93(C5): 5051-5068.
- Nijau, E.C. 1989. Generalized theory of the Sun-climate-weather link and climate change. II Nuovo Ciminto. C.: Geophysics and Space Physics. Bologna, Italia, 12C(5):597-611, Sept./Oct.
- Nikolsky, G.V. 1963. The Ecology of fishes. Ed. Academic Press. Nueva York. 65-79 pp.
- Nobel, P. 1996. Responses of some North American CAM plants to freezing temperatures and doubled CO2 concentrations: implications of global climate change for extending cultivation. Journal of Arid Environments. 34(2): 187-196.
- Noda, A. y T. Tokioka. 1989. The effect of doubling CO2 concentration on convective and non-convective precipitation in a general circulation model coupled with a simple mixed layer ocean. Journal Meteorological Society Japan. 67: 95-110.
- Normad, C. W. B. 1932. Some problemas of modern meteorology. Quarterly Jornal of Royal Meteorological Society. 58(243) : 3-10.
- Nowlin, W. D. y H. J. McLellan. 1967. A characterization of the Gulf of Mexico waters in winter. Journal of Marine Research. 25: 29-59.
- Oerlemans, J. 1989. A projection of future sea level. Climatic Change. 15: 151-174.

- Ohtani, K y T. Azumaya. 1995. Influence of interannual changes in ocean conditions on the abundance of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern Bering Sea. *In: Climate Change and Northern Fish Population Conf.*, Victoria, Canada del 19 al 24 de octubre de 1992. Beamish, R.J. Ed. National Research Council of Canada, Ottawa, ON Canada. No. 121: 87-95.
- Ordóñez, E. 1946. Principales provincias Geográficas y Geológicas en la República Mexicana. Instituto de Geología, UNAM. México.
- Organización Meteorológica Mundial. 1992. Vocabulario Meteorológico Internacional. WMO/OMM/BMO. No. 182. Suiza. P. 784.
- Orlaci, L. 1966. Geometric models in ecology. I. The theory and application of some ordination methods. Journal of Ecology. 54: 193-206.
- Otaola, J.; B. Mendoza y R. Pérez. 1993. El Sol y La Tierra. Una relación tormentosa. Colec. La Ciencia desde México. No. 114. Ed. SEP, Fondo de Cultura Económica y CONACyT. México. P. 120.
- Ottersen, G.; B. Aadlandsvik y H. Loeng. 1994. Statistical modelling of temperature variability in the Barents Sea. *In: Counc. Meet. of the Int. Counc. for the Exploration of the Sea, St. John's (Canada)*, del 22 al 30 de septiembre. Copenage. 1-16 pp. Ottesen, P.S. y J. Lassen. 1997. Health effects of climatic change: Possible consequences for Norway. Tidsskrift for den Norske Laegeforening 117(1): 54-57.
- Ortega, G. E. 1994. Sistema de información virtual para el apoyo a la investigación sobre el cambio climático global. *In: Primer Taller de Estudio de País: México. Cuernavaca, Morelos*, del 18 al 22 de abril de 1994. Instituto Nacional de Ecología, U.S. Country Studies Program Support for Climate Changes Studies, Coordinación de la Investigación Científica y Centro de Ciencias de la Atmósfera:33-38 pp.
- Ortega-Ramírez, J. 1994. Cambio Global: la paleoclimatología y los modelos climáticos. *In: Primer Taller de Estudio de País: México. Cuernavaca, Morelos*, del 18 al 22 de abril de 1994. Instituto Nacional de Ecología, U.S. Country Studies Program Support for Climate Changes Studies, Coordinación de la Investigación Científica y Centro de Ciencias de la Atmósfera:131-139 pp.
- Pagney, P. 1982. Introducción a la Climatología. Ed. oikos-tau. Barcelona. P.143.
- Palumbo, A. y A. Mazzarella. 1982. Mean sea level variations and their practical applications. Journal of Geophysical Research. Part C. Oceans. 87(C6): 4249-4256.
- Parcell, D. A.; J. Taulien y S. Lindquist. 1993(a). The role of heat-shock proteins in stress tolerance: degradation and reactivation of damage proteins. Annuary Review Genetics. 27: 496.
- Parcell, D. A.; J. Taulien y S. Lindquist. 1993. The role of heat-shock proteins in thermotolerance. Philosophical Transactions of the Royal Society. Serie B. London. 39: 279-286.
- Parcell, D. A.; A. S. Kowal; M.A. Singer y S. Lindquist. 1994. Protein disaggregation mediated by heat shock protein hsp104. Nature. 372(1dic.): 4775-478.
- Parker, K.S.; T.C. Royer y R.B. Deriso. 1995. High-latitude climate forcing and tidal mixing by the 18.6-year lunar nodal cycle and low-frequency recruitment trends in Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*). Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. Publ. Spec. Can. Sci. Helieut Aquatt.No. 21.
- Parker, B. 1992. The use of long historical sea level records in the study of climate and global change. *In: Proceedings Marine Technology, Soc. Washington D.C.* 498-506 pp.
- Parrish, R. H.; C. S. Nelson y A. Bakun. 1981. Transport mechanism and reproductive success of fishes in the California current. Biol. Oceanograf. 1: 175-203.

- Pelham, H. R. B. 1986. Speculations on the functions of the mayor heat shock and glucose-regulated proteins. Cell. 46: 959-961.
- Perry, A. H. y J. M. Walker. 1977. The ocean-atmosphere system. Ed. Longman. Nueva York. P. 160.
- Pereyra, D.; Q. Angulo y B. Palma. 1994. Effect of ENSO on the mid-summer drought in Veracruz State, México. Atmósfera. 7(4): 211-220.
- Phleger, F. B. 1969. Some general features of coastal lagoons. In: Ayala Castañares, A. y F.B. Phleges (Eds.). Lagunas Costeras: Un Simposio. Memoria del Simposio Internacional de Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, del 28 al 30 de noviembre de 1967. 5-26 pp.
- Pereyra, D, D.; B. Palma y I. Zitácuaro. 1992. Correlation between northers of the Gulf of Mexico and frosts at Las Vigas, Veracruz, México. Atmósfera. 5(2): 109-118.
- Pérez, G. I. 1996. Major cold air outbreaks affecting coffe and citrus plantations in the eastern and northeastern Mexico. Atmósfera. 9(1): 47-68.
- Pérez, E. R.; B. Mendoza y M. Alvarez Madrigal. 1989. Solar Activity and El Niño: The Auroral Connection. IL Nuovo Ciminto. 12 (2): 223-230.
- Peterson, W. T. 1973. Upwelling indices and annual catches of dungeness crab, *Cancer magister*, along the W coast of the U.S. Fishery Bulletin. 71: 902-910.
- Philander, G. S. 1990. El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. (eds.) Miegheem, J.Van; A.L.Hales; W.L. Doon. Ed. International Geophysics Series. Nueva York. P. 293.
- Phillips, B.F.; A.F. Pearce y R.T. Litchfield. 1991. The Leeuwin Current and larval recruitment to the rock (spini) lobster fishery off Western Autralia. In: The Leeuwin Current. Royal Society of Western Australia and Autralian Marina Science Association, Perth, W.A. Autralia. 16 de marzo de 1991. 93-100 pp.
- Pica, Y. y R. Pineda. 1991. Oceanografía Física. In: Oceanografía de Mares Mexicanos. De la Lanza, E.G. Compiladora. Ed. AGT Editor. México. 31-74 pp.
- Pica, Y.; Ma. G. Ponce y Ma. E. Barrón. 1991. Golfo de México y Mar Caribe Mexicano. Oceanografía Geológica. In: Oceanografía de Mares Mexicanos. De la Lanza, E. G. Compiladora. Ed. AGT Editor. México. 3-29 pp.
- Picaut, J.; B. Camusat; T. Delcroix; M.J. McPhaden y A.J. Busalacchi. 1989. "Surface Equatorial Flow Anomalies in the Pacific Ocean during the 1986-1987 using GEOSTAT Altimeter Data". in: Proceedings of the Western Pacific International Meeting and Workshops on TOGA-COARE, Noumea, Nueva Carolina. Mayo 20-24. 301-309 pp.
- Pielou, E. C. 1984. The interpretation of Ecological data. Eds. Wiley Intersciences. Nueva York. P. 263.
- Pirazzoli, P. A.; D. R. Grant y P. Woodworth. 1987. Trends of relative sea level change: past, present and future. In: XII International INQUA Congress, Ottawa, julio 31-agosto 9. Spetial Session 18: "Global Change".
- Power, M. y G. Power. 1994. Modeling the dynamics of smolt production in Atlantic Salmon. Transaction of the America Fisheries Society. 123(4): 535-548.
- Prieto, R. G. 1993. Trayectorias de Ciclones Tropicales. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. Informe de Servicio Social. P. 90.
- Prigogine, I. 1984. Order out chaos: man's new dialogue with nature. Ed. Bantam Book. Nueva York. P. 349.

- Quinn, T. J. Y H. J. Niebauer. 1995. Relation of eastern Bearing Sea walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) recruitment to environmental and oceanographic variables. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 497-507.
- Quinn, W. H., D. O. Zopf; K. S. Short y R. T. W. Kuo Yang. 1978. Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian droughts. Fisheries Bulletin. 76: 663-678.
- Raetz, H. J. Y M. Stein. 1995. O recovery of demersal fish stocks off west Greenland. Information Fischwirtsch. 42(1): 9-16.
- Rajendrakumar, C. S. V; T. Surayanarayana y A. R. Reddy. 1997. DNA helix destabilization by proline and betine: Possible role in the salinity tolerance process. FEBS. 410(2-3): 201-205.
- Rasmusson, E. M.; X. Wong y C. F. Ropelewski. 1990. The biennial component of ENSO variability. Journal of Marine Systems. 1: 71-96.
- Rasmusson, E. M. y T. H. Carpenter. 1982. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. Monthly Weather Review. 110: 354-384.
- Rasmusson, E. M. y J. M. Wallace. 1983. Meteorological aspects of the El Niño/Southern Oscillation. Science. 222: 1195-1202.
- Reeve, H. K. 1993. Adaptation and the goals of evolutionary research. Quarterly Review of Biology. 68(1): 1-68.
- Reid, J. 1991. Solar total irradiance variations and the global sea surface temperature record. Journal of Geophysical Research. Washington, D.C. 96(d2): 2835-2844.
- Regier, H. A. y J. D. Meisner. 1990. Anticipated effects of Climate Changes on freshwater fishes and their habitat. Fisheries. 15(6): 10-15.
- Resnyansky, Y. D. 1990. The estimation of the upper ocean mixed layer depth at ocean weather station Papa using the varational approach. Atmósfera. 3(4): 239-254.
- Reyes, A. C. y M. F. Lavin. Effects of the autumm-winter meteorology upon the surface heat loss in the Northern Gulf of California. Atmósfera. 10(2): 101-123.
- Ribes, E.; Ribes, J. C. y Bartholot, R. 1987. Evidence for a larger Sun a slower rotation during the seventeenth century. Nature. 326 (6108): 52 - 55.
- Ricker, W. E. 1954. Stock and recruitment. Journal Research Board Canadian. (119): P. 300.
- Ricker, W. E. 1958. Handbook of computation for biological statistic of the fish population. Bulletin Fisheries Research. Board. Canadá. P. 300.
- Riley, J. P. y R. Chesteer. 1989. Química Marina. Ed. AGT. México. P. 459.
- Ritter, O. W. 1977. Efectos meteorológicos en la productividad oceánica del Golfo de Panamá. Meteorológica. Vol. VIII / IX: 349-358.
- Ritter, W. O. 1996. Un modelo integral clima-producción (aplicaciones en la optimización de ecosistemas naturales y agrícolas del estado de Tlaxcala). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. P. 159.
- Ritter, W. O.; S. Guzmán y L. Cruz. 1983. Nivel medio del mar en Salina Cruz, Oaxaca, México. Causas, efectos y fluctuaciones. Geofísica. 18/19: 71-81.

- Ritter, W. O. y R. Patiño. 1997. Flijos y Procesos energéticos del clima, la vida y la reproducción. Ciencia y Desarrollo. Noviembre-Diciembre. 137: 59-67.
- Roberts, W. O. y R. H. Olson. 1973. New evidence for effects of variable solar corpuscular emission on the weather. Review of Geophysics and Space Physics. 11(3): 731-740.
- Robock, A. y J. Mao. 1995. The volcanic signal in surface temperature observations. Journal of Climate. 8: 1086-1103.
- Rodas, L. y M. Hernández. 1995. Análisis del comportamiento de los niveles medios y extremos del mar en la costa sur de Cuba. Ciencias de la Tierra y del Espacio. 23-24: 117-135.
- Rodinov, S. N. 1995. Atmospheric teleconnections and coherent fluctuation in recruitment to North Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks. In: Climate Change and Northern Fish Population Conf., Victoria, Canada del 19 al 24 de octubre de 1992. Beamish, R.J. ed. National Research Council of Canada, Ottawa, ON Canada. No. 121: 45-55.
- Rodinov, S. N. y A. S. Krovnin. 1990. Northern Hemisphere climate changes and their effects on the environment of Atlanto-Scandian herring. In: Soviet Norwegian Symp. on Biology and Fisheries of the Norwegian Spring Spawning Herring and Blue Whiting in the Northeast Atlantic, Bergen (Norway). Del 12 al 16 de junio. Monstad, T. (ed.) 125-134 pp.
- Rodríguez, de la Cruz, Ma. 1988. Los Recursos Pesqueros de México y sus Pesquerías. Secretaría de Pesca. México. P. 273.
- Roemmich, D. 1992. Ocean warming and sea level rise along the southwest U.S. coast. Science. 257(5068):373-375.
- Rogers, J. C. 1984. The association between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere. Bulletin of the American Meteorological Society. 112: 1999-2015.
- Rogers, S. G.; M. J. Harrison y J. Amason. 1990. Short-term blue crab stock size fluctuations in the central South Atlantic region. Bulletin Marine Science. 46(1): 249.
- Rool, H. U. 1965. Physics of the Marine Atmosphere. Ed. Academic Press. Inglaterra. P. 426.
- Ropelewski, C. F. y P. D. Jones. 1987. Precipitation patterns associated with the high-index. Monthly Weather Review. 115: 2161-2165.
- Ropelewsky, C.F. y M.S. Halpert. 1986. North American precipitation and temperature patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation (ENSO). Monthly Weather Review. 114: 2352-2362.
- Ropelewski, C. F. y M. S. Halpert. 1989. Precipitation patterns associated with the high-index phase of the Southern Oscillation. Journal of Climate. 2: 268-284.
- Rosenzweig, M. L. 1971. Paradox of enrichment: destabilization of exploitation ecosystems in ecological time. Science. 171: 385-387.
- Rossby, C. G. 1954. Las Bases Científicas de la Moderna Meteorología. Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. LXXVIII (2): 107-187.
- Rossby, C.G. 1956. Circumpolar Winds. Time-Science. Diciembre: 40-45.
- Rumsby, B. y M.G. Macklin. 1994. Channel and floodplain response to recent abrupt climate change: the Tyne Basin, Northern England. Earth Surface Processes and Landforms. 19: 6, 499-515



- Russell, F. S. 1967. On the occurrence of the Scyphomedusan *Pelagian noctiluca* in the England Channel in 1966. Journal Marine Biology. Assn. NS UK, 47: 363-366.
- Russell, F. S. 1973. A Summary of the observations of the occurrence of planktonic stages of fish off Plymouth 1924-1972. Journal Marine Biology. Assn. NS UK, 53: 347-355.
- Russell, F. S.; A. J. S. Southward, G.T. Boalch y E. I. Butler. 1971. Changes in biological conditions in the England Channel off Plymouth during the last half century. Nature. 234: 468-470.
- Russell, E.; R. B. Davis; R. Anderson; T. Rhodes y D. Anderson. 1993. Recent centuries of vegetational change in the glaciated north-eastern United States. Journal of Ecology Oxford. 81(4): 647-664
- Rutherford, M.; M. Callaghan; J. Hurford.; L. Powrie; R. Schulze; R. Kunz; G. Davis; M. Hoffman y F. Mack. 1995. Realized niche spaces and functional types: A framework for prediction of compositional change. Journal of Biogeography. 22(2-3): 523-531.
- Rybak, O. 1997. Statistical structure of air surface temperature time series. Atmósfera 10(2): 59-74.
- Saebo, A. y L. Mortensen. 1995. Growth, morphology and yield of wheat, barley and oats grown at elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration in a cool, maritime climate. Agriculture Ecosystems and Environment. 57(1): 9-15.
- Sánchez, P. C. 1931. Geografía Física con aplicaciones a la República Mexicana. UNAM. P. 146.
- Sánchez, M. E. 1963. Datos relativos a los manglares de México. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. 12(1-4): 61-72.
- Sánchez-Gil, P. 1985. Ecología, Estructura y Función de las comunidades de peces demersales de la Sonda de Campeche frente a la Laguna de Términos. Tesis de Maestría. CCH. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. P. 437.
- Sánchez-Gil, P. y A. Yáñez-Arancibia y F. Amezcua. 1981. Diversidad, distribución y abundancia de las especies y poblaciones de peces demersales de la Sonda de Campeche. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 8(1): 209-240.
- Sánchez-Santillán, N. 1994. Influencia cualitativa y cuantitativa de los factores climáticos que inciden en la salinidad y temperatura del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz (1979-1986). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. P. 65.
- Sánchez-Santillán, N. y G. de la Lanza. 1995. Fluctuaciones térmicas y pluviométricas al NW del Golfo de México y su relación con las manchas solares. Geofísica. 43: 87-100.
- Sánchez-Santillán, N.; G. de la Lanza y R. Sánchez. 1997. Influencia del Clima sobre la distribución de temperatura, salinidad y clorofila en una laguna al NW del Golfo de México. Geofísica. 47: 147-170.
- Sanders, B. M. 1993. Stress proteins in aquatic organisms: an environmental perspective. Critical Review Toxicology. 23(1): 49-75.
- Santoyo, H. 1994. Fitoplancton y Productividad. In: Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. (Eds.) De la Lanza, G. y C. Cáceres. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 221-246 pp.
- Sarukán, J. 1968. Los Tipos de Vegetación Arbórea de la zona cálido-húmeda de México. In: Pennington, T.D. y J. Sarukán. Arboles tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 49 P.
- SEPESCA. 1987. Pesquerías Mexicanas, estrategias para su administración. Secretaría de Pesca, México. s/p.

- Schappi, B. y C. Korner. 1996. Growth responses of an alpine grassland to elevated CO<sub>2</sub>. Oecologia. 105(1): 43-52.
- Schatten K. H. y J. Orosz. 1990. Solar Constant Secular Changes. Solar Physics. 125 : 179-184.
- Schneider, D. 1997. La subida de los mares. Investigación y Ciencia. Mayo: 67-73.
- Schoener, A. y T. Tufts. 1987. Changes in oyster condition index with El Niño-Southern Oscillation events at 46 degree N in an eastern Pacific bay. Journal of Geophysical Research. Part C. Oceans. 92(C3): 14429-14435.
- Schopf, P. S. 1983. On Equatorial waves and El Niño.II: Effects of air-sea thermal coupling. Journal Physical Oceanography. 13: 1878-1893.
- Schostakowitsch, W. B. Sunspots and the Weather. 1933. Bulletin American Meteorological Society. 14 (3): 65-69.
- Schoenwiese, C. y K. Ringe, 1991. Some updated statistical assessments of the surface temperature response to increases greenhouse gases. International Journal of Climatology. 11(3): 237-250.
- Schuermans, C. J. E. 1975. On climate changes related to the 22-year solar cycle. Goddard Space Flight Center Special Report SP-366. W.R. Bandeen y S.P. Maran (eds.) P.161.
- Secretaría de Marina. 1971. Reporte de Cruceros de 1970. Dirección General de Oceanografía. México. 30 pp.
- Secretaría de Marina. 1972. Reporte de cruceros de 1971. Dirección General de Oceanografía. México. 74 pp.
- Secretaría de Pesca. 1977-1982. Plan Nacional de Desarrollo Pesquero. Tomos I y II. s/p.
- Sellers, W.D. 1969. A global climatic model based on the energy balance of the earth-atmosphere system. Journal Applied Meteorology. 8: 392-400.
- SEMARNAP. 1973-1990. Reportes de maquila de camarón de la flota de Cd. del Carmen, Campeche en el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras. Instituto Nacional de la Pesca. s/p.
- Servain, J.; J. Picaut y A. J. Busalacchi. 1985. "Interannual and seasonal variability of the Tropical Atlantic Oceans Depicted by Sixteen years of sea-surface Temperature and Wind Stress". Cap. 16. Coupled Ocean-Atmosphere Models. Ed. J.C.J. Nihoul, Ed. Elsevier. s/p.
- Servicio Meteorológico Nacional. Tarjetas de datos climatológicos durante el período 1920-1990.
- Sevilla, H. M. 1977. Introducción a la Ecología Marina. IPN. México. P. 200.
- Secretaría de Marina. 1937 a 1962. Anuario Estadístico de Actividades Pesqueras en Aguas Territoriales Mexicanas. s/p.
- Secretaría de Marina. 1974. Atlas Oceanográfico del Golfo de México y Mar Caribe. Sección Y. Mareas y Corrientes OSM, No. 1000. P. 38.
- Secretaría de Pesca. 1963 a 1990. Anuario Estadístico de Pesca. México. s/p.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1951. Boletín Hidrológico No. 8. Datos de la Región Golfo Norte. Cuenca de los Ríos San Fernando, Soto la Marina, Tamesí y Alaquines. s/p.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1962. Boletín Hidrológico No. 17. Datos de la Región del Sureste. s/p.

- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1963. Boletín Hidrológico No. 20. Datos de las Regiones Golfo Centro y Valle Oriental, Libres y El Seco. s/p.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1969a. Boletín Hidrológico No. 42. Tomo I. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Hidrología. Región Hidrológica No. 27 Tuxpan-Nautla. Datos Hidrométricos.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1969b. Boletín Hidrológico No. 38. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Hidrología. Regiones Hidrológicas No. 30 (Grijalva-Usumacinta), No. 31 (Yucatán Oeste), No. 32 (Yucatán Norte y No. 33 (Yucatán Este) s/p.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1969c. Boletín Hidrológico No. 43. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Hidrología. Región Hidrológica No. 28 Parcial Rios Atoyac, La Antigua y Jamapa s/p.
- Servicio Meteorológico Nacional. Tarjetas climatológicas de 1900 a 1990.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1981. Trayectorias Ciclónicas. P. 342.
- Seyle, H. 1955. Stress and disease. Science. 122(3171):625-631.
- Seyle, H. 1983. The stress concept: past, present and future. *In*: Stress Research. Cooper. C. L. (Eds.) Ed. Wiley & Sons. Nueva York. 1-20 pp.
- Shepard, P. F. 1973. Submarine Geology. Ed. Harper & Row, Publishers. Nueva York. P. 517.
- Shirasago, G. B. 1991. Hidrografía y Análisis Frontogenético en el sur de la Bahía de Campeche. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. P. 180.
- Signorini, S. y L. Miranda. 1983. Tidal and low frequency currents near the shelf break: Northeastern coast of Brazil. Journal of Physical Oceanography. 13(11): 2107-2115.
- Simmons, J.; I. Fernandez; R. Briggs y M. Delaney. 1996. Forest floor carbon pools and fluxes along a regional climate gradient in Maine, USA. Forest Ecology and Management. 84(1-3): 81-95.
- Sinclair, M. 1988. Marine Populations. An essay on population regulation and speciation. Washington Sea Grant Program. Ed. Univ. Washington Press. Seattle. P. 252.
- Smith, F. B. 1975. Turbulence in the atmospheric boundary layer. Science Progress. 62: 127-151.
- Smith, J. B. 1990. From global to regional Climate Change: Relative knows and unknowns about global warming. Fisheries. 15(6): 2-6.
- Smith, H. G. y M. J. Crook. 1995. Temperature relations of soil protists in the Antarctic Zone as an indicator of Climate Change. Acta Zoologica Fenn. 196: 183-185.
- Smith, P. E. y R. W. Eppley. 1982. Primary production and the anchovy population in the Southern California Bight. Limnology and Oceanography. 27( 1 ): 1-17.
- Soberon-Chávez, G.; A. Yáñez-Arancibia; P. Sánchez-Gil; J. W. Day y L. Deegan. Relaciones entre características físicas/biológicas y reclutamiento pesquero en ecosistemas costeros tropicales. *In*: IOC/FAO Workshop on Tropical Coastal Demersal Communities. Intergovernmental Oceanographic Commission. UNESCO. Workshop Report No. 44. P. 485.
- Solar-Geophysical Data comprehensive reports. 1990. NOAA. 2-4 pp.
- Sollberg, A. 1965. Biological Rhythm Research. Ed. Elsevier Publishing Co. Amsterdam. P. 461.
- Somero, G. N. 1995. Proteins and temperature. Annals of Review Physiology. 57: 43-68.

- Soto, M. y E. García. 1989. Atlas Climático del Estado de Veracruz. Ed. Instituto de Ecología. Publicación 25. P. 125.
- Southward, A. J.; E. I. Butler y L. Pennycuik. 1975. Recent cycling changes in climate and in abundance of marine life. Nature. 253: 714-717.
- Spiegel, M. R. 1969. Estadística. Series de Compendios Schaum. Ed. McGraw Hill. Nueva York. P. 357.
- Springer, S. R.; M. J. McPhaden y A. J. Busalacchi. 1990. "Oceanic Heat Content variability in the Tropical Pacific during the 1982-1983 El Niño. Journal Geophysical Research. 22089-22101 pp.
- St. Amant, L.S.; K.C. Korkium y J.G. Broom. 1962. Studies on growth dynamics of the brown shrimp, *Penaeus aztecus*, in Louisiana waters. Bulletin of Marine Science Gulf Caribbean. 15: 14-26.
- Staples, D.J. 1983. Effect of rainfall on the catch of banana prawns, *Penaeus merguensis* in the Gulf of Carpentaria. AMSTAC Colloquium on ENSO, 251-273. Canberra: Australian Marine Sciences and Technologies Advisory Committee.
- Starr, V. P. y A. H. Oort. 1973. Five-year climatic trend for the northern hemisphere. Nature. 242: 310.
- Steele, J. H. 1974. The structure of marine ecosystems. Ed. Harvard University Press. Cambridge Mass. P. 128.
- Stott, G. H. 1981. What is animal stress and how is it measured? Journal Animal Science. 52(1): 150-153.
- Stravisi, F. y S. Ferraro. 1986. Monthly and annual mean sea levels at Trieste, 1890-1984. Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata. 4(2): 97-104.
- Stubbs, M. 1977. Density dependence in the life-cycles of animals and its importance in K- an r- strategies. Journal Animal Ecology. 46: 677-688.
- Studenetsky, S. A. The extent of the effect of climate upon fisheries of Russia. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 529-530.
- Sturges, W. y J. P. Blaha. 1976. A western boundary current in the Gulf of Mexico. Science. 192: 367-369.
- Suarez, E. 1994. Comunidades Zooplanctónicas de las Lagunas Costeras. In: Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. (Eds.) De la Lanza, G. y C. Cáceres. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 247-268 pp.
- Sundby, S.; B. Ellertsen y P. Fossum. 1994. Encounter rates between first-feeding cod larvae and their prey during moderate to strong turbulent mixing. In: Cod and Climate Change. Proceedings of a Symposium Held in Reykjavik. Del 23 al 27 de agosto de 1993. Jakobsson, J.; R. J.H. Beverton; B. Bjoernsson; N. Daan; K. T. Frank; J. Meincke; B. Rothschild; S. Sundby; S. Tilseth (eds.). International Council for the Exploration of the Sea, Copenage, Dinamarca. 198: 393-405.
- Svendsen, E.; A. Aglen; S. A. Iversen; D. W. Skagen y O. Smestad. 1995. Influence of Climate on recruitment and migration of fish stocks in the North Sea. Canadian Special Publication of Fishery Aquatic Science. No. 12: 641-653.
- Sverdrup, H. U.; M. W. Johnson y R. Fleming. 1970. The Oceans, their Physics and General Biology. Eds. Prentice-Hall. E.U.A. P. 1087.
- Sverdrup, H. U. 1952. Some aspects of the primary productivity of the sea. FAO. Fisheries Bulletin. Tomo 5, Número 6 s/p.

- Sverdrup, H. U. 1953. On conditions for vernal blooming of phytoplankton. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer. 18: 287-295.
- Swetnam, T. W. 1993. Fire history and climate change in giant sequoia groves. Science Washington. 262: 5135, 885-889
- Tablas de Predicción de Mareas. 1950-1990. Instituto de Geofísica, Depto de Oceanografía. UNAM.
- Tejeda, M. A.; J.F. Sánchez y A. Pérez. 1992. Comparación gráfica de la temperatura media anual y de la precipitación total anual de Xalapa, contra los índices de anomalías climáticas globales en el período 1923-1988. Boletín de la Unión Geofísica Mexicana.
- Texas Department of Water Resources (1979). The influence of the freshwater inflows upon the major bays and estuaries of the Texas Gulf coast. Executive summary. Prepared by the Engineering and Environmental Systems Section and the Economics, Water Requirement and Uses Section of the Planning and Development division (LP-115). Austin: Texas Department of Water Resources.
- Thompson, R. y S. Tabata. 1982. Baroclinic oscillations of tides frequency at Ocean Weather Station P. Atmosphere Ocean. 20(3): 242-257.
- Tielman, D. y J. A. Downing. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. Nature. 367: 363-365.
- Thekaekara, M. P. 1974. Solar constant and solar spectrum. The Encyclopedia of Physics, 2a ed. (Ed.). R.M. Besancon. P. 853.
- Thomas, T. 1996. Carbon partitioning in barley following manipulation of source and sink. *In*: Implications of 'Global environmental change' for crops in Europe, 1-3 April 1996, Churchill College, Cambridge, UK. Aspects of Applied Biology. No. 45, 177-180.
- Thomas, G. L. y J. Kirsch. 1995. Acoustic assessment of nekton and plankton along the migratory routes of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* and pacific herring *Clupea harengus pallasii* in Prince William Sound, Alaska, USA. *In*: Symposium of Fisheries and Plankton Acoustics, Aberdeen (U.K.) 12-16 junio 1995.
- Thresher, R. 1994. Climatic cycles may help explain fish recruitment in South East Australia. Aust. Fish. 54(2): 20-22.
- Torres-Orozco, R. 1994. Los Peces. *In*: Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. (Eds.) De la Lanza, E.G y C. Cáceres. Ed. Universidad Autónoma de Baja California. 269-305 pp.
- Traug, J. O. 1955. Fishing Boats of the World. Ed. Fishing News Books. Londres. Volumen I. 35-47 pp.
- Troup, A. J. 1962. A secular change in the relation between the sunspots cycle and the temperature in the tropics. Geofisical Pure Application. 51, 184.
- Tsiganov, V. 1989. Formation of positive temperature anomalies in the equatorial East Pacific under the action of tidal forces. *In*: Proceedings of Long-Term Environmental Changes and Some Problems of Fisheries Prediction. 89-99 pp.
- Turekian, K. K. 1968. Oceans. Serie: Foundations of Earth Sciences Series. Ed. Prentice-Hall. P. 120.
- Turner, D.F. y R.E. 1988. Aquatic animal production and wetland relationships: insights gleaned following wetland loss or gain. *In*: The Ecology and Management of Wetlands, Vol. 1 Ecology of Wetlands, ed. D.D. Hook; R.E. Sojka; S.Gilbert; R. Banks; L.H. Stolzy; C. Brooks; T.C. Matthews y T.H. Shear. 25-39. Portland, OR: Timber Press.

- Tyler, A. V. 1995. Warmwater and cool-water stocks of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*): A comparative study of reproductive biology and stock dynamics. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. Special Publication No. 121: 537-545.
- Vance, D.J.; D.J. Staples y J.D. Kerr. 1985. Factors affecting year-to-year variation in the catch of babana prawns (*Penaeus merguianus*) in the Gulf of Carpentaria, Australia. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer. 42: 83-97.
- van der Spoel, S. 1994. History, progress and future of theory in pelagic biogeography. Progress in Oceanography. 34(2-3): 101-107.
- van der Veen, C. J. 1988. Projecting future sea level. Survey in Geophysics. 9: 389-418.
- van Loon, H. y J. C. Rogers. 1978. The Seesaw in Winter Temperatures between Greenland and Northern Europe. Part I: General Descriptions. Monthly Weather Review. 106: 296-310.
- van Loon H. y D. J. Shea. 1985. The Southern Oscillation. Part IV: The precursors south of the 15°S to the extremes of the oscillation. Monthly Weather Review. 113: 2063-2074.
- Varley, G. C. y G. R. Gradwell. 1968. Population models for the winter moth. In: Insect abundance, (ed) T.R.E. Southwood. Symposium Royal entomology Society. London. 4: 132-142.
- Vázquez de la Cerda, A. M. 1993. Current and waters of the upper 1200 meters in the Southwestern Gulf of Mexico. M.S. Tesis Doctoral. Texas A & M. University. P. 108.
- Vegas, M. V. 1971. Introducción a la Ecología del Bentos Marino. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Departamento de Asuntos Científicos. Organización de los Estados Americanos. Monografía 9. Serie Biología. P. 91.
- Velazco, M. H. 1994. Modelo numérico de circulación para la Bahía de Campeche. Tesis de Maestría en Oceanografía Física. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. P. 154.
- Velichko, A. A.; O. K. Borisova; E. M. Zelikson; H. Faure; J. M. Adams; P. Branchu y L. Faure-Denard. 1993. Greenhouse warming and the Eurasian biota: Are there any lessons from the past. Global Planet Change. 7(1-3): 51-67.
- Venkataramiah, A.; J.G. Lakshmi y G. Gunter. 1974. Studies on the effects of salinity and temperature on the commercial shrimp, *Penaeus aztecus* Ives, with special regard to survival limits, growth, oxygen consumption and ionic regulation. Office of the Chief of Engineers, U.S. Army, Contrat Rep. H-74.
- Vermeij, G. J. 1996. Animal origins. Science. 274(3): 1340-1344.
- Veronis, G. y H. Stommel. 1956. The action of variable wind stresses on a stratified Ocean. Journal of Marine Research Sea Foundation. 15: 43-75.
- Versstraete, J. 1988. Sea level variations in the Tropical Atlantic: The seasonal cycle and new observations in 1983 and 1984. Time Series of Ocean Measurements. 4(33): 33-47.
- Vidal, V. M. V.; F. V. Vidal y A. F. Hernández. 1989. Atlas Oceanográfico del Golfo de México. Vol. I. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Grupo de Estudios Oceanográficos. Cuernavaca, Morelos. México. P. 707.
- Vukovich, F. M. 1986. Aspects of the behavior of cold perturbations in the Eastern Gulf of Mexico: a case study. Journal of Physical Oceanography. 16(1): 175-188.
- Vukovich, F. M. 1988. Loop current boundary variations. Journal of Geophysical Research. 93: 15585-15591.

- Vygodskaya, N.; Y. Puzachenko; A. Kozharinov; N. Zavel'skaya; M. Tchernyshev; F. Tatarinov; A. Varlagin; I. Milukova y P. Stott. 1994. Long-term effects of climate on *Picea abies* communities in the South European taiga. Journal of Biogeography. 22 (2-3): 433-443.
- Ware, D. M. y R. E. Thompson. 1991. Link between long-term variability in upwelling and fish production in the northeast Pacific Ocean. Canadian Journal Fish Aquatic Science. 48 : 2296-2306.
- Warrick, R. A.; E. M. Barrow y T. M. Wigley (Eds.). 1993. Climate and Sea Level Change: Observations, Projections and Implications. Ed. Cambridge Univ. Press. Londres. P. 422.
- Walker, G.T. 1923. Correlation in seasonal variations of weather. Part VIII: AA preliminary study of world weather. Memoirs of the Indian Meteorological Department. 24: 75-131.
- Walker, G.T. y E. W. Bliss. 1928. World Weather III. *In*: Memories Royal Meteorological Society. 2, 19.
- Walker, H.A. y S.B. Salia. 1986. Incorporating climatic and hydrographic information into shrimp yield forecasts using seasonal climatic component models. *In*: Proceedings of the Shrimp Yield Prediction Workshop. Texas A&M University Sea Grant College Program, TAMU-SG. 86-110 pp.
- Wallace, J.M. y D.S. Gutzler. 1981. Teleconnections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter. Bulletin of the American Meteorological Society. 109: 784-812.
- Wallen, C. C. 1995. Some characteristics of precipitation in Mexico. Geografiska Annaler. 37: 51-85.
- Walter, G. y H. Paterson. 1994. The implications of palaeontological evidence for theories of ecological communities and species richness. AUST. Journal of Ecology. 19(3): 241-250.
- Ware, D. M.; B. R. de Mendiola y D. S. Newhouse. 1981. Behaviour of first-feeding peruvian anchoveta larvae (*Engraulis vings J.*) *In*: Volumen extraordinario. Investigación Cooperativa de la Anchoveta y su Ecosistema -ICANE- entre Perú y Canadá, Callao, Perú. 80-87 pp.
- Wei, W. W. S. 1990. Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods. Ed. Addison-Wesley Publishing Co. Nueva York. P. 476.
- Welch, G. R. 1991. Thermodynamics and living systems: problems and paradigms. Journal of Nutrition. 121: 1906-1991.
- Wheeler, T.; G. Batts; R. Ellis; P. Hadley y J. Morison. 1996. Growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum*) crops in response to CO<sub>2</sub> and temperature. Journal of Agricultural Science. 127(1): 37-48.
- White, C.J. 1975. Effects of 1973 river flood waters on brown shrimp in Louisiana estuaries. Louisiana Wildlife and Fisheries Commission. Technical Bulletin No. 16.
- White, C.J. y C.J. Boudreaux. 1977. Development of an areal management for Gulf *Penaeid* shrimp. Louisiana Wildlife Fisheries Comision. Technical Bulletin No. 22.
- Wiin-Nielsen, A. 1996. A note on longer term oscillations in the atmosphere. Atmósfera. 9(4): 223-240.
- Wijninga, V. 1996. Palynology and paleobotany of the Early Pliocene section Rio Frio 17 (Cordillera Oriental, Colombia): biostratigraphical and chronostratigraphical implications. Review of Palaeobotany and Palynology. 92(3-4): 329-350.
- Wilcox, J. M.; P. H. Scherrer; L. Svalgaard; W. O. Roberts y R.H. Olson. 1973. Solar magnetic sector structure: Relation to circulation on the earth's atmosphere. Science. 180: 185.
- Willett, H. C. 1974. Recent Statistical Evidence in Support of the Predictive Significance of Solar-Climate Cycles. Monthly Weather Review. 102: 679-686.

- Williams, A.B. 1960. The influence of temperature on osmotic regulation in two species of estuarine shrimps (*Penaeus*). Biological Bulletin. 119: 560-571.
- Wilson, D. S. 1997. Human groups as units of selection. Science. 276(5320): 1816-1817.
- Windstanlely, D. 1973. Rainfall Patterns and Atmospheric General Circulation. Nature. 245: 190-194.
- Wise, J. P. y W. W. Fox. 1970. Dynamics of yellowfin tuna fishery in the Caribbean regions. FAO Symp. *In. Res. Caribbean Sea and Adjacent Regions, Curazao, Brasil*. 1968.
- Woo, M. K. 1989. Consequences of climatic change for hidrology in permafrost zones. *In: Preprint Proceedings, Workshop on Climate Change and Permafrost: Significance to Science and Engineering held in conjunction with the AASCE Fifth International Cold Regions Engineering Specialty Conference, St. Paul Minnesota, 51-54 pp.*
- Wu, J. T.; L. C. Kan; E. Tandberg Hannsen y M. Dryer. 1984. Energy deposition in the Earth's atmosphere due to impact of solar activity-generated disturbances. Solar Terrestrial Influences on Weather and Climate. 119-124 pp.
- Wyatt, T.; R.G. Currie y F. Saborido-Rey. 1994. Deterministic signals in Norwegian cod records. *In: Cod and Climate Change. Proceedings of a Symposium Held in Reykjavik. Del 23 al 27 de agosto de 1993. Jakobsson, J.; R. J.H. Beverton; B. Bjoernsson; N. Daan; K. T. Frank; J. Meincke; B. Rothschild; S. Sundby; S. Tilseth (eds.). International Council for the Exploration of the Sea, Copenage, Dinamarca*. 198: 49-55.
- Wyrki, K. 1965. The Annual and Semiannual Variation of Sea Surface Temperature in the Nort Pacific Ocean. Limnology and Oceanography. 10: 307-313.
- Wyrki, K. 1975. El Niño: The dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing. Journal of Physical Oceanography. 5: 572-584.
- Xanthakis, J. 1973. Solar Activity and Related Interplanetary and Terrestrial Phenomena. (Ed). J. Xanthakis. Spring-Verlag, Nueva York. P. 20.
- Yang, L.; L. Li y S. Xia. 1995. Influence of Climatic change of living resources in the offshore waters of China. Canadian Special Publications of Fishery Aquatic Science. Special Publication. 121: 531-535.
- Yáñez-Arancibia. A. 1978. Taxonomía, Ecología y Estructura de las Comunidades de Peces en Lagunas Costeras en bocas efímeras del Pacífico Mexicano. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. Publicación Especial . 2, P. 306.
- Yarnal, B. y D.J. Leathers. 1988. Relationships between interdecadal and interannual climatic variations and their effect on the Pennsylvania climate. Annals of the Association of American Geographers. 78(4): 624-641.
- Yarnal, B. y H. F. Díaz. 1986. Relationships between extremes of the Southern Oscillation and the winter climate of the Anglo-American Pacific coast. Journal of Climatology. 6: 197-219.
- Yazvenko, S. 1993. Holocene pollen record from a peatland in the West Caucasus, Abkhasia, Black Sea region. Journal of Paleolimnology. 12(1): 65-74.
- Yoshiba, Y; T. Kiyosue; K. Nakashima; K. S. Yamaguchi y K. Shinozaki. 1997. Plant and Cell Physiology. 38(10): 1095-1102.



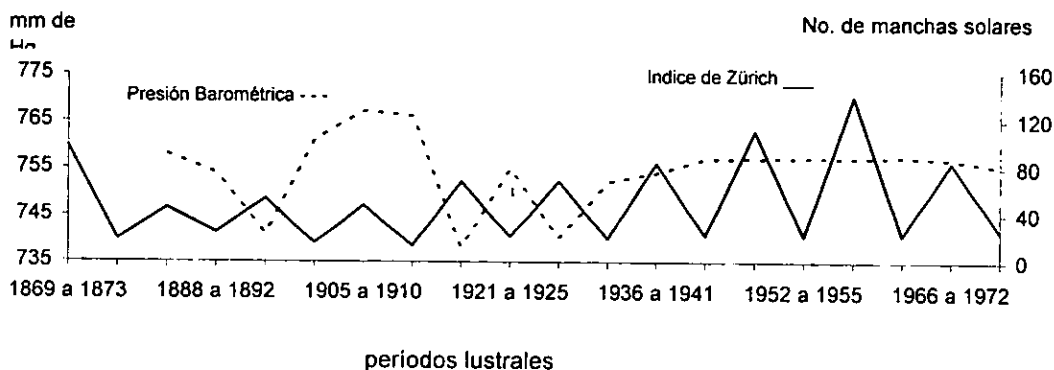
- Yousef, M. K. 1987. Principles of bioclimatology and adaptation. *In: Bioclimatology and adaptation of livestock*. Johnson, H. D. (Ed.) Ed. Elsevier. Amsterdam. 127-136 pp.
- Zebdi, A. y J.S. Collie. 1995. Effect of climate on herring (*Clupea pallasii*) population dynamics in the Northeast Pacific Ocean. Canadian Special Publication Fishery Aquatic Science Publication Special Canadian Science. Helieut Aquatic No. 121. P. 23.
- Zeilstra-Ryalls, J.; O. Fayet y C. Georgopoulos, C. 1991. 1991. The universally conserved GroE (Hsp60) chaperonins. Annuary Revision on Microbiology. 45: 301-325.
- Zein-Eldin, Z.P. y D.V. Aldrich. 1965. Growth and survival of postlarval *Penaeus aztecus* under controlled conditions of temperature and salinity. Biological Bulletin. 129 (1): 199-216.
- Zettler, B. D. y D. V. Hansen. 1972. Tides in the Gulf of Mexico. *In: Contribution on the Physical Oceanography of the Gulf of Mexico*, L.R.A. Capurro and J.L. Reid, (Eds.), G.Gulf Publ. Co., Houston, Texas. 265-275 pp.
- Zimmerman, R. J. y T.J. Minello. 1984. Densities of *Penaeus aztecus*, *Penaeus setiferus*, and other natant macrofauna in a Texas salt marsh. Estuaries 7(4A): 421-433.

**Anexo 1**

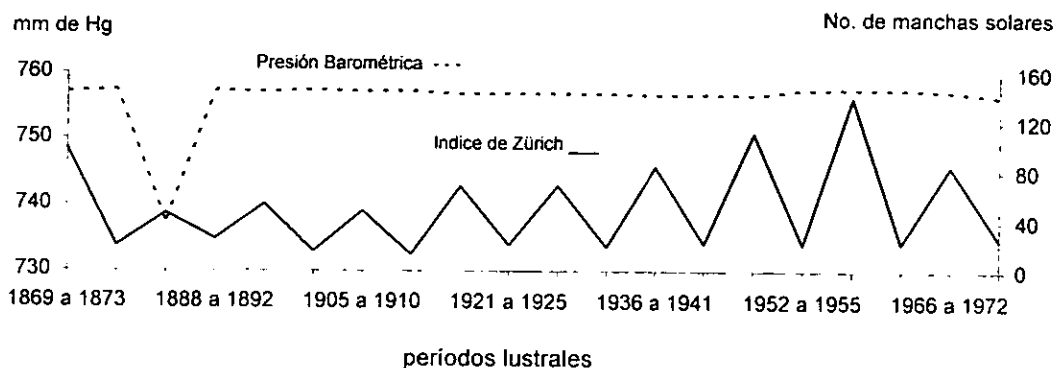
**correspondiente al Capítulo II  
LOS CICLOS SOLARES Y SU EFECTO  
SOBRE LAS TELECONEXIONES CLIMÁTICAS A NIVEL MUNDIAL**

A continuación se anexan las figuras de los promedios lustrales de Presión Barométrica e Índice de Zürich, temperatura e Índice de Zürich y de precipitación e Índice de Zürich, de las diferentes localidades analizadas en el mundo, se observa en la gran mayoría de ellas, la ruptura, incremento o decremento alrededor de 1925.

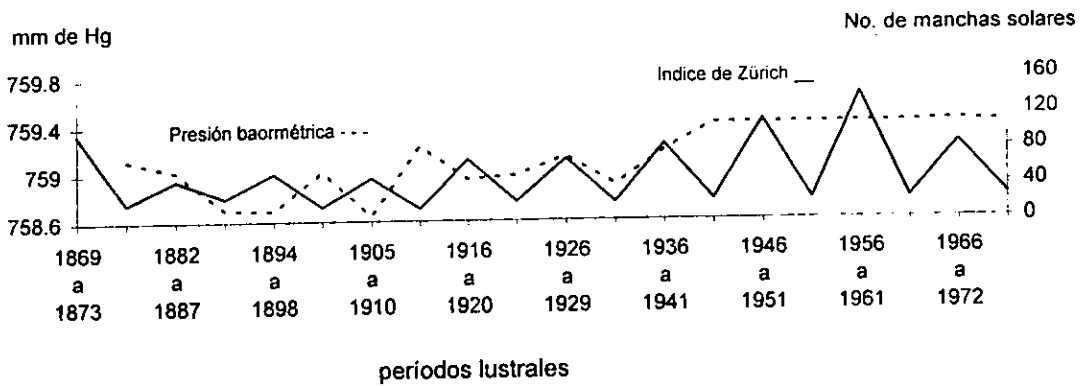
Aden, Arabia.



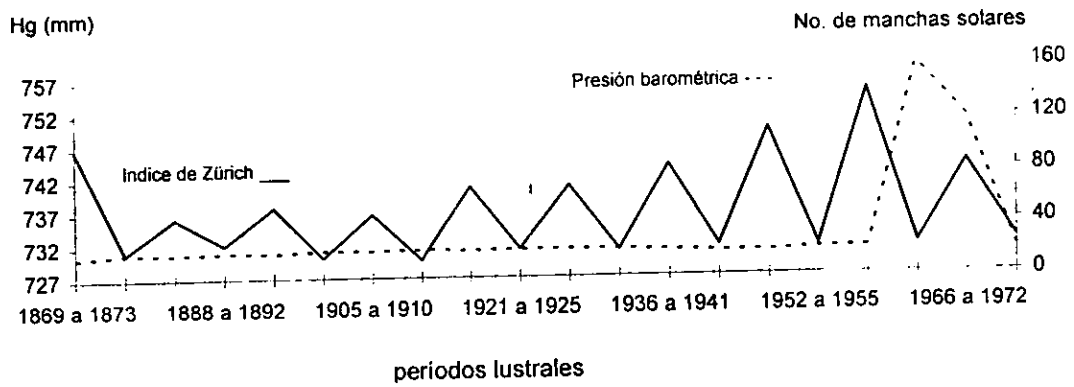
Bombay, India.



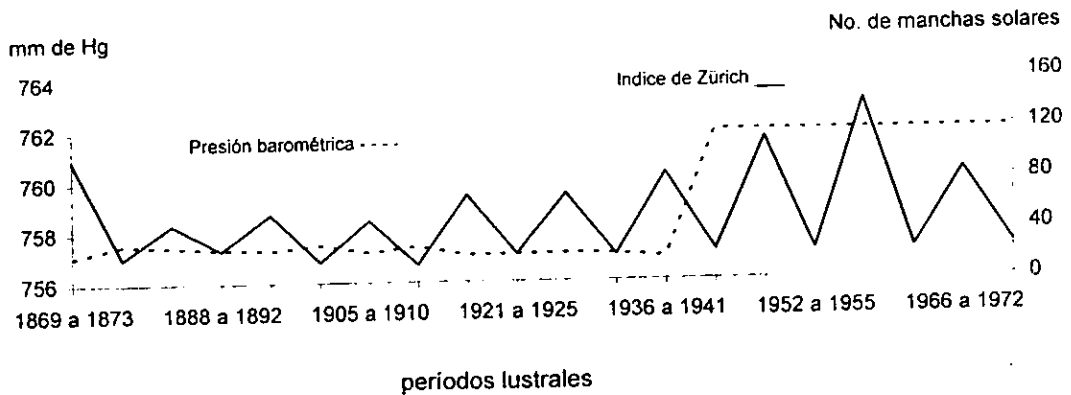
Bangalore, India.



