



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
DEPARTAMENTO DE PESQUERIAS



FLUCTUACIONES ESPACIO-TEMPORALES EN LA ESTRUCTURA
DE TALLAS DE *Sardinops sagax* EN EL
GOLFO DE CALIFORNIA

TESIS QUE PRESENTA
LEONARDO HUATO SOBERANIS
COMO UN REQUISITO PARA
OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN
CIENCIAS PESQUERAS.

LA PAZ, B. C. S., JULIO DE 1988

CONTENIDO TEMATICO

RESUMEN

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
ANTECEDENTES	4
MATERIAL Y METODO	10
RESULTADOS	14
Descripción de las operaciones de la flota.....	14
Distribución general de tallas**.....*.*.....*.*....."	20
Análisis espectral de tallas . .*. *.....*.*.***.*.....%	24
Análisis espectral de las series de nivel medio del mar...*	28
Análisis espectral de las series de temperatura superficial	38
DISCUSION	47
CONCLUSION	56
LITERATURA CITADA	58

RESUMEN

Con el objeto de determinar las fluctuaciones espacio temporales en la estructura de tallas de Sardinops sagax en el Golfo de California y su relación con los cambios ambientales se analizan las series de distribuciones de tallas provenientes de las capturas, de 1971 a 1984, encontrándose un patrón de pesca coincidente con los cambios de la temperatura superficial y del patrón de surgencias. Las distribuciones de tallas también mostraron cambios asociados a fenómenos de mortalidad por pesca y disponibilidad además de los inherentes al crecimiento individual.

Las distribuciones anuales de tallas presentaron cambios cíclicos con periodos de 5.4, 1 y 2.8 años en orden de importancia. El primero de ellos parece ser causado por reclutamientos anómalamente altos durante los años 1973, 1977 y 1983. El ciclo anual se asoció al reclutamiento anual a la pesquería. Además, estos ciclos parecen ser originados por cambios en las condiciones ambientales asociados a eventos EL NIÑO. Ciclos con periodos similares fueron encontrados en las series del nivel medio del mar y temperatura superficial del mar en Ensenada, Guaymas, Maratlán y Manzanillo; en cada caso, los máximos de estos ciclos coincidieron con reportes de eventos EL NIÑO (Mysak, 1986). Se estimó un desfase de un año entre la ocurrencia de un fenómeno EL NIÑO y su impacto en las tallas, que en promedio disminuyen como consecuencia del reclutamiento de una clase de edad fuerte generada durante tal evento. Las series de datos ambientales también presentaron otros armónicos comunes entre ellas, con periodos de 3.14 a 3.96 años/ciclo y de 19.57 a 26.46 años/ciclo, que se propone determinan la frecuencia y el grado de intensidad de un evento EL NIÑO.

Se propone un mecanismo hipotético para explicar la generación de clases de edad fuertes en presencia de cada evento EL NIÑO, basado en la reducción de la distribución del recurso que redundan en una baja mortalidad en los primeros estadios y una disminución en la presión de pesca que asegura una población desovante mayor que la esperada en condiciones normales.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.- Caladeros de la pesquería de sardina monterrey en el Golfo de California.
- Figura 2.- Zonas de captura de sardina monterrey desde 1971 hasta 1984.
- Figura 3a.- Areas de pesca en los meses de octubre a diciembre de la sardina monterrey en el Golfo de California.
- Figura 3b.- Areas de pesca en los meses de enero a mayo de la sardina monterrey en el Golfo de California.
- Figura 3c.- Areas de pesca en los meses de junio a septiembre de la sardina monterrey en el Golfo de California.
- Figura 4.- Distribuciones promedio mensuales de las tallas en la captura de sardina monterrey en el Golfo de California.
- Figura 5.- Distribuciones promedio anuales de las tallas en la captura de sardina monterrey en el Golfo de California.
- Figura 6.- Anomalías de las distribuciones promedio anuales de las tallas en las capturas de sardina monterrey en el Golfo de California.
- Figura 7.- Tallas promedio mensuales de captura de sardina monterrey en el Golfo de California.
- Figura 8.- Anomalías de las tallas promedio mensuales de la sardina monterrey. a) Anomalia. b) Anomalfa suavizada por promedio móvil de orden 12.
- Figura 9.- Función de densidad espectral normalizada de la serie de tallas promedio de la sardina monterrey.
- Figura 10.-- Modelo de componentes armónicos (linea) ajustado a la serie de tallas promedio de captura de la sardina monterrey (barras;).
- Figura 11.- Función de densidad espectral normalizada de los residuales de la serie de tallas promedio mensuales en la captura de la sardina monterrey.
- Figura 12.- Series de tiempo de nivel medio del mar (NMM) en las localidades de Ensenada, Guaymas, Mazatlan y Manzanillo.
- Figura 13.- Anomalías de las series de nivel medio del mar en Ensenada, Guaymas, Mazatlan y Manzanillo.

- Figura 14.- **únomalias suavizadas** con promedios **móviles** de orden 12 de las **series** de nivel medio del mar.
- Figura 15.- Funciones de densidad espectral normalizada de las **series** de nivel medio del mar. a) Ensenada. b) Guaymas. c) Mazatlán. d) Manzanillo.
- Figura 16.- Funciones de densidad espectral normalizada de los **residuales** de las series; de nivel medio de mar. a) Ensenada. b) Guaymas. c) Mazatlán. d) Manzanillo.
- Figura 17.- Modelos de componentes **armónicos** (lineas) ajustados a las **series** de nivel medio del mar en Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo (barras).
- Figura 18.- **Series** de tiempo de temperatura superficial del mar (TSM) en las localidades de Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanilla.
- Figura 19.- **Anomalías** de las series de temperatura superficial del mar en Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo.
- Figura 20.- **Anomalías** suavizada-; con promedios **móviles** de orden 12 de las **series** de temperatura superficial del mar.
- Figura 21.- Funciones de densidad espectral normalizada de las **series** de temperatura superficial del mar. a) Ensenada. b) Guaymas. c) Mazatlán. d) Manzanillo.
- Figura 22.- Funciones de densidad espectral normalizada de los **residuales** de las **series** de temperatura superficial del mar. a) Ensenada. b) Guaymas. c) Mazatlán. d) Manzanillo.
- Figura 23.- Modelo de componentes armónicos (línea) ajustado a las **series** de temperatura superficial del mar en Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo (barras).
- Figura 24.- **Anomalías** de nivel medio del mar (barras) y gráfica del **submodelo** de componentes armónicos comunes a las **series** (línea).
- Figura 25.- **Anomalías** de temperatura superficial del mar (barras) y gráfica del **submodelo** de componentes **armónicos** comunes a las **series** (línea).

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.- **Parámetros del modelo de componentes armónicos para la5 tallas promedio mensuales de captura en Guaymas, Son. y estadísticos de ajuste a los datos.**
- Tabla 2.- **Parámetros del modelo de componentes armónicos para el nivel medio del mar en Ensenada, B. C. y estadísticos de ajuste a los datos.**
- Tabla 3.- **Parámetros del modelo de componentes armónicos para el nivel medio del mar en Guaymas, Son. y estadísticos de ajuste a los datos.**
- Tabla 4.- **Parámetros del modelo de componentes armónicos para el nivel medio del mar en Mazatlán, Sin. y estadísticos de ajuste a los datos.**
- Tabla 5.- **Parámetros del modelo de componentes armónicos para el nivel medio del mar en Manzanillo, Col. y estadísticos de ajuste a los datos.**
- Tabla 6.- **Parámetros del modelo de componentes armónicos para la temperatura superficial del mar en Ensenada, B. C. y estadísticos de ajuste a los datos.**
- Tabla 7.- **Parámetros del modelo de componentes armónicos para la temperatura superficial del mar en Guaymas, Son. y estadísticos de ajuste a los datos.**
- Tabla 8.- **Parámetros del modelo de componentes armónicos para la temperatura superficial del mar en Mazatlán, Sin. y estadísticos de ajuste a los datos,.**
- Tabla 9.- **Parámetros del modelo de componentes armónicos para la temperatura superficial del mar en Manzanillo, Col. y estadísticos de ajuste a los datos.**
- Tabla 10.- **Máximos de los armónicos comunes en las series de temperatura superficial del mar durante el periodo cubierto por las series.**
- Tabla 11.- **Máximos de los armónicos comunes en las series de nivel medio del mar durante el periodo cubierto por las series.**

FLUCTUACIONES ESPACIO-TEMPORALES EN LA ESTRUCTURA DE TALLAS DE
Sardinops sagax, EN EL GOLFO DE CALIFORNIA.

INTRODUCCION

En la zona noroeste de México, particularmente en 10% Estados de Baja California Sur, Sonora y Sinaloa, se ha desarrollado la pesquería de un conjunto de especie-i pelágico neríticas denominadas bajo el nombre común de "sardina". E-ita pesquería ha presentado un fuerte desarrollo basada en el carácter masivo de las especies que captura, a tal grado, que ha contribuido con el 25-35% del voïumen nacional de capturas desde 1980 hasta 1984 (Anonimo, 1981, 1982, 1984, 1985a, 1985b).

La captura desembarcada está compuesta por Sardinops sagax (sardina monterrey), Opisthonema libertate, O. bulleri, O. medirrastrae (sardina crinuda), Cetengraulis mysticetus (sardina bocana), Etrumeus teres (sardina japonesa) y Scomber japonicus (macarela). Sobresale la sardina monterrey que usualmente constituye mas del 50% de la captura.