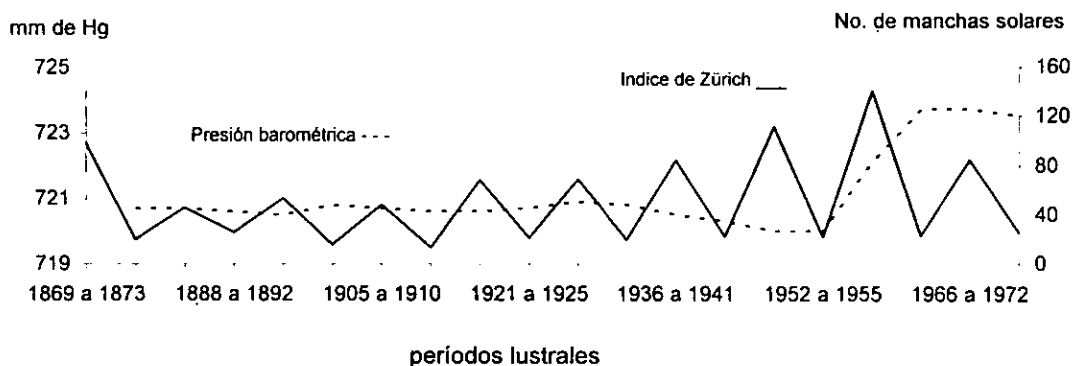
Nagpur, India.



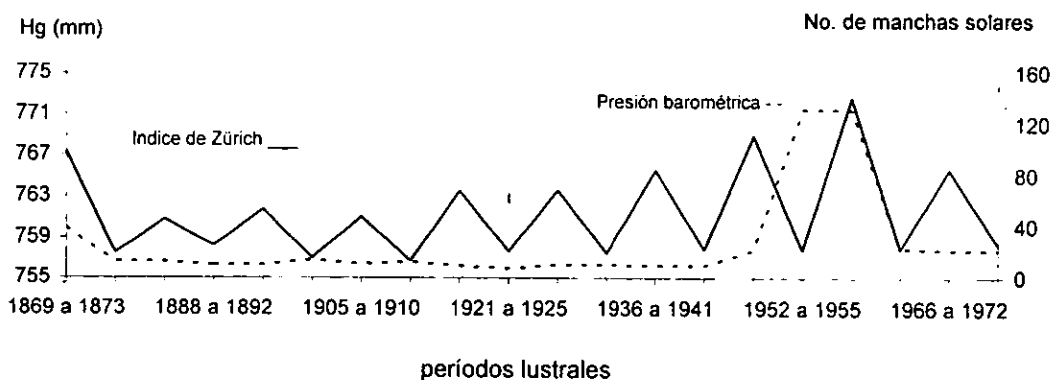
Madras, India.



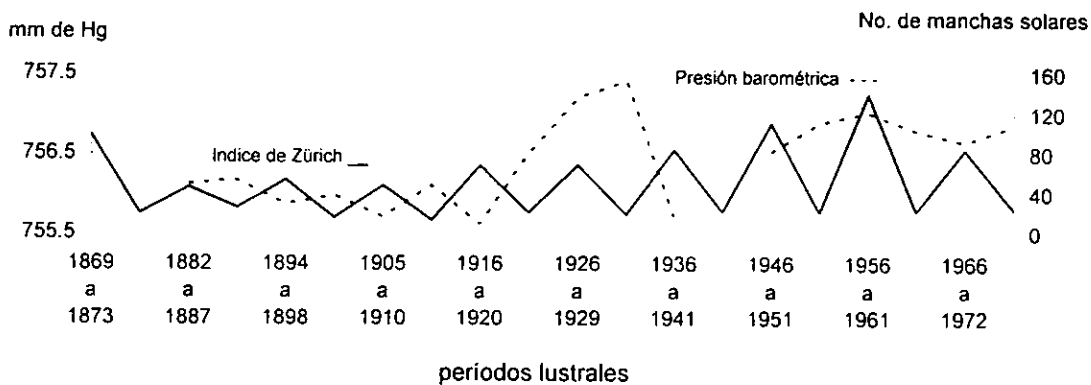
Jaipur, India.



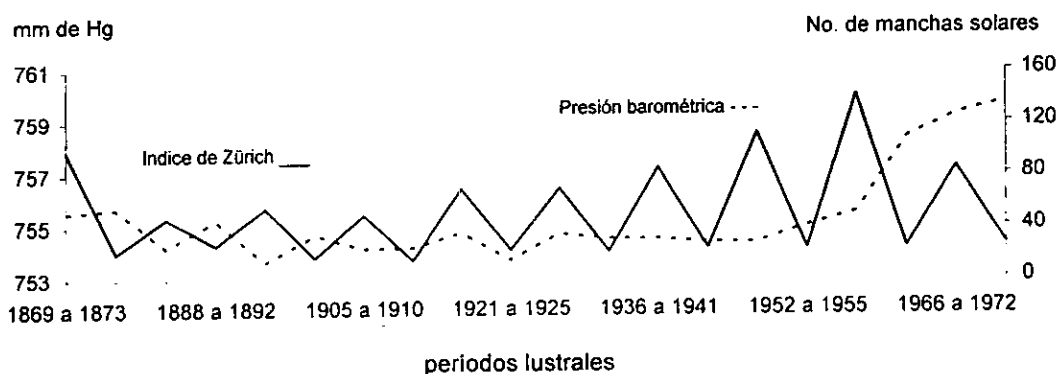
Port Blair, India.



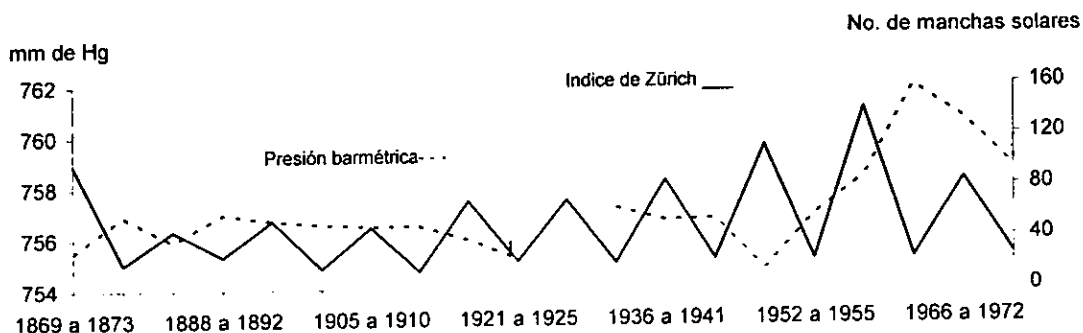
Manila, Islas Filipinas.



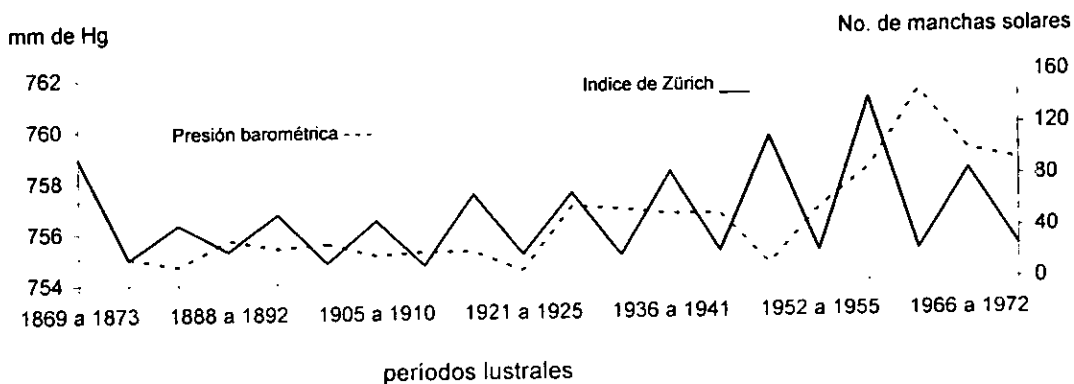
Estocolmo Suecia.



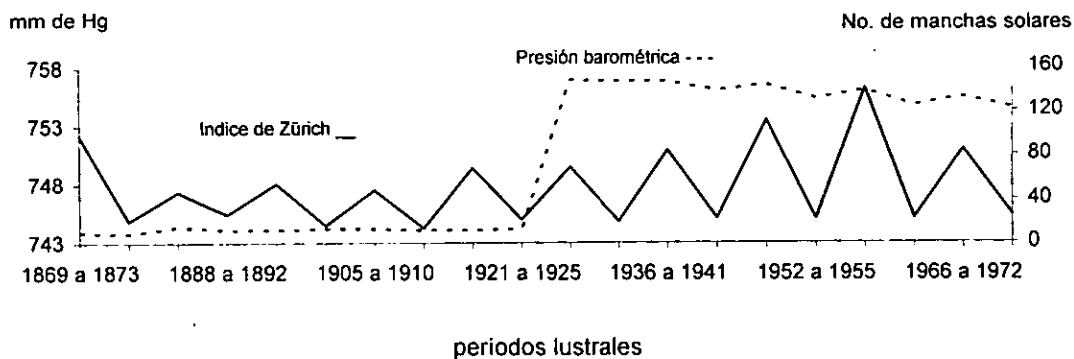
Thornshavn, Hovjig.



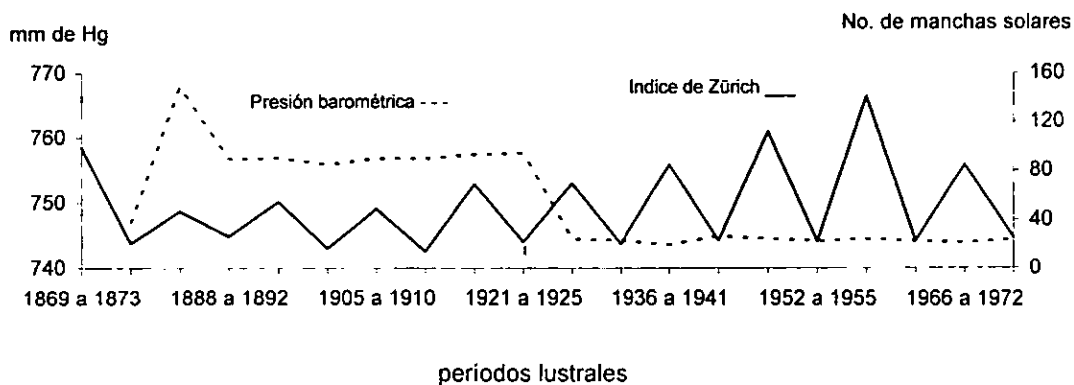
Gjesvar, Noruega.



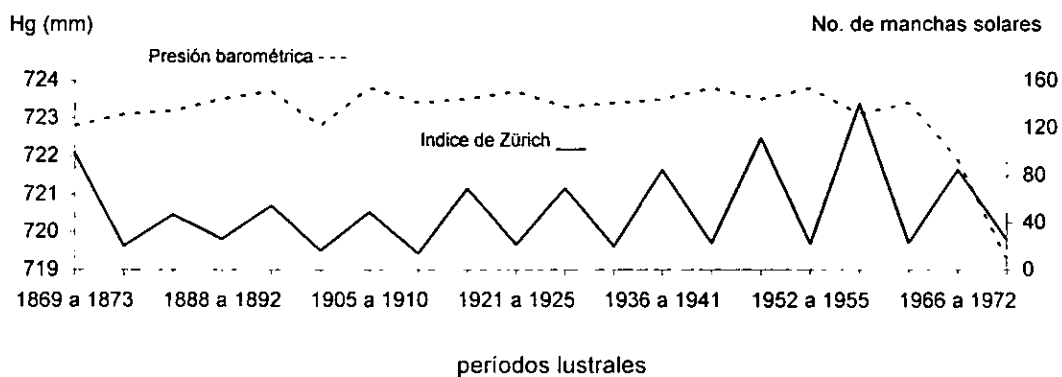
Viena, Austria.



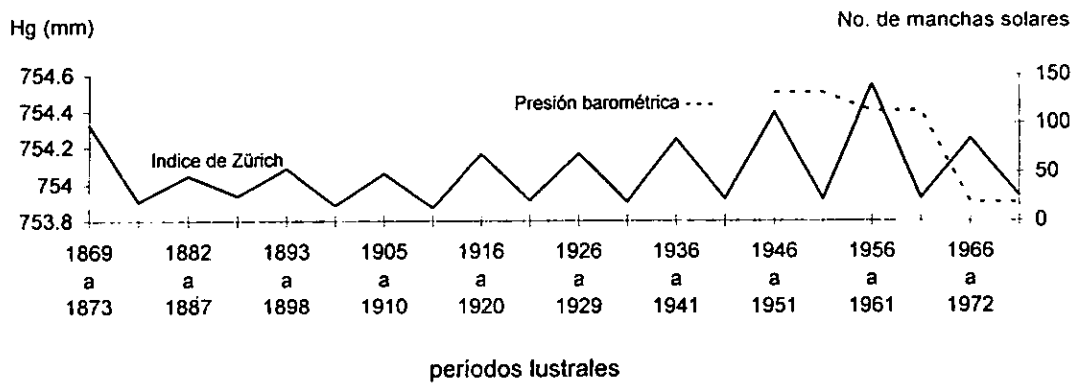
Goya, Argentina.



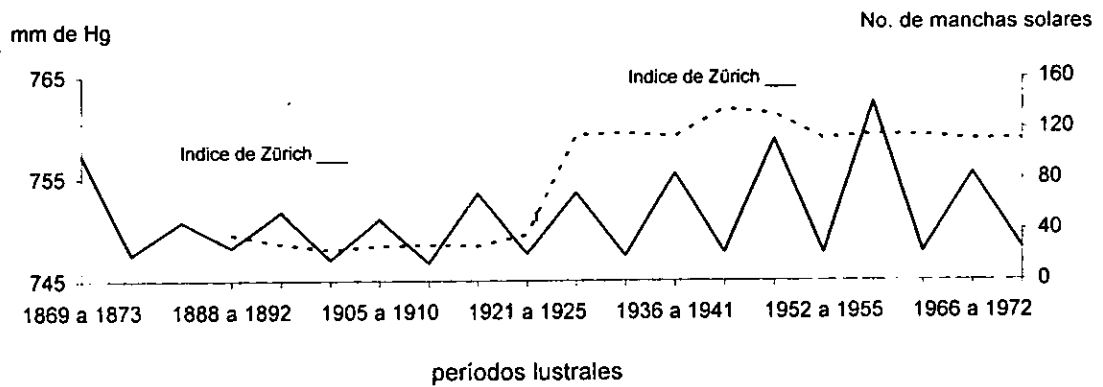
Córdoba, Argentina.



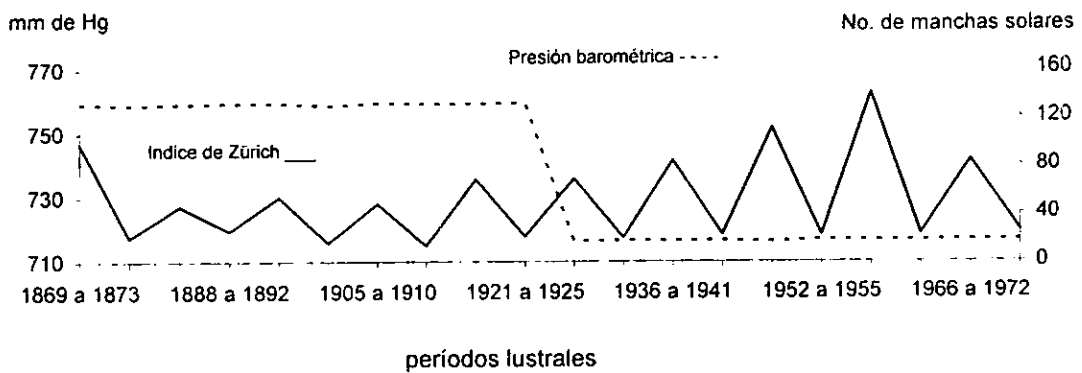
Corrientes, Argentina



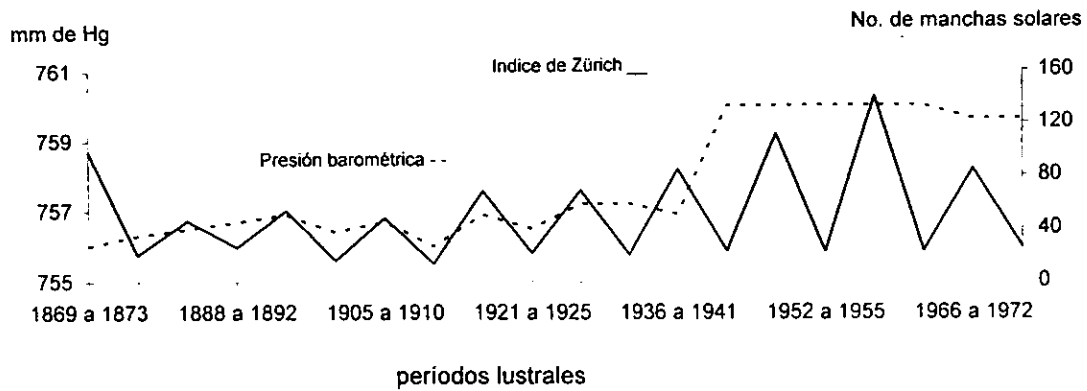
Punta Arenas, Argentina.



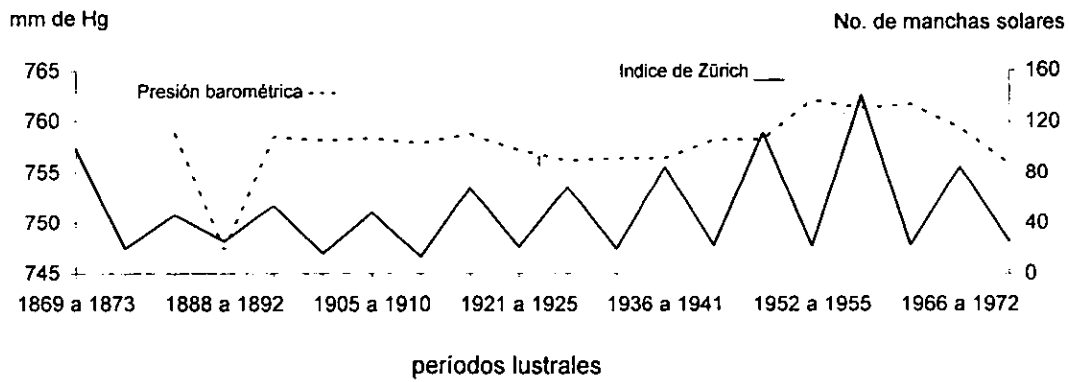
Buenos Aires, Argentina.



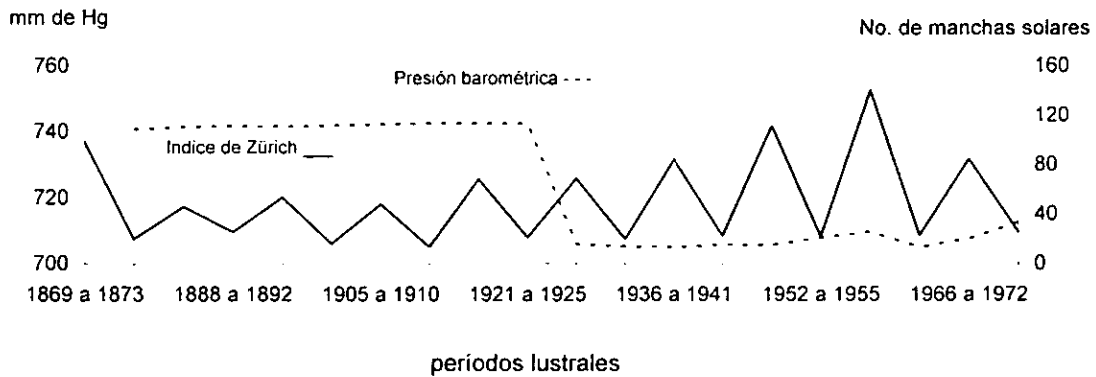
Greenwich, Inglaterra.



Helsinki, Finlandia.

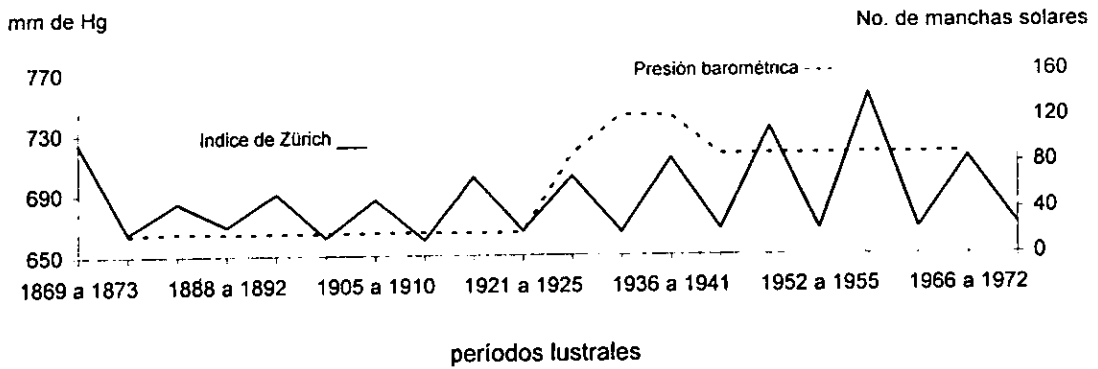


Bismark, Estados Unidos.

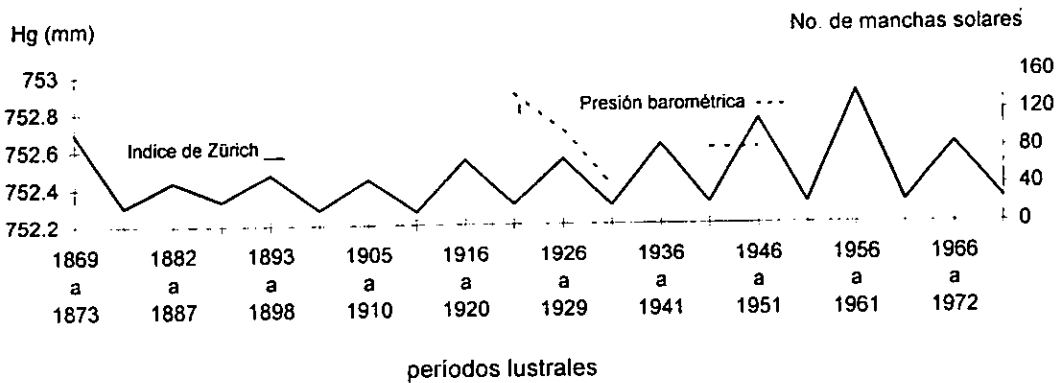




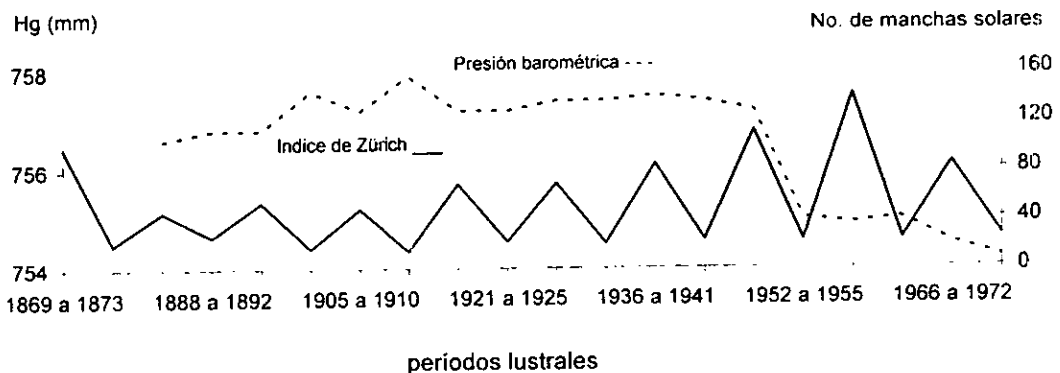
El Paso-Texas, Estados Unidos.



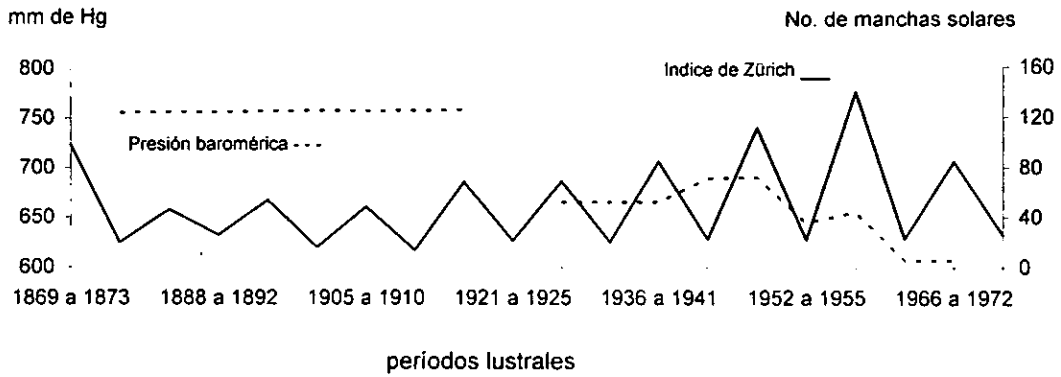
Red Bluff, Estados Unidos.



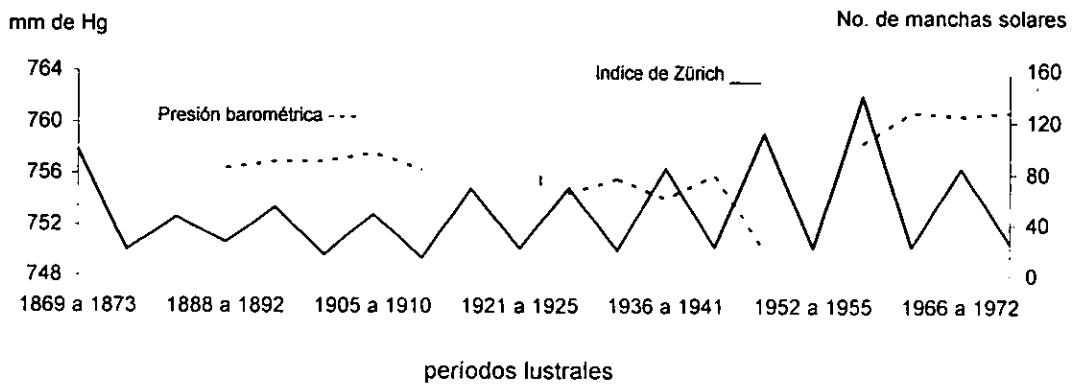
Portland, Estado Unidos.



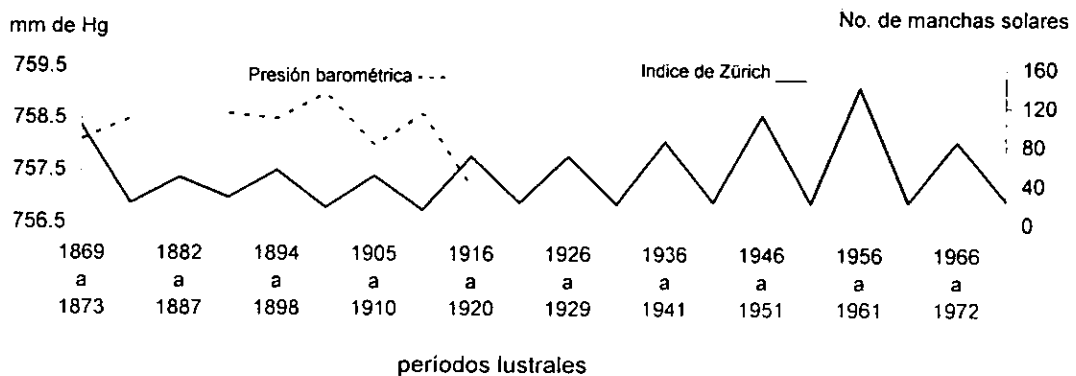
Nikolaesky, Rusia.



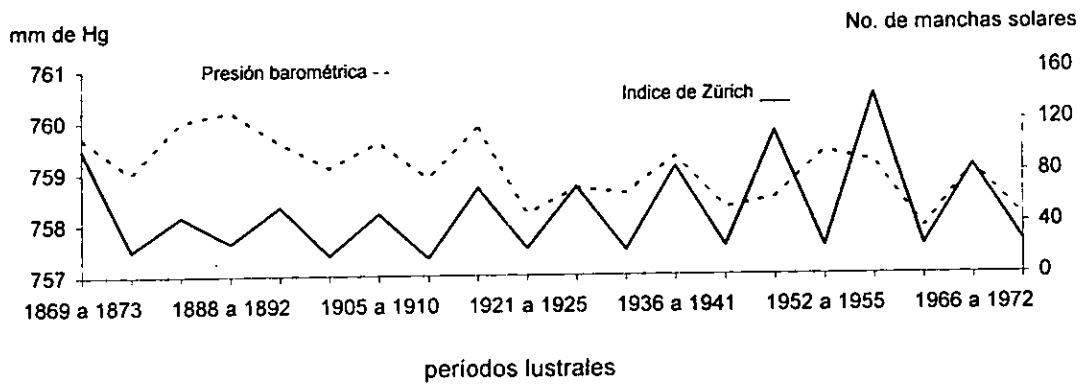
Obdorsk, Rusia.



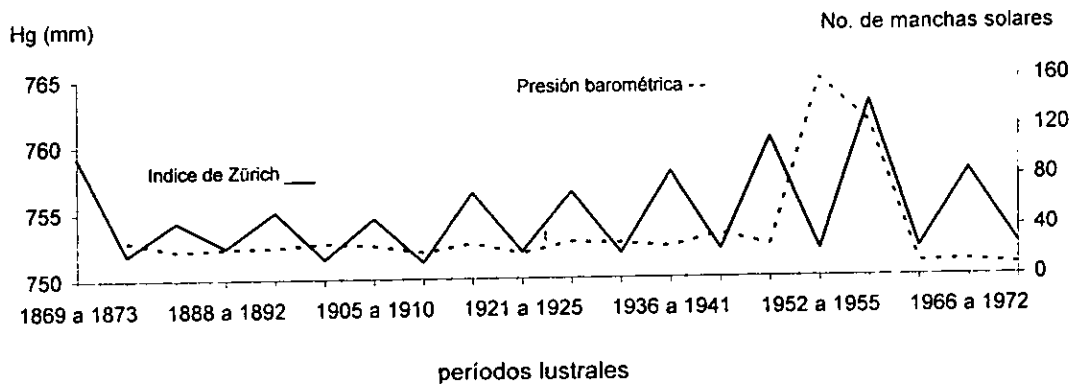
Arcangel, Rusia.



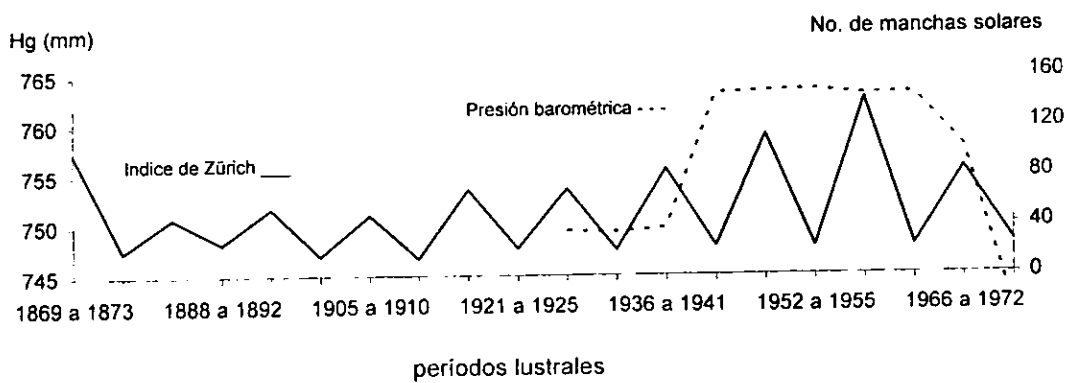
San Petesburgo, Rusia.



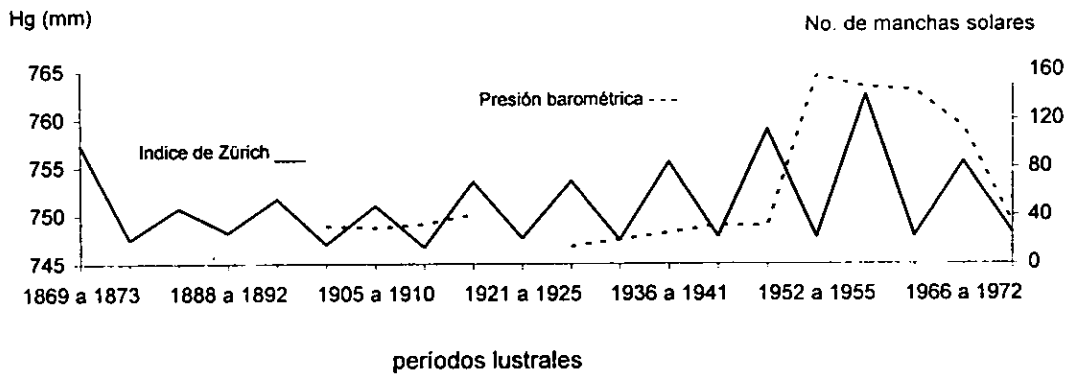
Turgai, Rusia.



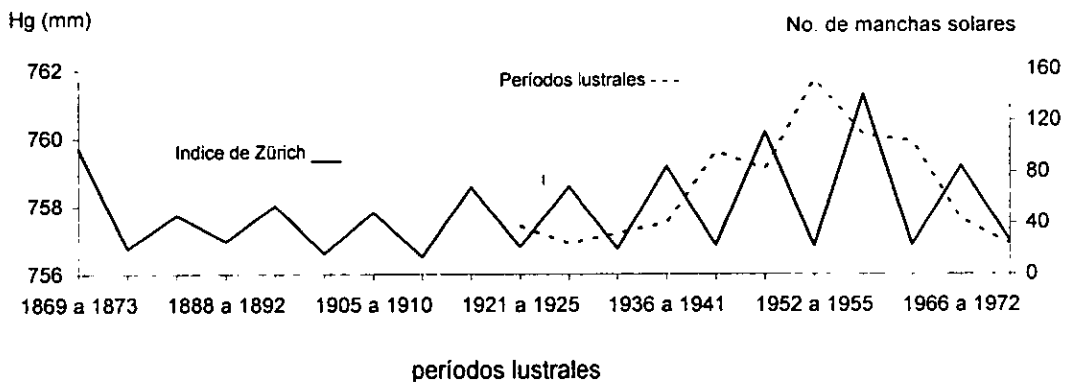
Olermink, Rusia.



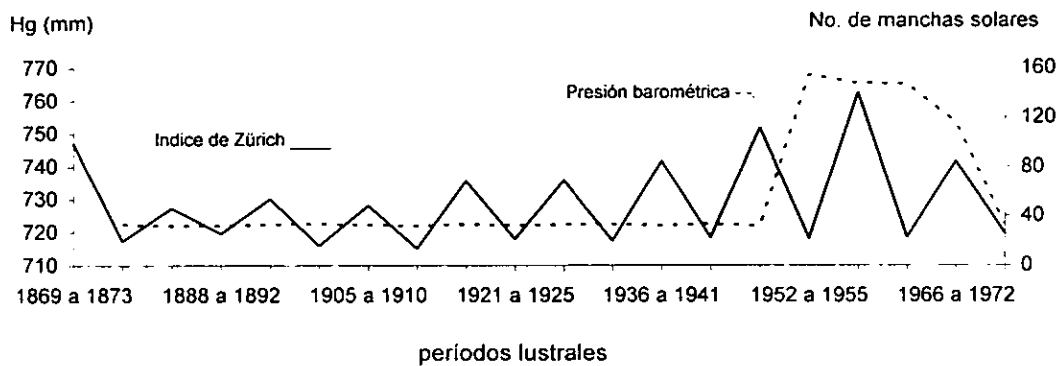
Verkoyansk, Rusia.



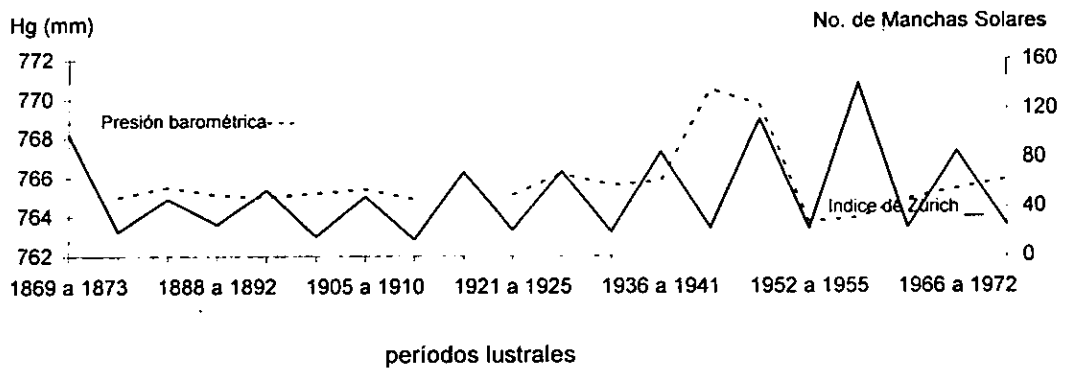
Turukhansk, Rusia.



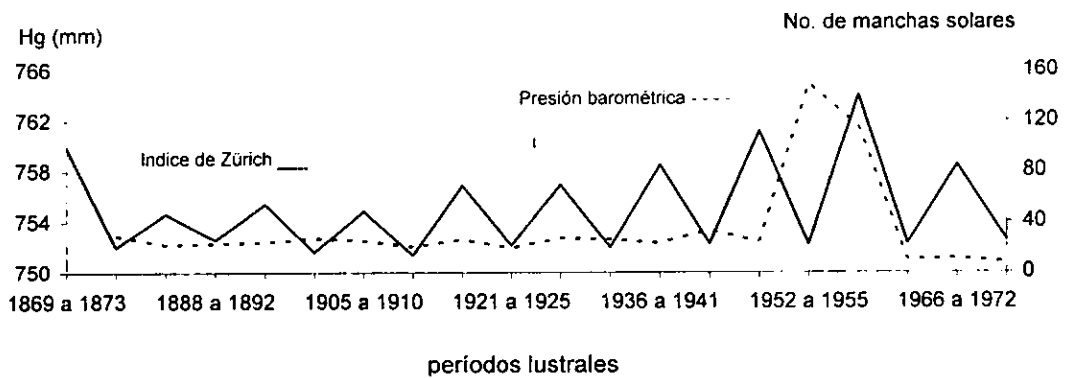
Irkust, Rusia.



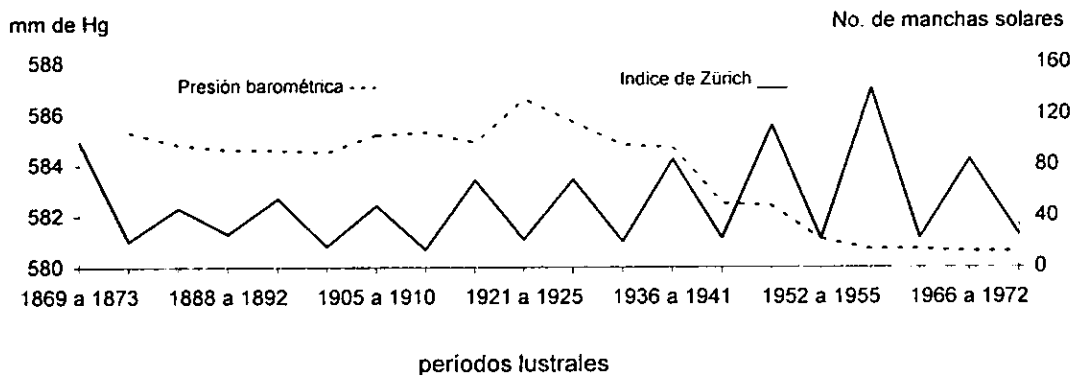
Astracán, Rusia.



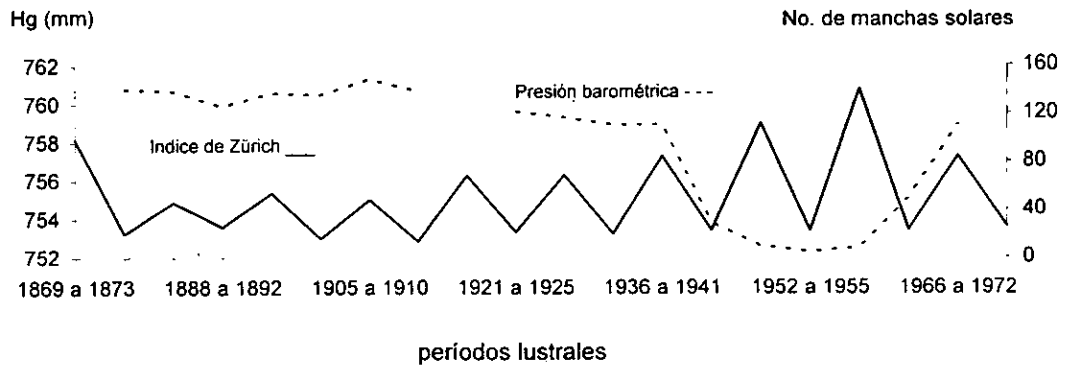
Tomsk, Rusia.



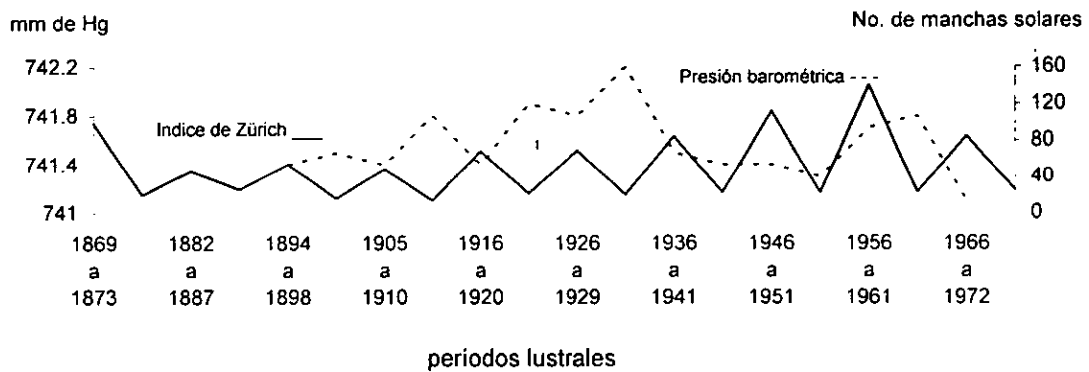
México, Distrito Federal.



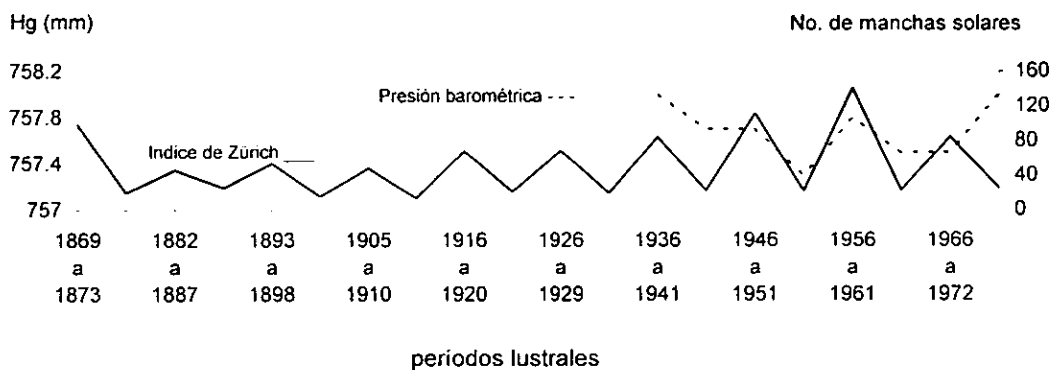
Puerto de Mazatlán, México.



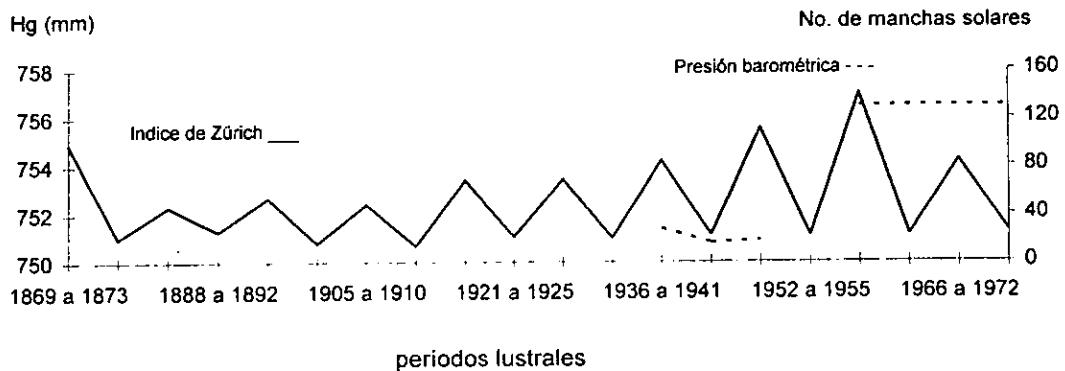
Quixeramobim, Brasil.



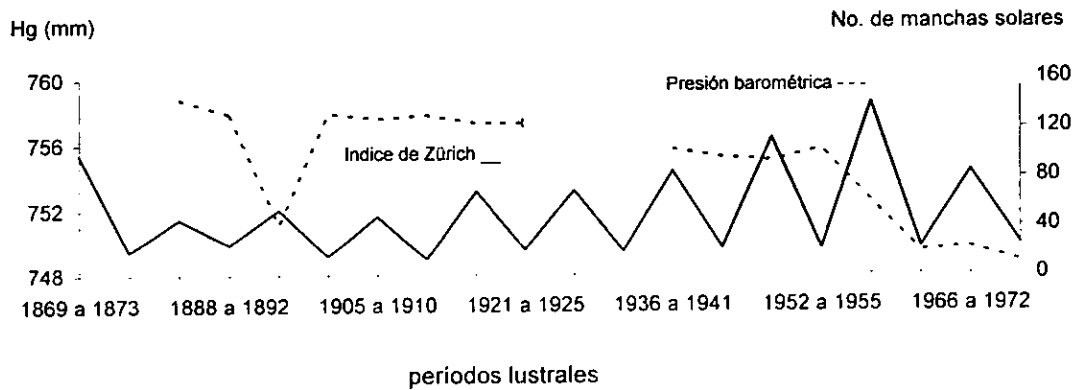
Turiacu, Brasil.



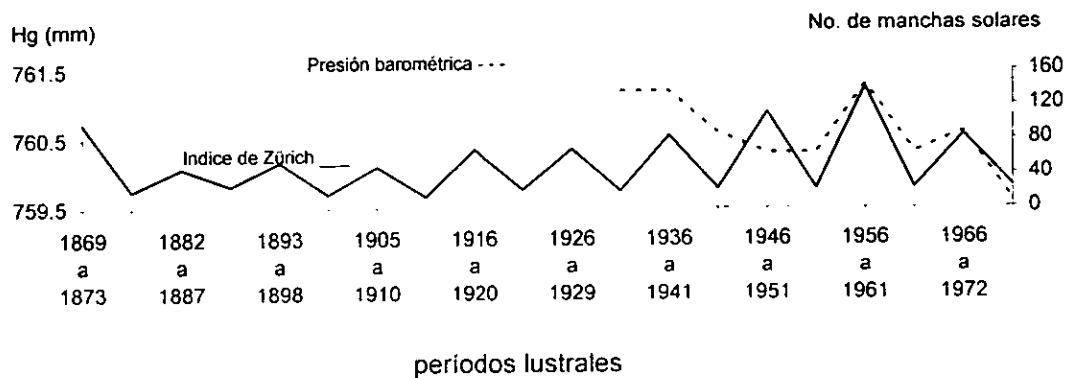
Fernando de Norhona, Brasil.



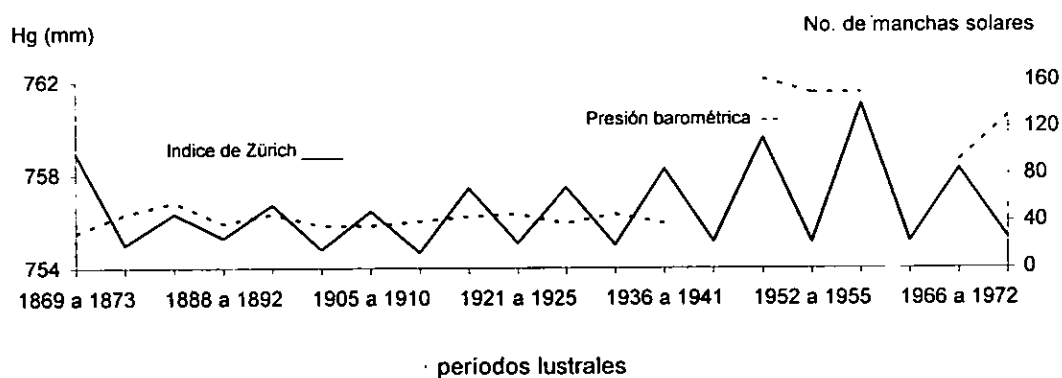
Olinda Recife, Brasil.



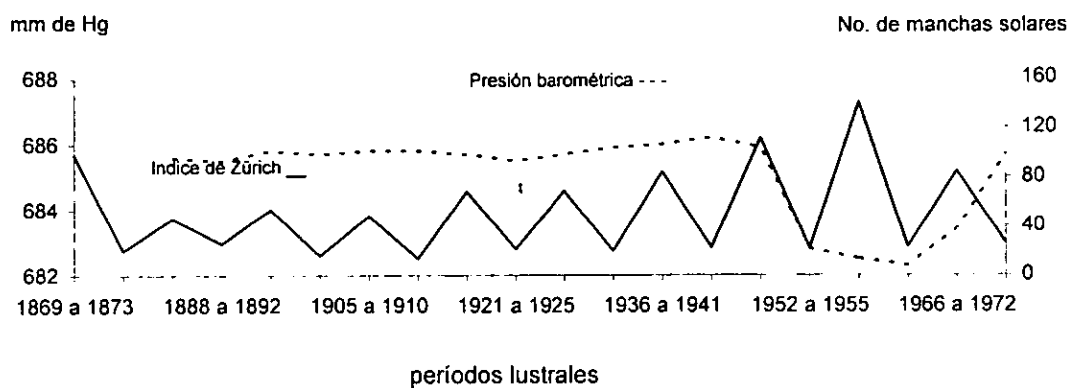
Salvador, Brasil.



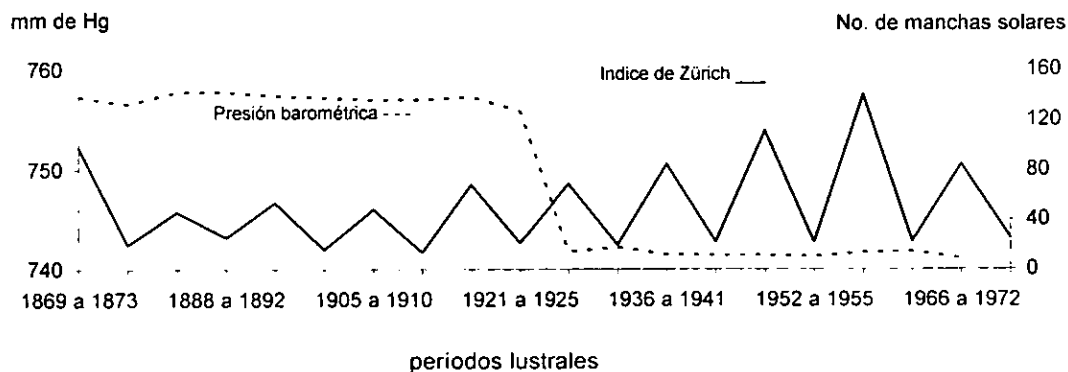
Rio de Janeiro, Brasil.



Curitiba, Brasil.

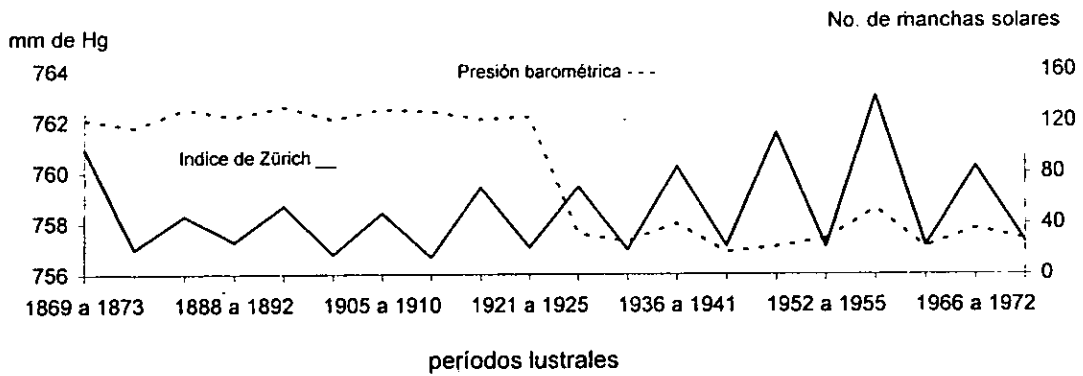


Haparanda, Suiza.

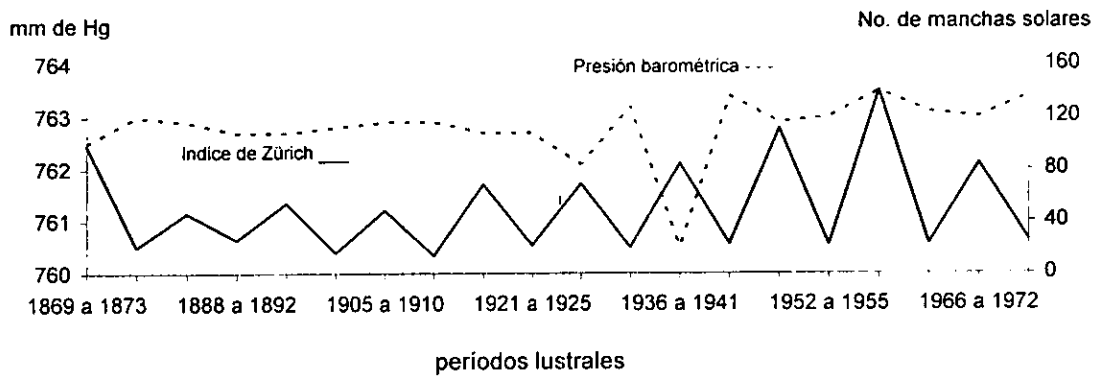




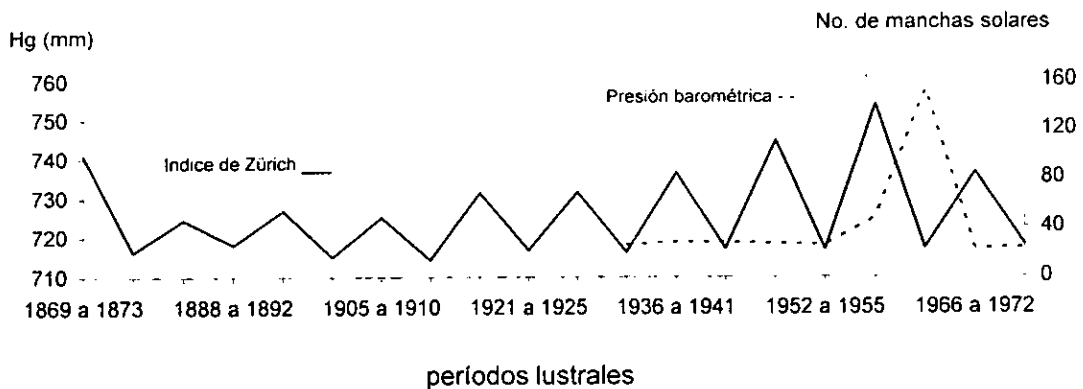
Gibraltar, Inglaterra.



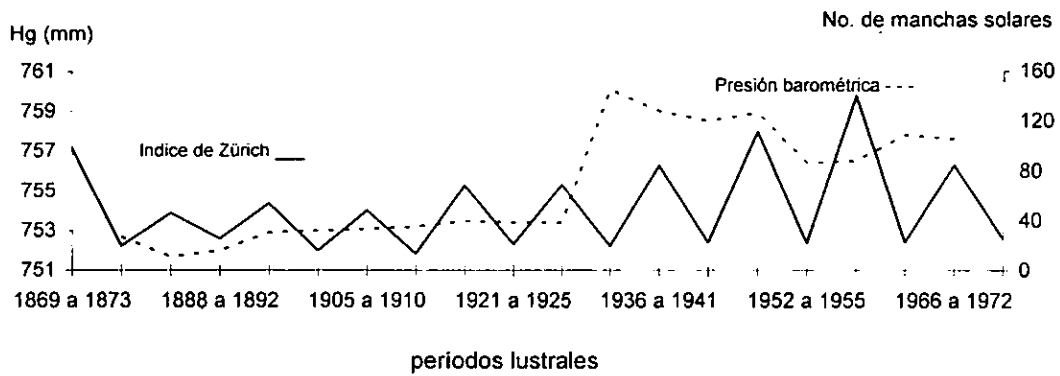
Cape Town, Africa.



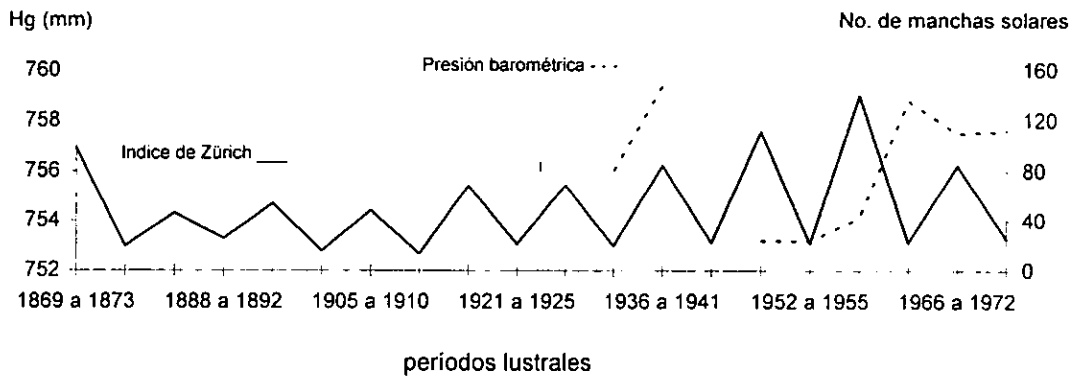
Kano, Africa.



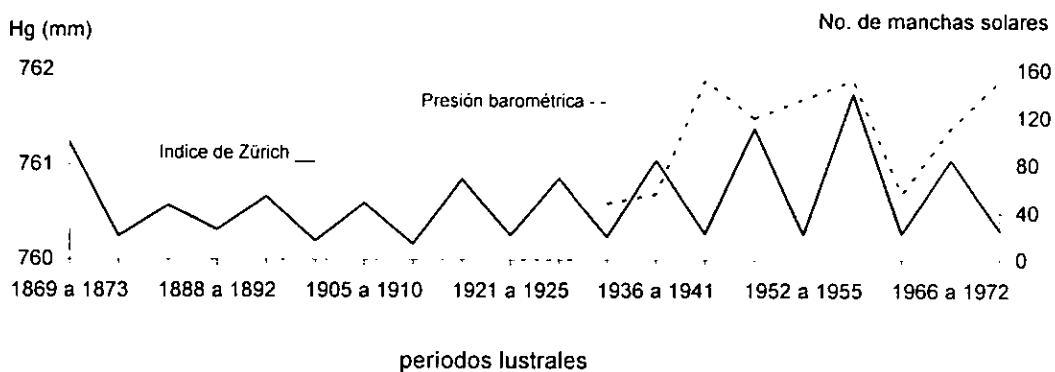
Freetown, Sierra Leona.



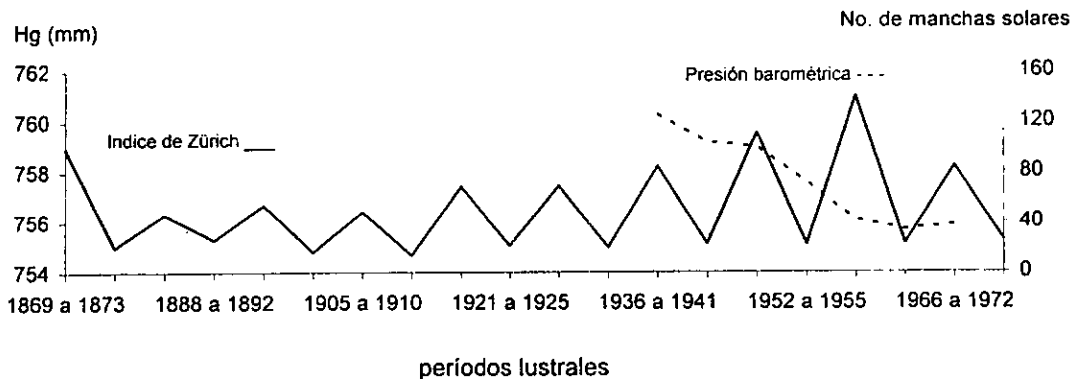
Calabar, Africa.



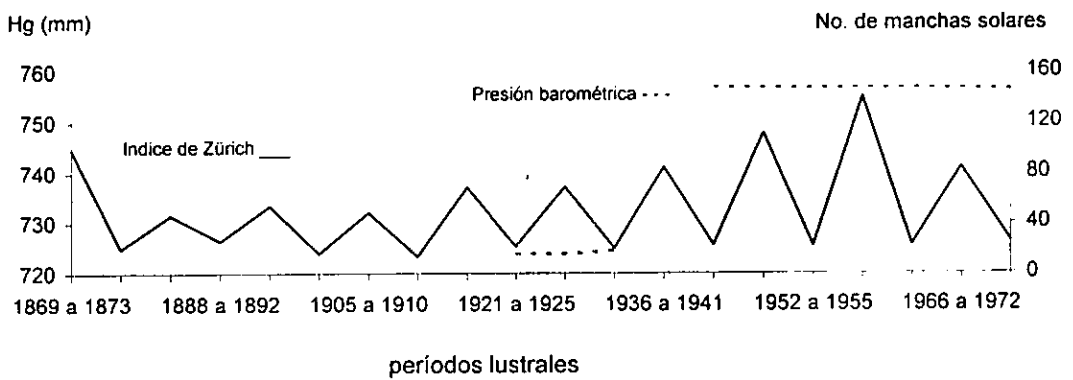
Túnez, Africa.



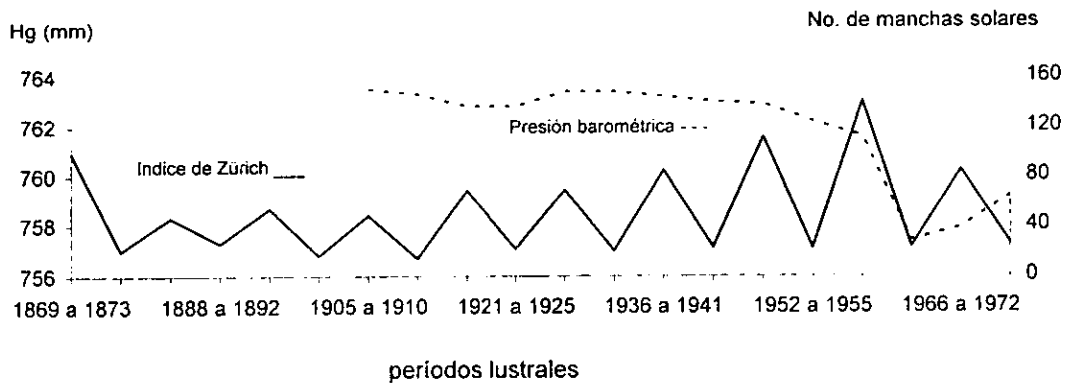
Molamedes, Africa.



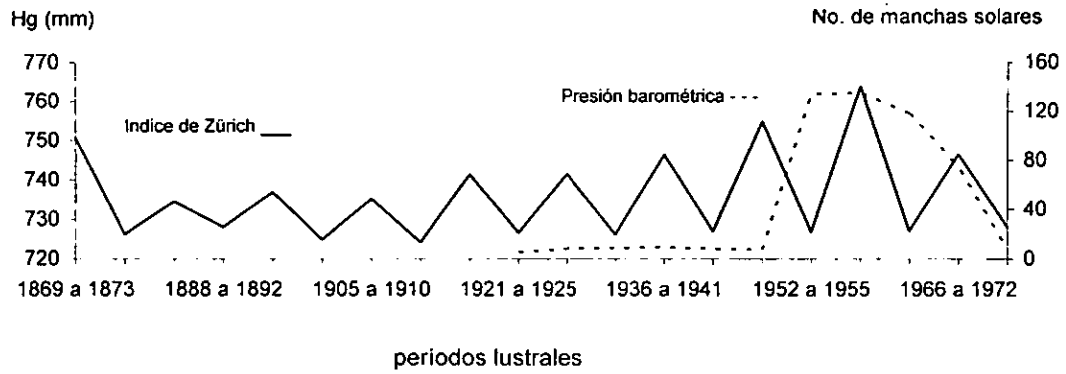
Puerto Sudán, Africa.



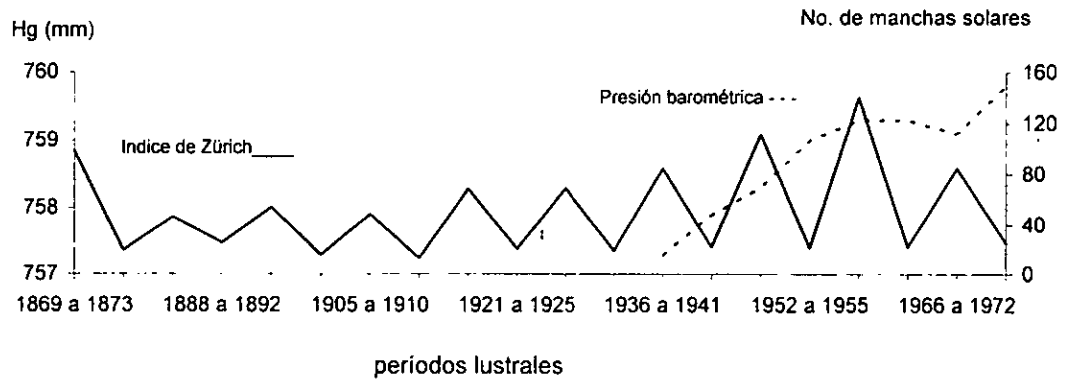
Laurenc Marquez, Africa.



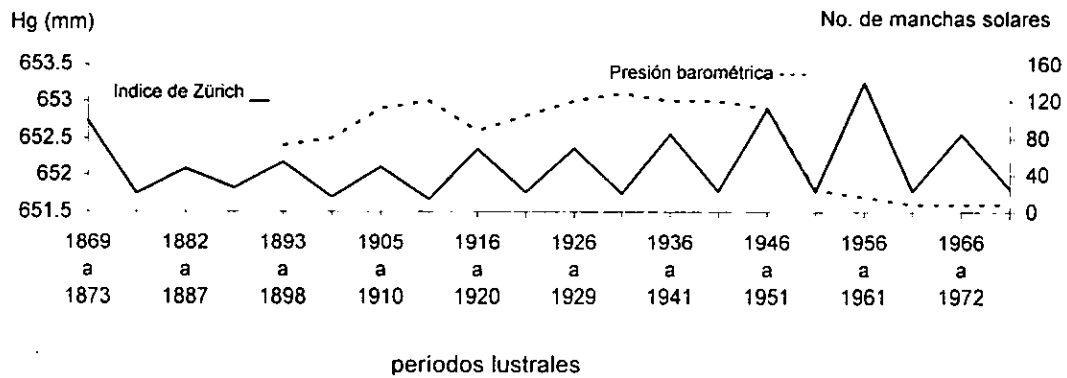
Marruecos, Africa.



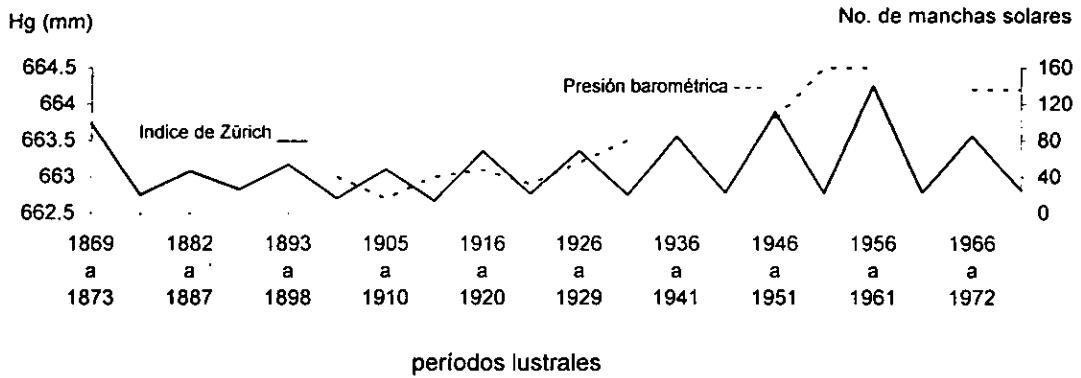
Novakchott, Africa.



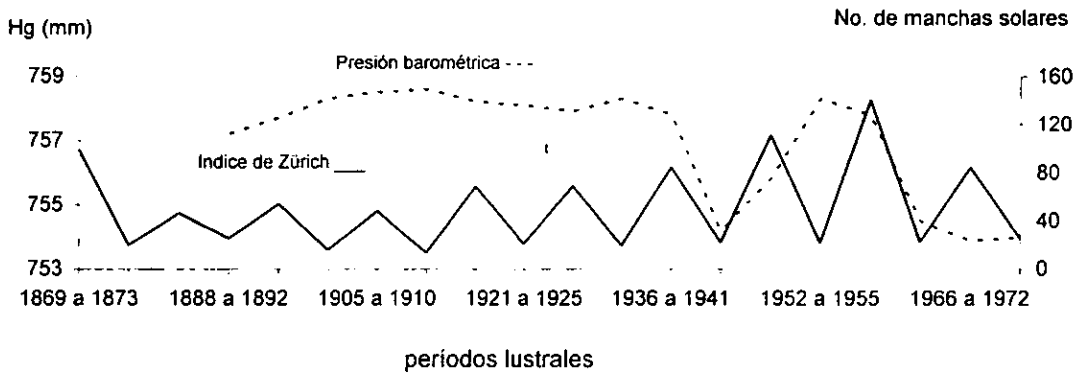
Bulawayo, Rodesia.



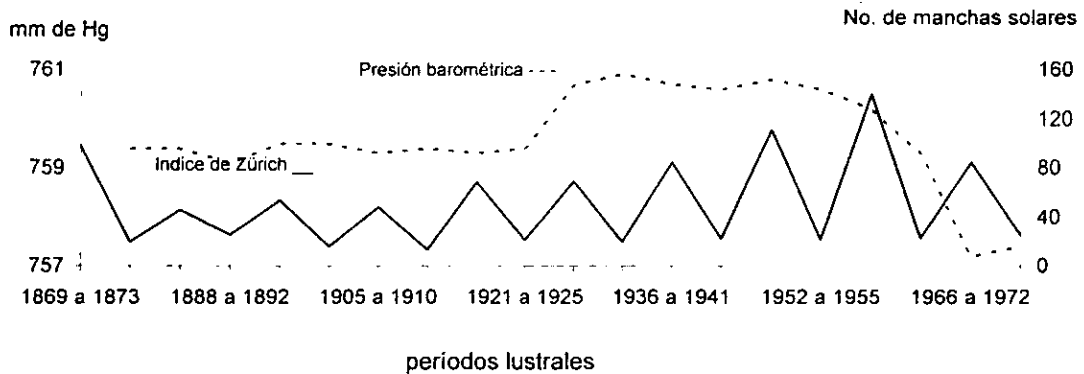
Entebbe, Uganda



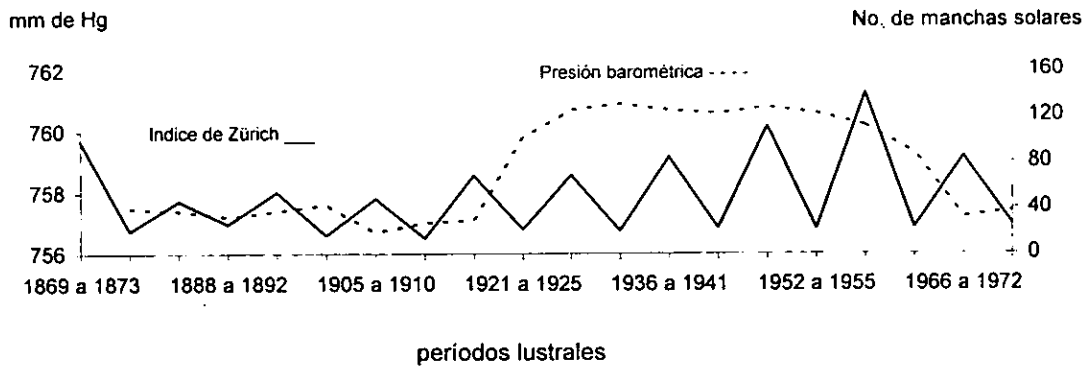
El Cairo, Egipto.



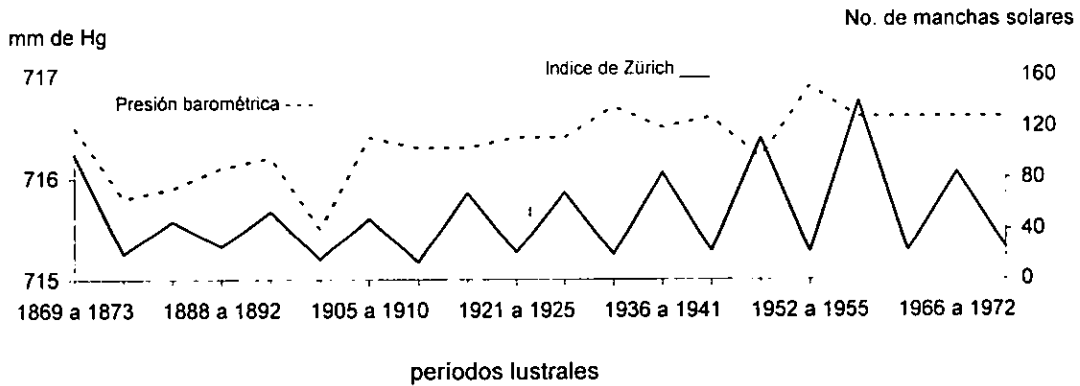
Tokio, Japón.



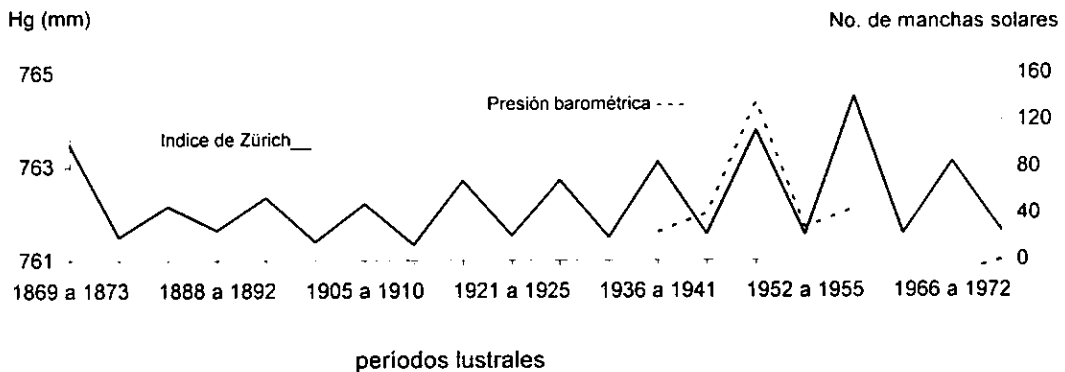
Beirut, Líbano.



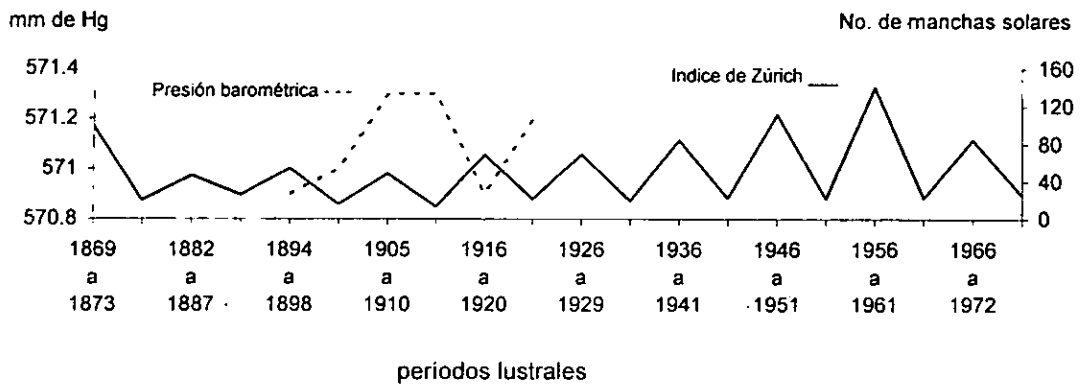
Santiago de Chile.



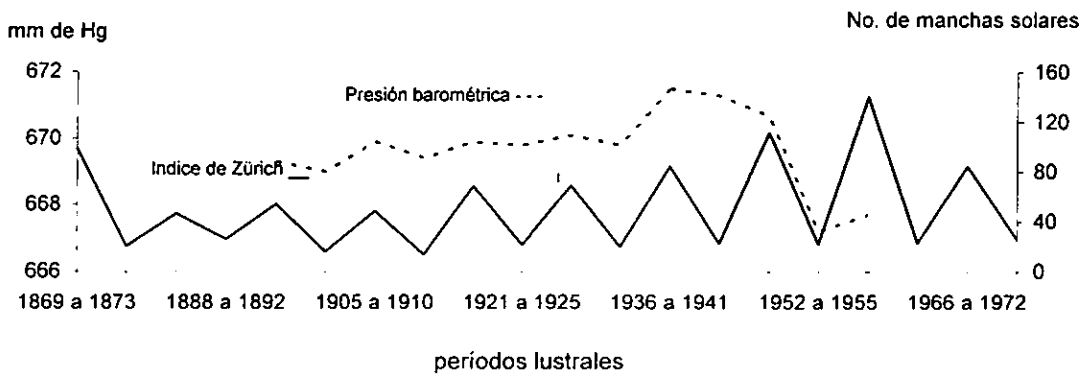
Valdivia, Chile.



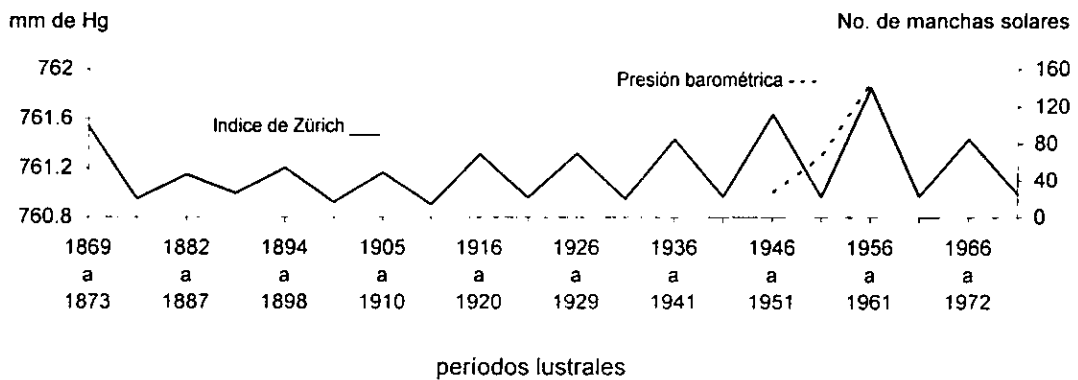
Arequipa, Perú.



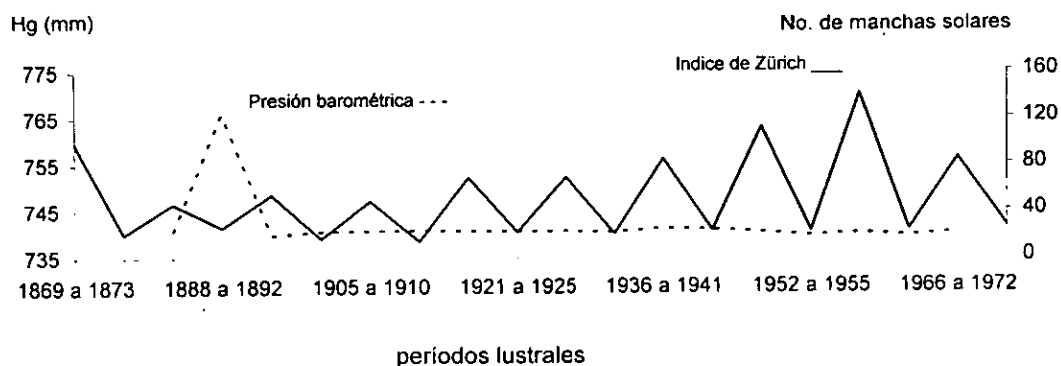
Calgary, Canadá.



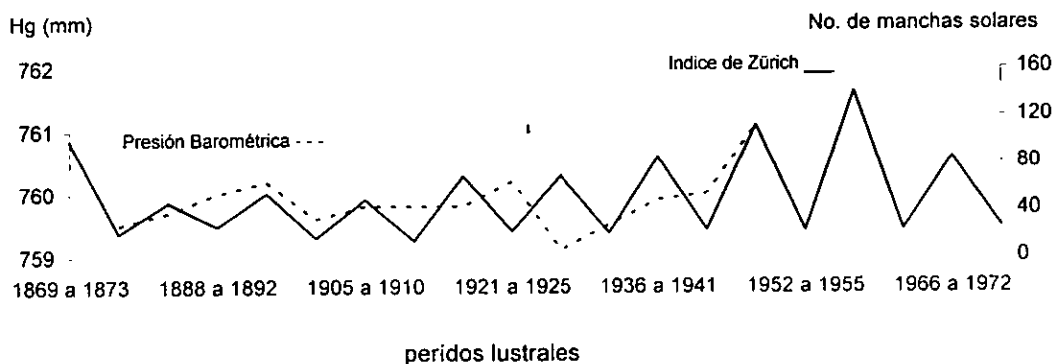
Eureka, Canadá.



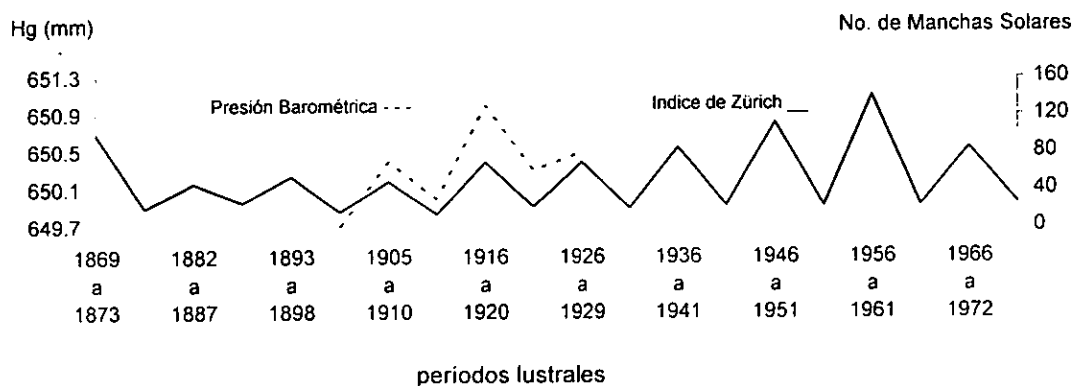
Winnipeg, Canadá.



Father Point, Canadá

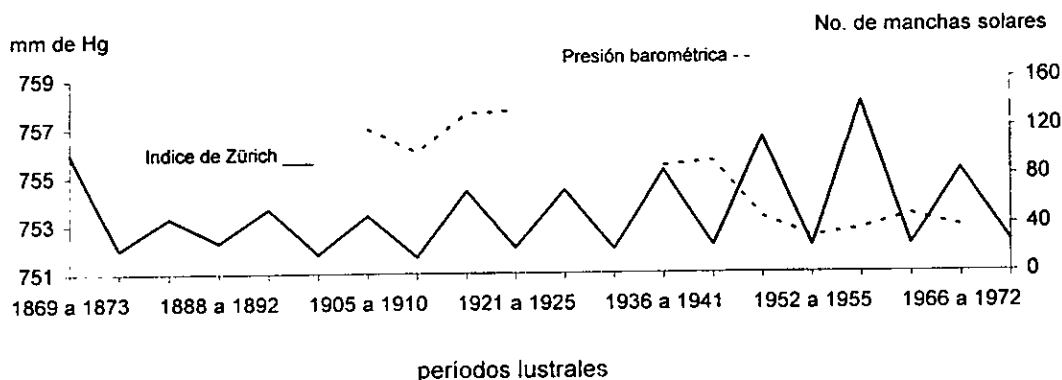


Barkerville, Canadá.

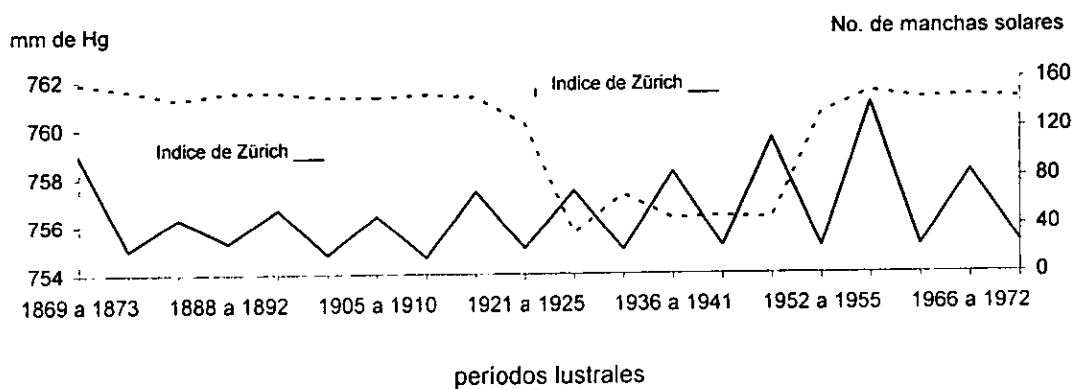




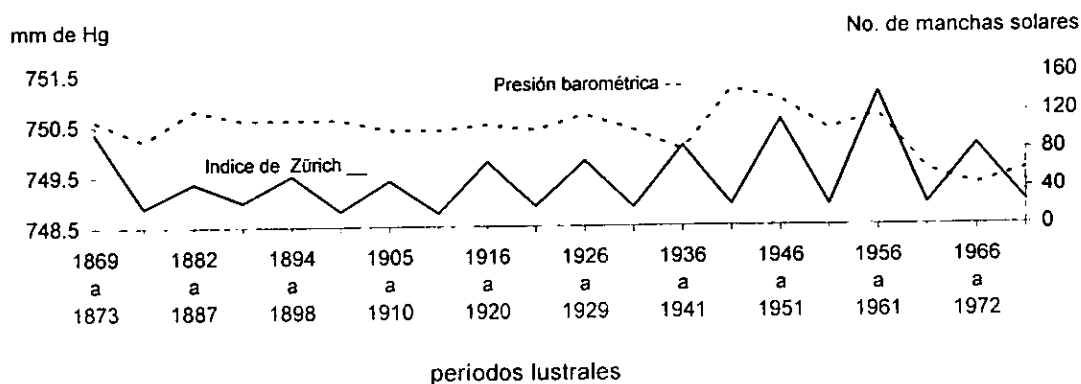
Anchorage, Alaska.



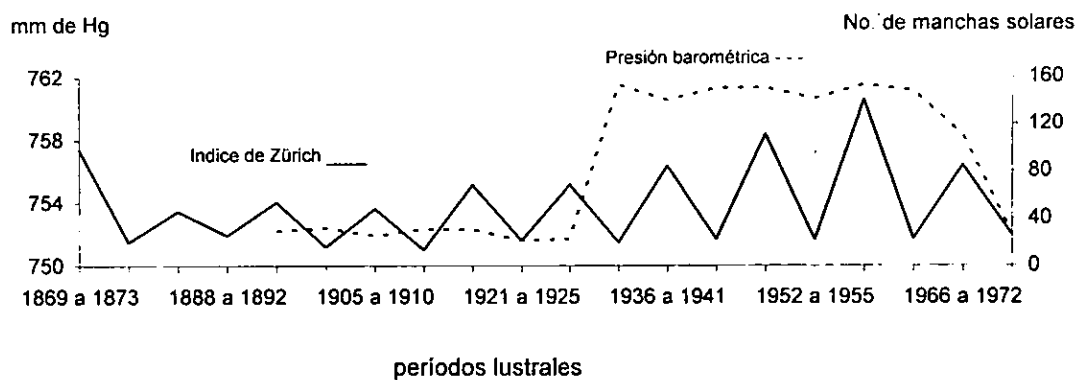
Roma, Italia.



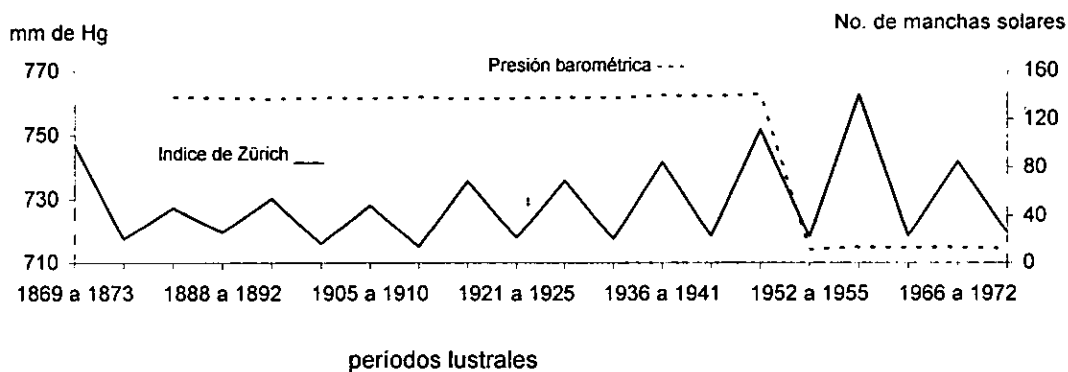
Budapest, Hungría.



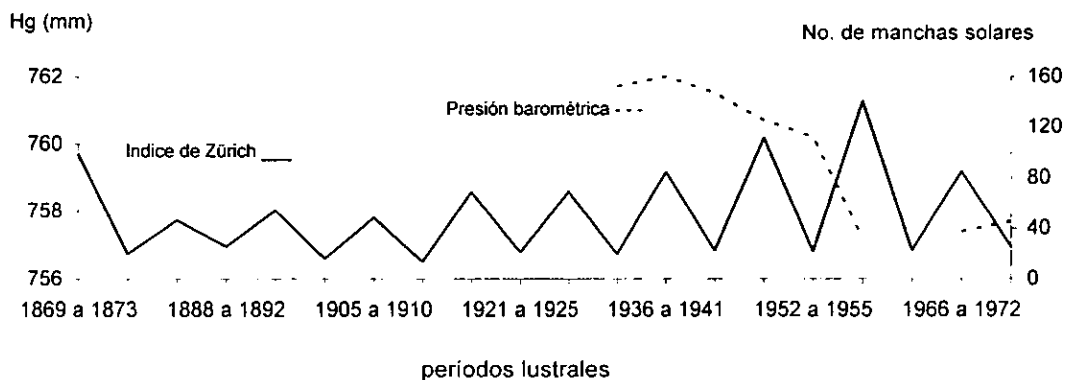
Atenas, Grecia.



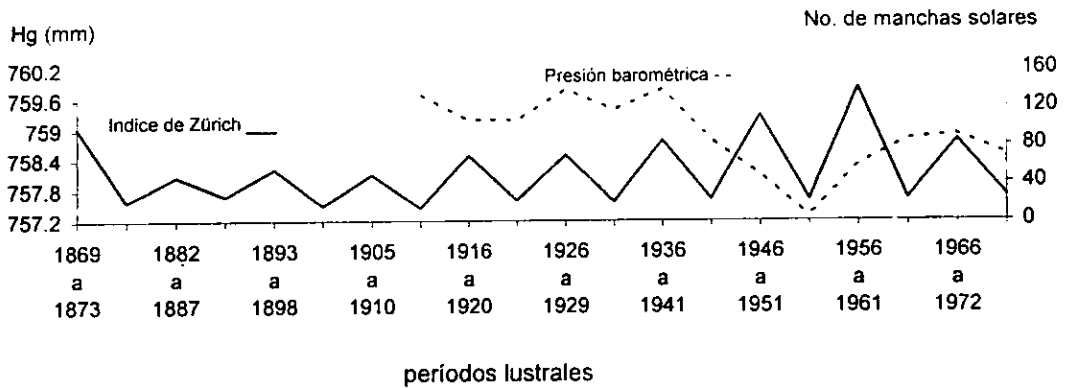
Alice Spring, Australia.



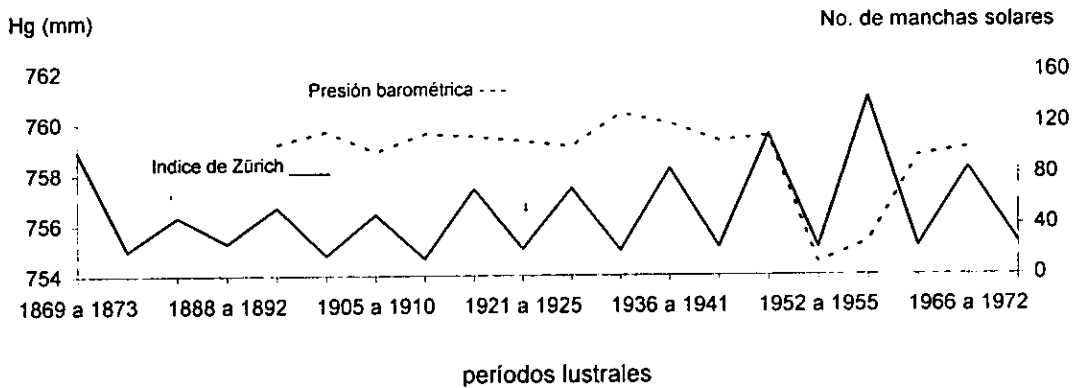
Isla Lord Howe, Australia.



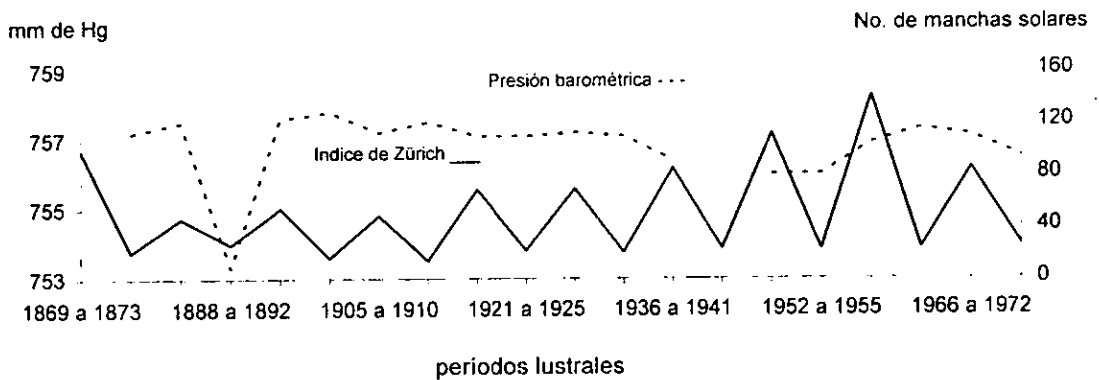
Cairns, Australia.



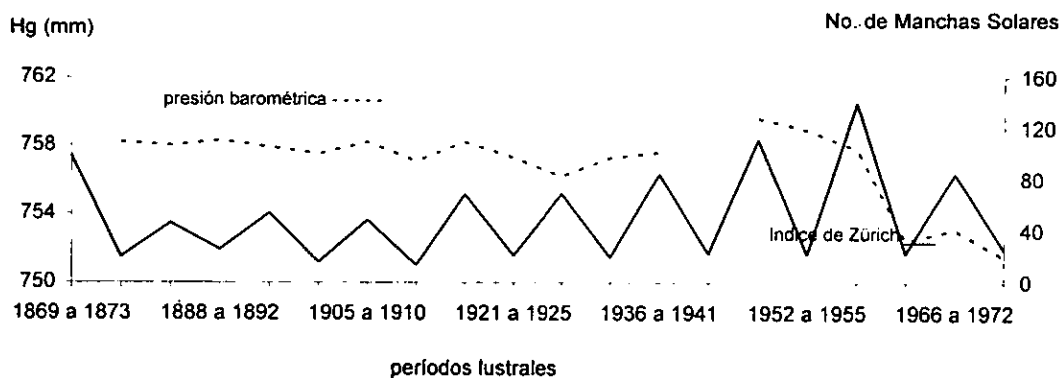
Hobart, Australia.



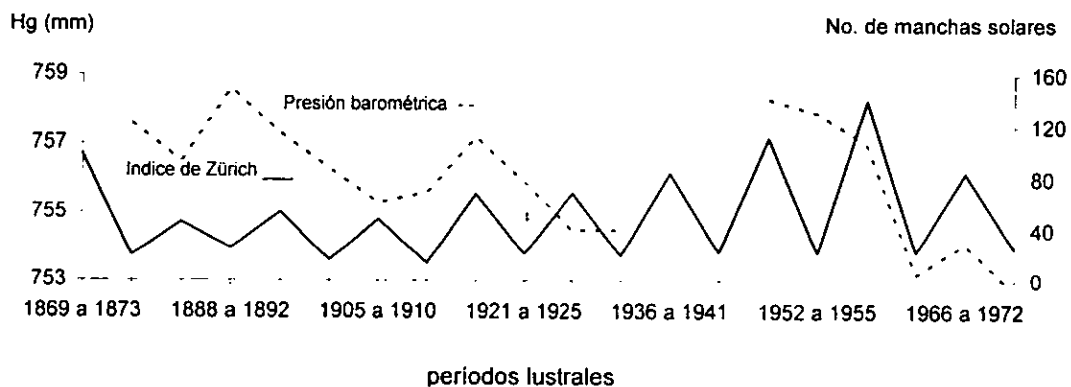
Bushire, Persia.



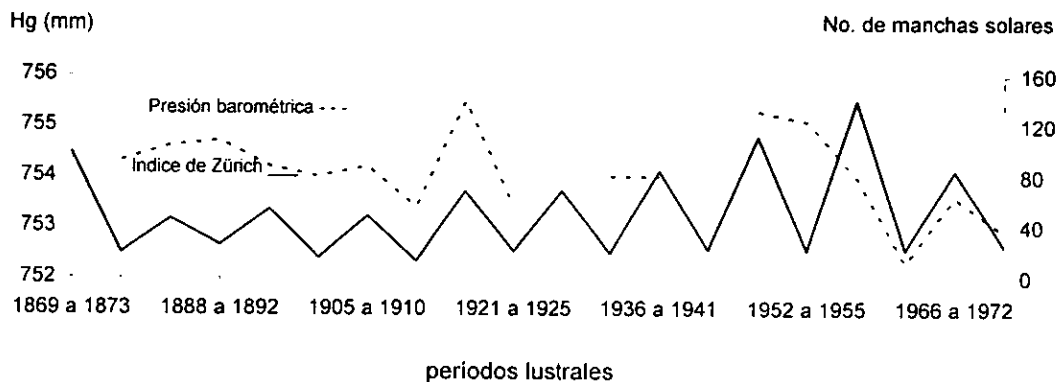
Upernivik, Groenlandia.