La pesca de sardina se ha desarrollado en la costa occidental de la Península de Baja California y en el Golfo de California obteniéndose la mayor captura en los caladeros del Golfo de California (Pedrin y Molina, 1976).

El análisis de las estadísticas do captura y esfuerzo de pesca muestra que la sardina monterrey en el Golfo de California ha presentado desde el inicio de la pesquería en 1967 considerables fluctuaciones interanuales en su abundancia (Molina y Pedrin, 1975); estos cambios caracterizan en general a los recursos nerítico-i (Sharp y Csirke, 1983) y particularmente a la sardina (Nakai et al., 1959). Estas fluctuaciones se presentan incluso cuando no se encuentra bajo régimen alguno de explotación según se ha inferido del estudio de sedimentos laminados en cuenca5 anóxicas (Soutar, 1967 y Soutar e Isaacs, 1969, 1974).

Una causa importante de las fluctuaciones en la abundancia de especies pelágico neríticas es la variación del medio ambiente (Nakai et al., 1959, Uda, 1961, Sharp y Csirke, 1983). Debido a que estas especies se localizan en los primeros niveles de la trama trófica y se encuentran asociado_ a sistemas oceanográficos inestables como son los sistemas de surgencias y de frentes de corrientes (Ahlstrom, 1961); de aquí que se considere que estas especies no poseen un sistema intrínseco para soportar los cambios ambientales (Bakun, 1983, MacCall, 1983). Este comportamiento ha planteado la necesidad de incorporar estimaciones paramétricas de los cambios ambientales en los modelos para administración de éstas pesquerías (Farrish y MacCall, 1978, Bakun y Farrish, 1980, Bernal y Chelton, 1983) pues de otra manera no es posible diseñar estrategias de administración aplicables a mediano y largo plazo en estas especies (Sharp y Csirke, 1983).

Estos cambios en abundancia se reflejan en las distribuciones de tallas (Pope, 1980), como ha ocurrido con la sardina de California según se desprende de los análisis de Clark (1931, 1936) y MacGregor (1959) y con la del Golfo de California en los reportes de Pedrín y Molina (1976).

OBJETIVOS

El desarrollo del presente trabajo tiene como objetivo determinar las fluctuaciones espacia-temporales en la estructura de tallas de Sardinops sagax en el Golfo de California y su relación con la temperatura superficial y el nivel medio del mar como indicadores de cambio ambiental a fin de proporcionar mas elementos para su correcta administración.

El objetivo se desarrolla abordando las siguientes metas específicas:

- 1) Determinación del patrón anual de las operaciones de pesca y los cambios en las distribuciones de tallas de la captura.
- 2) Determinación de la estratificación espacial de las distribuciones de tallas en los diferentes caladeros donde la flota opera.
- 3) Determinación de los principales cambios periódicos en las distribuciones de tallas a partir de los promedios mensuales.
- 4) Identificación de los componentes periodicos mas importantes en las series de temperatura superficial del mar y nivel medio del mar y su relación con aquellos presentes en las series de datos de tallas.

INSTITUTO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
I. P. N.
BIBLIOTECA

ANTECEDENTES

La pesquería de sardina en el Golfo de California se inició en 1967 debido a una disminución en las capturas de sardina monterrey en Ensenada, B. C. (Anónimo, 1985c), durante ese año participaron tres barcos y lograron una captura de 126 t (Sokolov y Wong, 1972). A partir de ese año la pesquería se desarrolló rápidamente impulsada por el traslado de flota desde Ensenada hacia Guaymas y por la construcción de infraestructura industrial en Sonora a partir de 1972 con el fin de procesar las cada vez mayores capturas (Fedrín y Ancheita, 1976). Esta infraestructura se construyó principalmente en el puerto de Guaymas que actualmente es donde se descarga la mayor parte de las capturas del Golfo, y en menor medida en Yavaros, Son., Bahía Kino, Son., Topolobampo y Mazatlán, Sin. y Santa Rosalía, B. C. S. (Anónimo, 1985c).

La cantidad de embarcaciones que participaron en la pesca se mantuvo casi constante desde la temporada 1971/72 hasta 1974/75, operando entre 28 y 32 barcos (Holguín et al., 1982). A partir de la temporada 1976/77 hasta 1981/82 la flota se incrementó con barcos de mas de 100 toneladas de capacidad de bodega y en su mayoría con sistemas de refrigeración, pasando de 1,304 t a 10,052 t de capacidad de acarreo (Anónimo, 1985c).

El régimen de pesca típico hasta principios de la década de los 80 consistía en operar desde octubre hasta junio en los caladeros de la costa de Sonora, pescando principalmente alrededor de la Bahía de Guaymas (Anónimo, 1985c). El desarrollo cualitativo y cuantitativo de la flota y de la industria de procesado, aunado a la disminución de las capturas desde la temporada 1980/81 hasta 1983/84 motivaron una ampliación tanto de la temporada de pesca como de las áreas de captura a partir de 1982/83, originándose lo que se ha conocido como la pesca de verano, caracterizada por operar de junio a octubre en áreas de la costa de la Península de Baja California (Anónimo, 1985c, Holguín et al., 1982). Este incremento se debió principalmente a la incorporación de embarcaciones con gran capacidad de bodega, amplio radio de acción y sistemas de refrigeración en bodega.