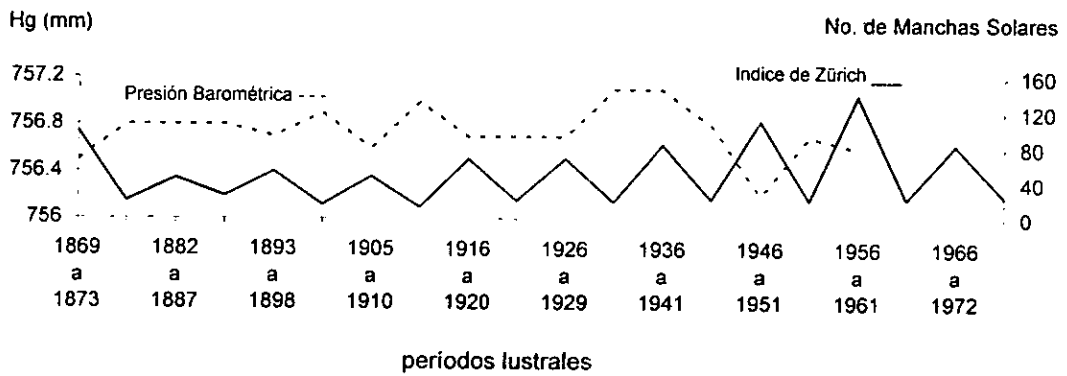
Jacobshavn, Groenlandia.



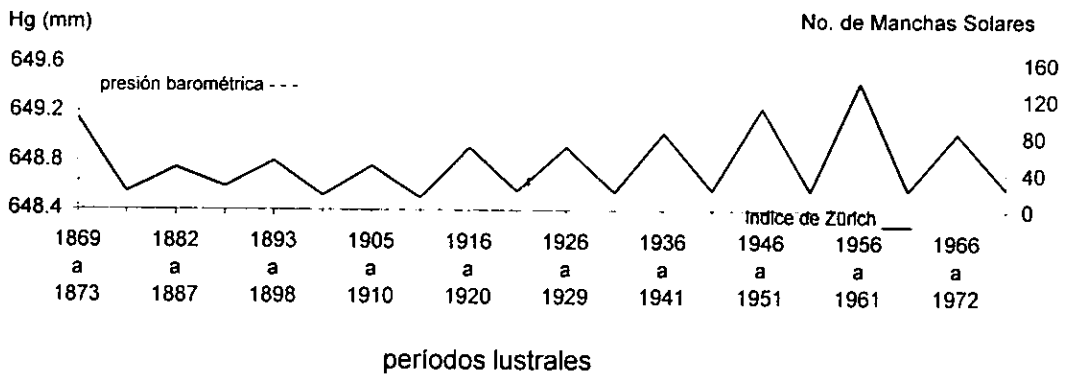
Ivigut, Groenlandia.



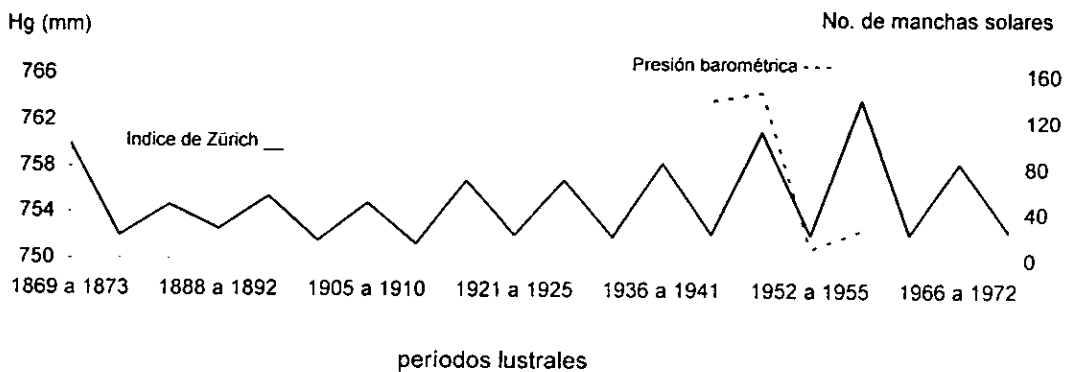
Batavia, Djarta.



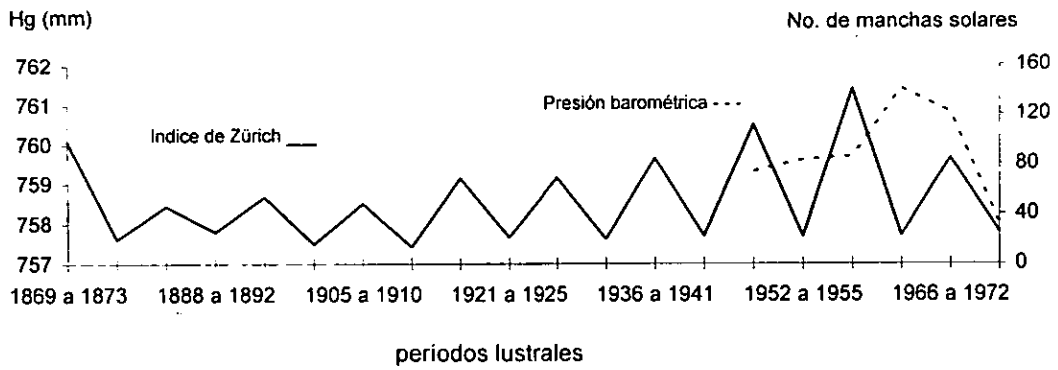
Antananarivo, Madagascar.



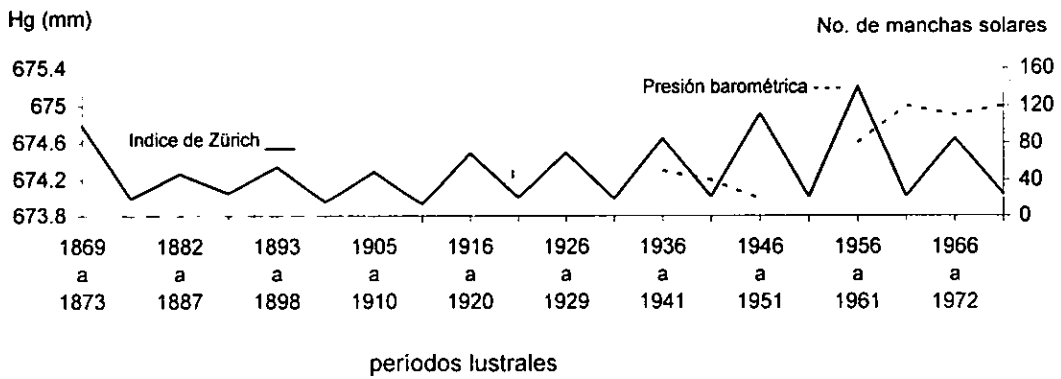
Bogotá, Colombia.



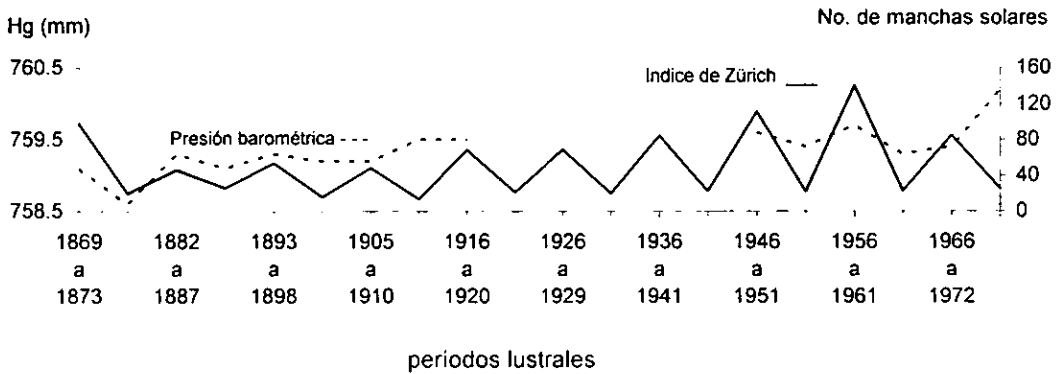
San Cristóbal, Venezuela.



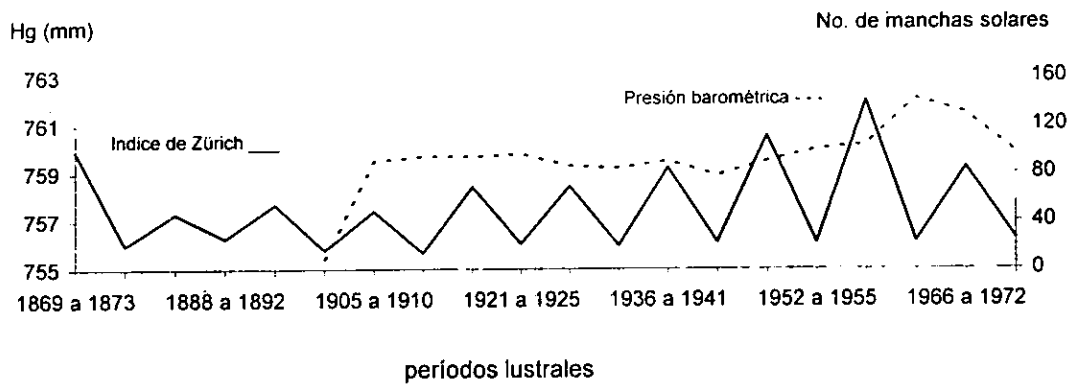
Caracas, Venezuela.



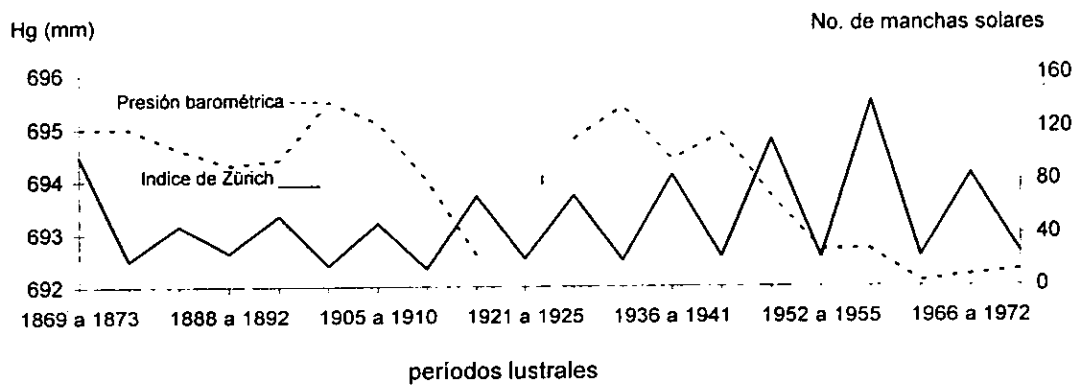
Trinidad, Tobago.



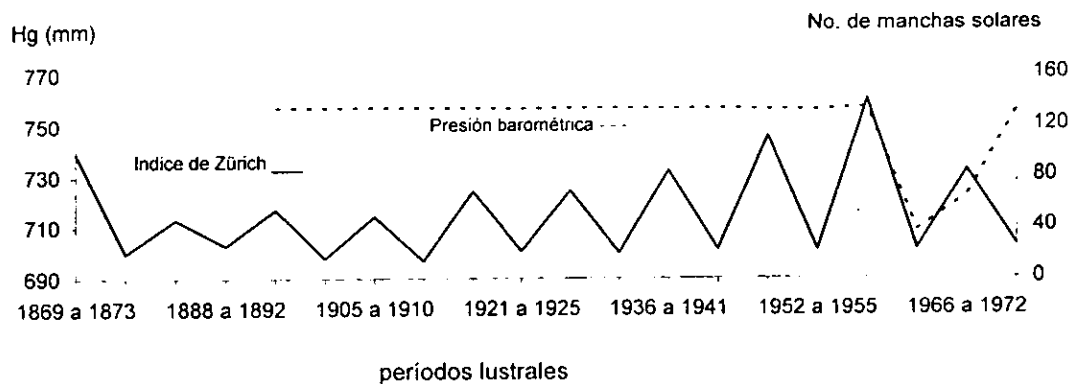
San Juan de Puerto Rico.



Jerusalem, Israel.

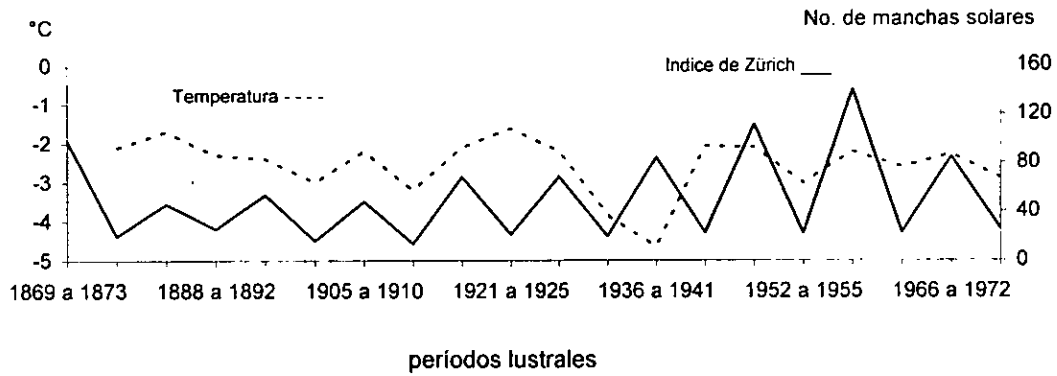


Jask, Irán.

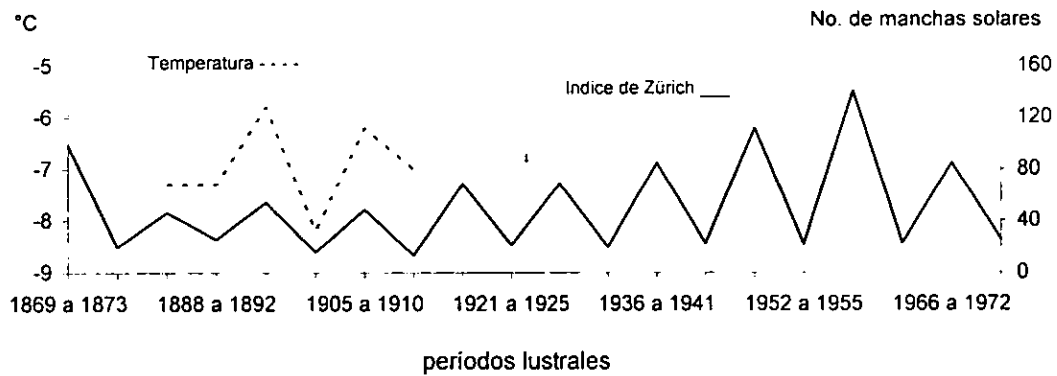


**Figuras de la Temperatura del aire e Índice de Zürich.**

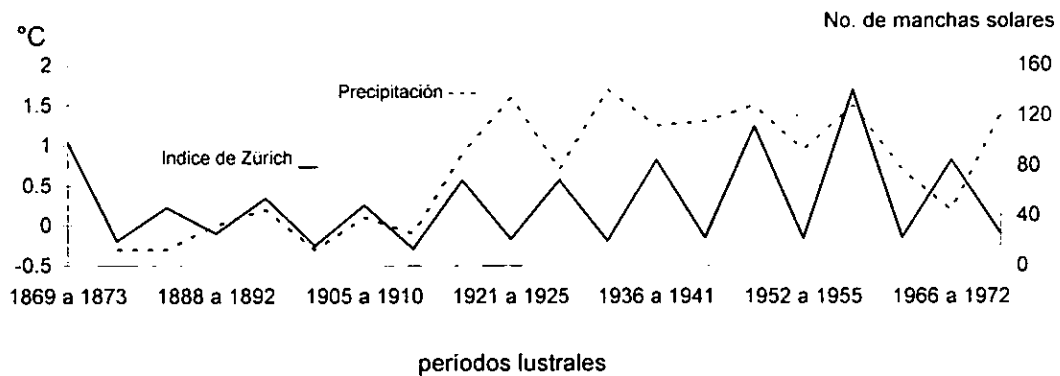
Nikolaewsky, Rusia.



Obdorsk, Rusia.

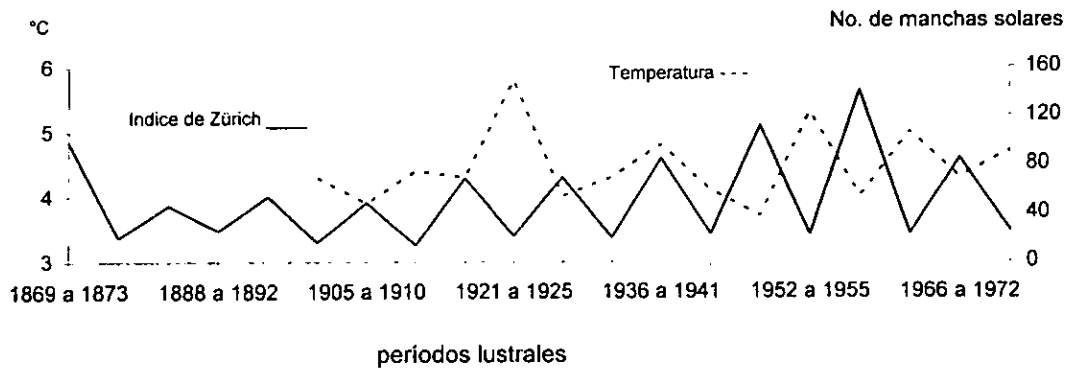


Arcangel, Rusia.

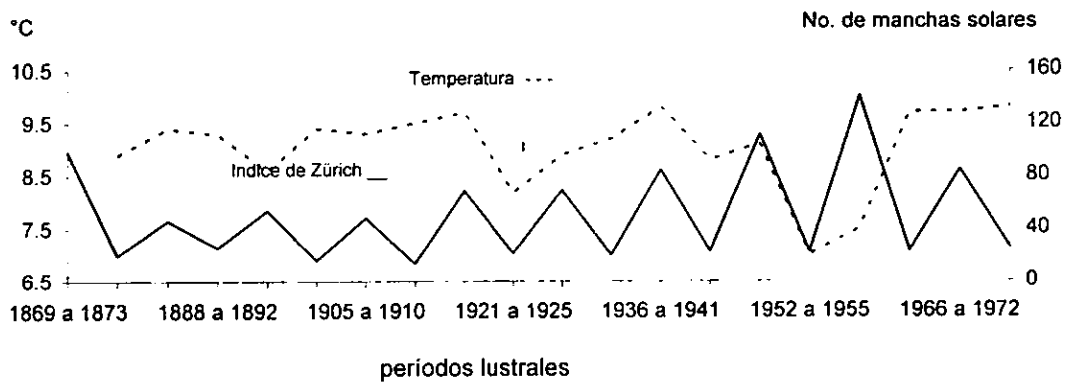




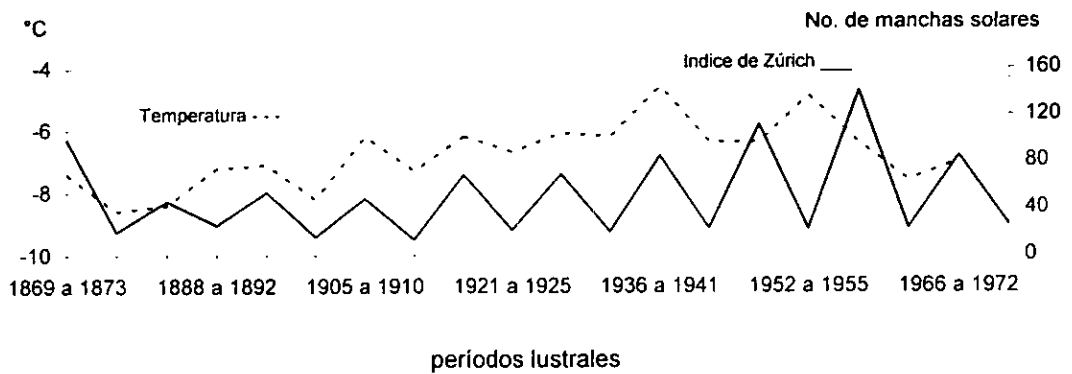
Turgai, Rusia.



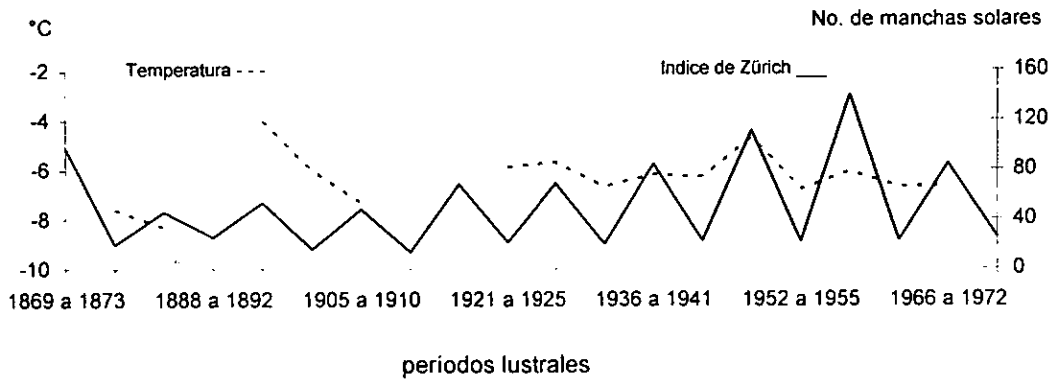
Astracán, Rusia.



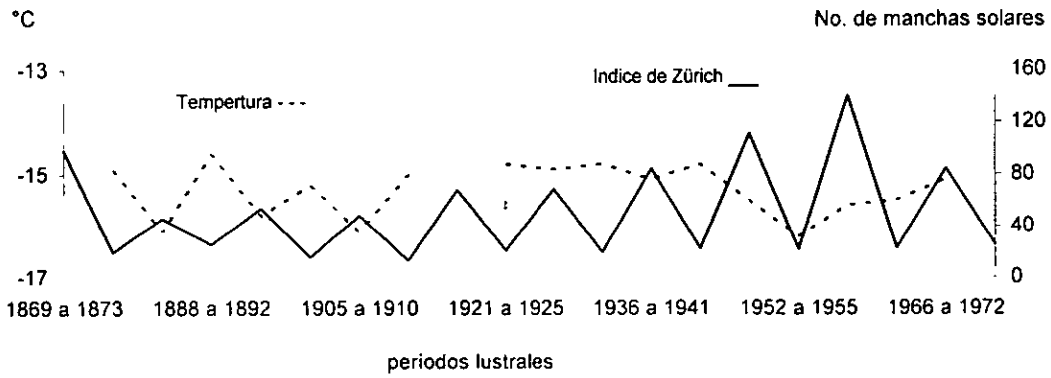
Turukhansk, Rusia.



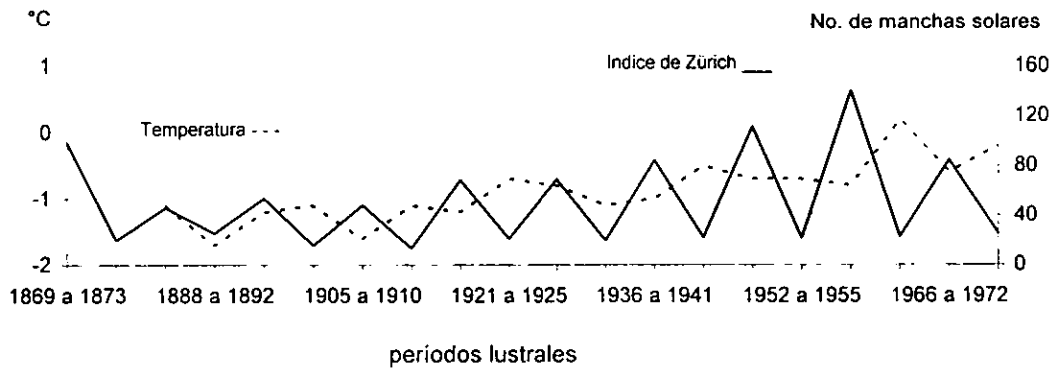
Olermink, Rusia.



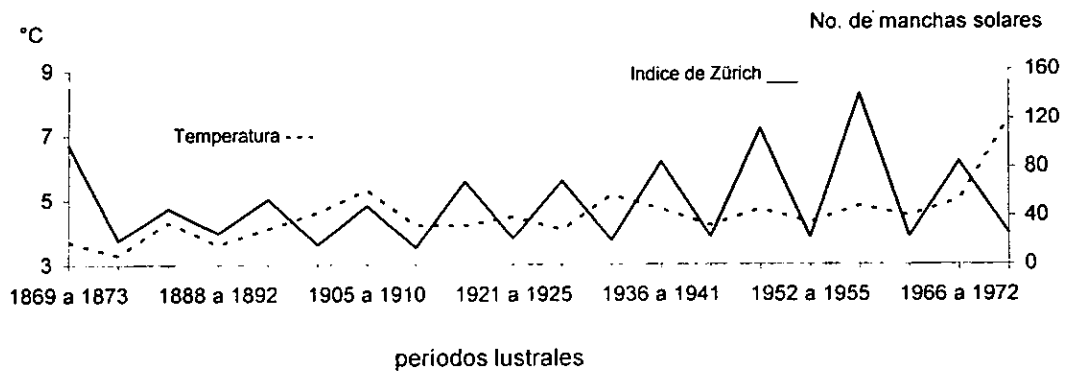
Verkoyansk, Rusia.



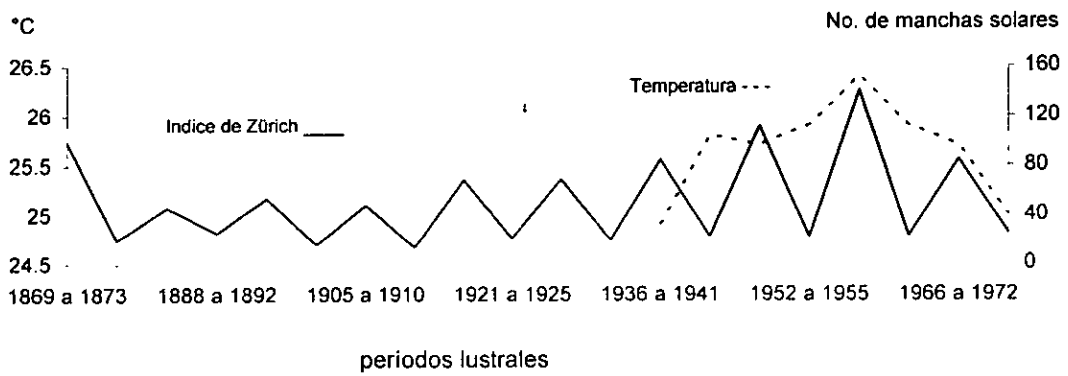
Irkust, Rusia.



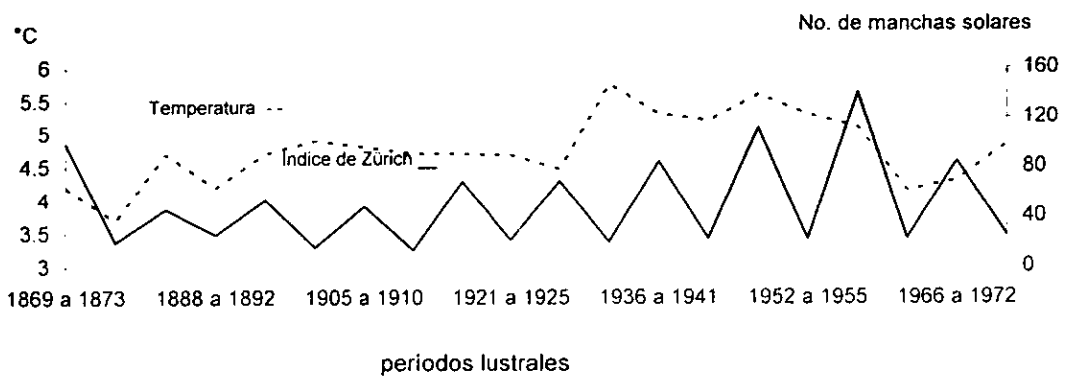
San Petesburgo, Rusia.



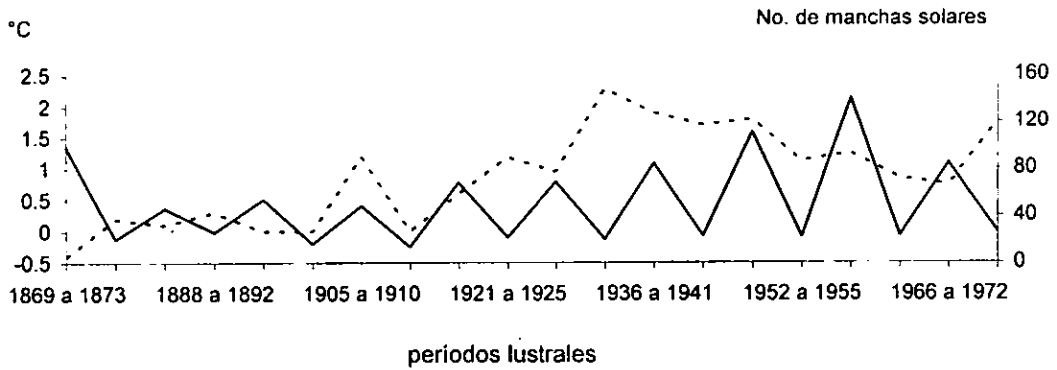
Novakchott, Africa.



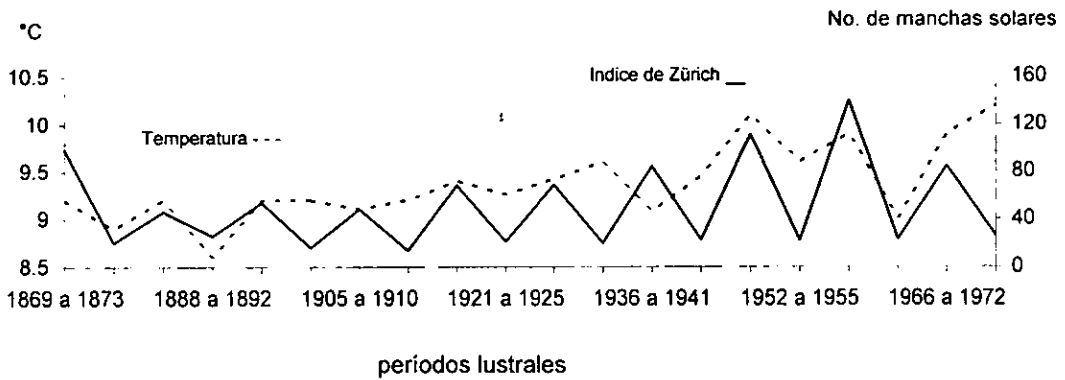
Helsinsky, Finlandia.



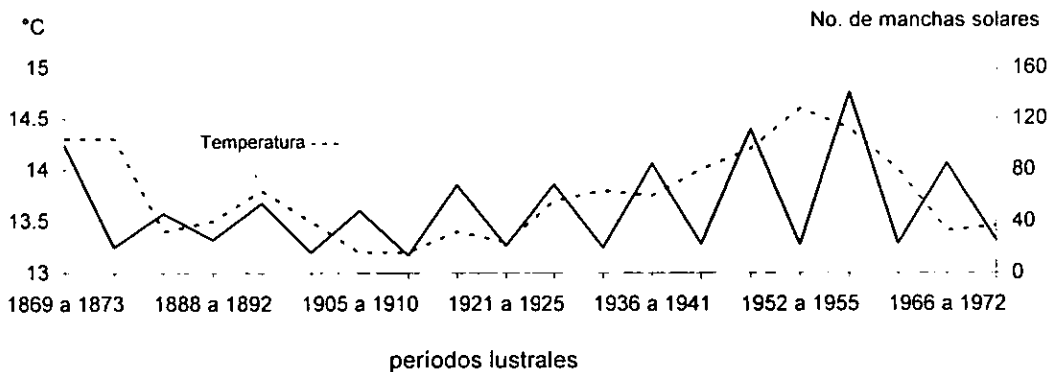
Haparanda, Suiza.



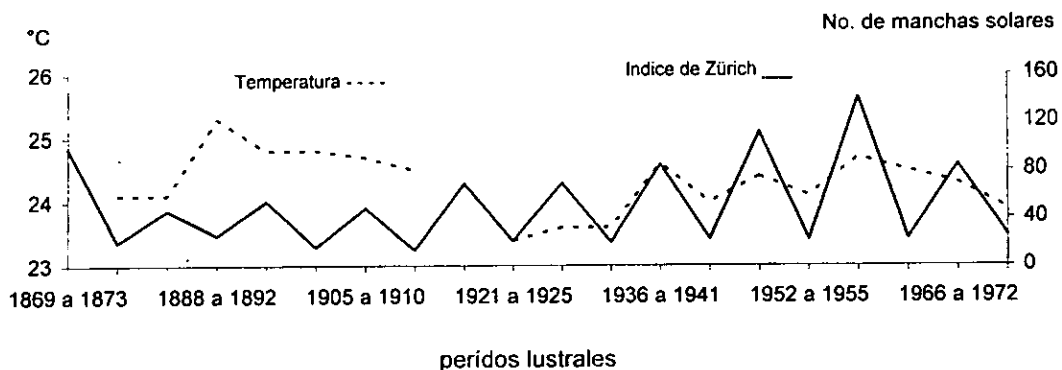
Viena, Austria.



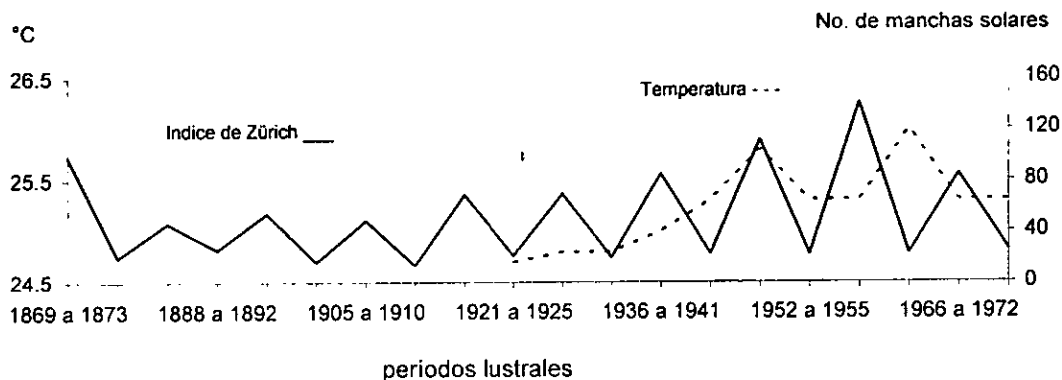
Madrid, España.



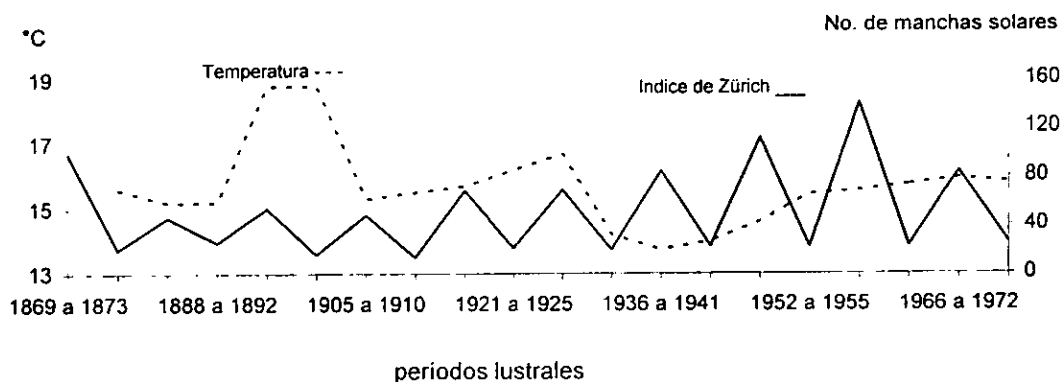
Mazatlán, México.



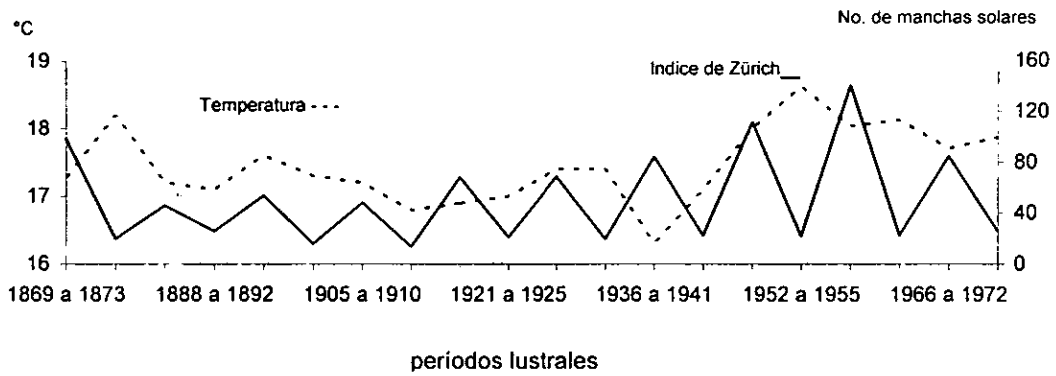
Puerto de Veracruz, México.



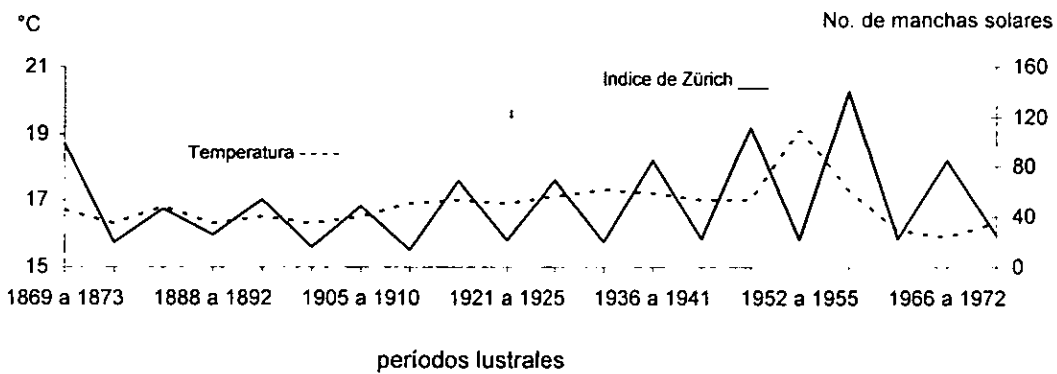
México, Distrito Federal.



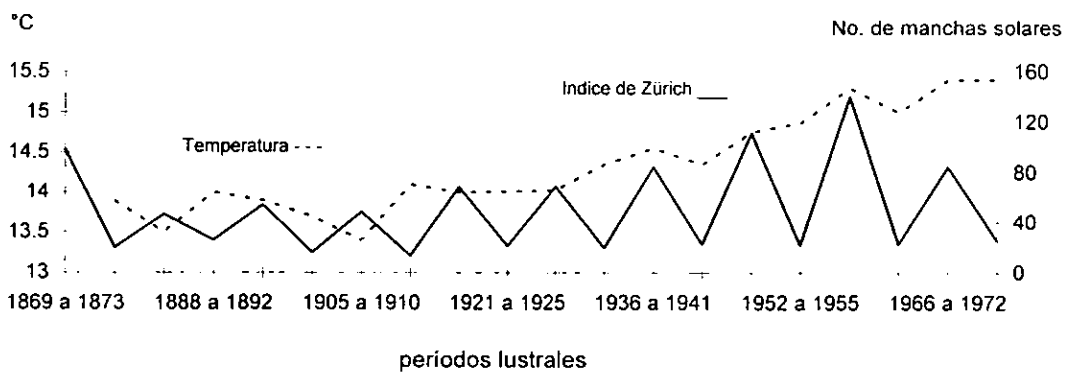
Gibraltar, Inglaterra.



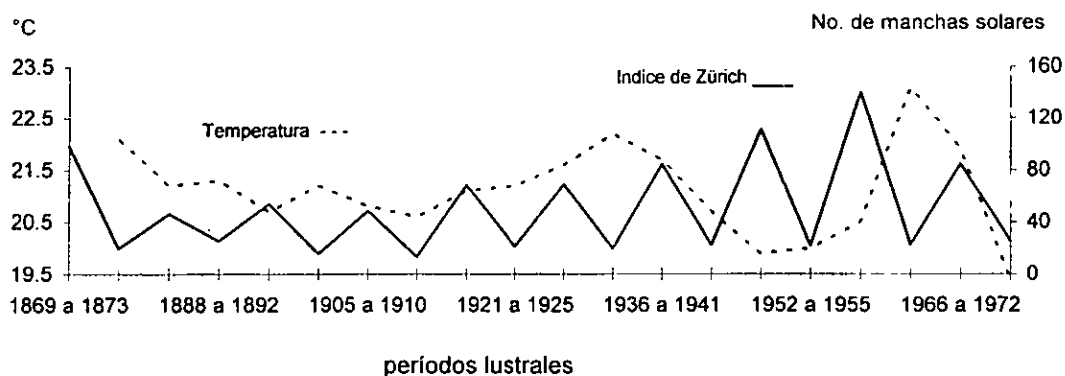
Cape Town, Islas Canarias.



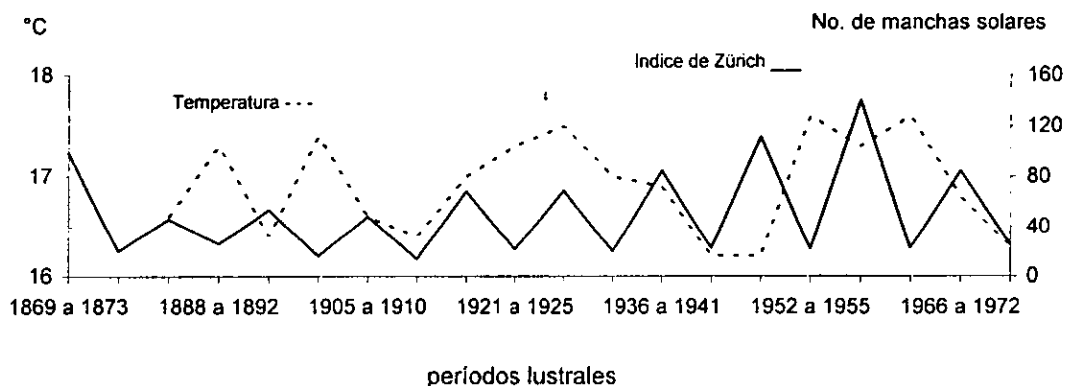
Tokio, Japón.



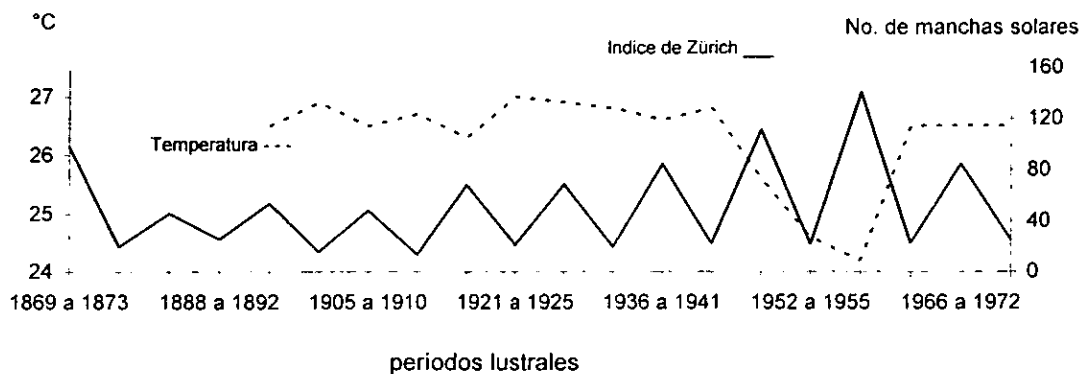
Beirut, Líbano.



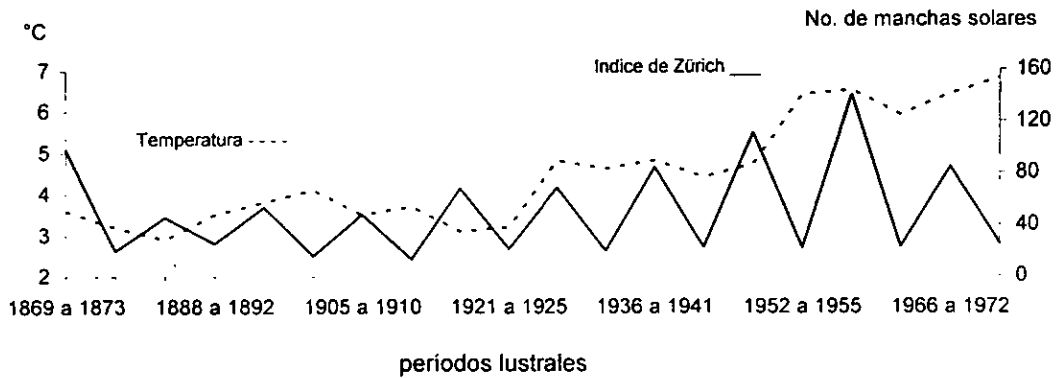
Jerusalem, Israel.



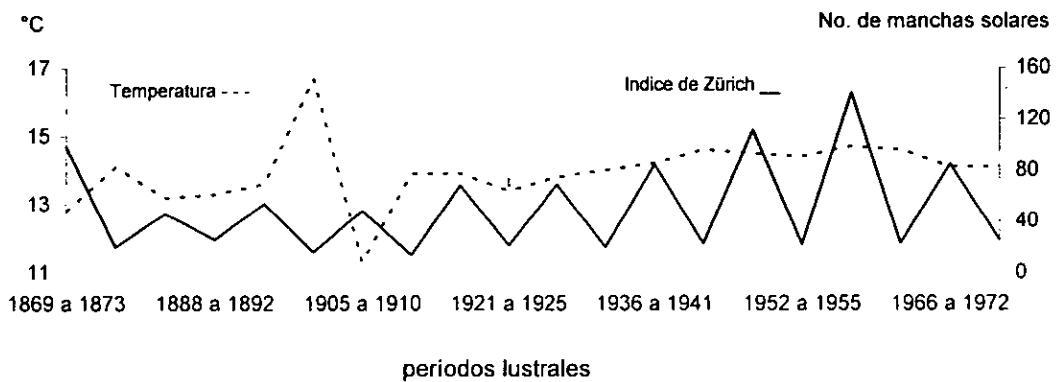
Jask, Irán.



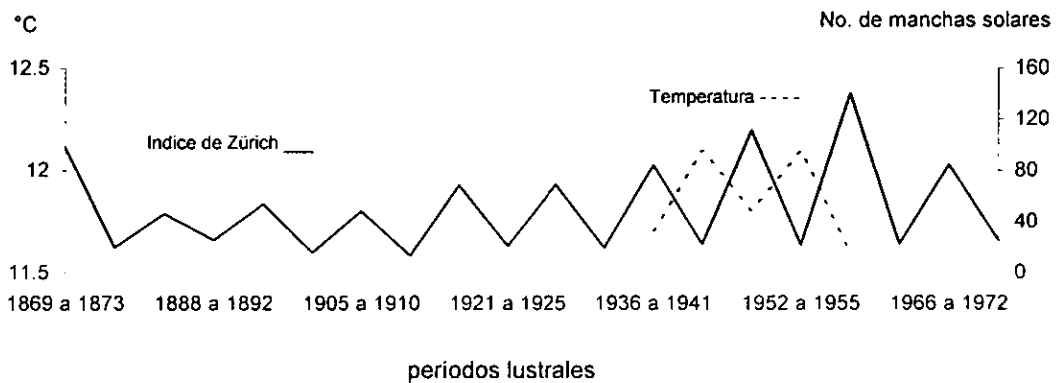
Stykysholm, Islandia.



Santiago de Chile.

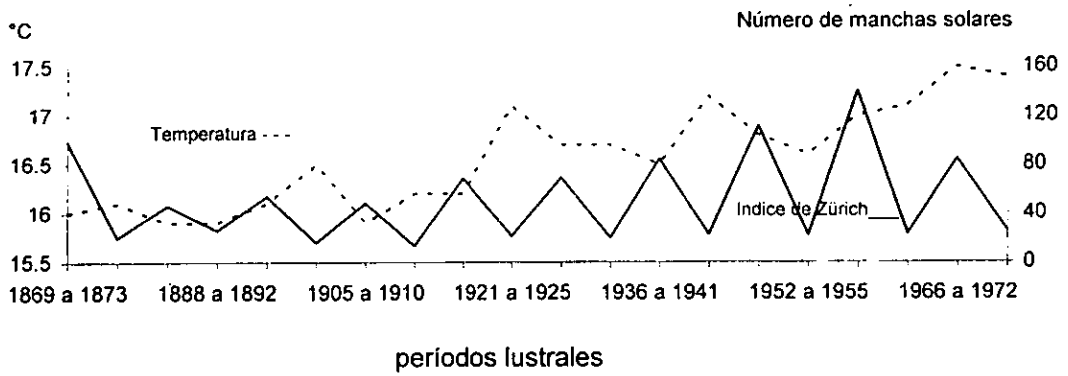


Valdivia, Chile.

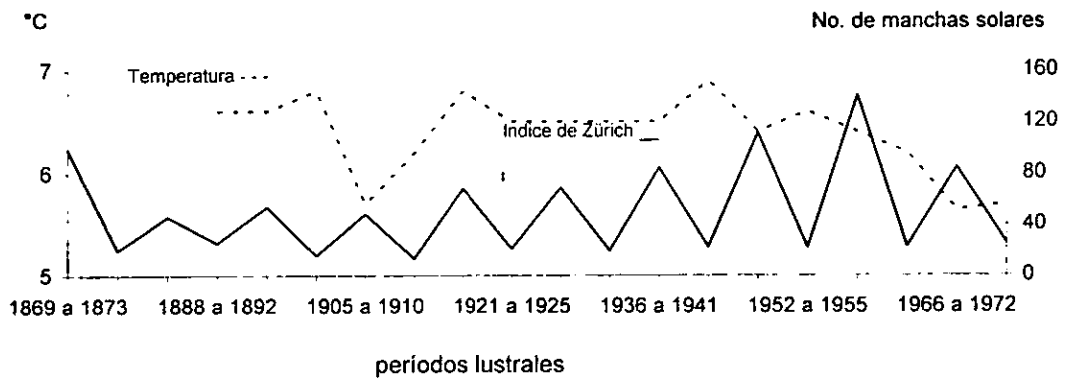




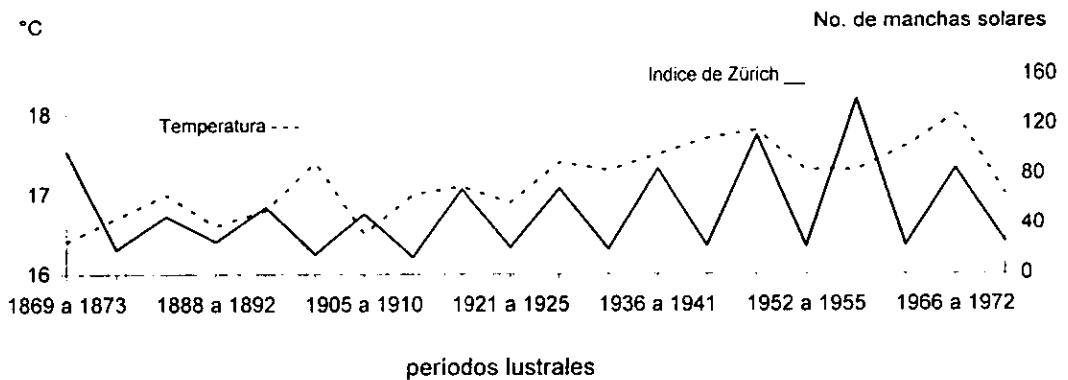
Buenos Aires, Argentina.



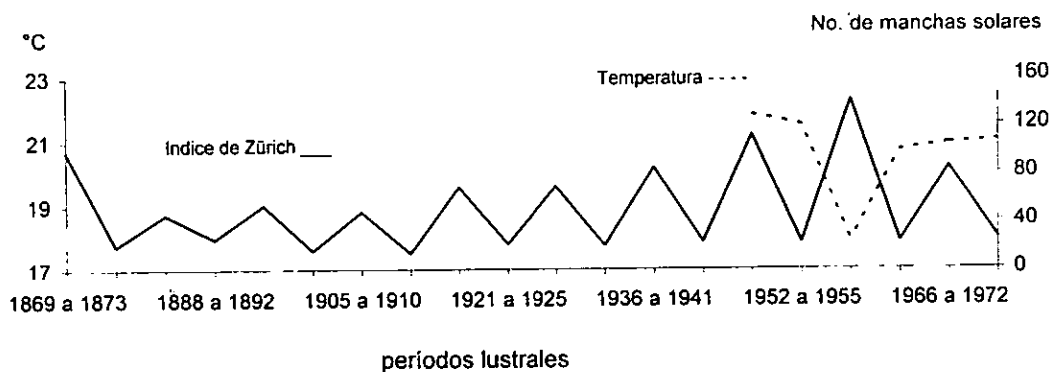
Punta Arenas, Argentina.



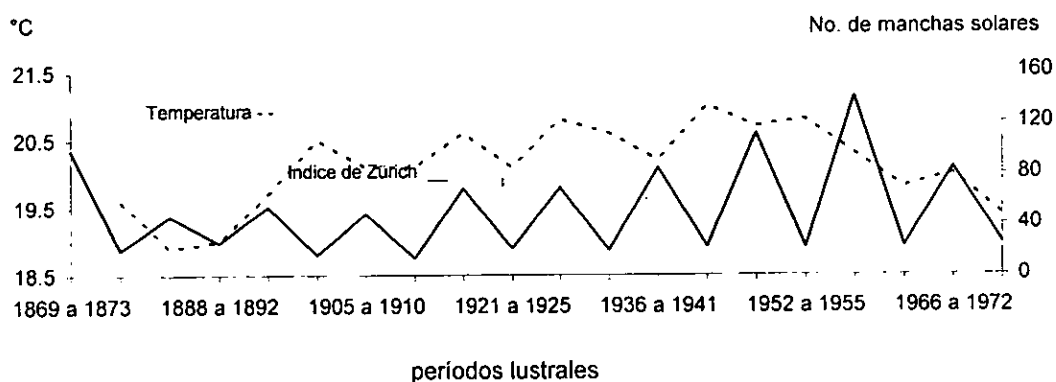
Córdoba, Argentina.



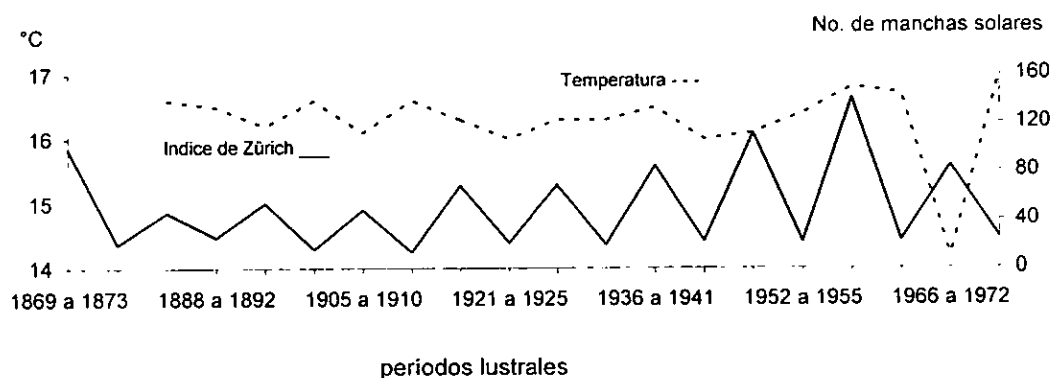
Corrientes, Argentina.



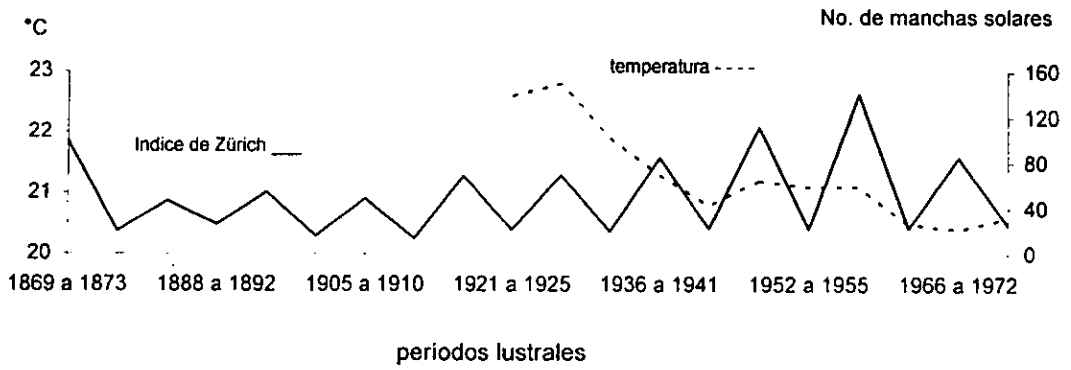
Goya, Argentina.



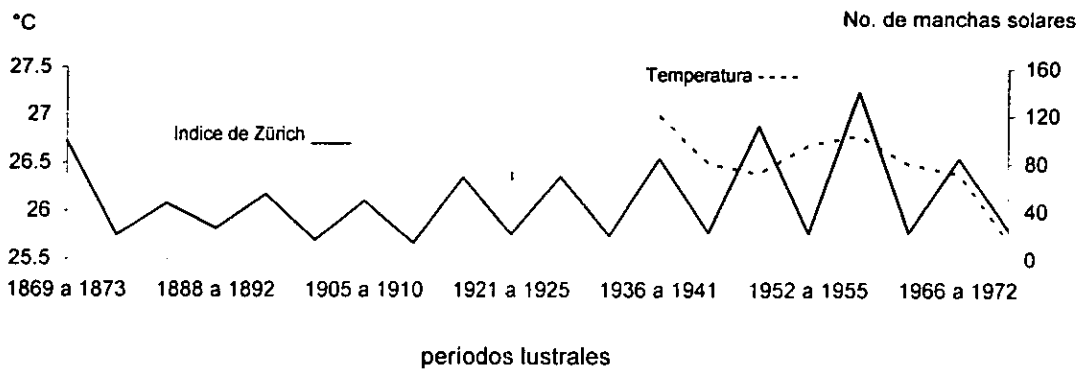
Curitiba, Brasil.



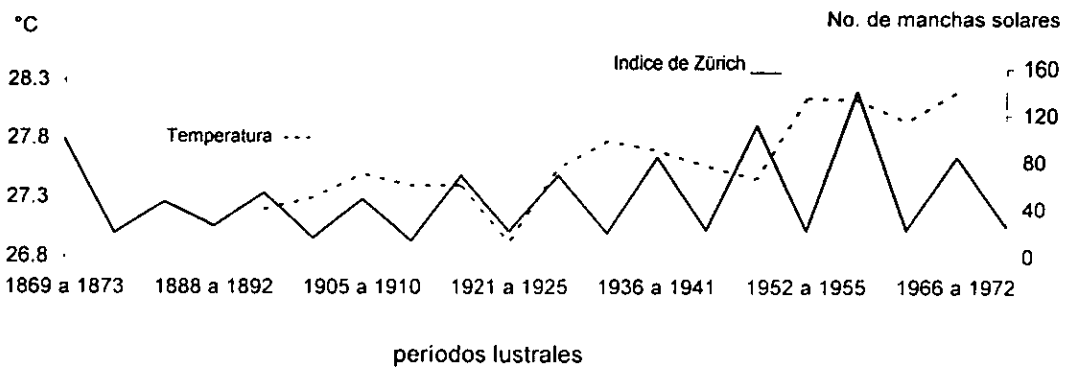
Caeitite, Brasil.



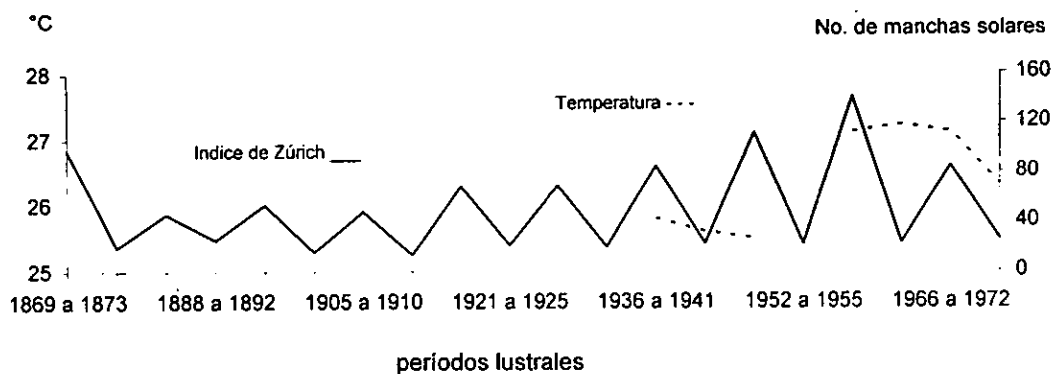
Turiavi, Brasil.



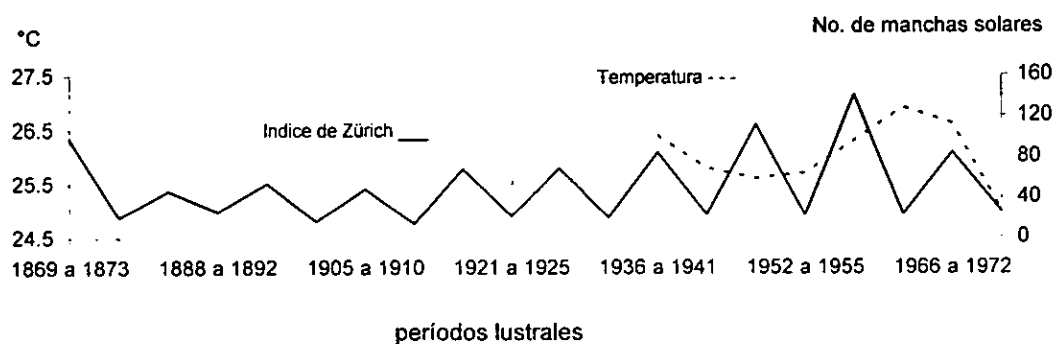
Quixeramobin, Brasil.



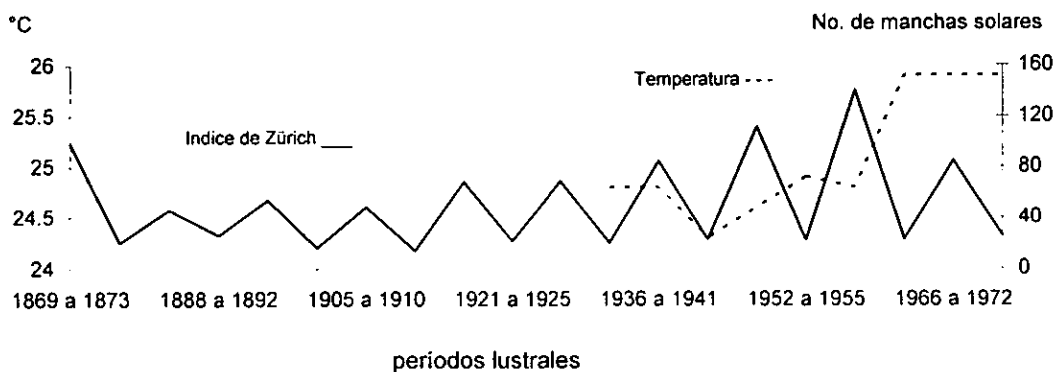
Fernando de Norhona, Brasil.



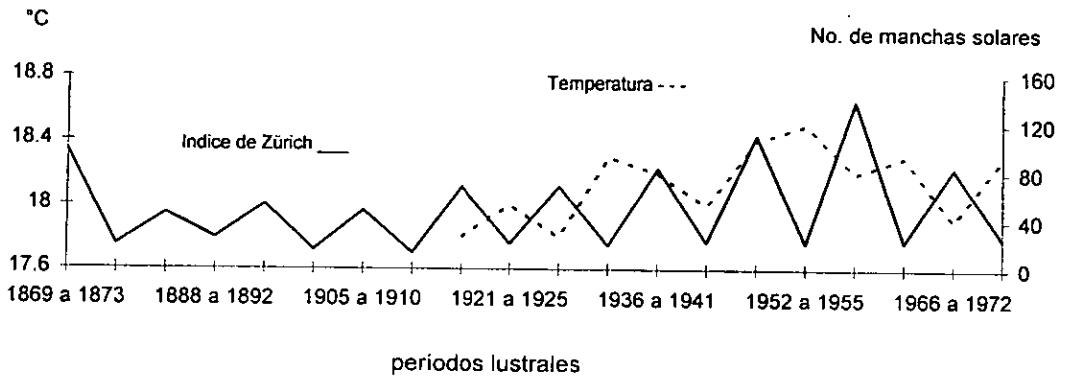
Olinda Recife, Brazil.



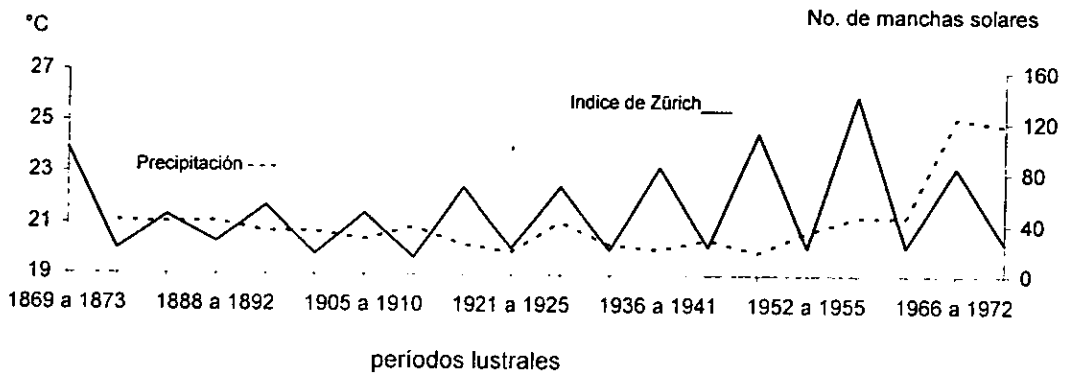
Salvador, Brazil.



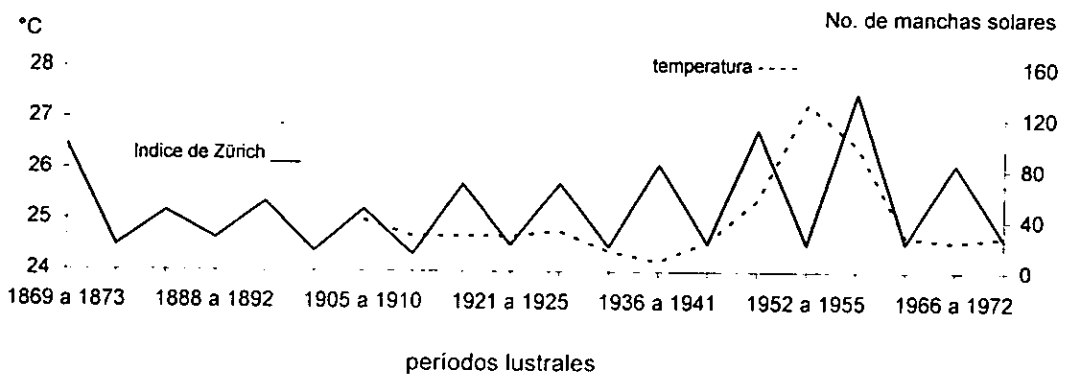
Perth, Australia.



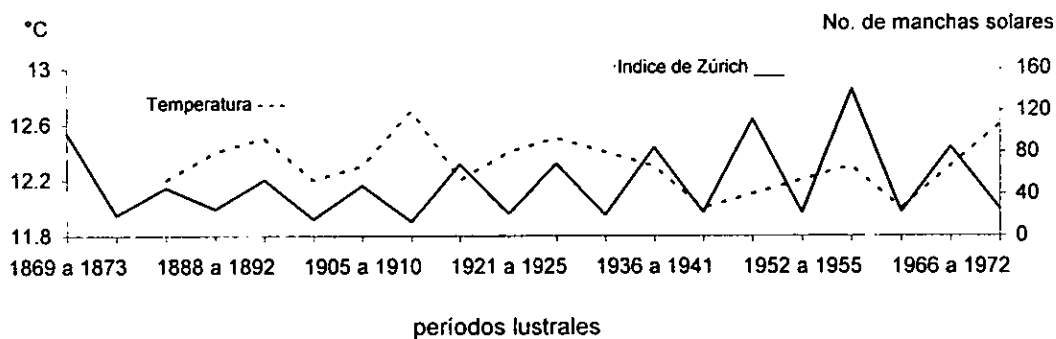
Alice Spring, Australia.



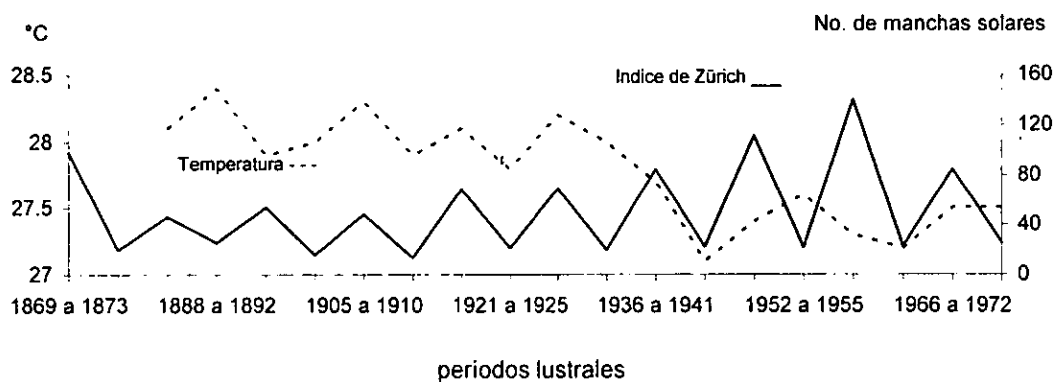
Cairns, Australia.



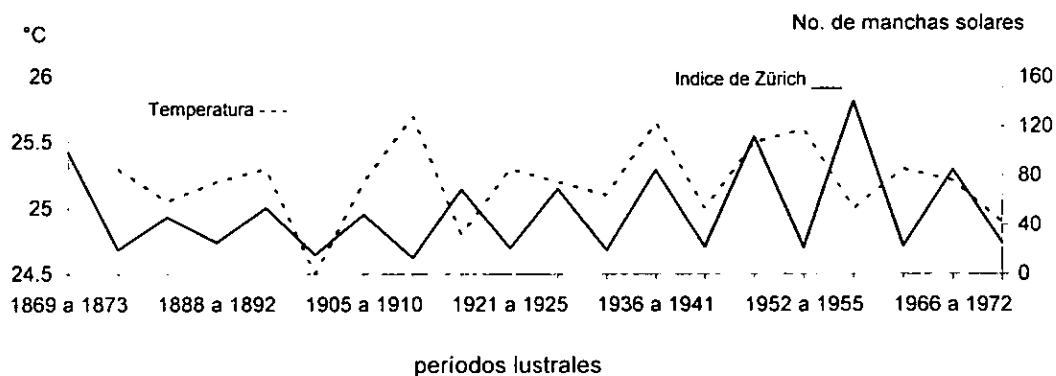
Hobart, Australia.



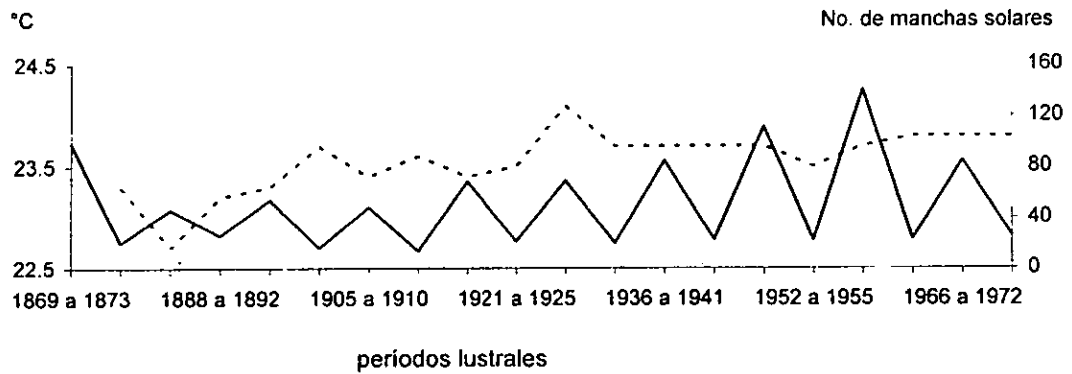
Port Darwin, Australia.



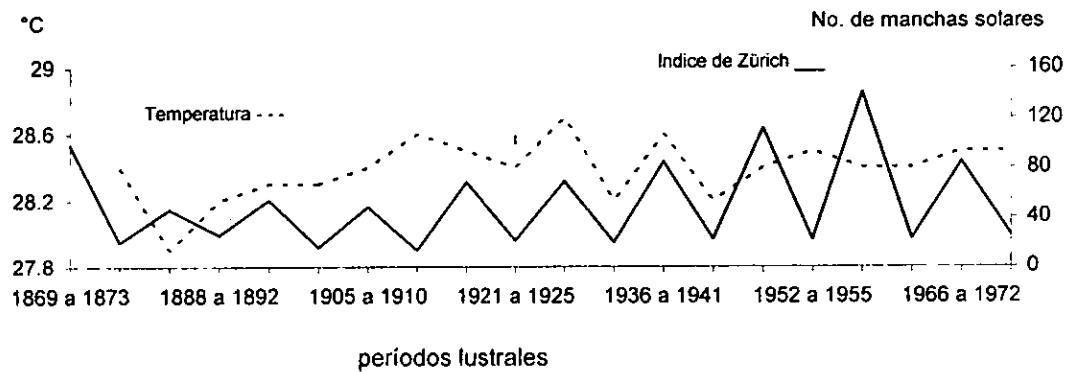
Jaipur, India.



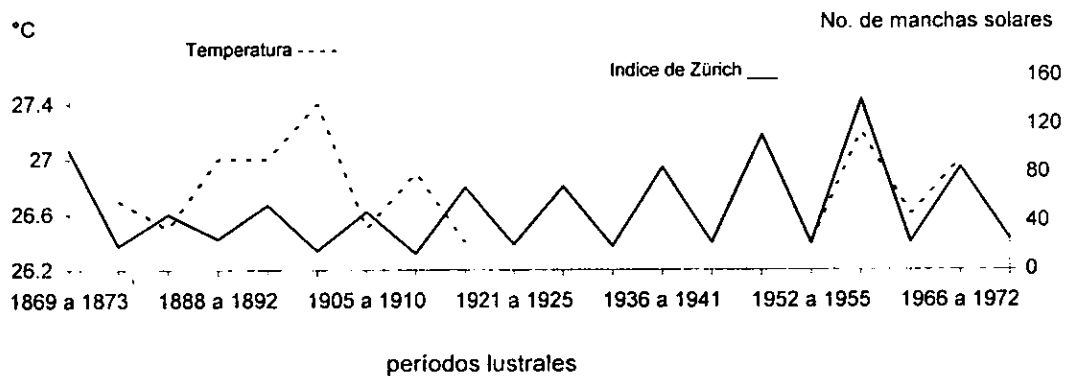
Bangalore, India.



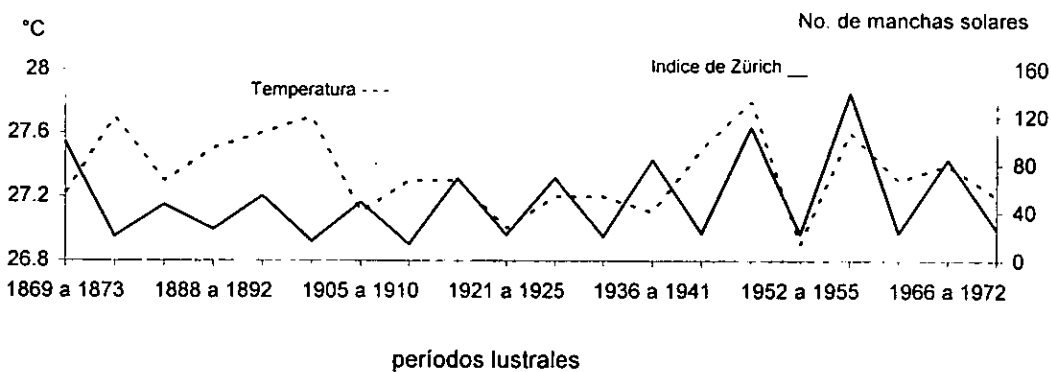
Madras, India.



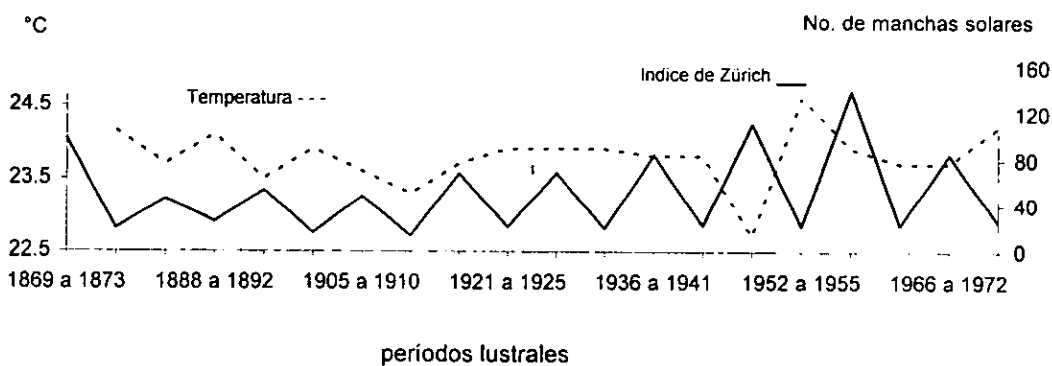
Moulmein, India.



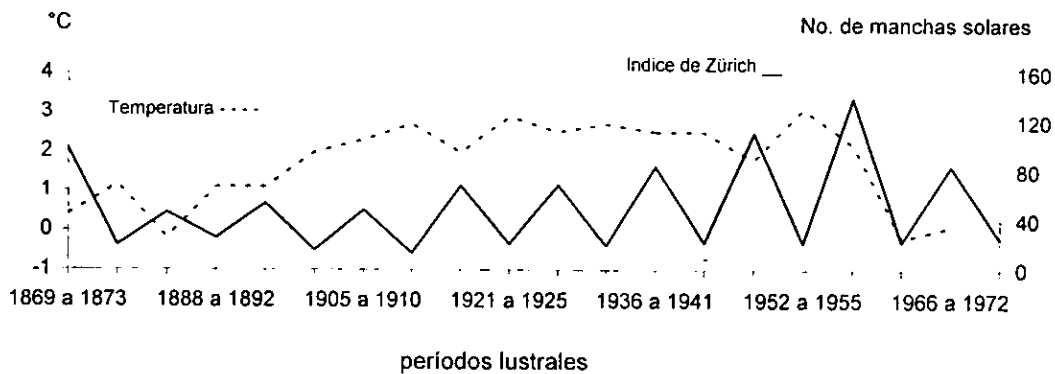
Port Blair, India.



Bushire, Persia.

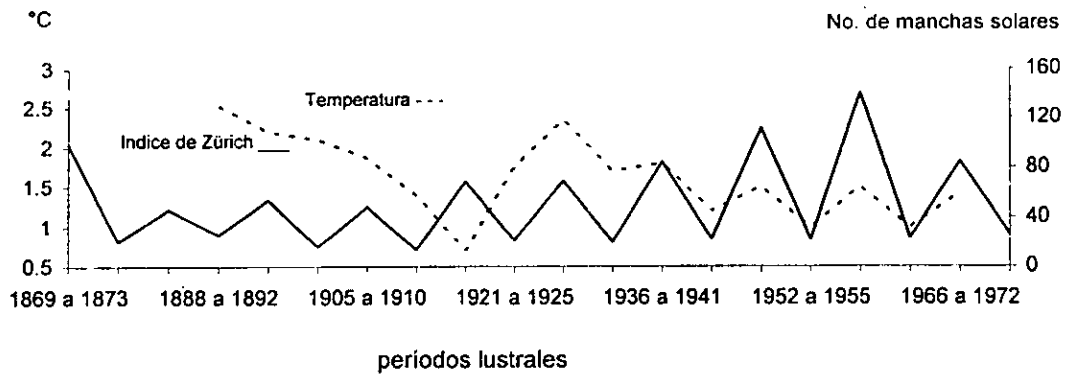


Winnipeg, Canadá.

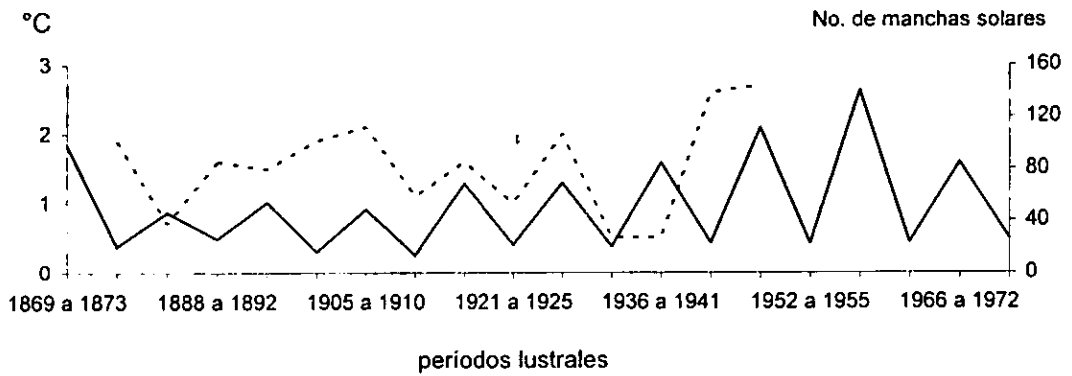




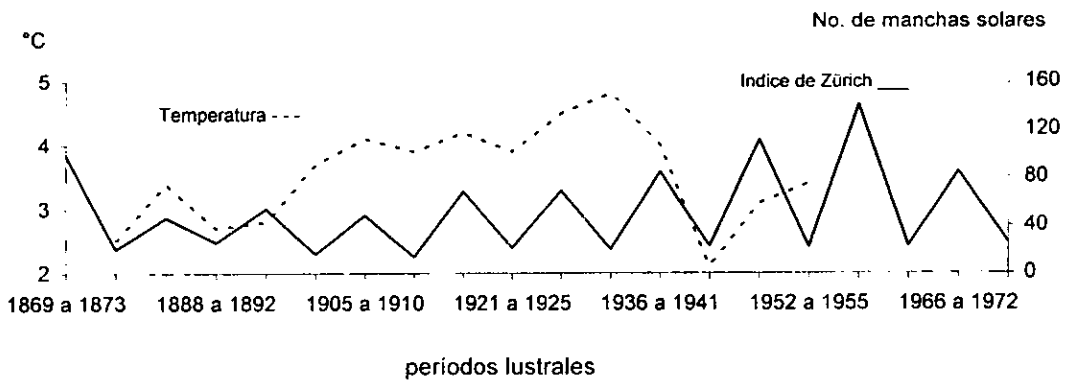
Barkerville, Canadá.



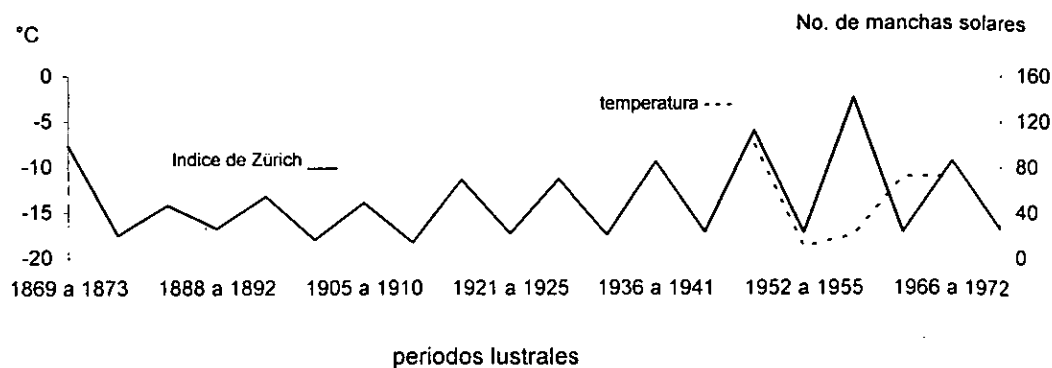
Father Point, Canadá.



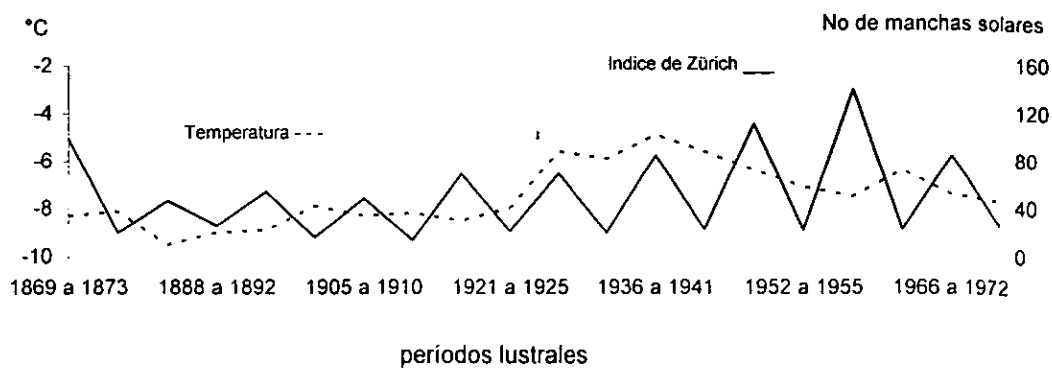
Calgary, Canadá.



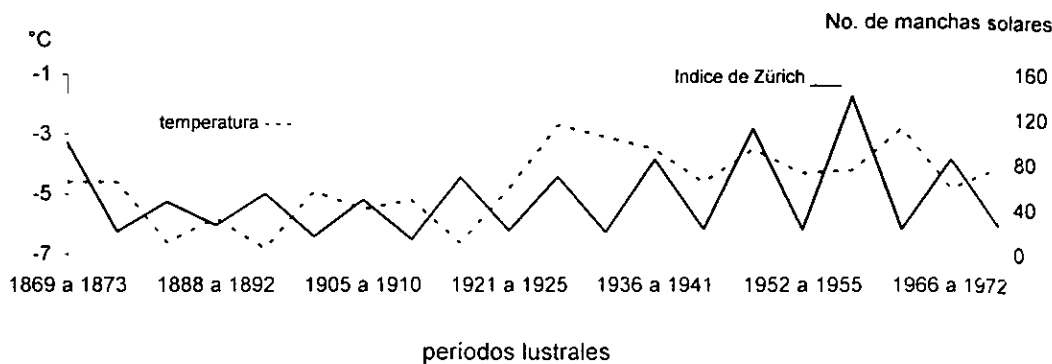
Eureka, Canadá.



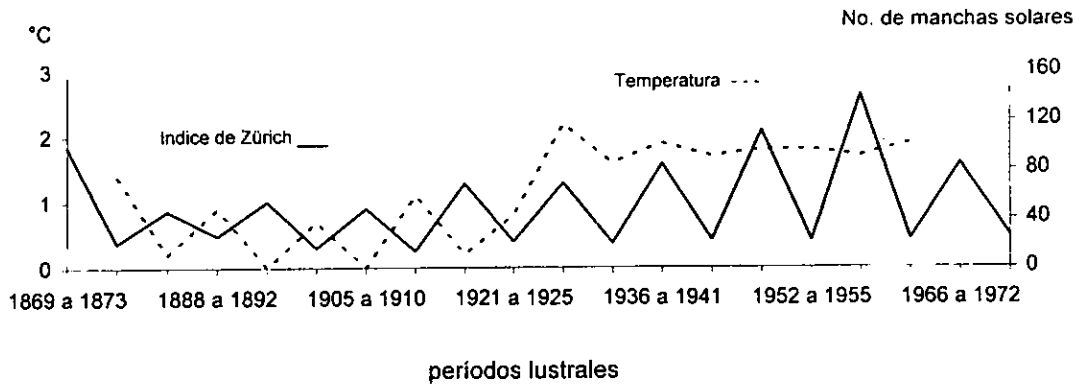
Upernivik, Groenlandia.



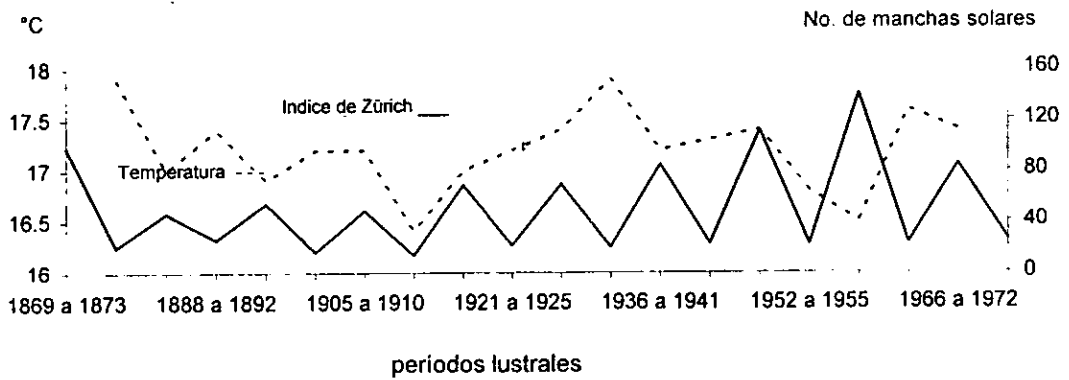
Jakobshavn, Groenlandia.



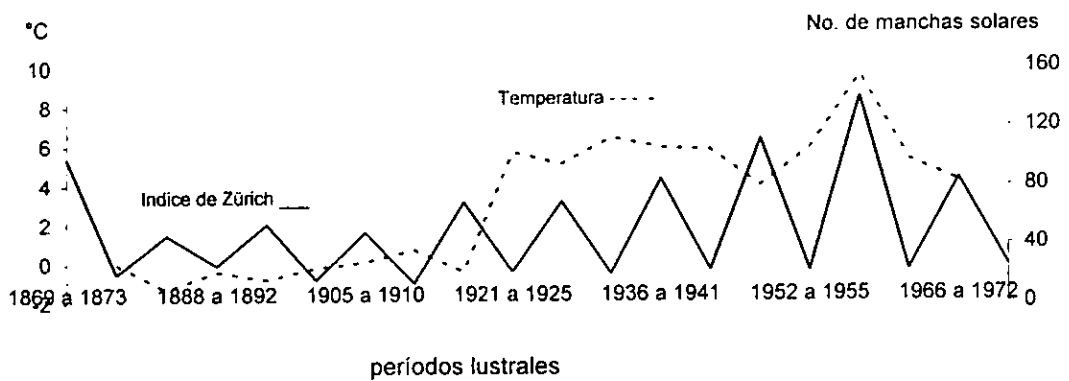
Ivigtut, Groenlandia.



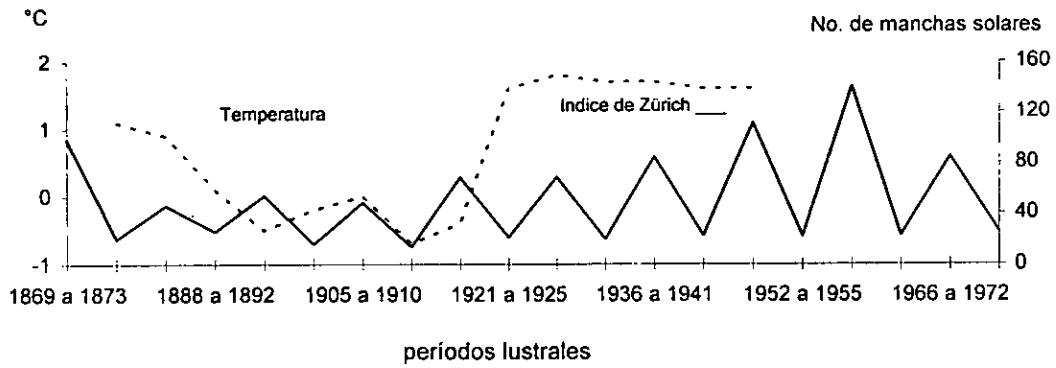
El Paso, Texas, Estados Unidos.



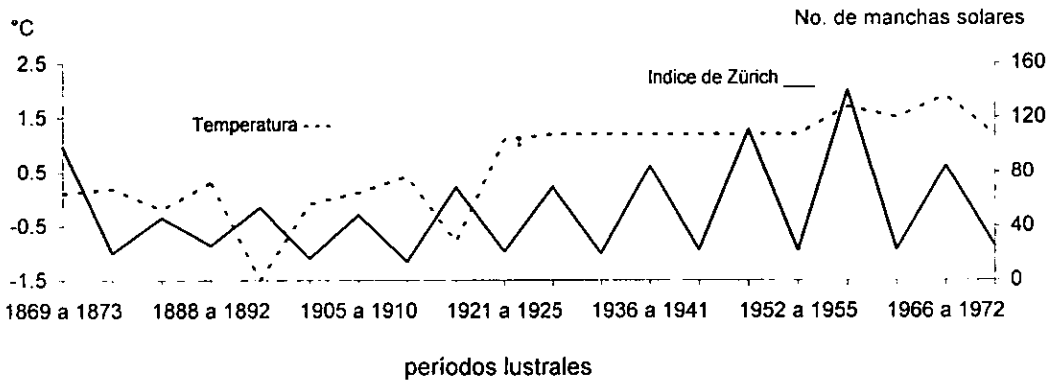
Bismark, Estados Unidos.



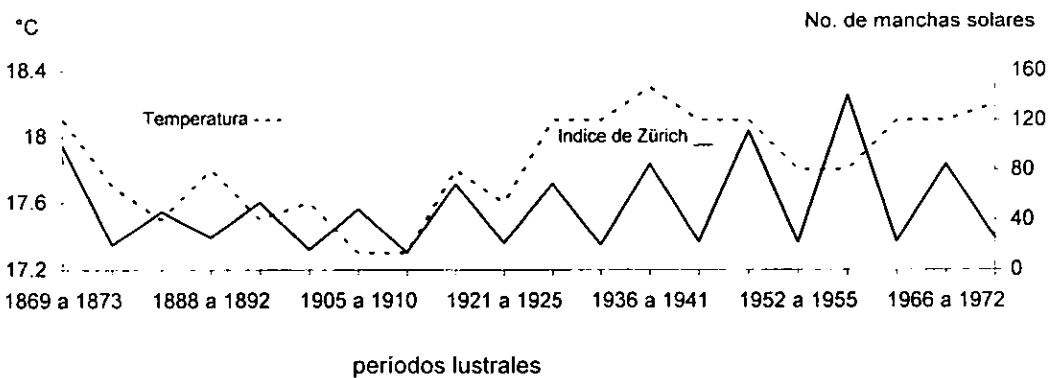
Red Bluff, Estados Unidos.



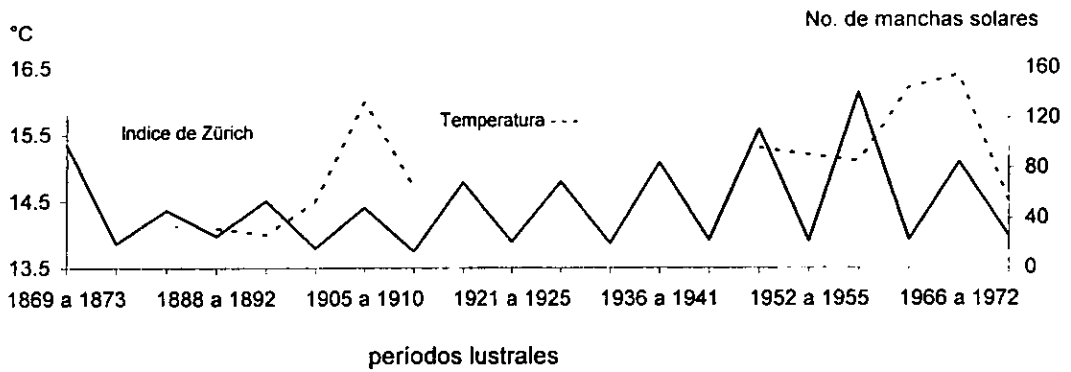
Portland, Estados Unidos.



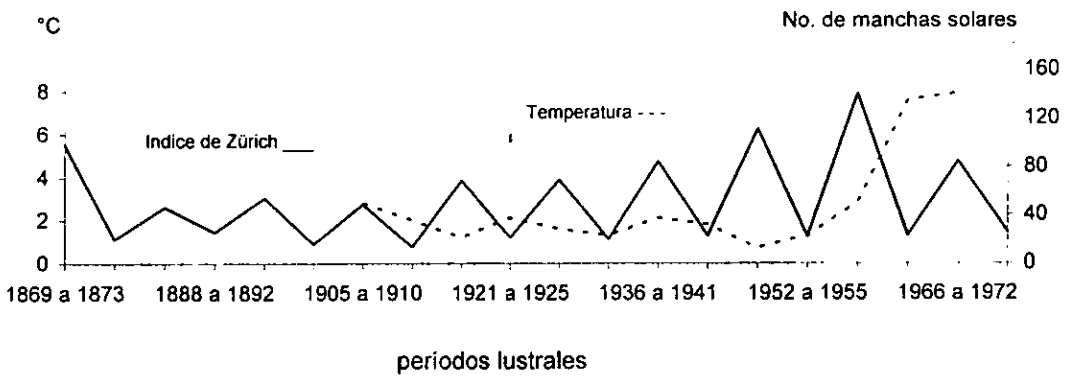
Atenas, Grecia.



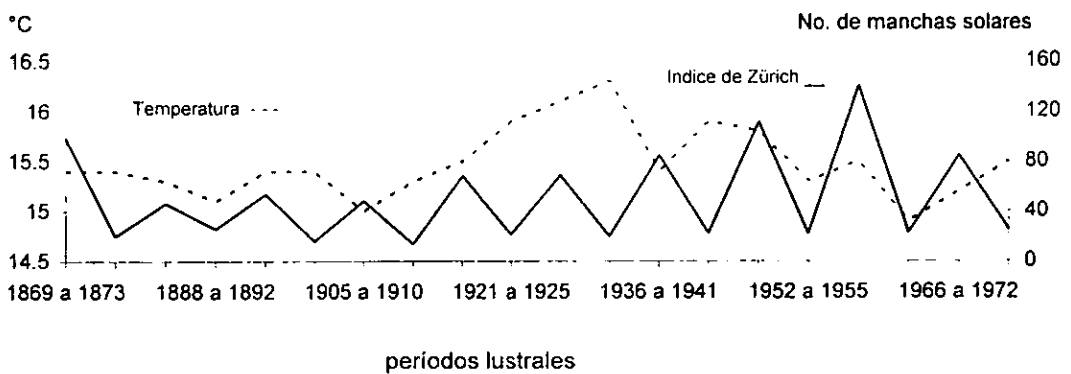
Arequipa, Perú.



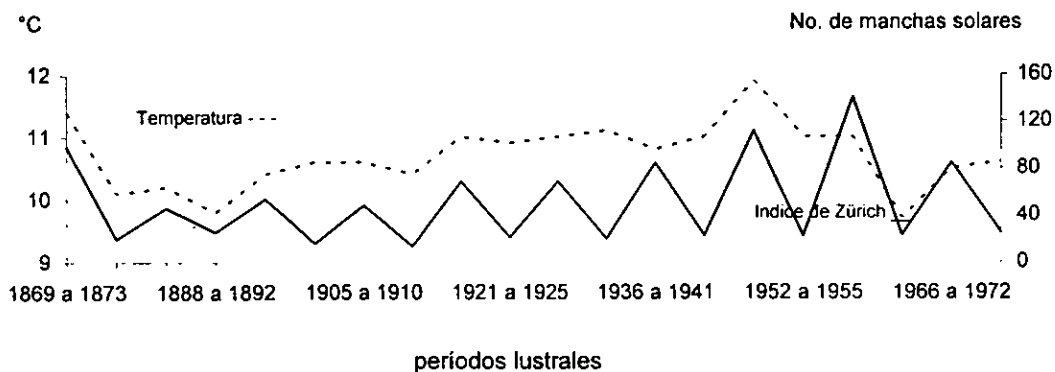
Anchorage, Alaska.