Debido a que la pesca de verano incidía sobre individuos muy jóvenes en 1983 se aplicaron medidas de control por parte del sector oficial, fijando una talla mínima de captura en 150 mm, a partir de diciembre de 1983 y prohibiendo la pesca en el litoral de Baja California desde la Bahía de San Luis Gonzaga, B. C. hasta Cabo Virgenes, B. C. S. en el periodo del 8 de agosto al 22 de diciembre de 1985 (Anónimo, 1986).

Los estudios biológicos sobre las especies que integran esta pesquería se iniciaron en forma sistemática con Los trabajos de Sokolov y Wang (1972), en que propusieron la posibilidad de ampliar las áreas de captura que se restringían a los alrededores de la Bahía de Guaymas y detectan una distribución diferencial por tallas, localizando los individuos mas pequeños en la costa peninsular y los mayores en la costa continental; también abordaron aspectos sobre reproducción, alimentación y crecimiento, detectando hasta 5 grupos de edad con un amplio intervalo de tallas por edad.

Sokolov y Wong (1973) y Sokolov (1974) caracterizaron como zona de alimentación las áreas de Bahía de las Animas, y Bahía de los Angeles en el litoral bajacaliforniano y asociaron las áreas de la Bahía de La Paz y Santa Rosalía, B. C. S. con la presencia de juveniles durante el verano; asimismo definieron el litoral de Sonora como área de desove durante el invierno. Estos datos, aunados a la distribución de huevos y larvas que encontraron, les permitieron proponer un esquema migratorio anual asociado a condiciones oceanográficas y meteorológicas en el Golfo que puede resumirse de la siguiente manera: durante el invierno los adultos se desplazan hacia el sur por el litoral de Sonora para reproducirse, coincidiendo su distribución con áreas de surgencia generadas por los vientos del Noroeste. En verano los vientos del Sureste producen surgencias a lo largo de la costa peninsular coincidiendo con la presencia de juveniles. Existe en la zona de la Isla Angel de la Guarda, un área con mezcla de agua permanente causada por corrientes de marea, detectándose en ella la presencia de adultos durante el verano; estos autores presupusieron un transporte de huevos desde las costas de Sonora hasta ex litoral bajacaliforniano mediante corrientes superficiales. También reportaron la presencia de sardina monterrey en el área de Mazatlán durante 1971 con una estructura de tallas similar a la de Guaymas, este fenómeno lo consideraron como una ampliación en la distribución geográfica de la especie.

Wong (1974) situó la época de reproducción para esta especie entre diciembre y mayo, basándose en una escala morfocromática de madurez gonadal, Torres-Villegas et al. (1985) situó la mayor actividad reproductiva entre noviembre y diciembre de los años 1983 y 1984. Torres-Villegas et al. (1986) encontraron discrepancias entre las observaciones de madurez según la escala morfocromática y la validación por técnicas histológicas, situando los picos reproductivos en los meses de noviembre a enero durante los años 1984 a 1986.

Molina y Pedrin (1976) abordaron el problema del crecimiento, proponiendo un ajuste a la ecuación de von Bertalanffy, basándose en observaciones de edad en individuos grandes. Mendez da Silveira (1987) propuso un ajuste alternativo para resolver el problema de falta de datos en las primeras edades mostrando el rápido desarrollo de los individuos de esta especie en los primeros meses de vida.

Los aspectos de producción son los que mas se han investigado. Pedrin et al. (1973) reportaran fluctuaciones en las capturas y las asocian a cambios interanuales en la disponibilidad; además, encontraron cambios estacionales en la disponibilidad del recurso: al inicio de la temporada de pesca las mayores capturas por viaje se obtienen entre Isla Patos y la Bahía de Guaymas, mientras que al final de la misma los mayores rendimientos provienen del sur de Guaymas.

Molina y Pedrin (1975) y Pedrin y Molina (1976) detectaron bajas capturas en la temporada 1972/73, indicando además que en 1971/72 las capturas fueron altas y explican estos cambios como alteraciones en la disponibilidad. Además, encontraron que durante 1971/72 y 1972/73 las tallas se incrementaron, mientras que en 1973/74 disminuyeron.

En Anónimo (1986) se hizo notar que la serie histórica de las capturas muestra en general una tendencia creciente con dos fuertes decrementos asociados con altas temperaturas del mar, mientras que en Anónimo (1987) se mencionó que la estructura por edades en la captura ha cambiado considerablemente, pues en 1973 el 50% de las capturas estaba constituido por individuo; de 3 años de edad, mientras que en 1984/85 los principales grupos eran de 1 y 2 años, con una fuerte contribución del grupo de edad cero, esto los llevó a concluir que el recurso estaba sobrexplotado.