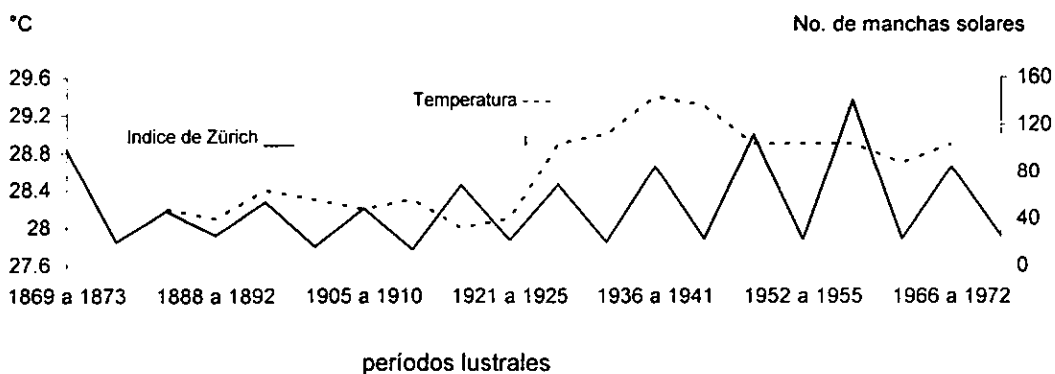
Roma, Italia.



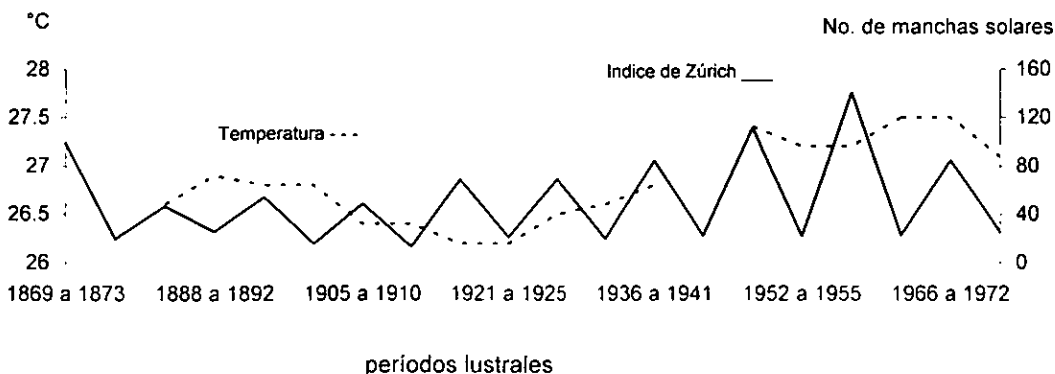
Budapest, Hungría.



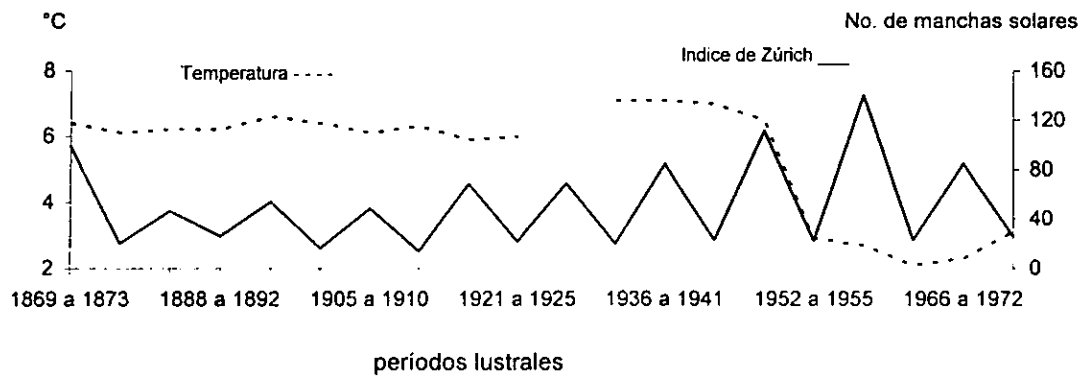
Aden, Arabia.



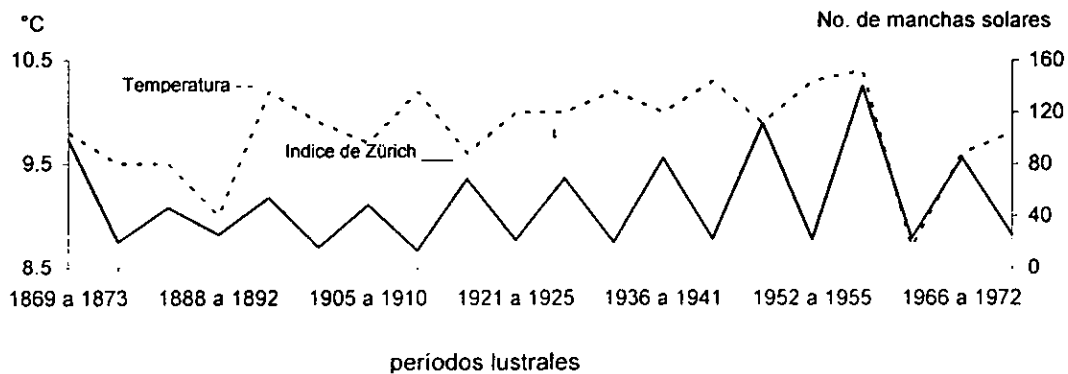
Manila, Filipinas.



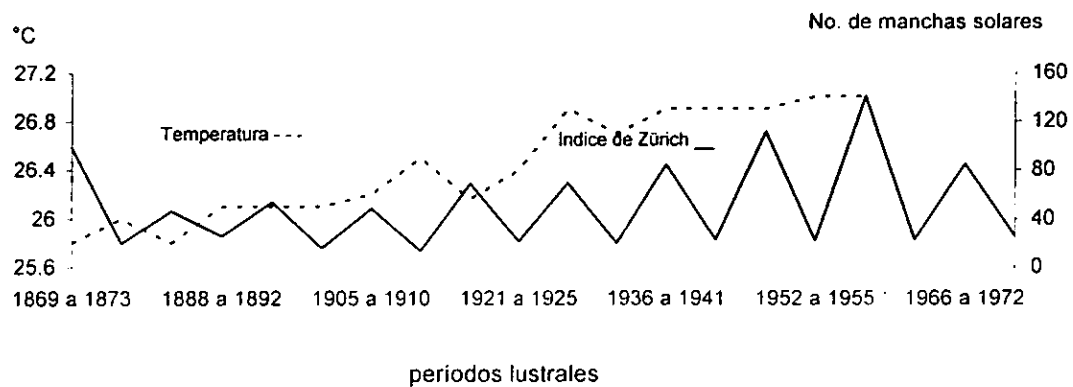
Thornshavn, Hovjig.



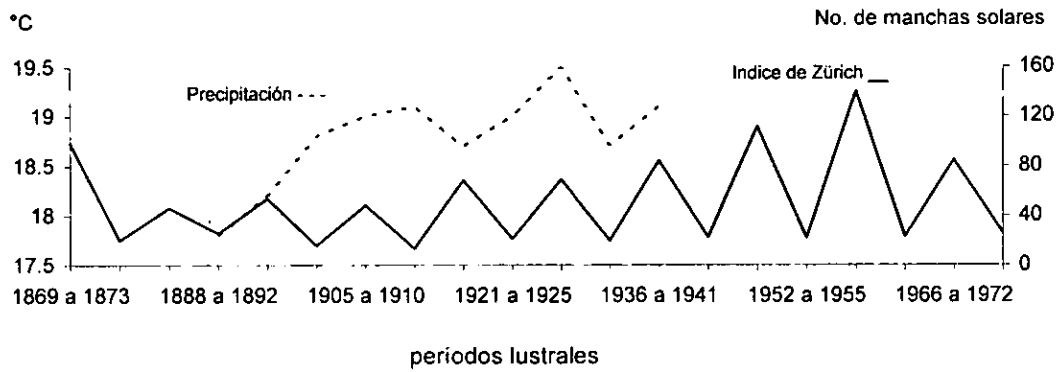
Greenwich, Inglaterra.



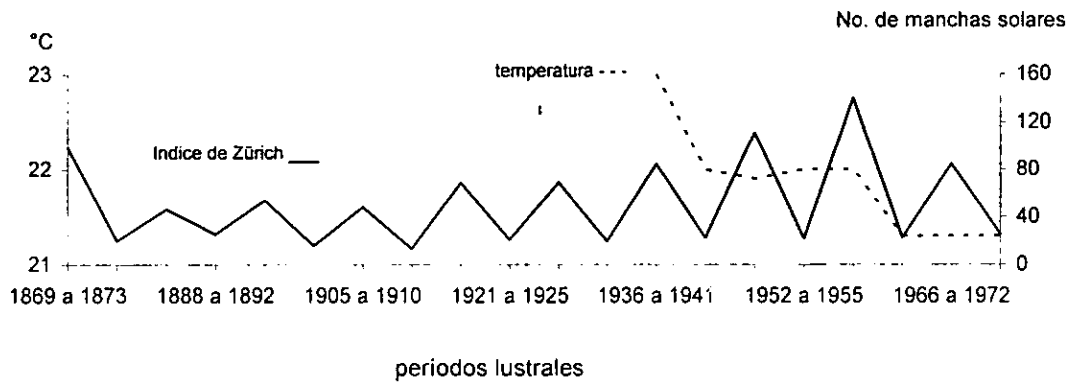
Batavia, Djarta.



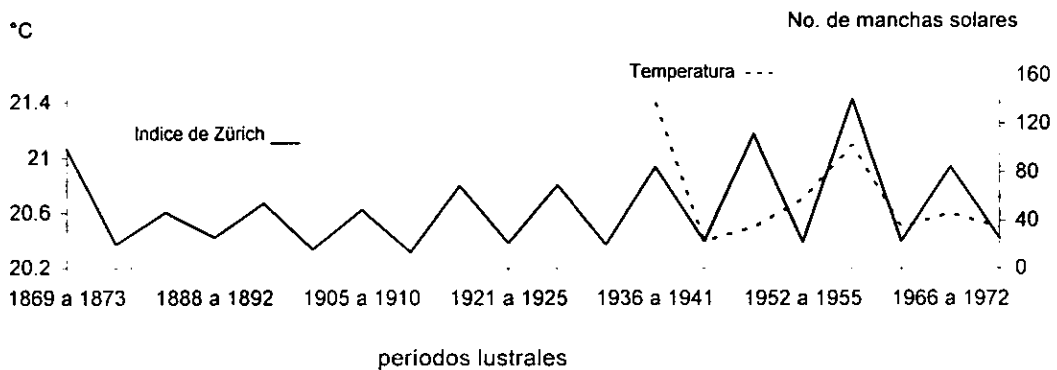
Antananarivo, Madagascar.



Bogotá, Colombia.

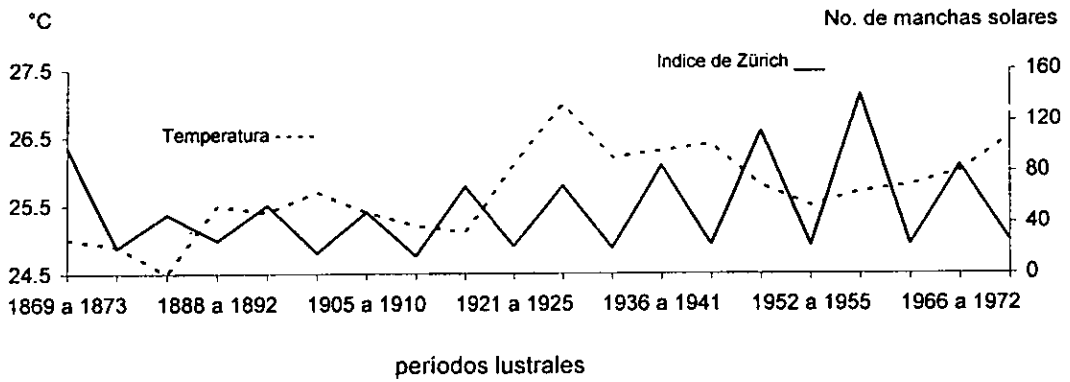


Caracas, Venezuela.

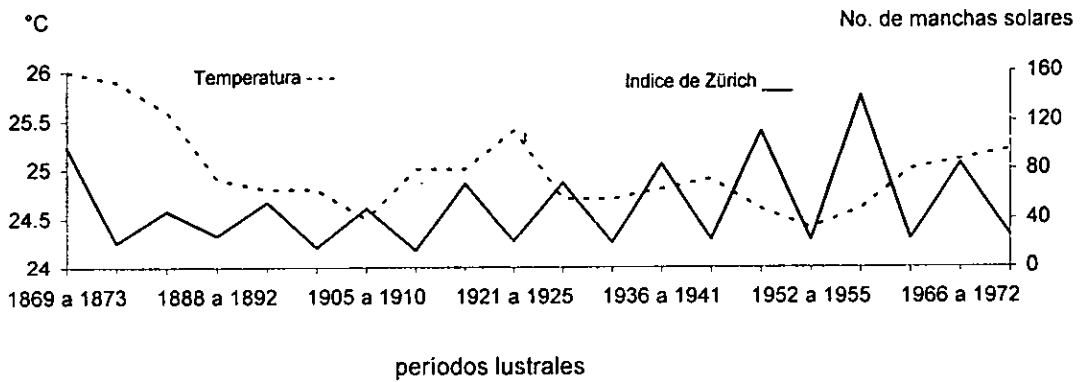




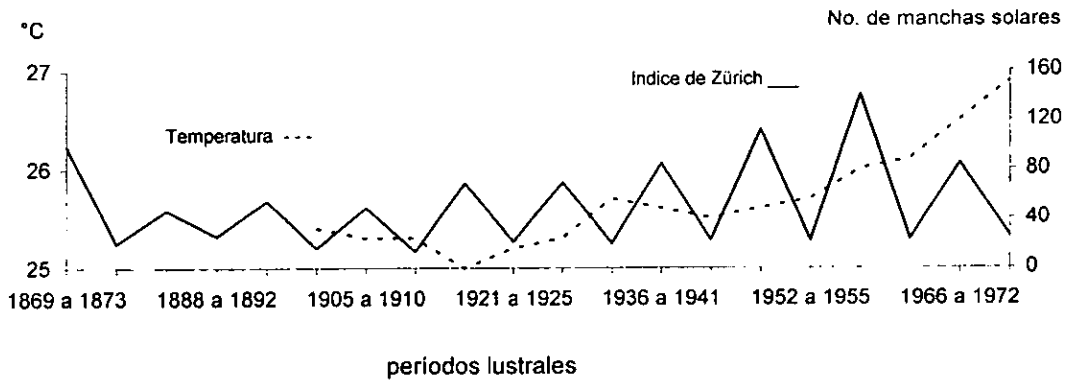
Trinidad, Tobago.



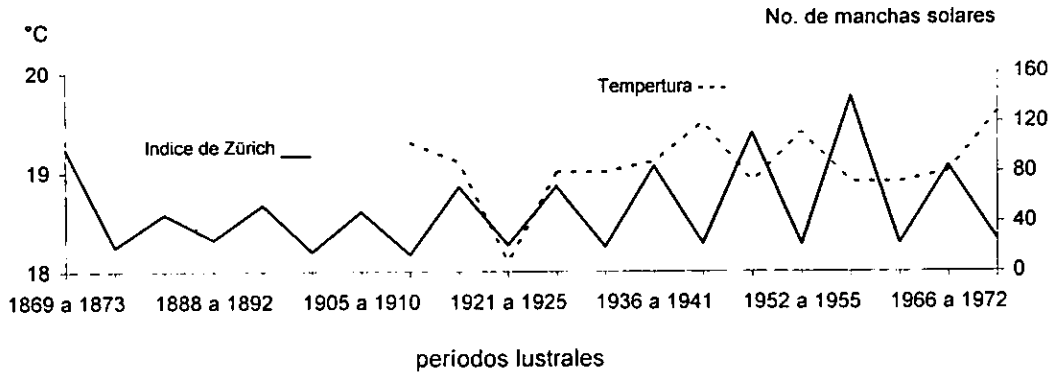
La Habana, Cuba.



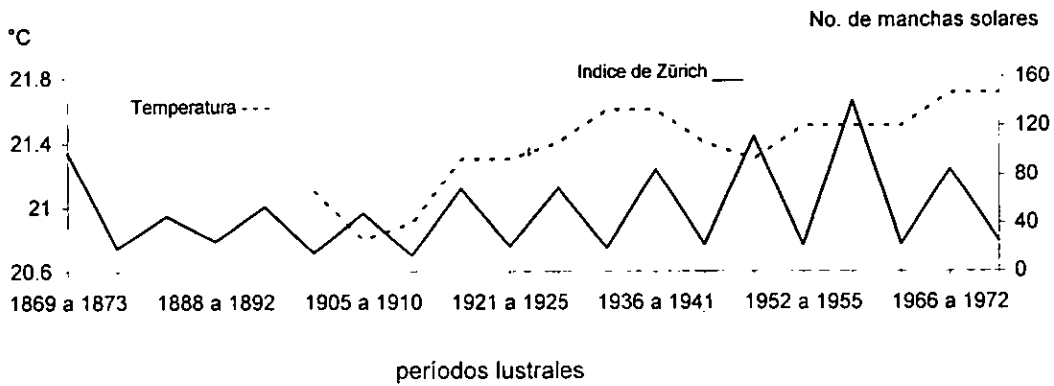
San Juan de Puerto Rico.



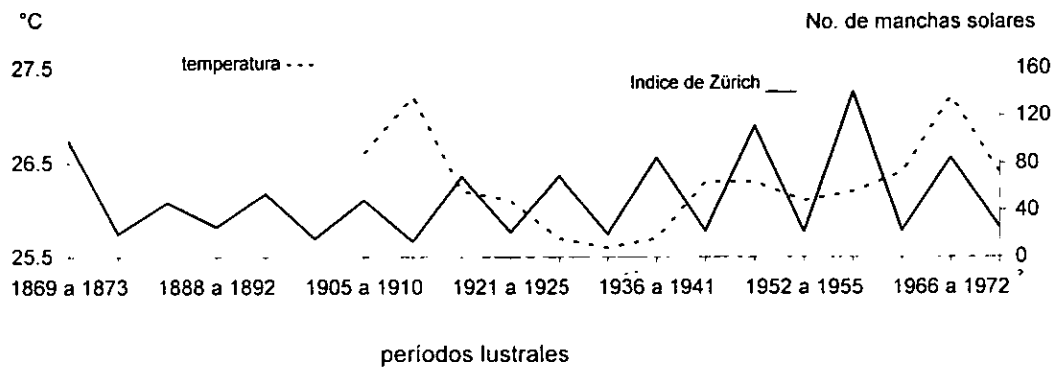
Lord Howe Island.



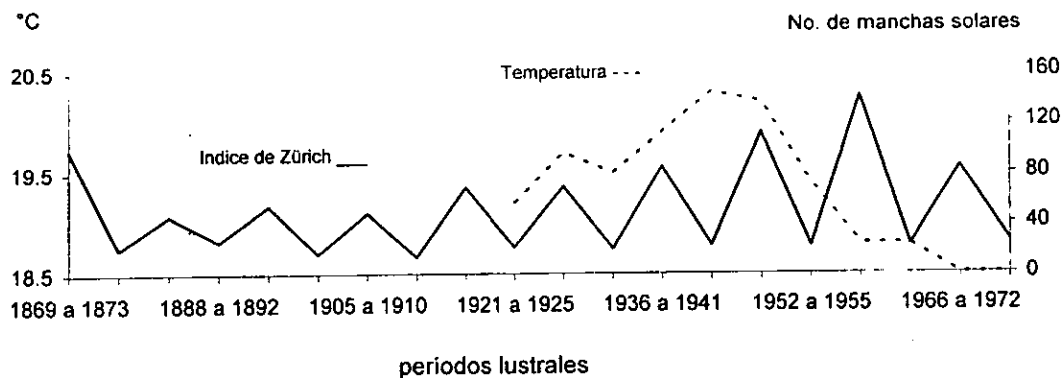
Entebbe, Uganda.



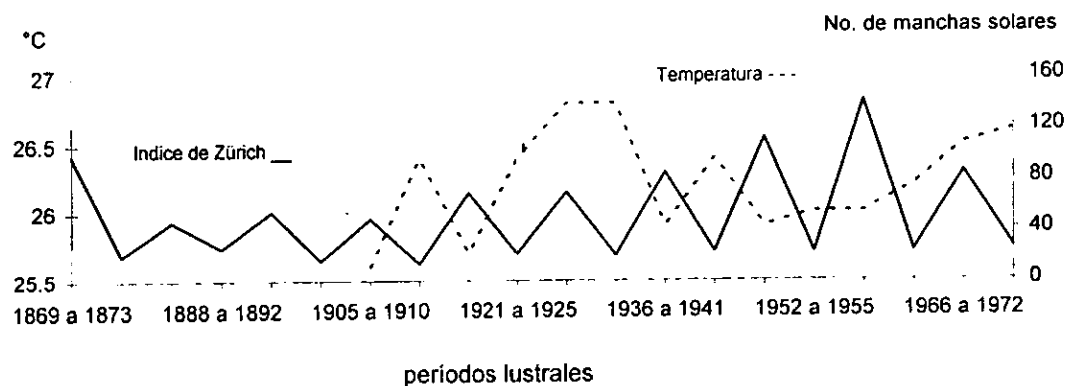
Calabar, Africa.



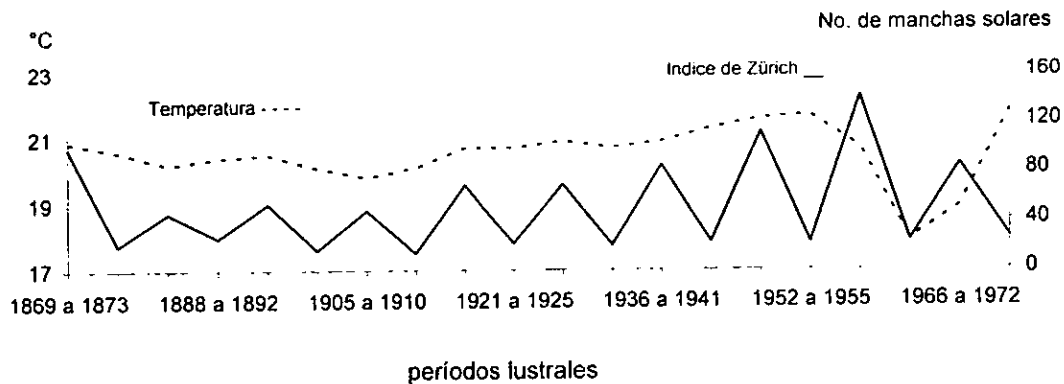
Freetown, Sierra Leona.



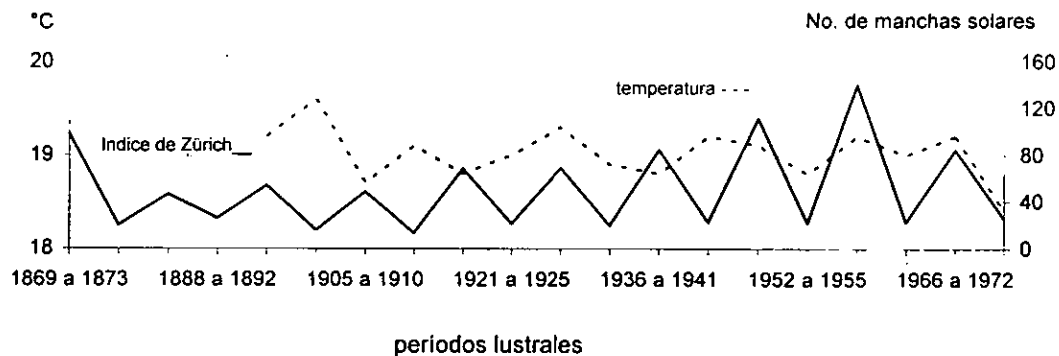
El Kano, Africa.



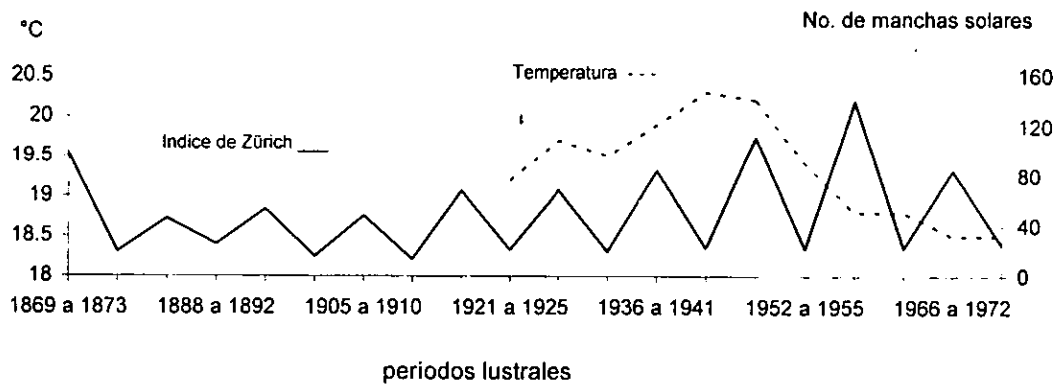
El Cairo, Egipto.



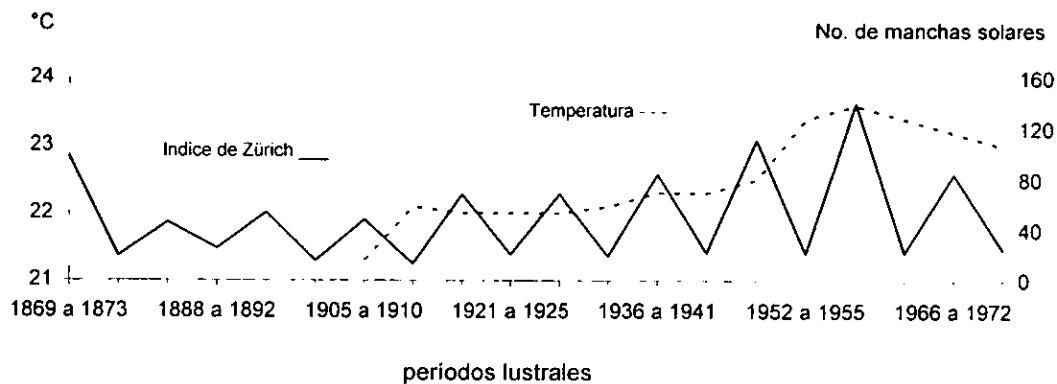
Búlawayo, Rodesia.



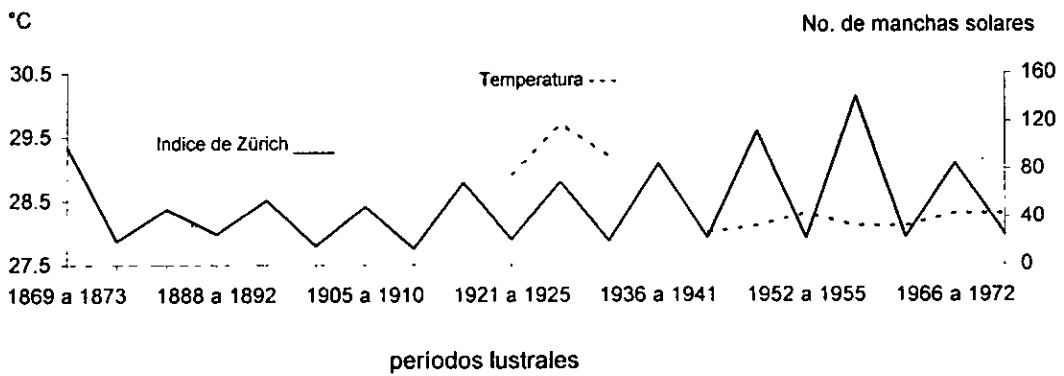
Marruecos, Africa.



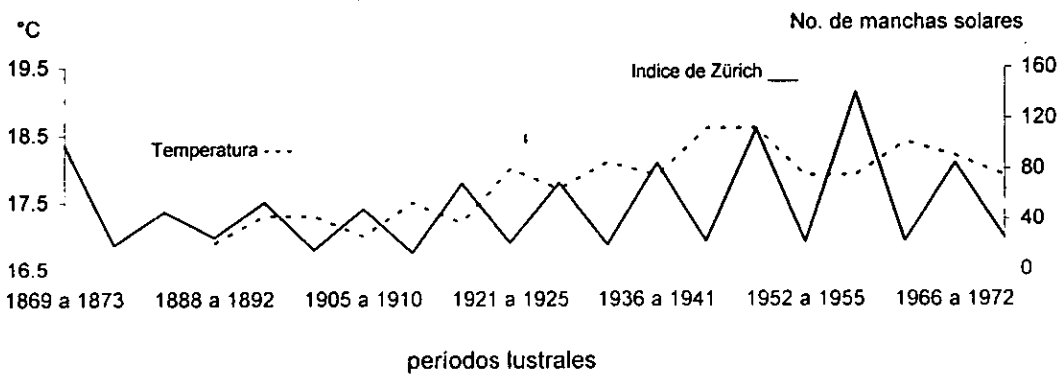
Lorenzo Marquez, Africa.



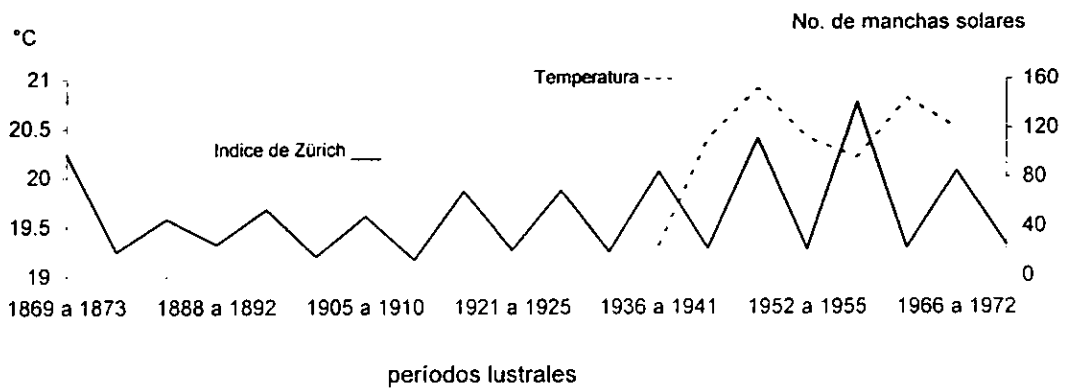
Puerto Sudán, Africa.



Túnez, Africa.

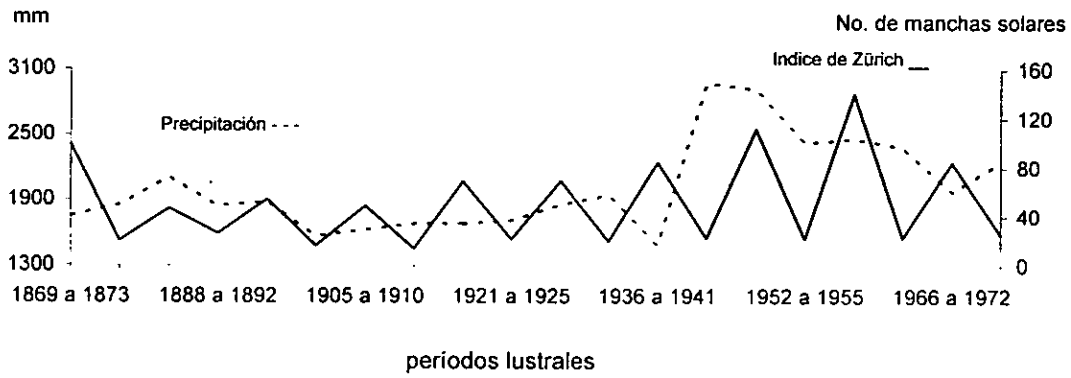


Mocamedes, Africa.

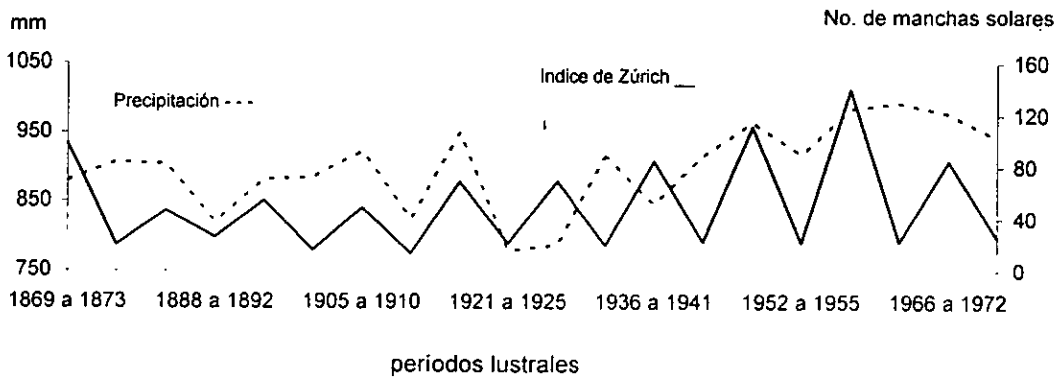


### Figuras de Precipitación e Índice de Zürich.

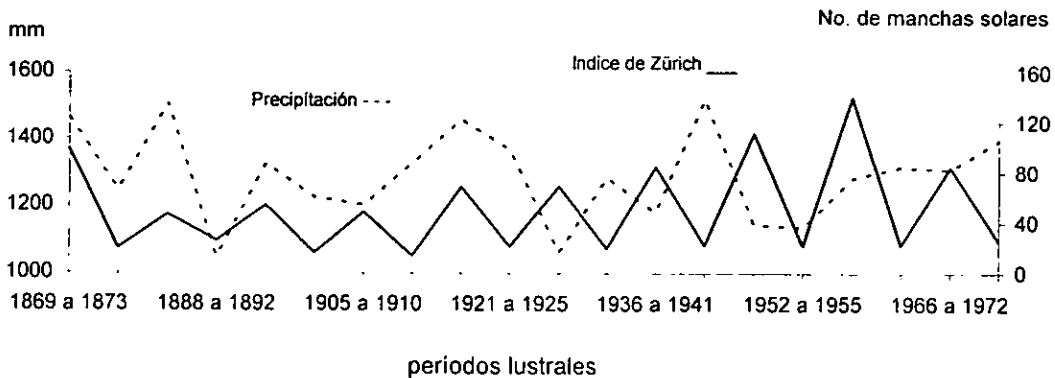
Bombay, India.



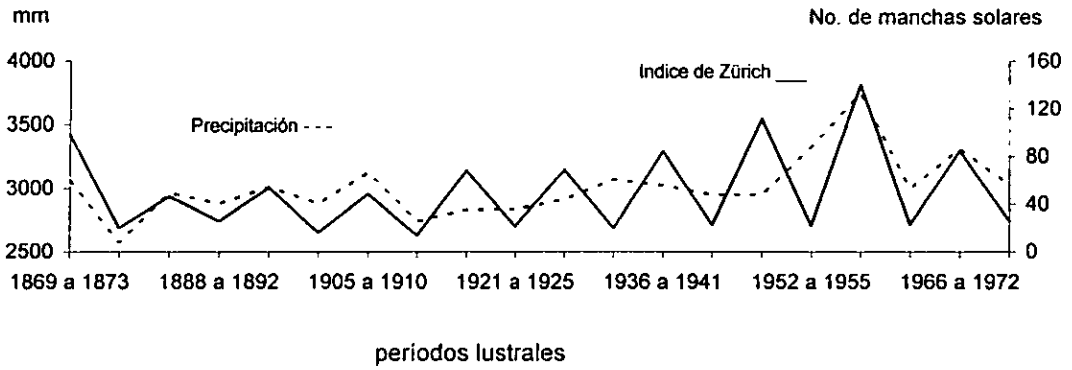
Bangalore, India.



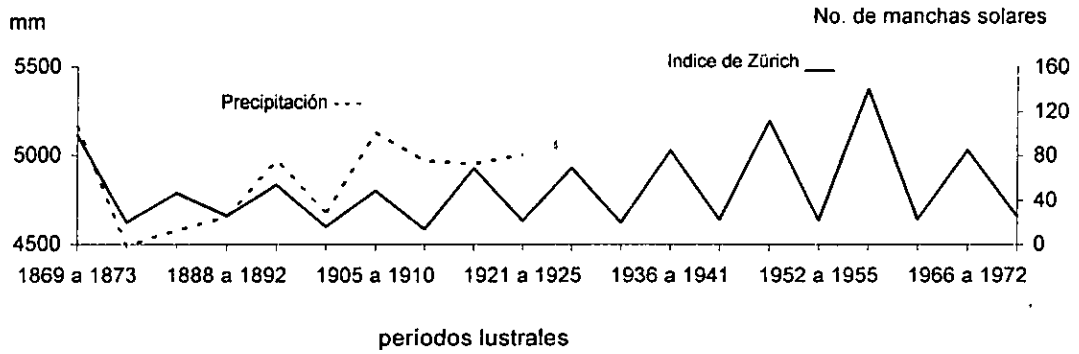
Madras, India.



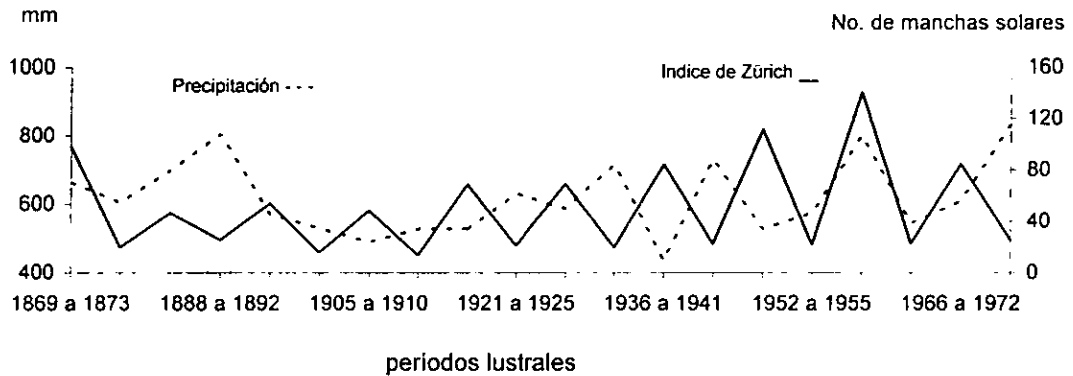
Port Blair, India.



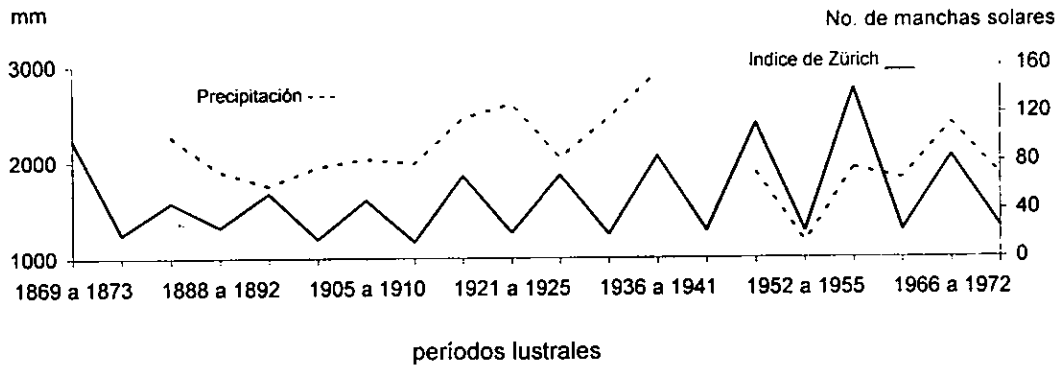
Moulmein, India.



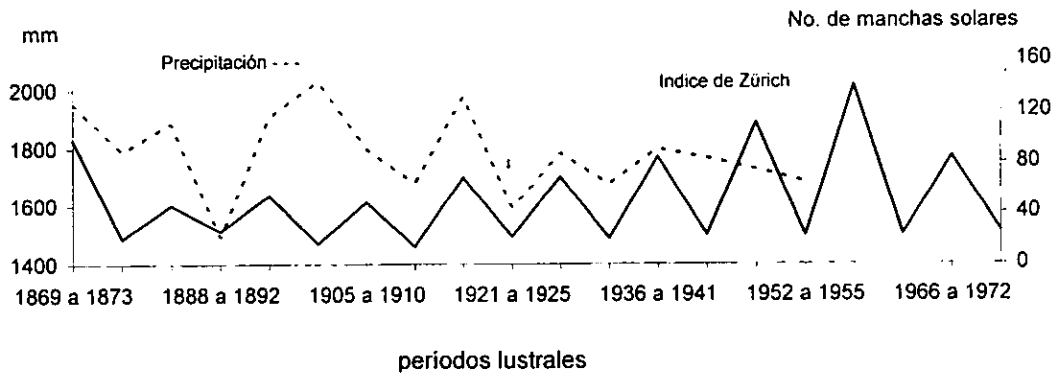
Jaipur, India.



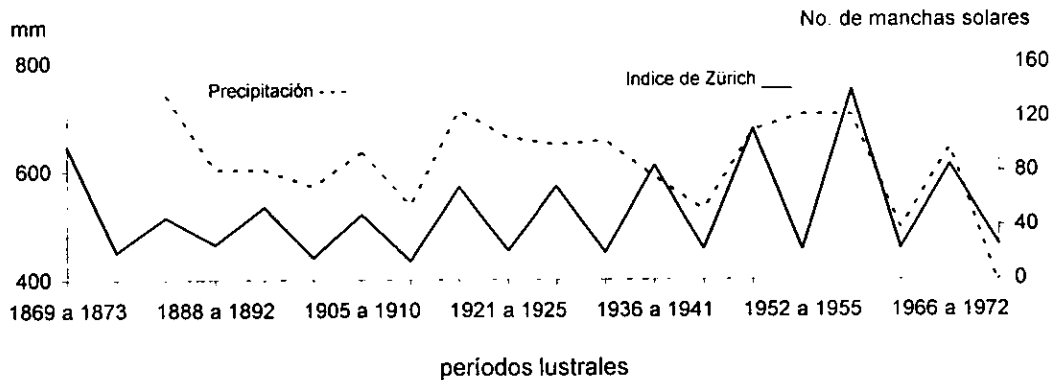
Manila, Filipinas.



Batavia, Djarta.

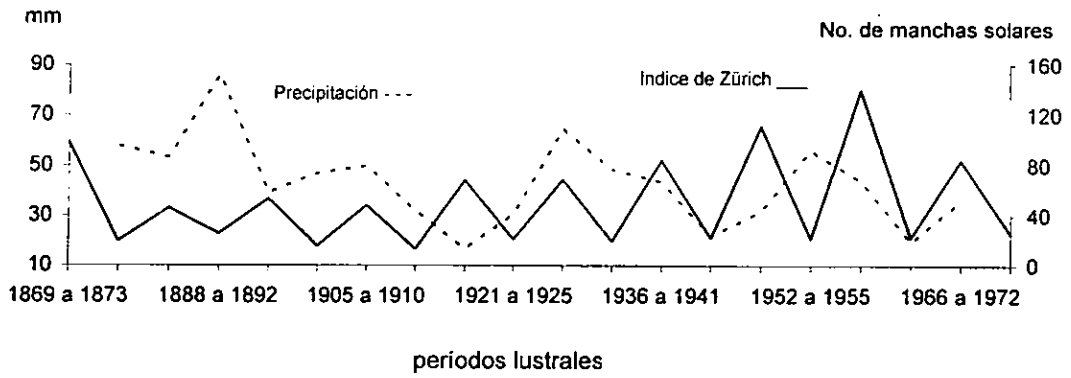


Hobart, Australia.

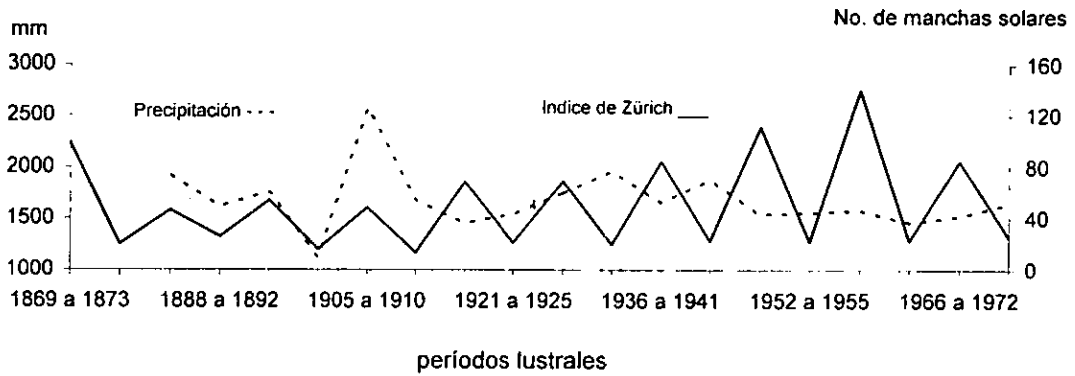




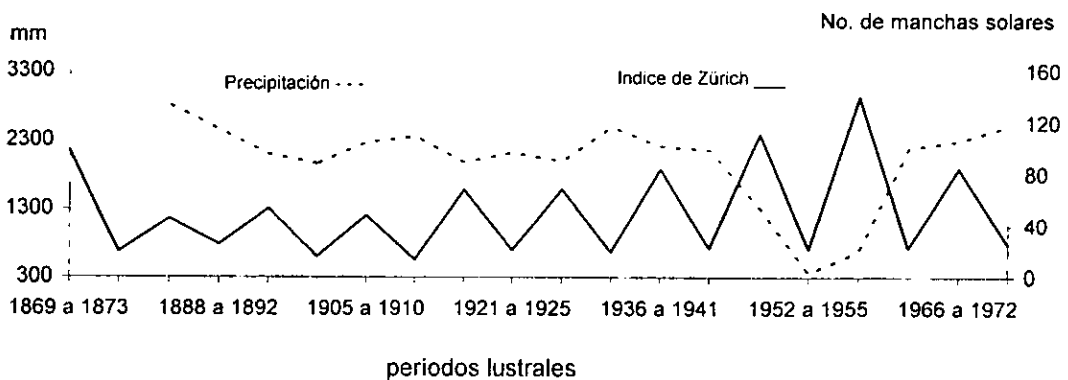
Perth, Australia.



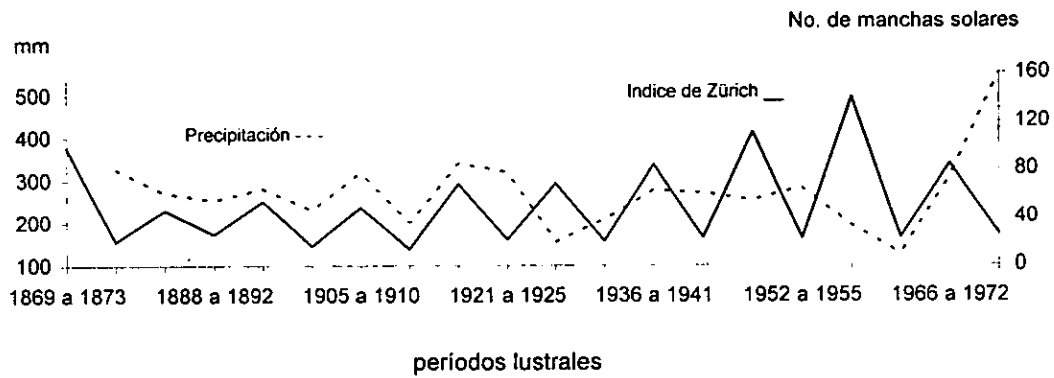
Isla Lord Howe, Australia.



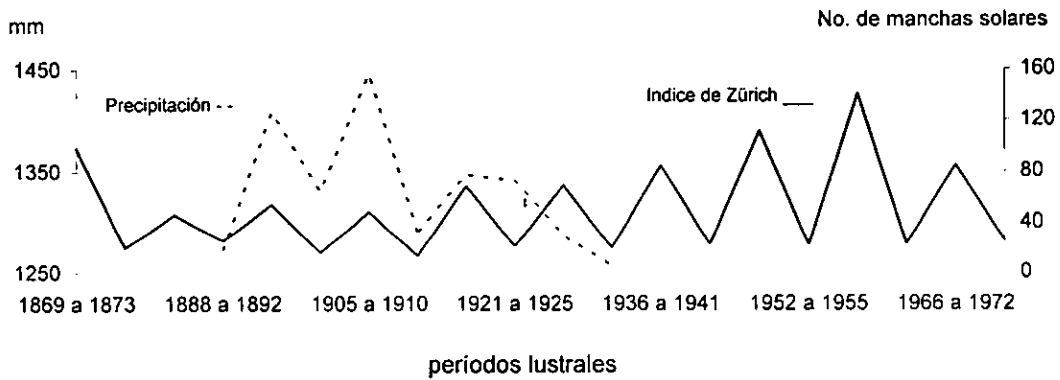
Cairns, Australia.



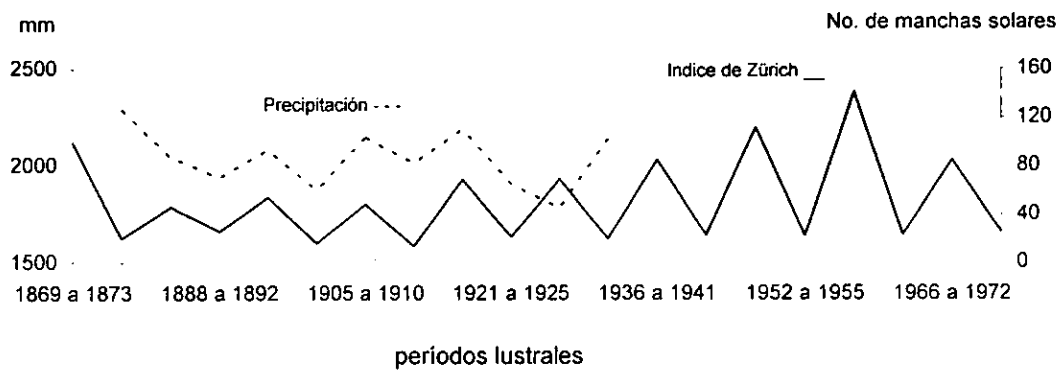
Alice Spring, Australia.