Para esta especie también se han abordado aspectos específicas sobre su interacción con el ambiente. Woltschmit (1977) reportó correlaciones inversas entre la captura de sardina monterrey y la temperatura superficial del mar en el mes de diciembre de la temporada en curso. Lluch-Belda et al. (1986) asociaron bajas temperaturas de mar con altas capturas y viceversa, concluyendo que las temperaturas afectan el área de distribución del recurso y por ende su accesibilidad a la flota.

Molina et al. (1984) consideraron que las fuertes fluctuaciones de las capturas se pueden explicar sobre la base de la accesibilidad del recurso a la flota, dependiendo las capturas de la intensidad de la migración del recurso a las áreas cercanas a Guaymas en donde opera el gruesa de la flota.

Shuntov y Vasil'kov (1981) analizaran las fluctuaciones de largo periodo en las sardinas del Pacifico norte, encontrando coincidencias notorias entre periodos de calentamiento de las masas de agua y periodos de altas abundancias de sardina. Clark (1931, 1936) reportó la presencia de clases de edad superabundantes cada 3-4 años en la sardina de California, mientras que MacCall (1979) encontró cambios periódicos de 3 años en los índices de abundancia para dicha sardina.

Las características oceanográficas y meteorológicas en el Golfo de California han sido estudiadas por diversos autores. Rubinson (1973) presentó una revisión histórica de los datos de temperatura superficial del mar, y construyó distribuciones espaciales de temperatura mensual para un año promedio. Roden y Emilsson (1980) al referirse al patrón de vientos predominantes, indicaron que de noviembre a mayo los vientos vienen del Noroeste, mientras que de junio a octubre soplan del Sureste siendo los vientos de invierno mas fuertes que los de verano; datos similares son reportados por Rubinson (1973), Candela et al. (1984, 1985) y Merrifield et al. (1987). Badan-Dangon et al. (1985) situaron el cambio de dirección en los vientos predominantes a finales de mayo y principios de junio.

Roden y Emilsson (1980) bajo éste patrón de vientos, reportaran bajas temperaturas a la largo de la costa continental en el invierno y primavera, mientras que el verano las temperaturas mas bajas se localizan a la larga del litoral peninsular; este fenómeno se ha asociado primordialmente con la presencia de surgencias (Badan-Dangon et al., 1985). Estos últimos autores también comentaron sobre la transición que se presenta en el patrón de surgencias conforme cambia la dirección del viento; esta transición ocurre entre mayo y junio y consiste en el abatimiento paulatina de las surgencias en la costa continental y el simultáneo incremento de éstas en la costa peninsular. También se reportó un núcleo de agua fría permanente situada en el Canal de Ballenas que es producido por fuertes corrientes de marea (Rubinson, 1973, Roden y Emilsson, 1980, Badan-Dangon et al., 1985) y giras de masas de agua en la parte central del Golfo (Badan-Dangon et al., op cit.).

También se han reportado efectos de eventos a macroescala como EL NINO-OSCILACION DEL SUR (ENSO); Marinone y Robles (1985) detectaron variaciones interanuales en el nivel medio del mar y la temperatura superficial del mar e indicaron que durante la ocurrencia de estos eventos se encuentra una masa de agua de baja salinidad que se ha explicado como la intrusión de una rama de la corriente de Costa Rica (McCreary, 1976 citado por Marinone y Roblen, 1985, Baumgartner y Christensen, 1985). Baumgartner et al. (1985) encontraron una alta relación entre los eventos ENSO y la productividad primaria inferida del análisis de microfósiles de diatomeas, de forma tal que durante un ENSO la productividad en el Golfo de California se incrementa.

El fenómeno de EL NINO ha recibido gran atención en los últimos años debido al impacto que tiene en la economía mundial. Philander (1983) describió el desarrollo de un evento ENSO típico basándose en oscilaciones de la Celda de Circulación de Walker del Pacifico Sur y de la Zona de Convergencia Intertropical, proponiendo un sistema de teleconexiones para explicar el efecto a macroescala de EL NINO basado en los centros de alta y baja presión en la tropósfera que son afectados en cada ocurrencia del fenómeno. Monin et al. (1977) al revisar los años de ocurrencia de EL NINO encontraron que se presenta cada 2, 4 a 5 y 8 años. Quinn et al. (1978; citado por Mysak, 1986) categoriza a los eventos ENSO en base a su intensidad en fuertes, moderados y débiles, mientras que Mysak (1986) encontró que la ocurrencia de evento-i ENSO es irregular pero que en promedio ocurren cada 5 años con un rango de 2 a 7 años.

Mysak et al. (1982) reportaron una periodicidad de 5 a 6 años en las series de reclutamiento del arenque (Clupea pallasii) y del salmón (Oncorhynchus nerka); esta periodicidad también la encontraron en las series de nivel medio del mar, temperatura superficial del mar y salinidad, además de otros periodo-; de 11, 3 y 2.3 años/ciclo. En las series ambientales detectaron que el componente de 5-6 años se propagaba hacia el norte, por lo que lo interpretaron como una onda baroclínica Kelvin, mientras que la oscilación de 3 años la interpretan como una propagación hacia el oeste de una Onda de Rossby, comentando que las variables ambientales deben estar afectando al reclutamiento, pues presentan oscilaciones con la misma frecuencia.

Mysak (1986) propuso un mecanismo para explicar el origen de las ondas Kelvin y Rossby asociándolo a los eventos ENSO. Uda (1962; citado por Manin et al., 1977) proporcionó un origen alternativo de la oscilación de 3 años, indicando que el circuito oceánico del Pacífico Norte completa un ciclo cada 3-4 años.

MATERIAL Y METODOS

Los datos biométricos de Sardinops sagax usados en el desarrollo del presente trabajo fueron proporcionados por el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de Guaymas colectados en muestreos de la captura desembarcada en Guaymas y Yavaros. Se presentan en dos formatos; diferentes denominadas muestreo masiva y muestreo biológico.

El muestreo masivo proporciona información sobre la localidad de captura, nombre del barco, fecha del lance, puerto de descarga, temperatura superficial del mar (a partir de octubre de 1983), captura total, pesa de la muestra y su composición por tallas en intervalos de 10 mm (5 mm desde septiembre de 1983). Se analizaron los muestreos masivos realizados desde noviembre de 1971 a noviembre de 1984.

El muestreo biológico proporciona información sobre el peso total y desviscerado, la longitud furcal y patrón, sexo, estadio de madurez (según la escala de Nikolsky, 1963) e índices de contenido graso y estomacal de cada uno de los individuos. Además, mediante el uso de claven numéricas se indica si se realizó colecta de escamas, gónadas y otolitos.

Generalmente estos dos tipo-i de muestreo se realizan para cada muestra, pero existen casos en que uno de los dos no se realizó. Cuando se tuvo información del muestreo biológico pero no del masivo correspondiente, se calculó la composición por talla-r a partir de los datos proporcionados por el biológico con el fin de contar con la mayor cantidad posible de informacibn. Puesto que éstos datos son tomados de lar; descargas de la captura comercial, solo existe información suficiente para la temporada de pesca que principia en octubre y termina en maya o junio, los datos que se utilizan de julio a septiembre provienen de las capturas de la pesca de verano.

Para determinar el circuito de operación de la flota sardinera, se usaron los reporte5 del Área de captura en los muestreos de 822 viajes de pesca. El análisis descriptivo de las distribuciones de tallas se realizó agrupando los datos de un mismo mes para estimar la cnrrespondiente distribución de frecuencias relativas. A partir de esta serie de distribuciones mensuales se calculó la distribución promedio mensual para un año promedio y la distribución promedia para cada año. Para analizar más detalladamente las distribuciones anuales

promedia, se calcularon sus anomalías a partir de la distribución general promedio de tallas, obtenida al promediar el total de distribuciones de frecuencias relativas mensuales.

- Los cambios de las variables en el tiempo se determinaron usando la Teoría del Análisis de series de tiempo que permite determinar la estructura interna de un conjunto de datos (Bloomfield, 1976), posibilitando establecer relaciones dinámicas con otras series mediante funciones de transferencia (Box y Jenkins, 1976). Dado que es factible descomponer las serie- i en elementos que usualmente son generados por fenómenos diferentes (no necesariamente independientes), pueden establecerse hipótesis sobre mecanismos de causa y efecto (Chatfield, 1980) y criterios estadísticos para el pronóstico de las variables de interés.

Las variables que se usaron en estos análisis fueron la temperatura superficial del mar (TSM) y el nivel medio del mar (NMM) en los puertos de Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo, y fueron utilizadas como indicadores de cambio ambiental pues usando series de vario; lugares puede lograrse un patrón de cambio coherente capaz de reflejar fluctuaciones a meso 0 macroescala. Los datos para éstas variables se obtuvieron de los reportes de datos de la Secretaría de Marina y del Instituto de Geofísica de la UNAM que proporcionan datos; hasta 1974 (Grivel-Piña, 1975, 1977, 1978). Los datos de fechas posteriores fueron obtenidos de los reportes que el Instituto de Geofísica proporciona a la Secretaría de Pesca. Los periodos que cubren las diferentes series son:

Localidad	Nivel medio del mar	Temperatura superficial
Ensenada	Ene. 1957 - dic. 1985	Jun. 1955 - dic. 1985.
Guaymas	Ene. 1957 - dic. 1985	Ene. 1957 - dic. 1985.
Mazatlán	Ene. 1953 - dic. 1974	Ene. 1953 - dic. 1974.
Manzanillo	Ene. 1954 - dic. 1982	Ene. 1953 - dic. 1982.