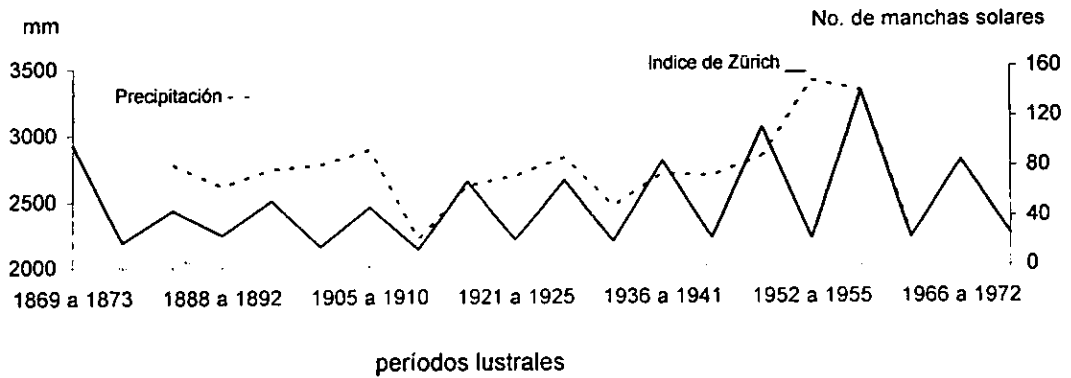
Antananarivo, Madagascar.



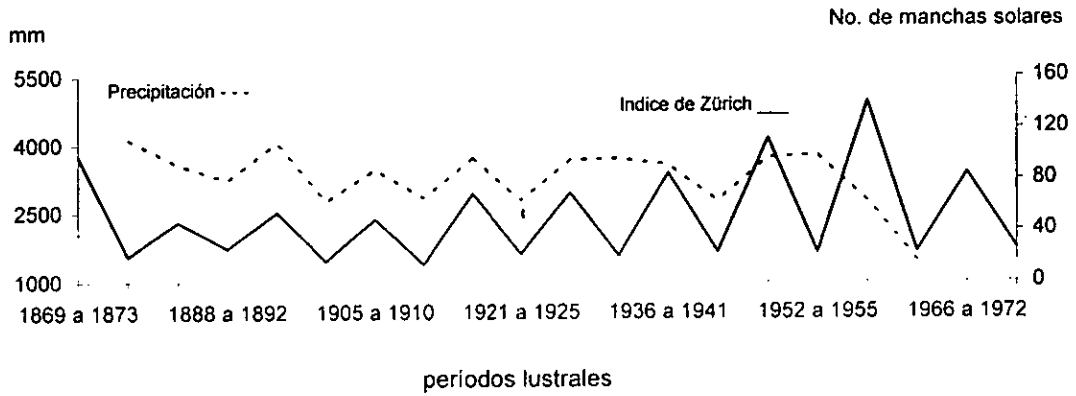
Medan, East Indias.



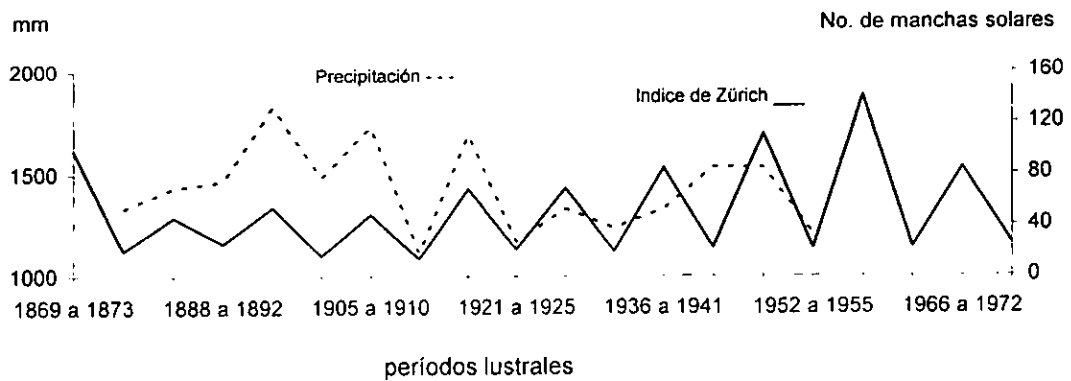
Menado, East Indies.



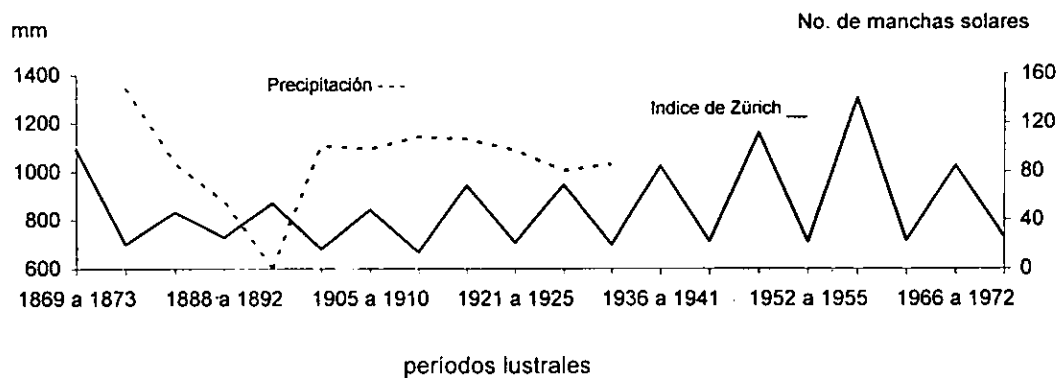
Amboina. East Indias.



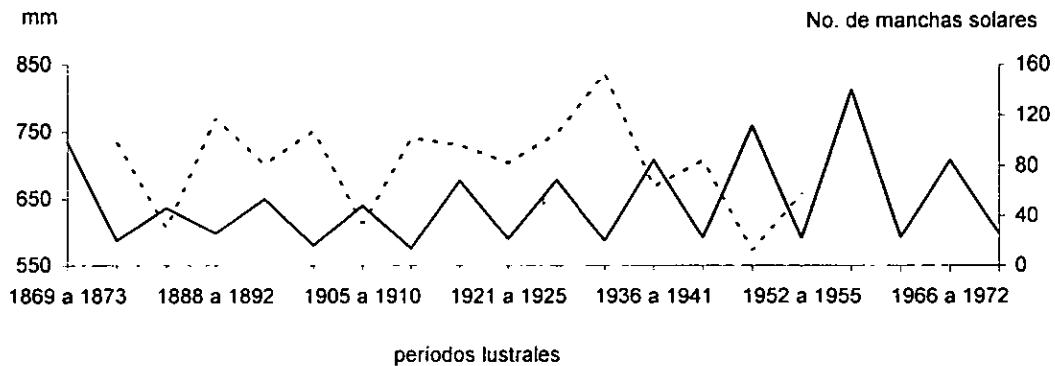
Kupang, East Indies.



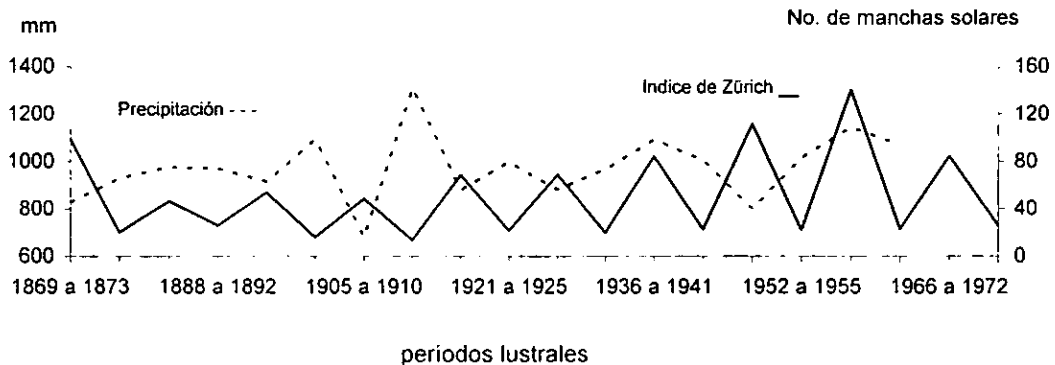
Goya, Argentina.



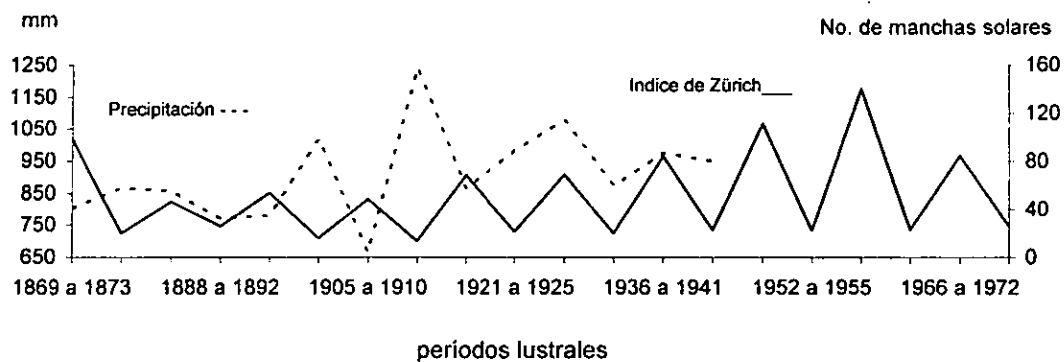
Córdoba, Argentina.



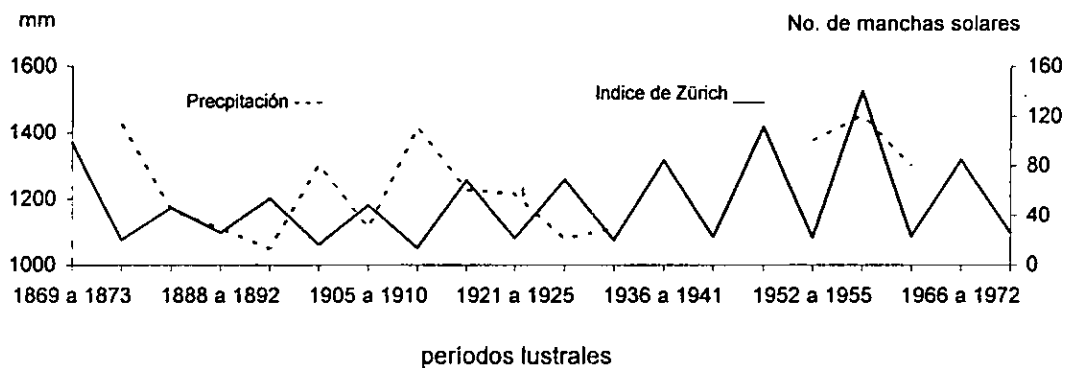
Buenos Aires, Argentina.



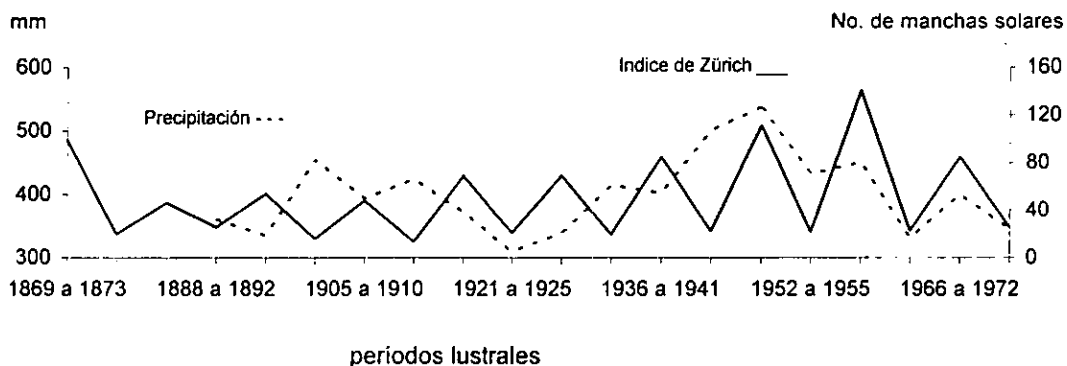
Ajo General Lavalle, Argentina.



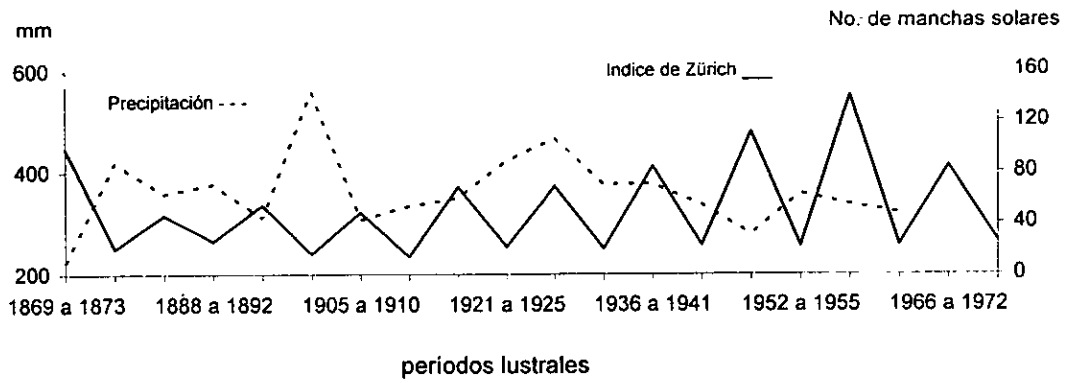
Corrientes, Argentina.



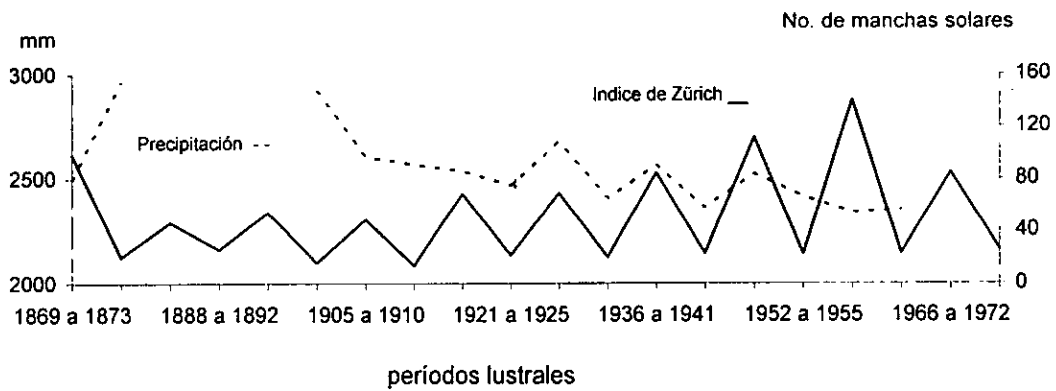
Punta Arenas, Argentina



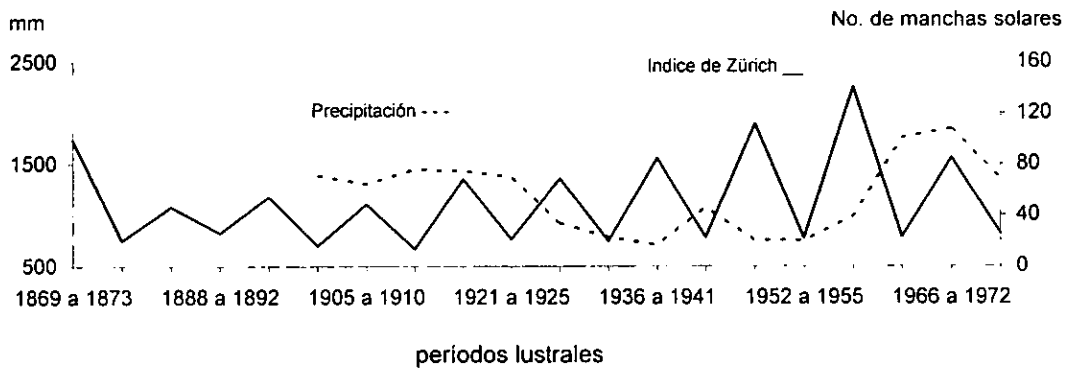
Santiago de Chile.



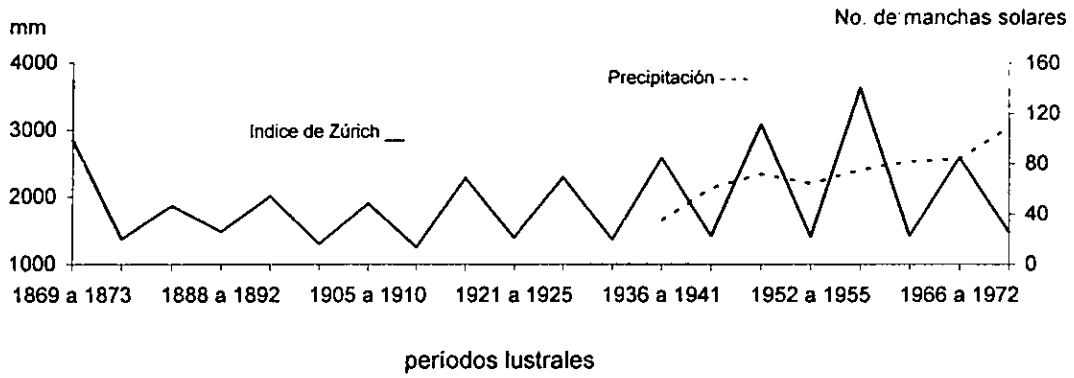
Valdivia, Chile.



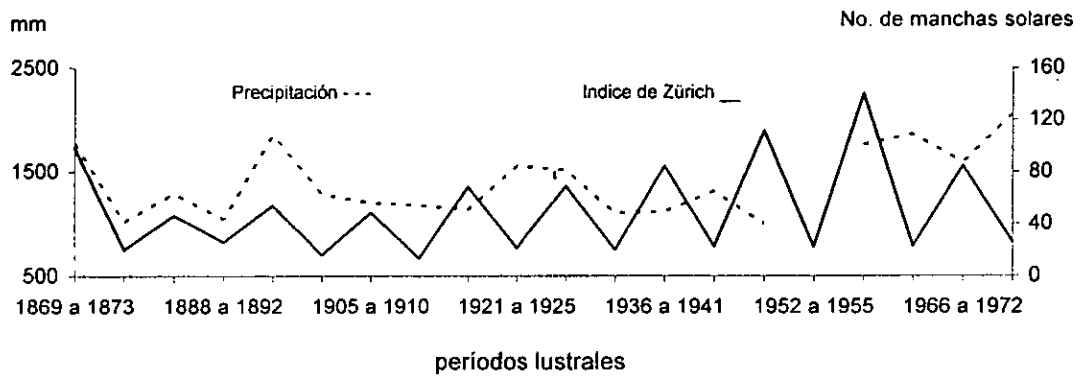
Caetite, Brasil.



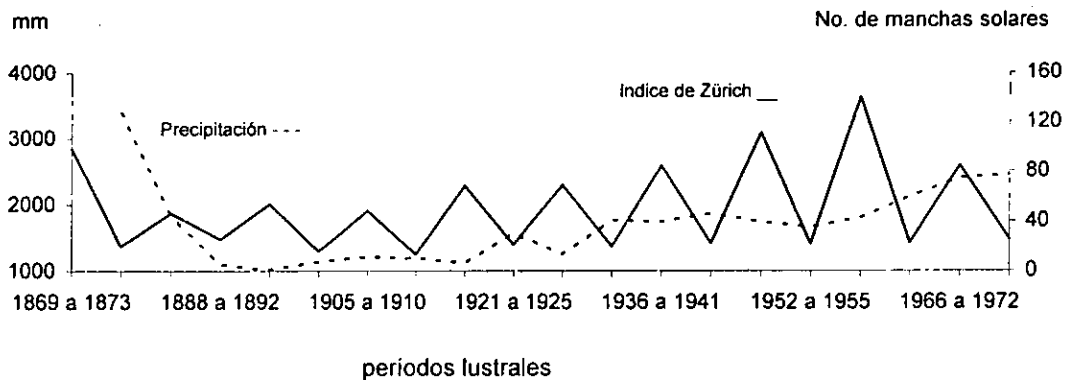
Turacu, Brasil.



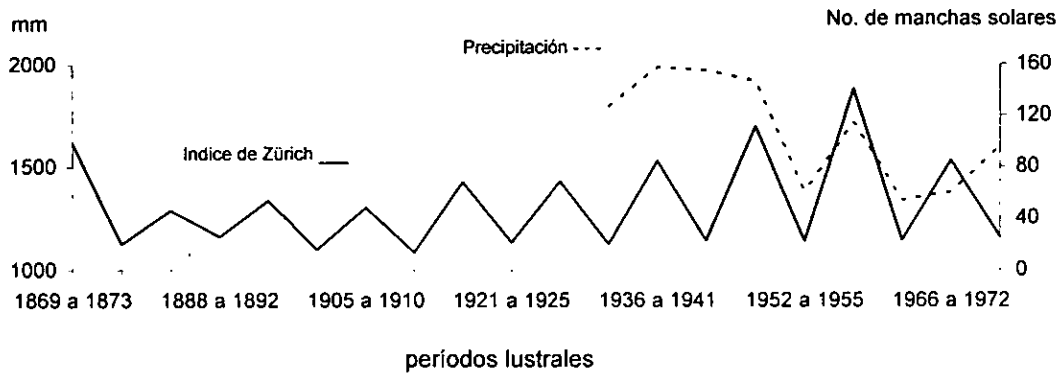
Fernando de Norhona, Brasil.



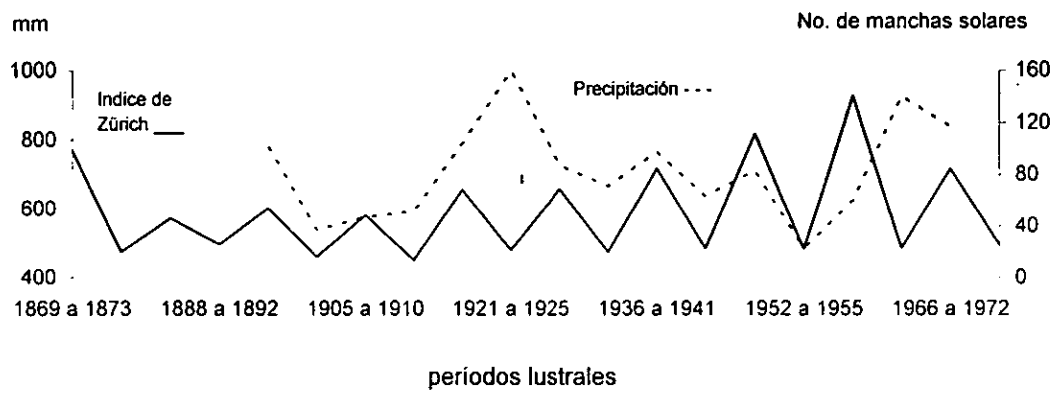
Olinda Recife, Brasil.



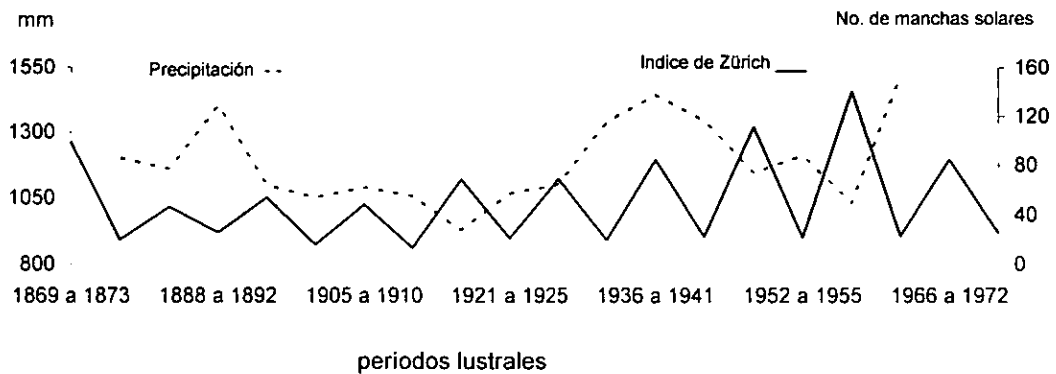
Salvador, Brasil.



Quixeramobim, Brasil.

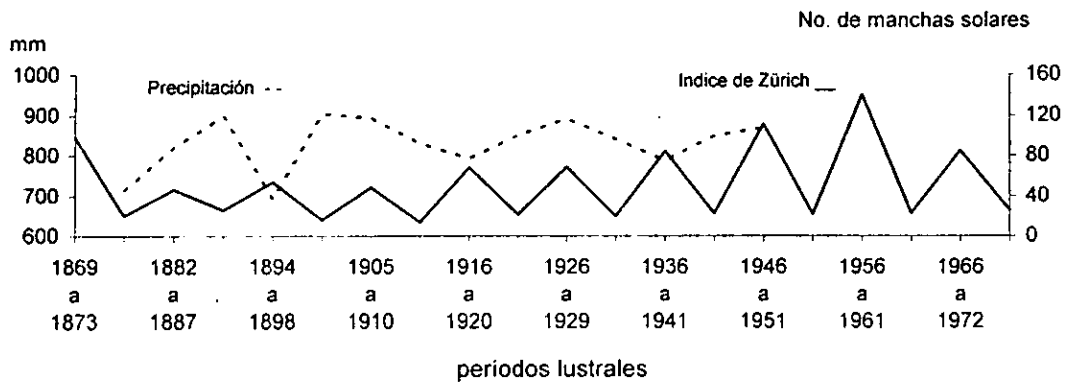


Ivigtut, Groenlandia.

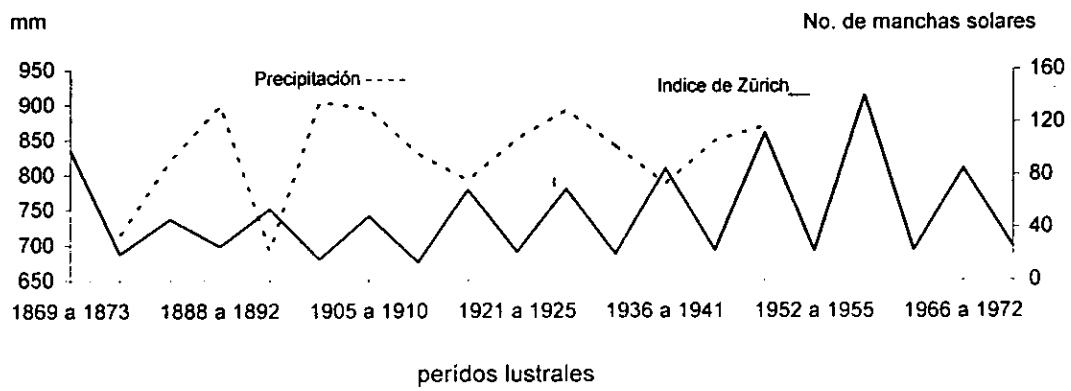




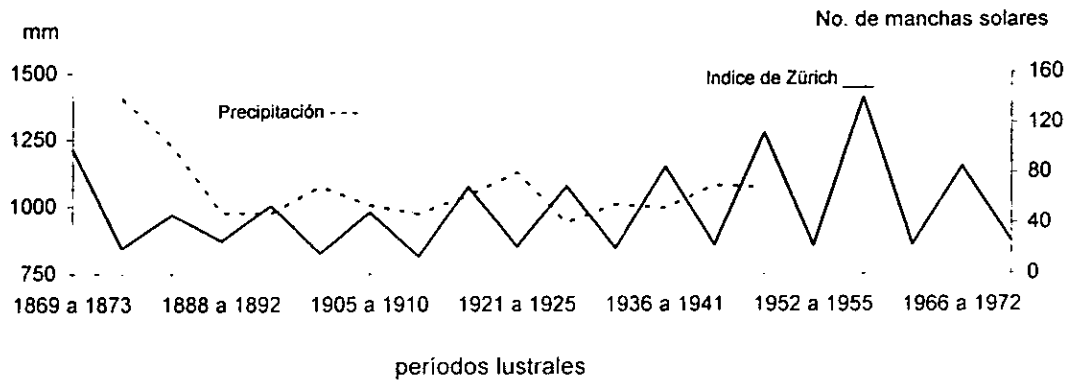
Father Point, Estados Unidos.



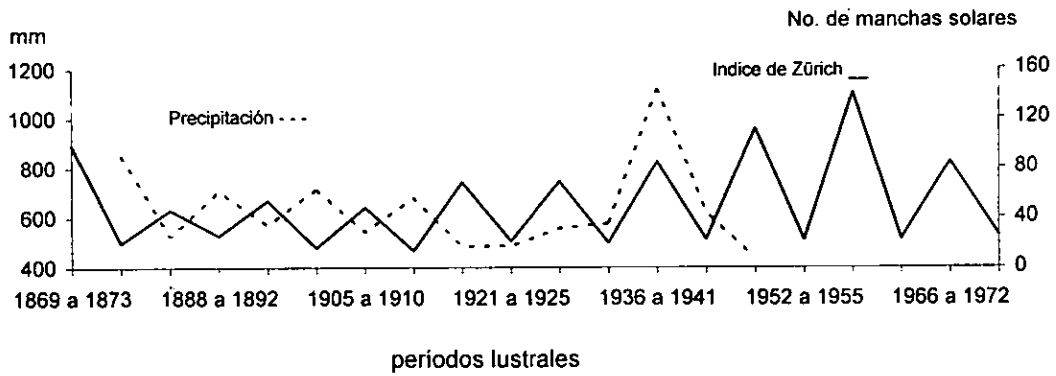
Bismark, Estado Unidos.



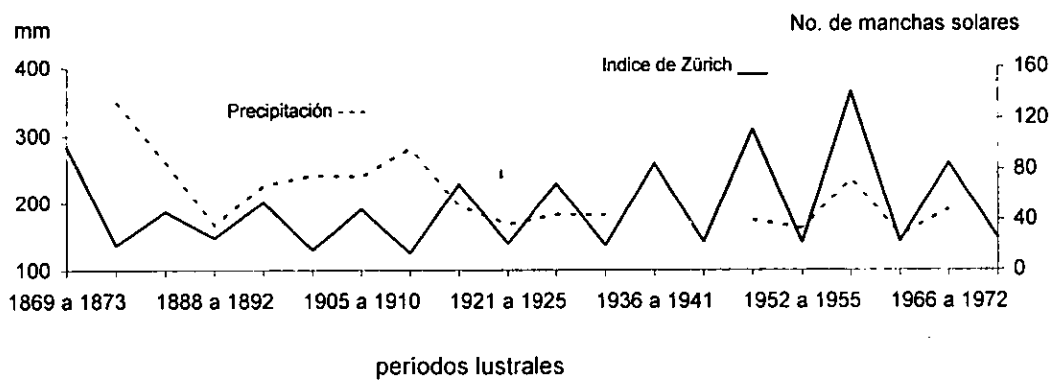
Portland, Estados Unidos.



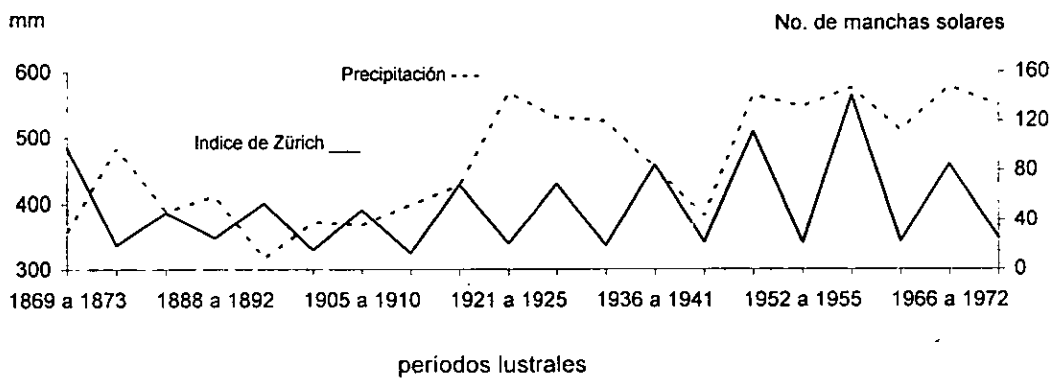
Red Bluff, Estados Unidos.



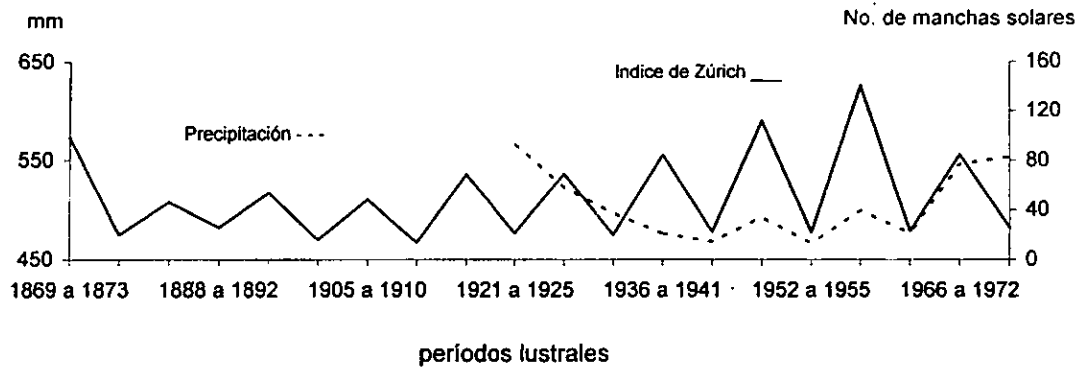
El Paso-Texas, Estados Unidos.



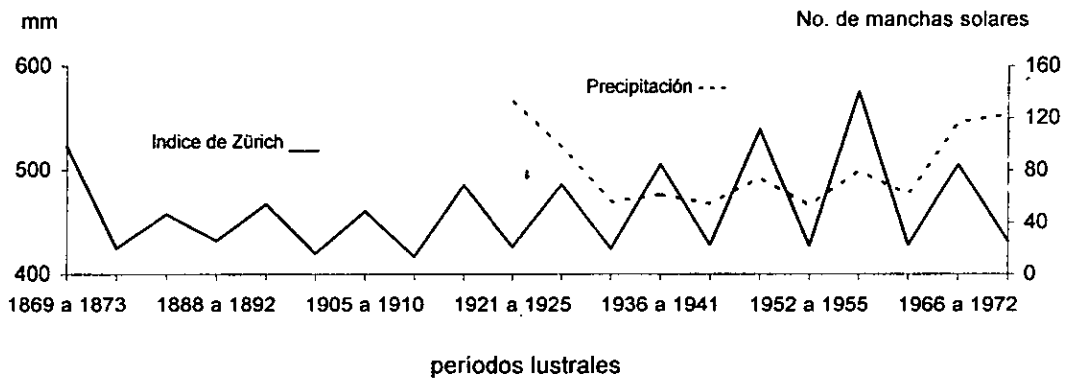
Arcangel, Rusia.



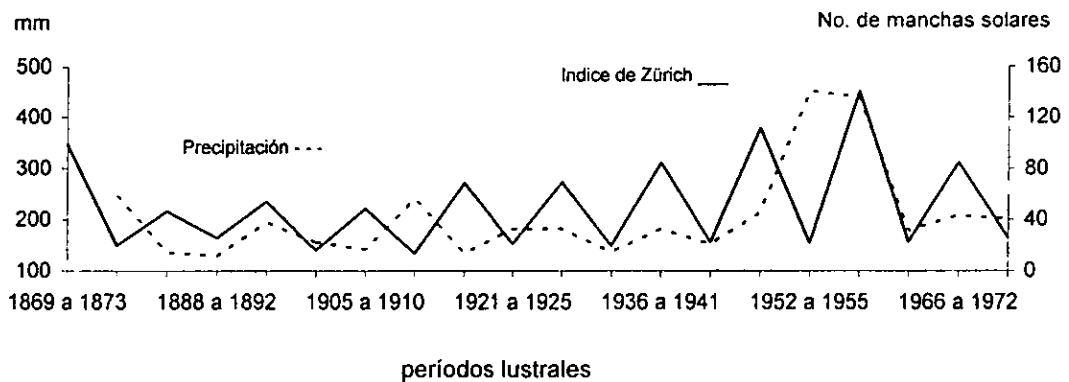
Tomsk, Rusia.



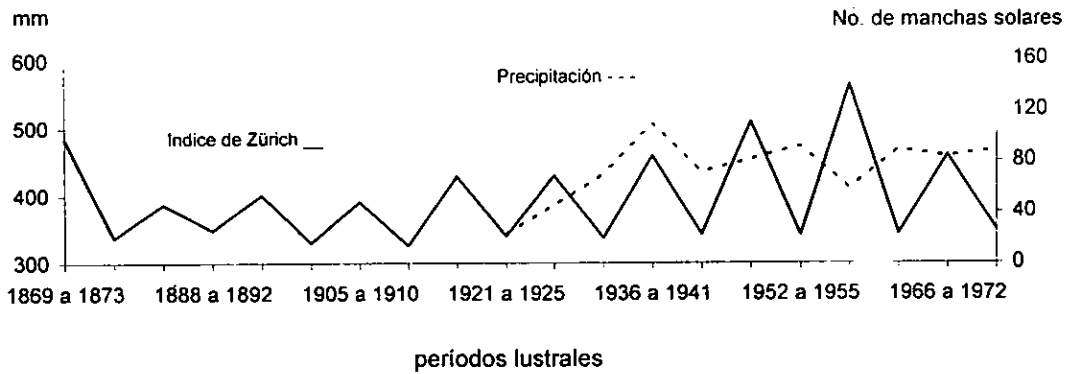
Turgai, Rusia.



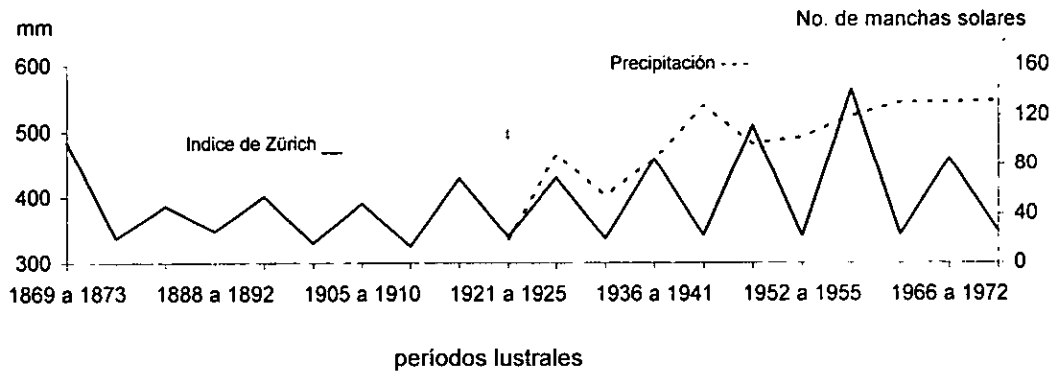
Astracán, Rusia.



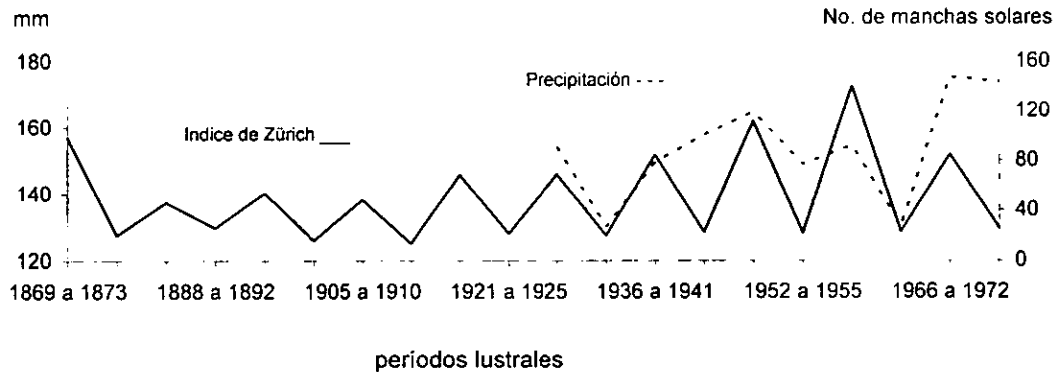
Irkust, Rusia.



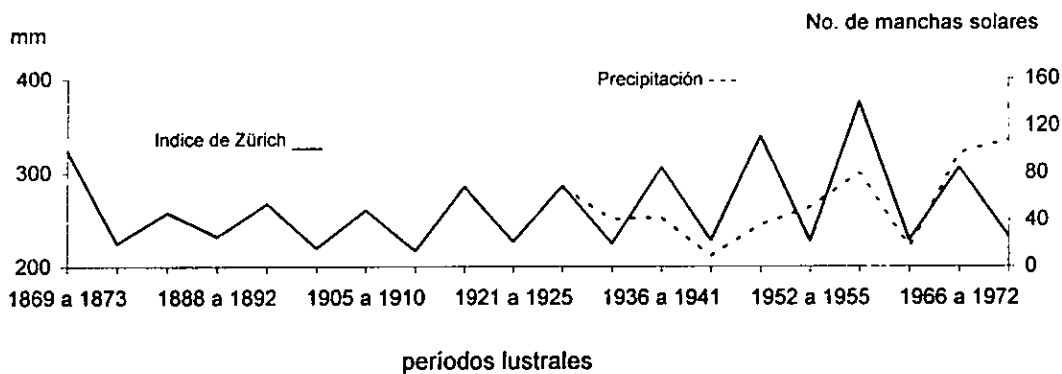
Turukhansk, Rusia.



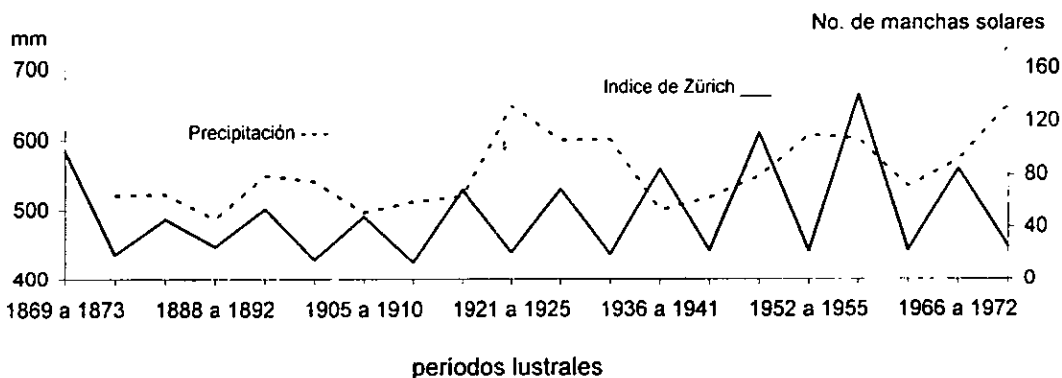
Verkhoyansk, Rusia.



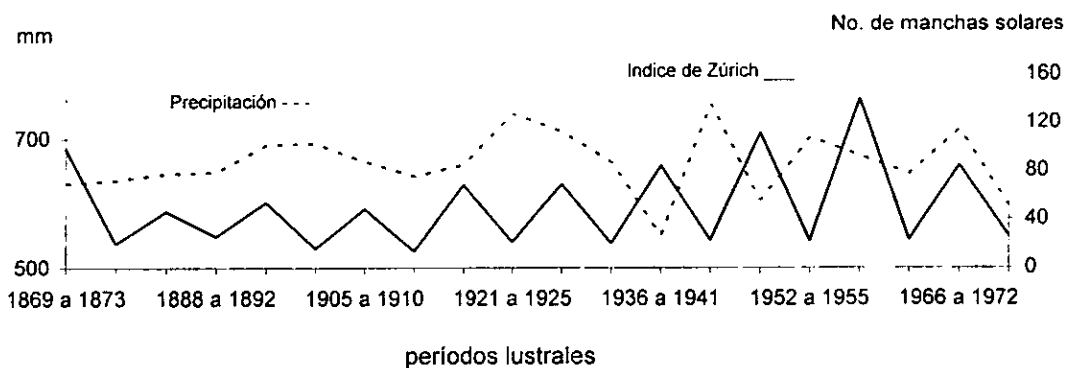
Olerminsk, Rusia.



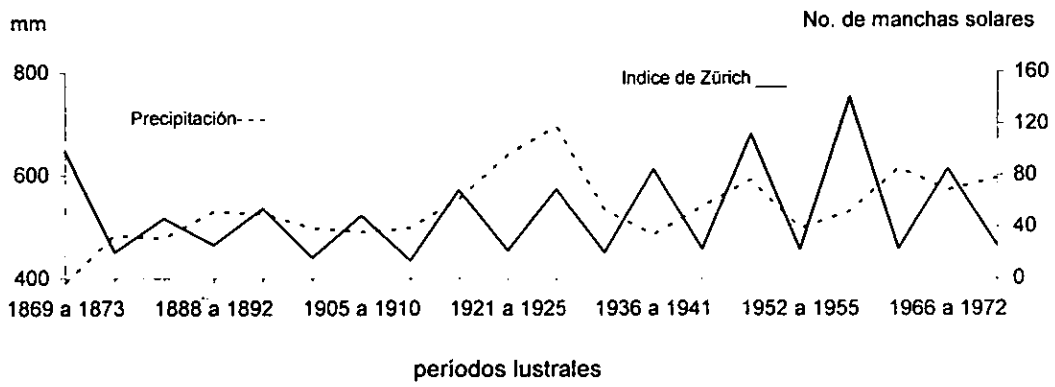
San Petesburgo, Rusia.



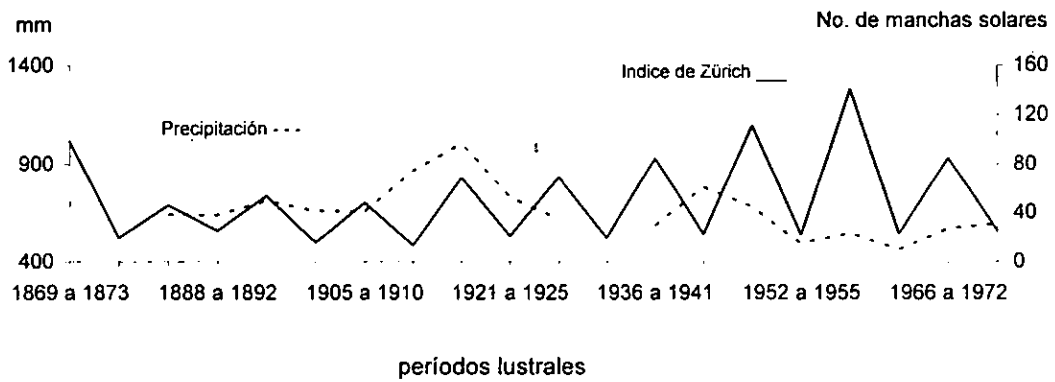
Helsinsky, Finlandia.



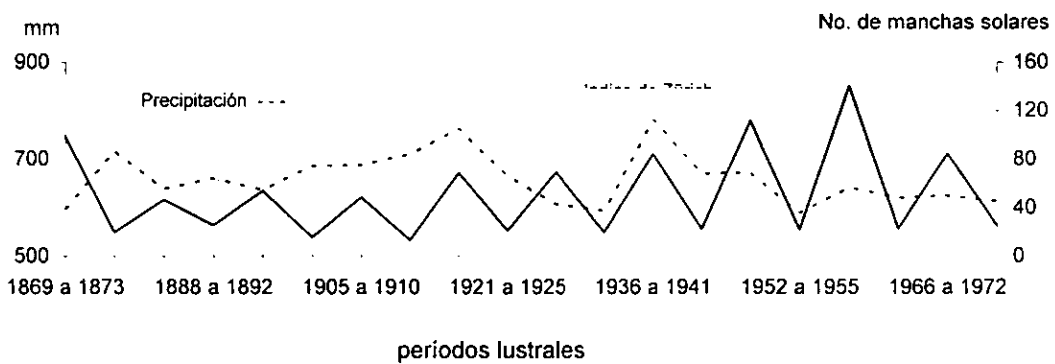
Haparanda, Suecia.



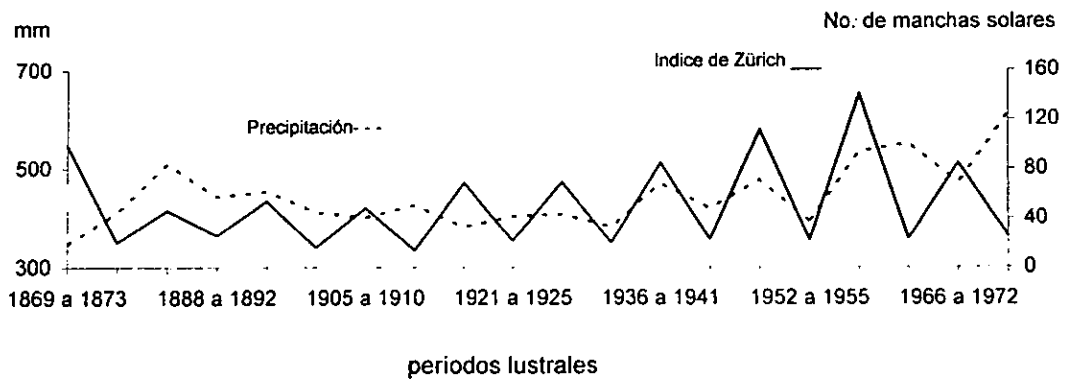
Gjesvar, Noruega.



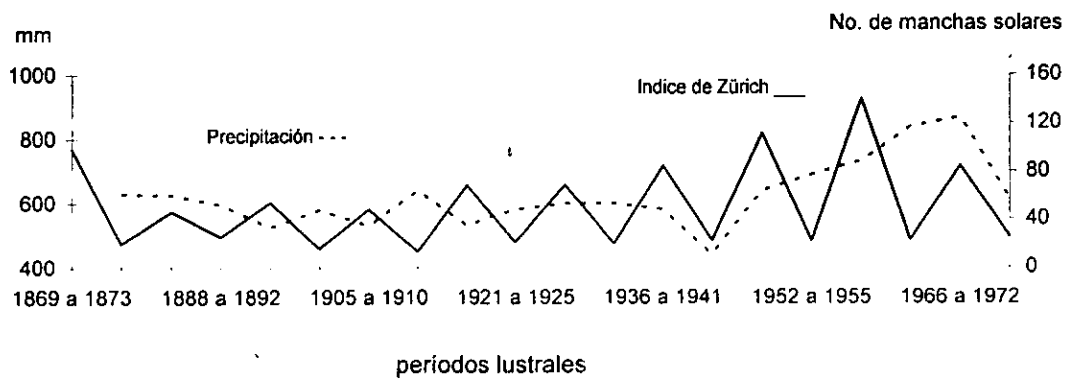
Viena, Austria.