Estos datos fueron comparados con una serie de tiempo de promedios mensuales de tallas calculado, a partir de las distribuciones de frecuencias relativas mensuales hasta noviembre de 1984, complementada con promedios mensuales proporcionados por el CRIP de Guaymas hasta diciembre de 1986.

El primer análisis aplicada a las series de datos se realizó a través de sus anomalías, definidas como:

$$Z_{1j} = X_{1j} - Y_j$$

Donde:

$Z_{i,j}$ = Anomalia del j-ésimo mes; en el i-ésimo año.

$X_{i,j}$ = Valor de la variable en el j-ésimo mes del i-ésimo año.

Y_j = Valor promedio en el j-ésimo mes.

Las anomalías así calculadas no presentan el periodo anual típico de las series de datos ambientales. El ruido o variación aleatoria de la serie (usualmente representado como armónicos de alta frecuencia) se filtró usando promedios móviles de orden 12, eliminándose cualquier frecuencia igual o menor a $1/3.2$. Los promedios móviles fueron calculado; usando la corrección por orden par según Makridakis y Wheelwright (1978) para posicionar adecuadamente en el tiempo los valores así obtenidos.

Para determinar los componentes más importantes de las series de tiempo se usó el análisis de componentes armónicos y el análisis espectral; ambas técnicas presuponen que una serie de tiempo cualquiera puede considerarse como una suma de armónicos, de tal forma que cada valor de la serie está dado por:

$$x_t = \bar{X} + \sum_j a_j \cos(\omega_j t + d_j) \quad t=0,1,2,\dots, n-1$$

Donde:

x_t = Valor de la serie al tiempo t .

\bar{X} = Media aritmética de la serie.

a_j = Amplitud del j-ésimo componente.

ω_j = Frecuencia angular del j-ésimo componente.

$\omega_j = 2\pi/f_j$

f_j = Frecuencia absoluta (Ciclos/Unidad de tiempo) del j-ésimo componente armónico.

d_j = Fase del j-ésimo componente.

Esta expresión puede reescribirse como:

$$x_t = \bar{X} + \sum_{j=1} A_j \cos(\omega_j t) + B_j \sin(\omega_j t)$$

Donde:

$A_j = a_j \cos(d_j) = \text{cte.}$

$B_j = -a_j \sin(d_j) = \text{cte.}$

y permite resolver para amplitudes y fases por mínimos cuadrados

si se tienen estimaciones previas de las frecuencias angulares, ya que el problema se reduce a una regresión lineal múltiple para obtener los coeficientes A, y B, los cuales se calcularon usando el programa propuesto por Bloomfield (1976) previamente modificado para operar con vectores incompletos de datos.

La estimación de las frecuencias que integran las series se realizó usando el análisis espectral. Esta metodología genera el espectro en frecuencias de la serie, que representa la forma como se distribuye la variancia con respecto a la frecuencia (Chatfield, 1980), obteniéndose la contribución relativa a la variación total de cada intervalo de frecuencias (Priestley, 1981). Las frecuencias proporcionadas por este método se limitan en sus valores extremos de la siguiente manera: El componente armónico con la frecuencia mas baja (periodo mas largo) debe expresarse al menos una vez a la largo de toda la serie según Chatfield (1980); la frecuencia mas alta detectable (periodo mas corto) debe expresarse al menos una vez en dos unidades de tiempo según Bendat y Piersol (1971).

Los cálculos para obtener el espectro en frecuencias se realizaron usando el programa SPECTRA proporcionado por el Departamento de Mareografía de CICESE y que genera estimaciones de la contribución a la variancia de cada intervalos de frecuencia absoluta medida en ciclos por mes (CIC/MES).

La manera como se realizó el análisis de las series de tiempo fue la siguiente: para cada serie se ajustó y filtró una recta de tendencia, posteriormente se calculó el espectro en frecuencias de la serie sin tendencia (mediante el programa SPECTRA) detectándose la frecuencia que mas contribuye en las explicación de la variancia; una vez conocida la frecuencia se estimó la amplitud y fase para ese armónico mediante el proceso propuesta por Bloomfield. Determinados los parámetros del armónico, se filtró a la serie obteniéndose una serie residual, a la cual se le calculó nuevamente el espectro de frecuencias y así sucesivamente hasta que la principal fuente de variancia en el espectro de la serie residual estaba en las bandas de alta frecuencia (corto periodo), o cuando la suma de cuadrados residual no variaba de forma apreciable.

RESULTADOS

DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES DE FLOTA.