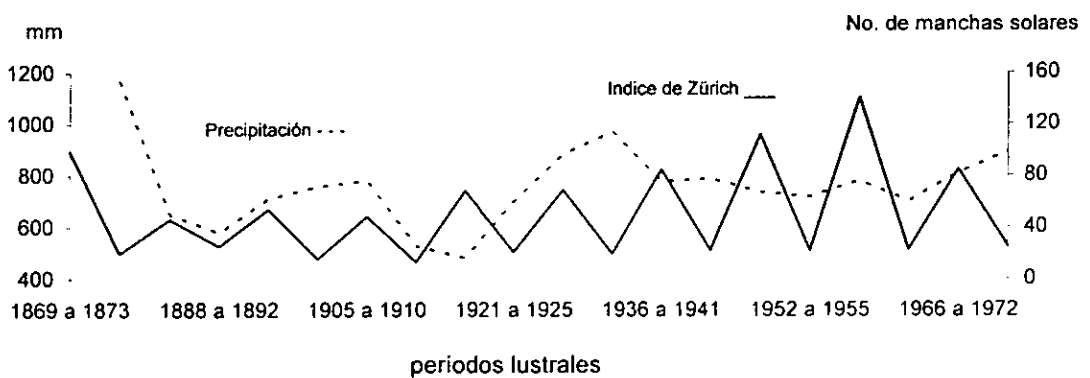
Madrid, España.



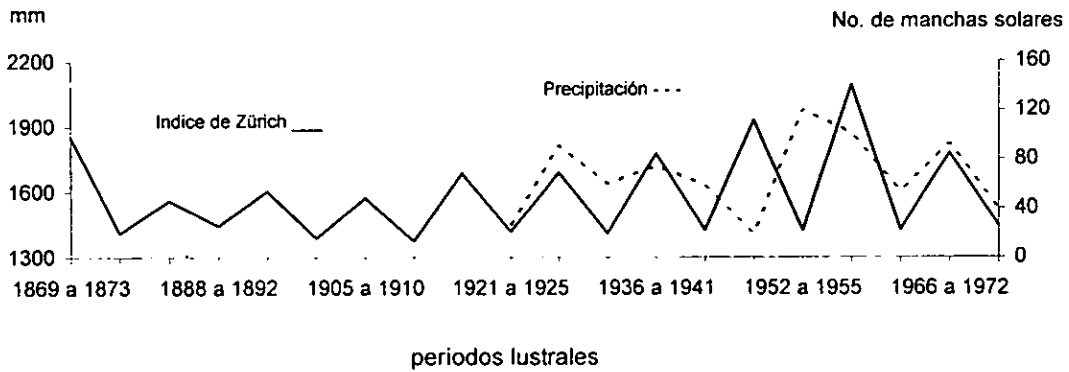
México, Distrito Federal.



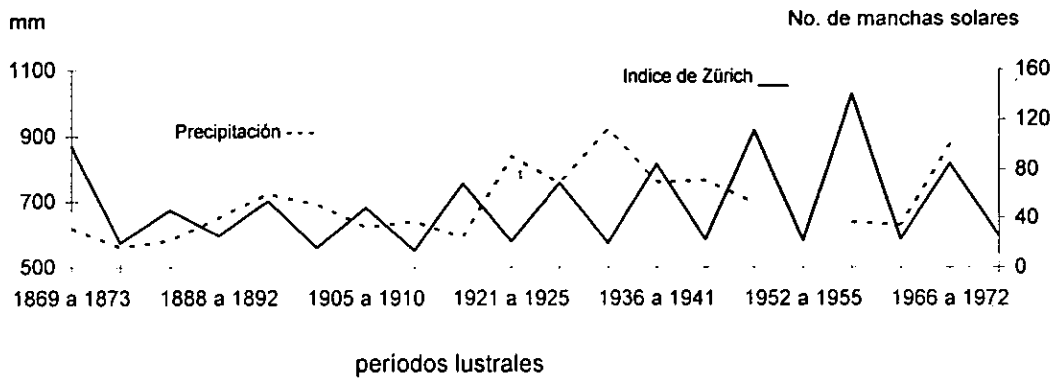
Puerto de Mazatlán, México.



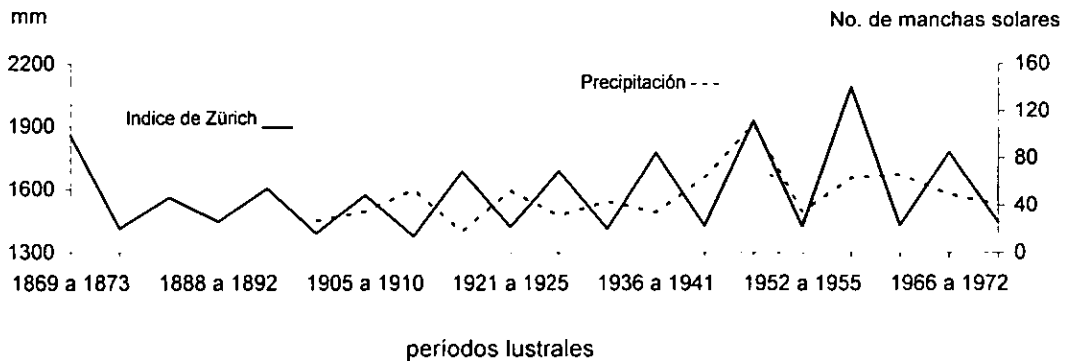
Puerto de Veracruz, México.



Estocolmo, Islandia.

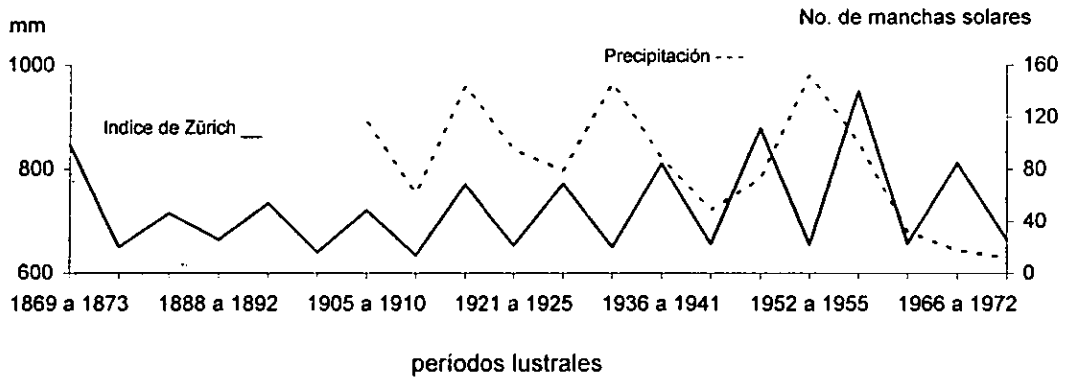


Entebbe, Africa.

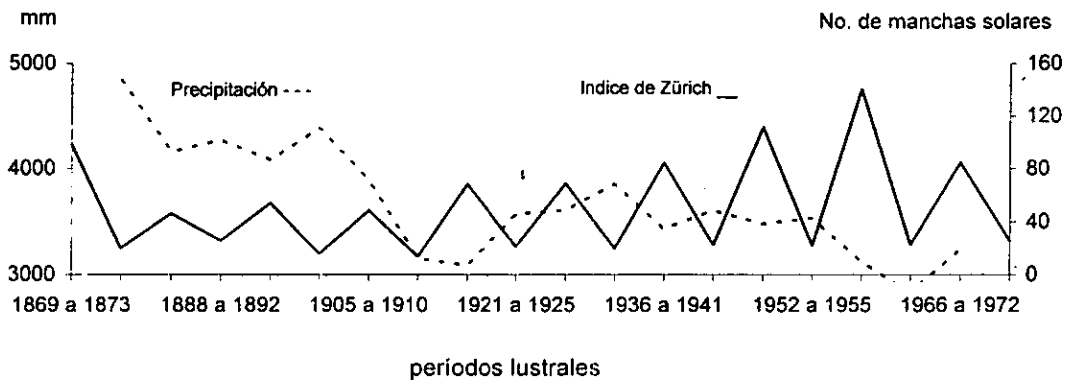




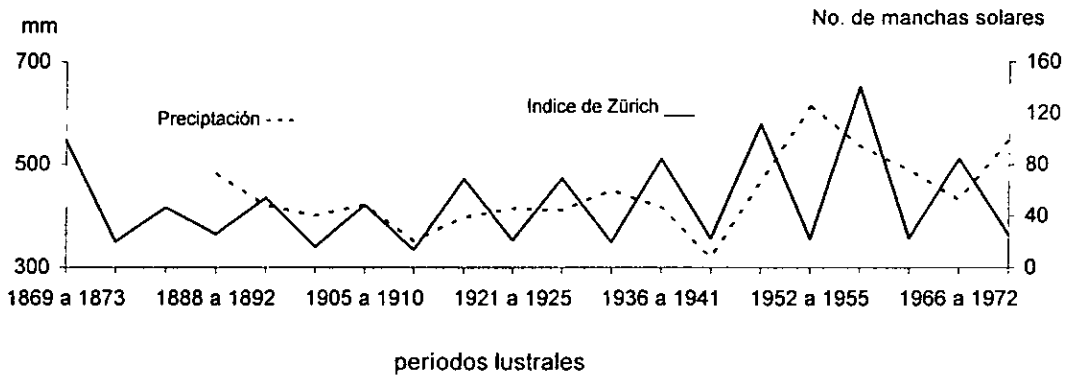
Kano, Africa.



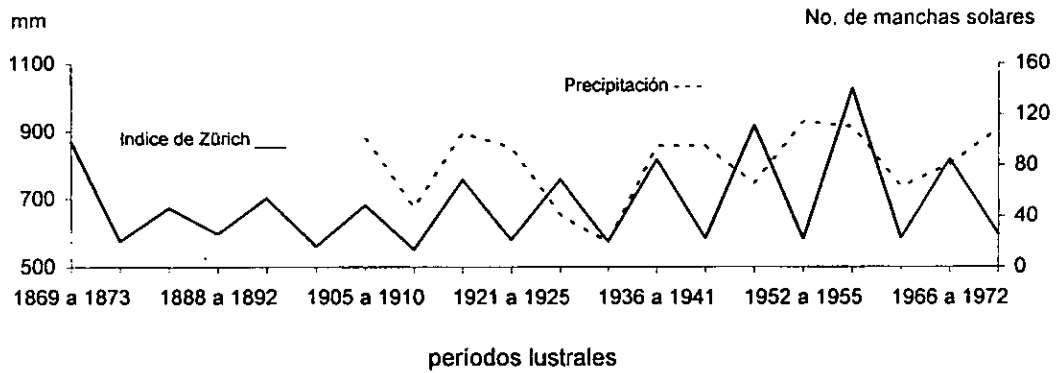
Freetown, Africa.



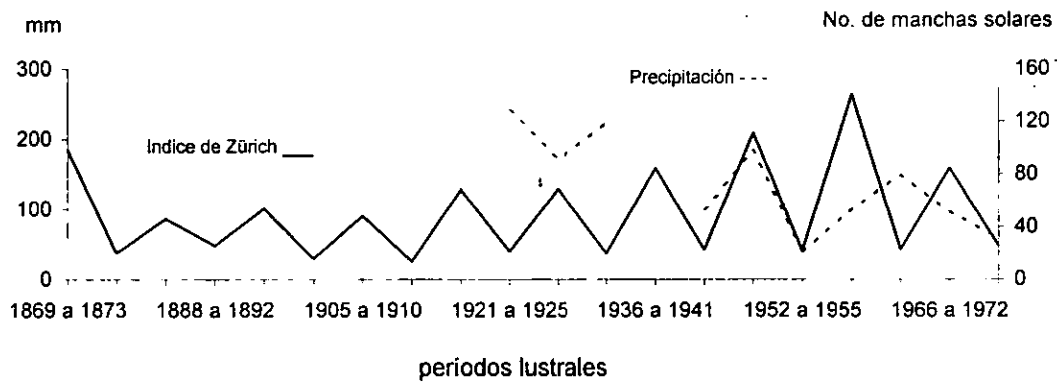
Túnez, Africa.



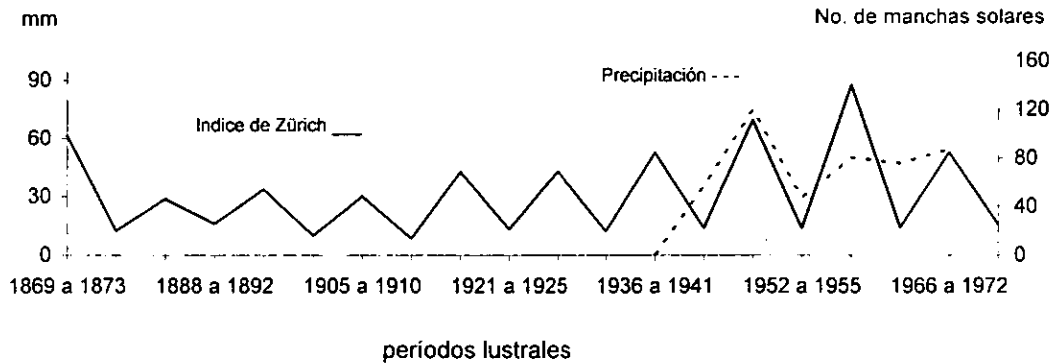
Laurencio Marquez, Africa.



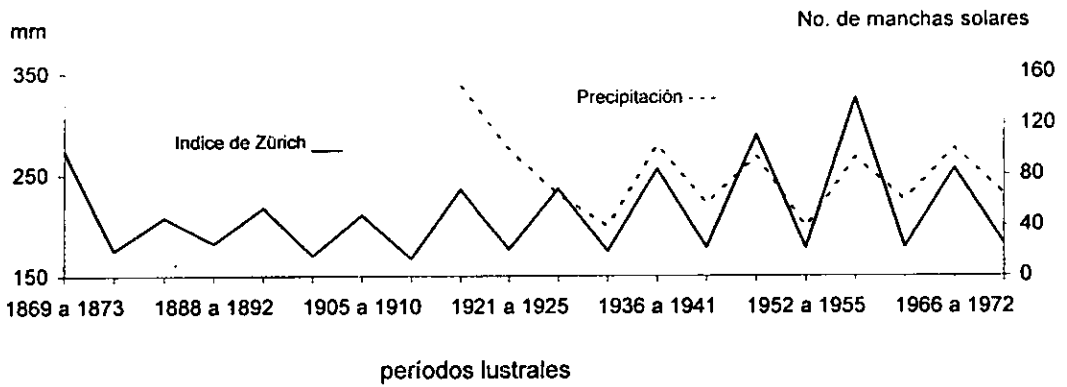
Puerto Sudán, Africa.



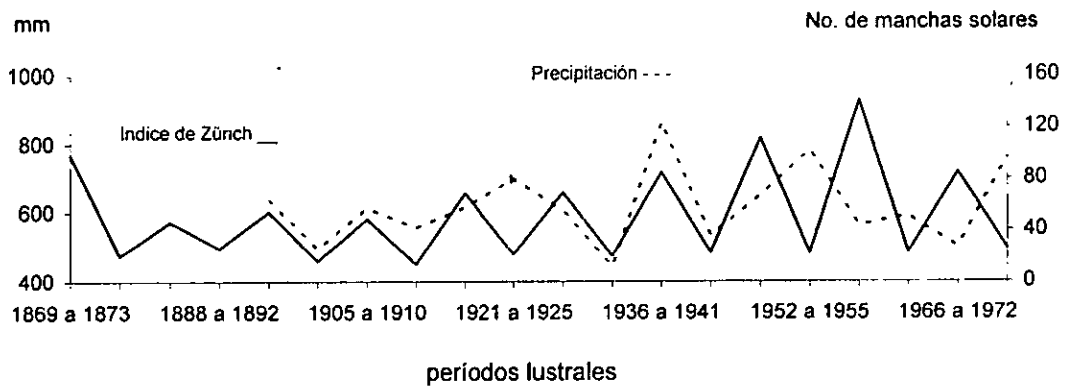
Mocamedes, Africa.



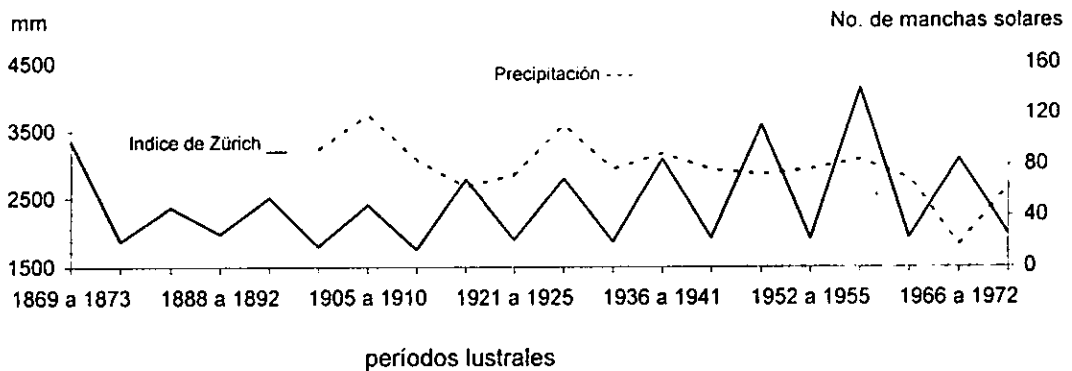
Marruecos, Africa.



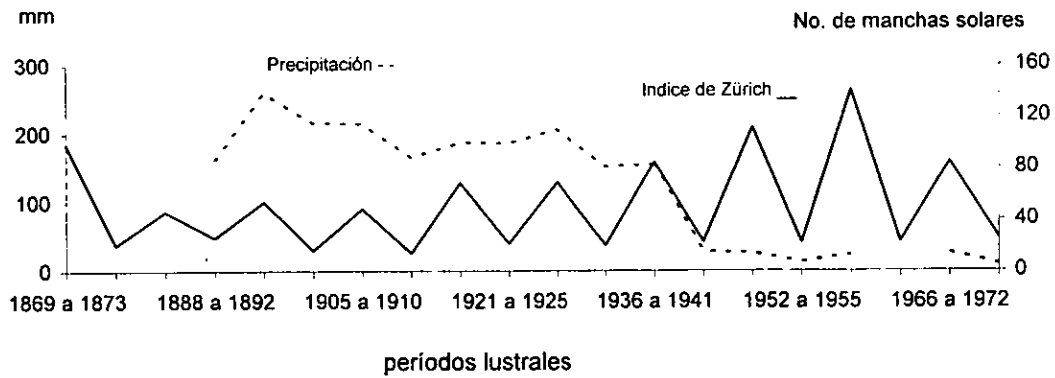
Bulawayo, Africa.



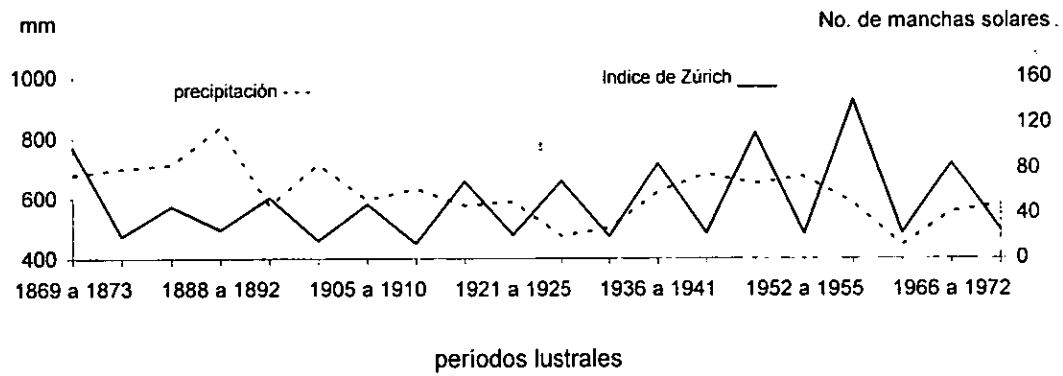
Calabar, Africa.



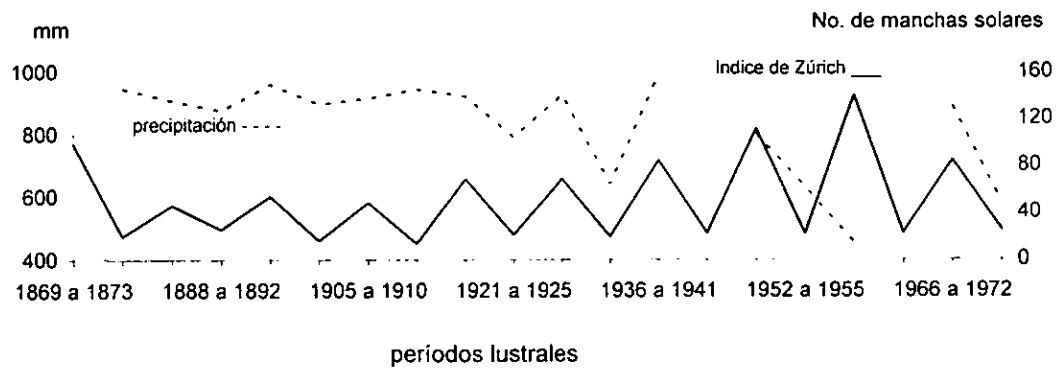
El Cairo, Egipto.



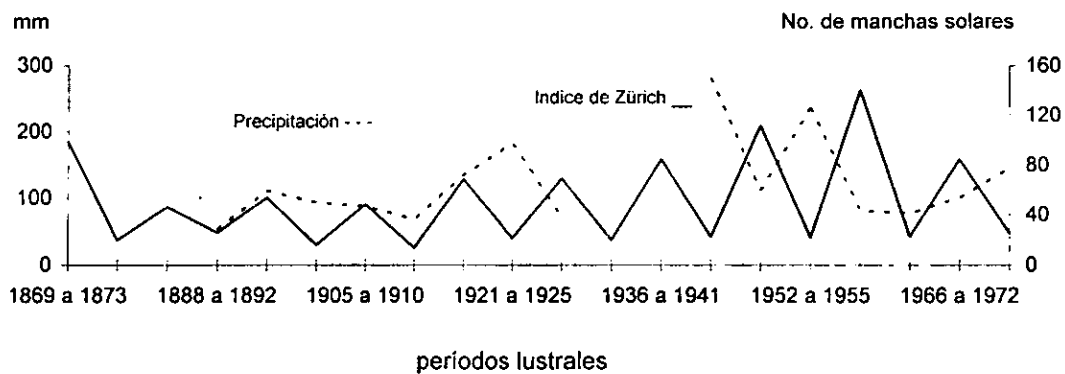
Cape Town, Islas Canarias.



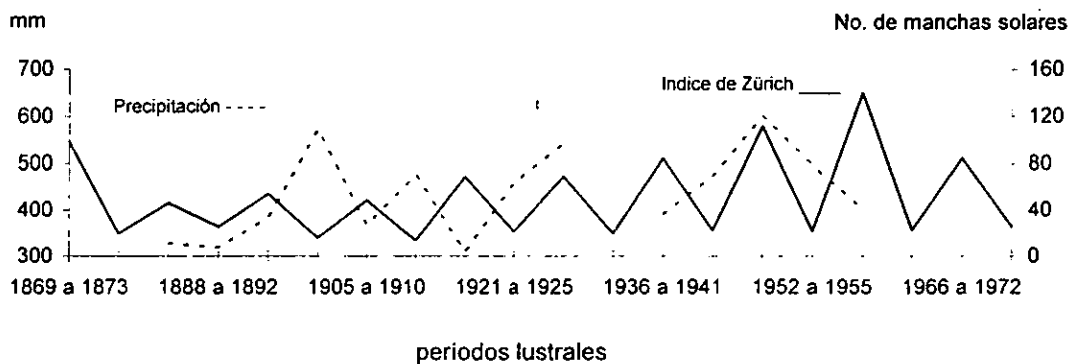
Beirut, Líbano.



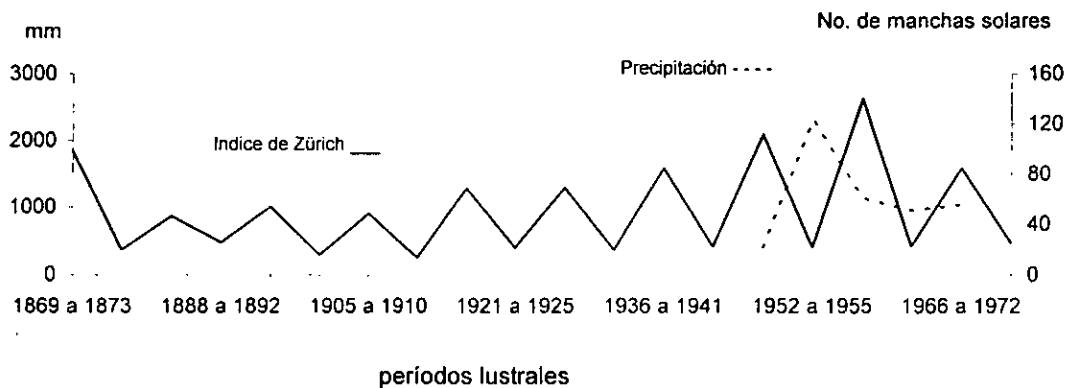
Arequipa, Perú.



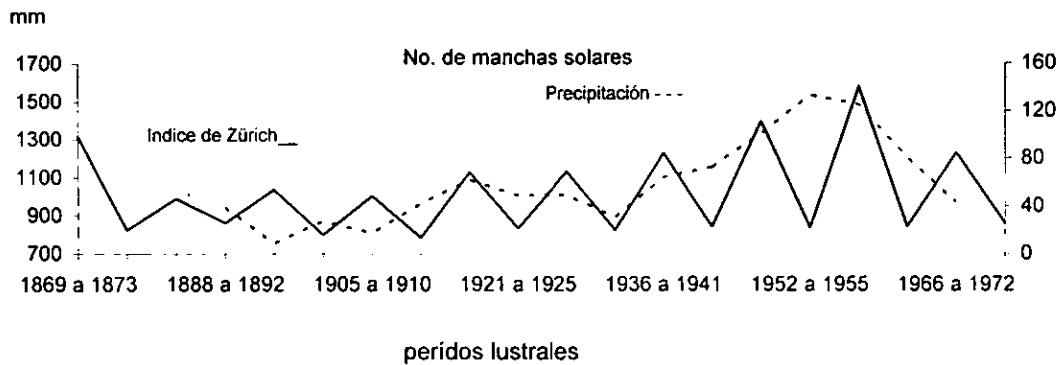
Calgary, Canadá.



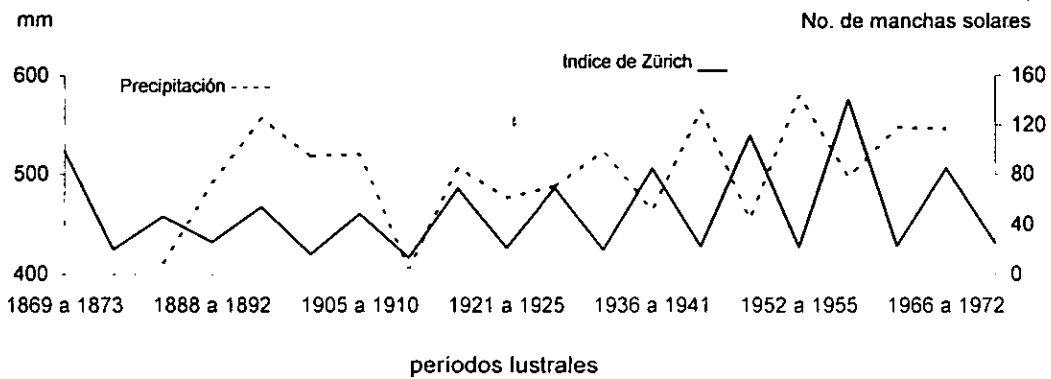
Eureka, Canadá.



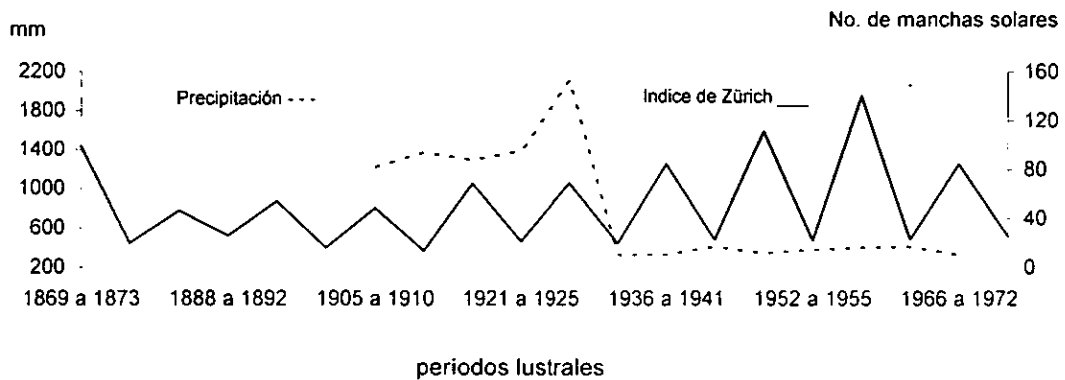
Barkerville, Canadá.



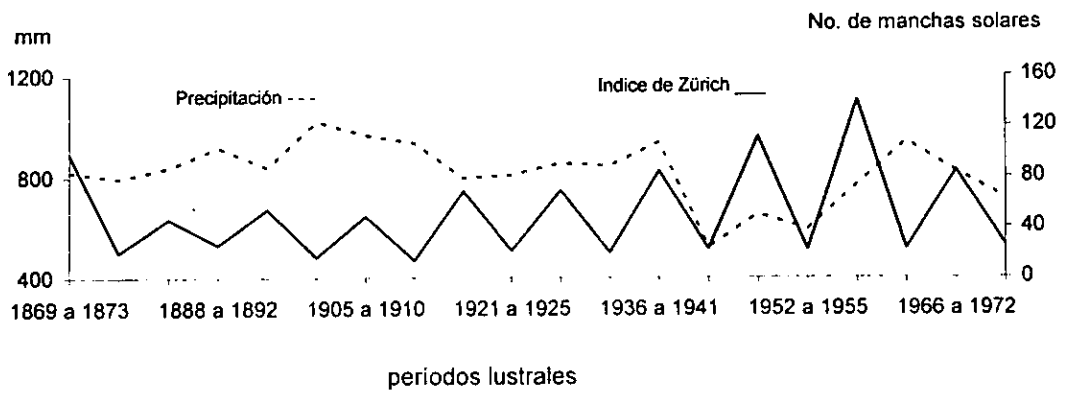
Winnipeg, Canadá.



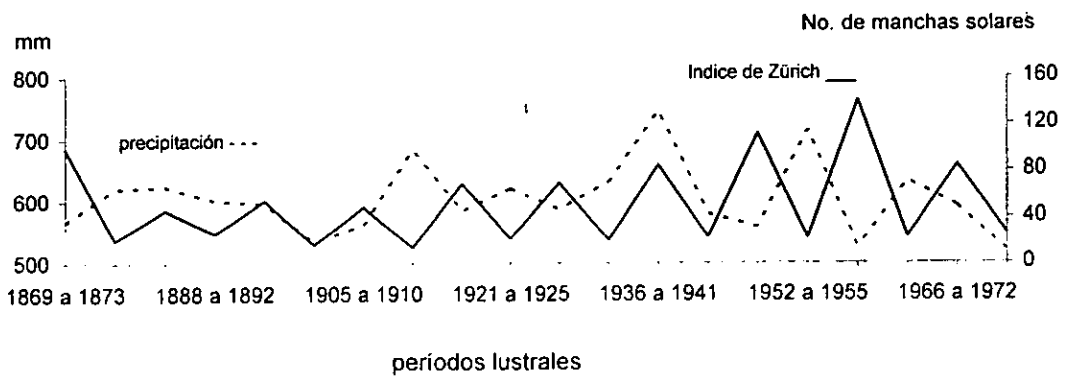
Anchorage, Alaska.



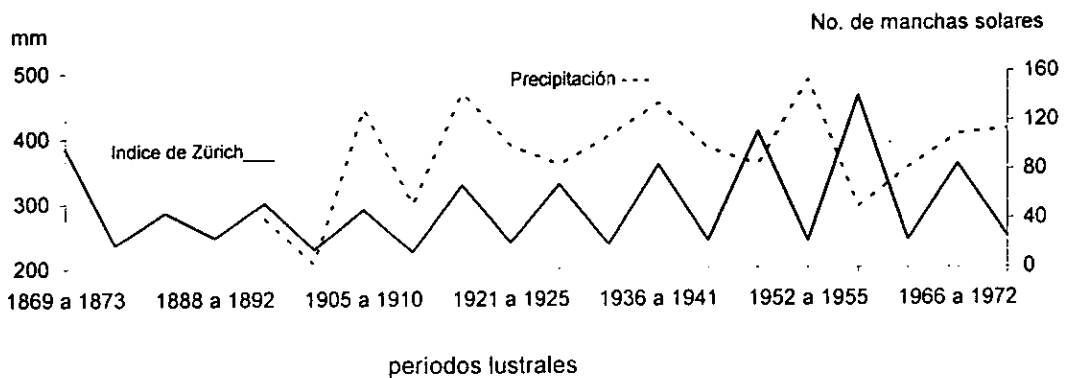
Roma, Italia.



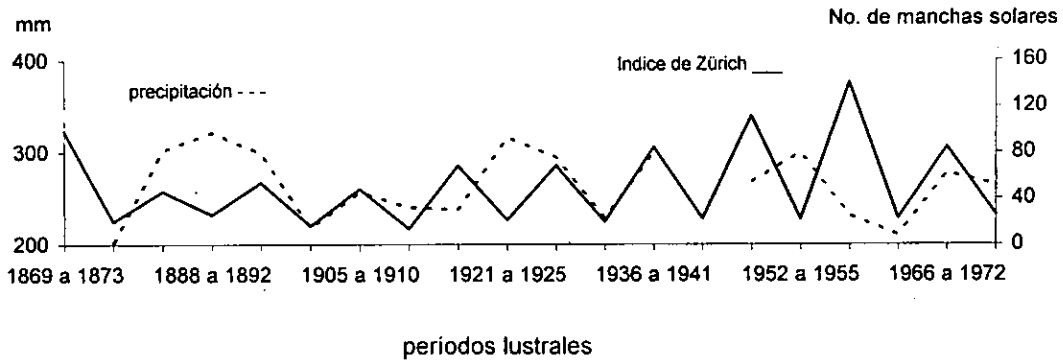
Budapest, Hungría.



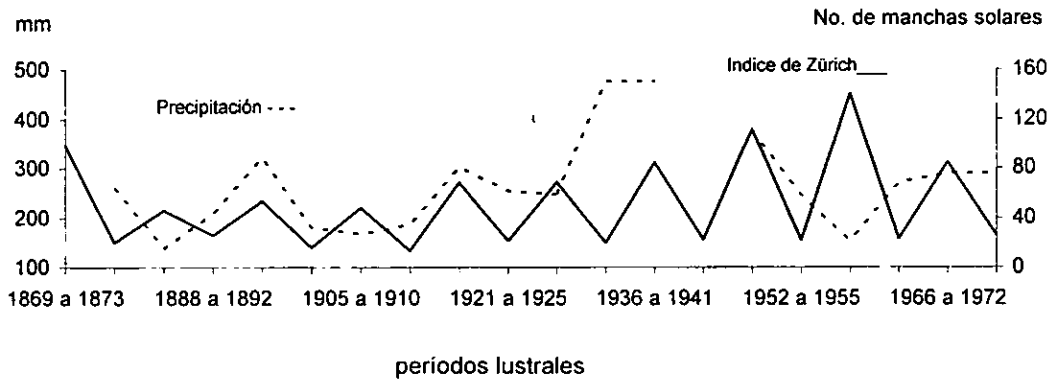
Atenas, Grecia.



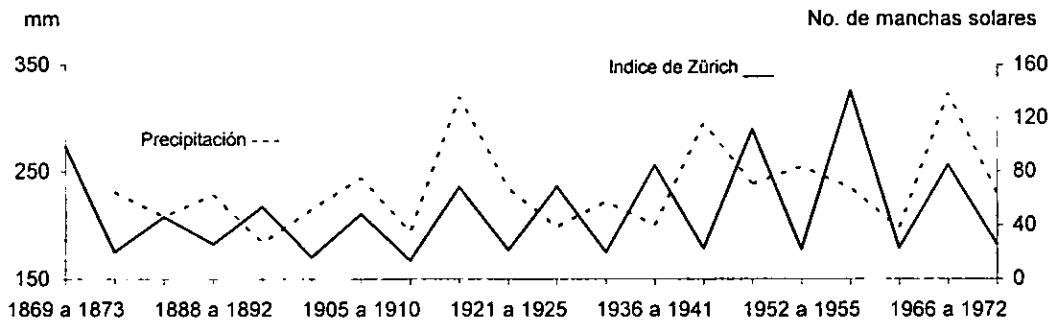
Bushire, Persia.



Upernivik, Groenlandia.

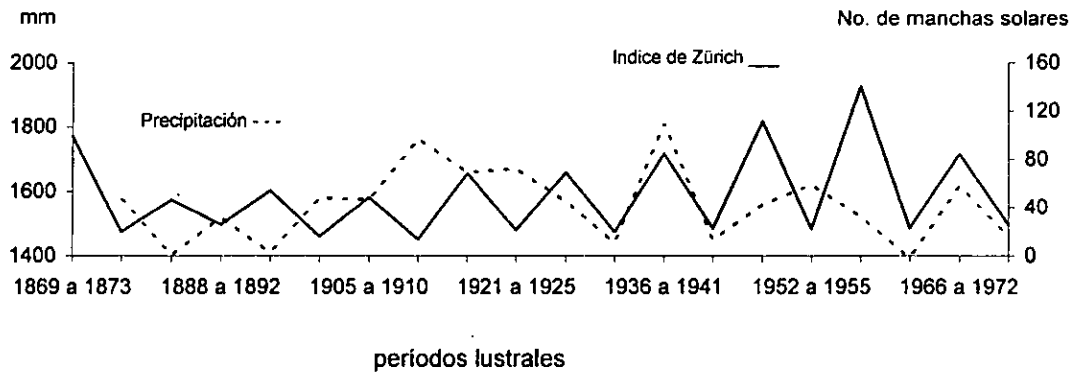


Jacobshavn, Groenlandia.

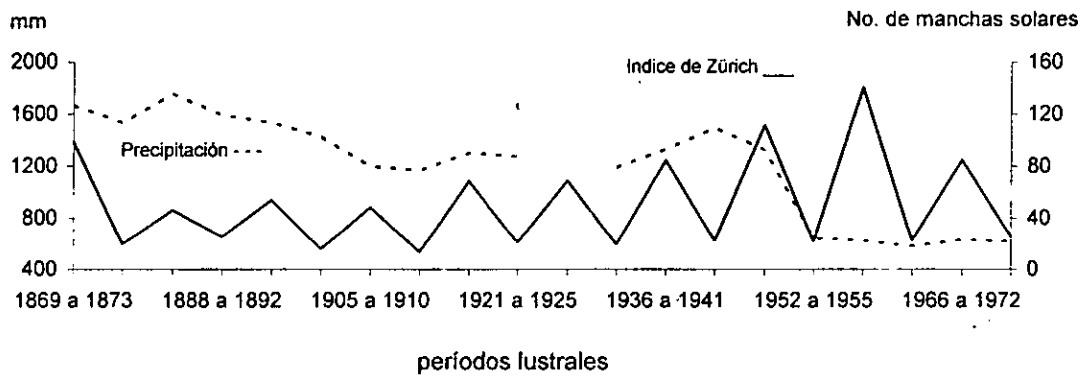




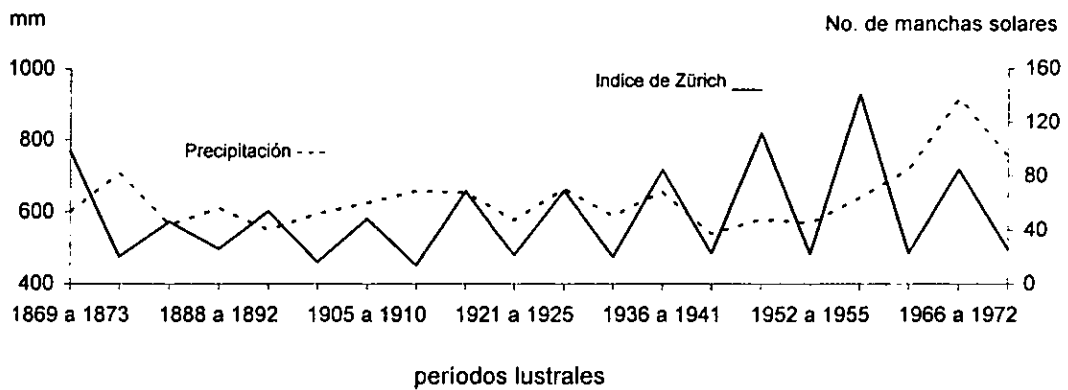
Tokio, Japón.



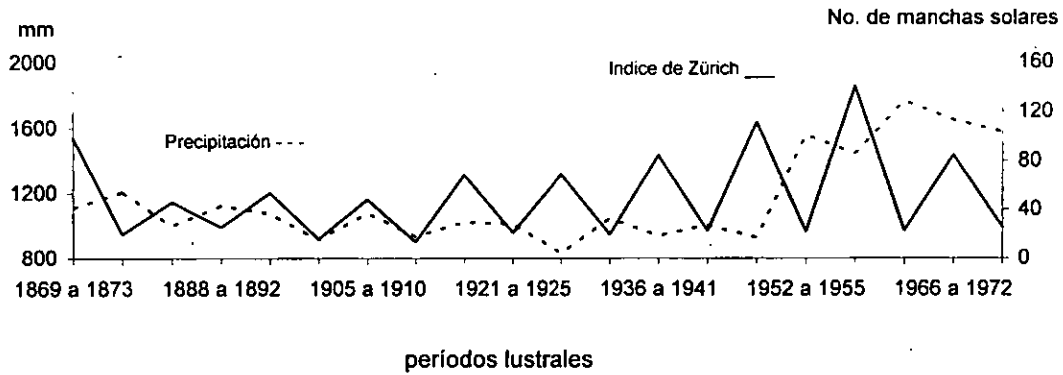
Thornshavn, Hovjig.



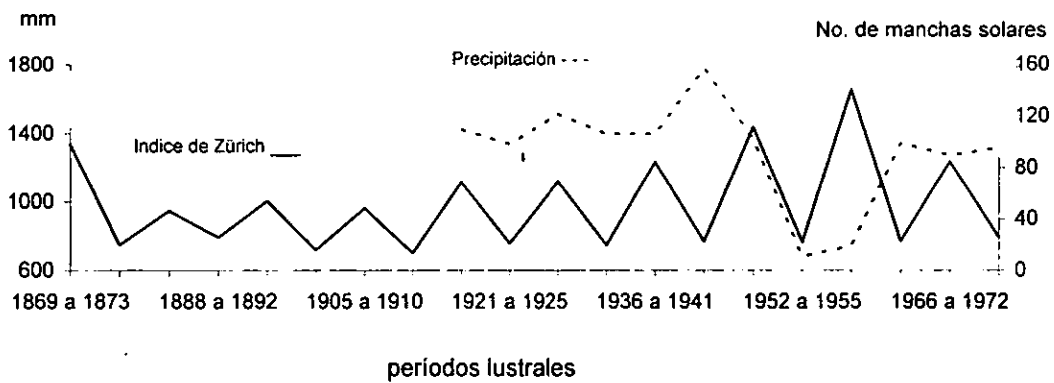
Greenwinch, Inglaterra.



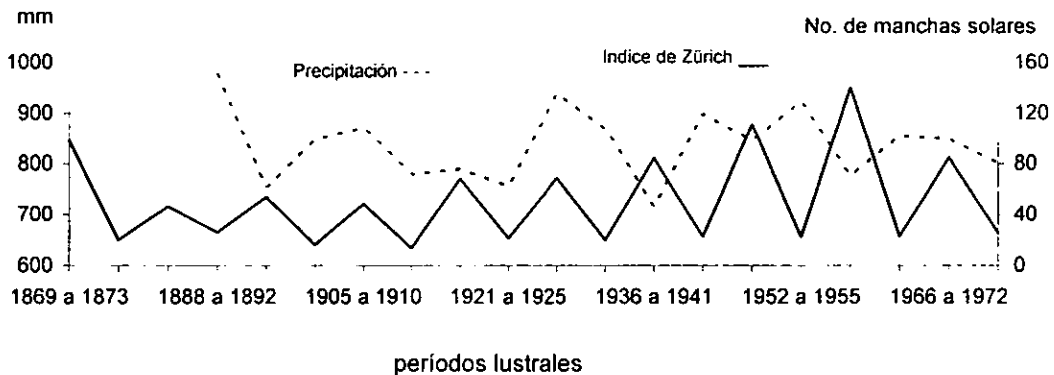
Bogotá, Colombia.



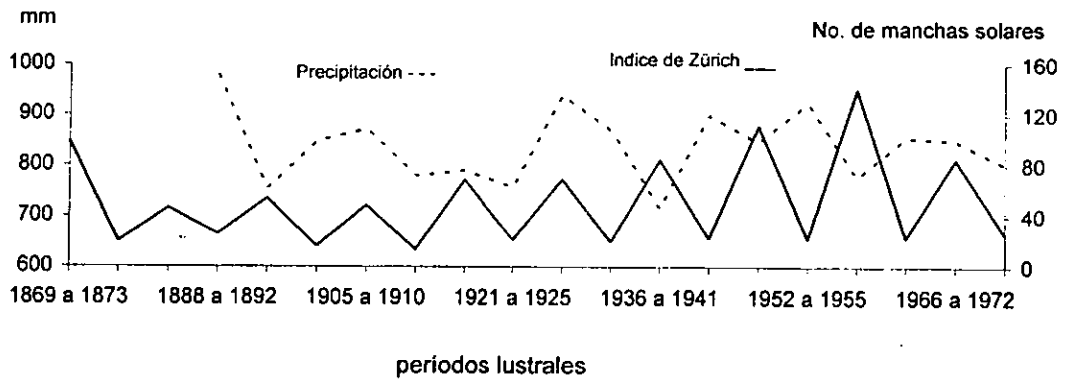
San Cristobal, Venezuela.



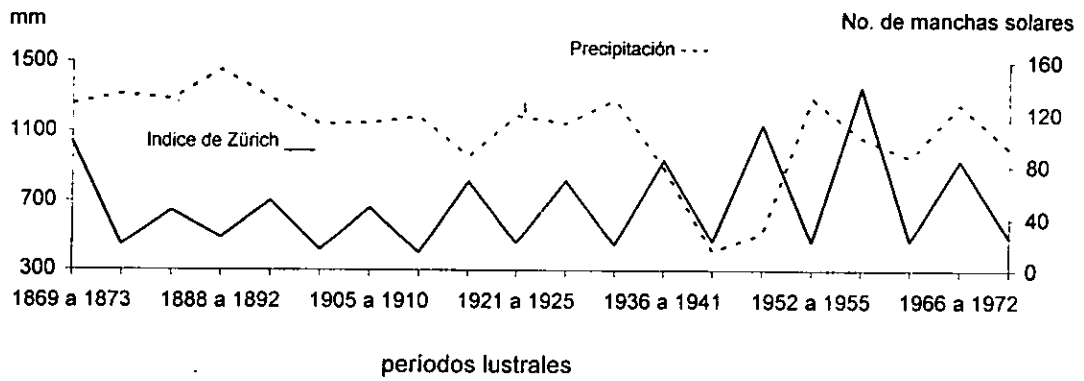
Caracas, Venezuela.



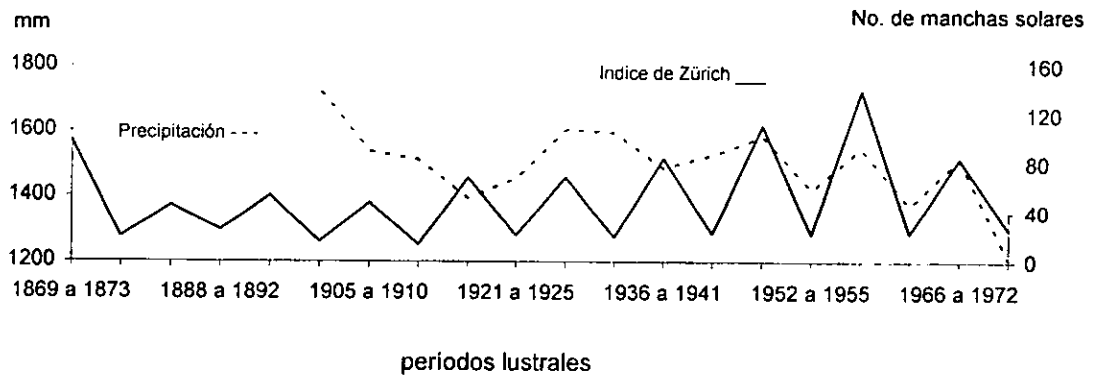
Trinidad, Tobago.



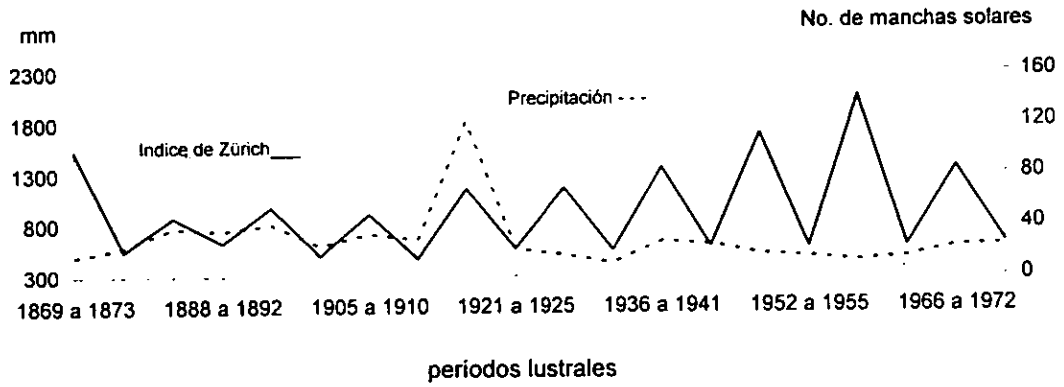
La Habana, Cuba.



San Juan de Puerto Rico.



Jerusamen, Israel.



Jask, Iran.