Los sitios de captura obtenidos a partir de los muestreos indican que la flota operó en 70 diferentes localidades en el Golfo de California (Fig. 1). Las estadísticas generales indican que en el 13.74% de los viajes los barcos realizaron capturas en el litoral de la Península de Baja California, en un área frente a las grandes islas delimitada al Norte por Bahía de San Luis Gonzaga y al Sur por Bahía Concepción. En el 19.1 % de los viajes la flota operó alrededor de las grandes islas localizadas en la parte central del Golfo (Isla Tiburón e Isla Angel de la Guarda), mientras que en el 67% de los casos operó en el litoral de Sinaloa y Sonora, principalmente en ésta última, centrándose las operaciones alrededor de la Bahía de Guaymas en un intervalo delimitado al Sur por Las Bocas, Son. y al Norte por Punta Libertad, Son. (Fig. 2).

El área de operaciones de la flota varía de acuerdo con la distribución del recurso durante el año, siguiendo aparentemente sus desplazamientos. Generalmente la flota comienza sus actividades a partir de octubre operando en los caladeros de Isla Angel de la Guarda, Bahía de San Luis Gonzaga y Bahía de la Animar; en el litoral de la Península, y en algunos sitios del Canal del Infiernillo frente a Isla Tiburón (Fig. 3a). En noviembre las operaciones se realizan en ambos litorales del Golfo con las grandes Islas como puente y extendiéndose hacia el sur en Sonora desde Punta Libertad hasta Los Algodones (Fig. 3a). Para diciembre la pesca se concentra en la Bahía de Guaymas, extendiéndose al Norte hasta Tastiota y al Sur hasta Los Algodones (Fig. 3a). Durante enero la cobertura se amplía abarcando desde Las Bocas, hasta Bahía Kino (Fig. 3b). Durante febrero las operaciones se realizan al norte desde la Bahía de Guaymas hasta Isla Patos (Fig. 3b) y para marzo continúan hacia el Norte con actividades cada vez más esporádicas en el Sur (Fig. 3b). En abril la temporada de pesca comienza a decaer y la flota opera en el litoral continental frente a las islas centrales (Fig. 3b) desde la Bahía de Guaymas hasta Isla Patos. En mayo las actividades pesqueras se realizan desde Tastiota, hasta Cabo Tepoca en el litoral continental, e iniciándose en el litoral peninsular (Fig. 3b); en junio en ambas costas del Golfo y desde las islas centrales hacia el norte (Fig. 3c) y de julio a septiembre se opera en el litoral de Baja California (Fig. 3c) (al menos para el periodo en que se realizó la pesca de verano).

De este patrón pueden observarse los siguientes cambios generales: De julio a noviembre la pesquería opera en el litoral peninsular y en los últimos meses de este periodo la flota tiende a incrementar sus capturas en el litoral continental disminuyendo paulatinamente las operaciones en el litoral peninsular. Desde diciembre hasta abril la flota únicamente opera en el litoral continental, desde Topolobampo en el límite Sur, hasta Isla Fatos en el Norte. Los meses de mayo a junio marcan el fin de la temporada de pesca, y se caracterizan por que la flota opera de manera inconexa desde Cabo Tepoca en el Norte hasta la Bahía de Guaymas en el Sur, abarcando nuevamente caladeros en el litoral peninsular.

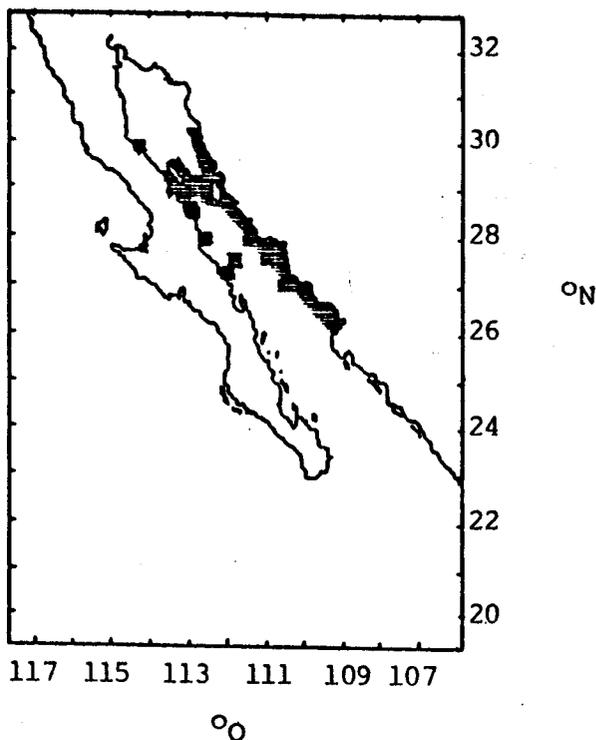


Figura 2.- Zonas de captura de sardina monterrey desde 1971 hasta 1984.

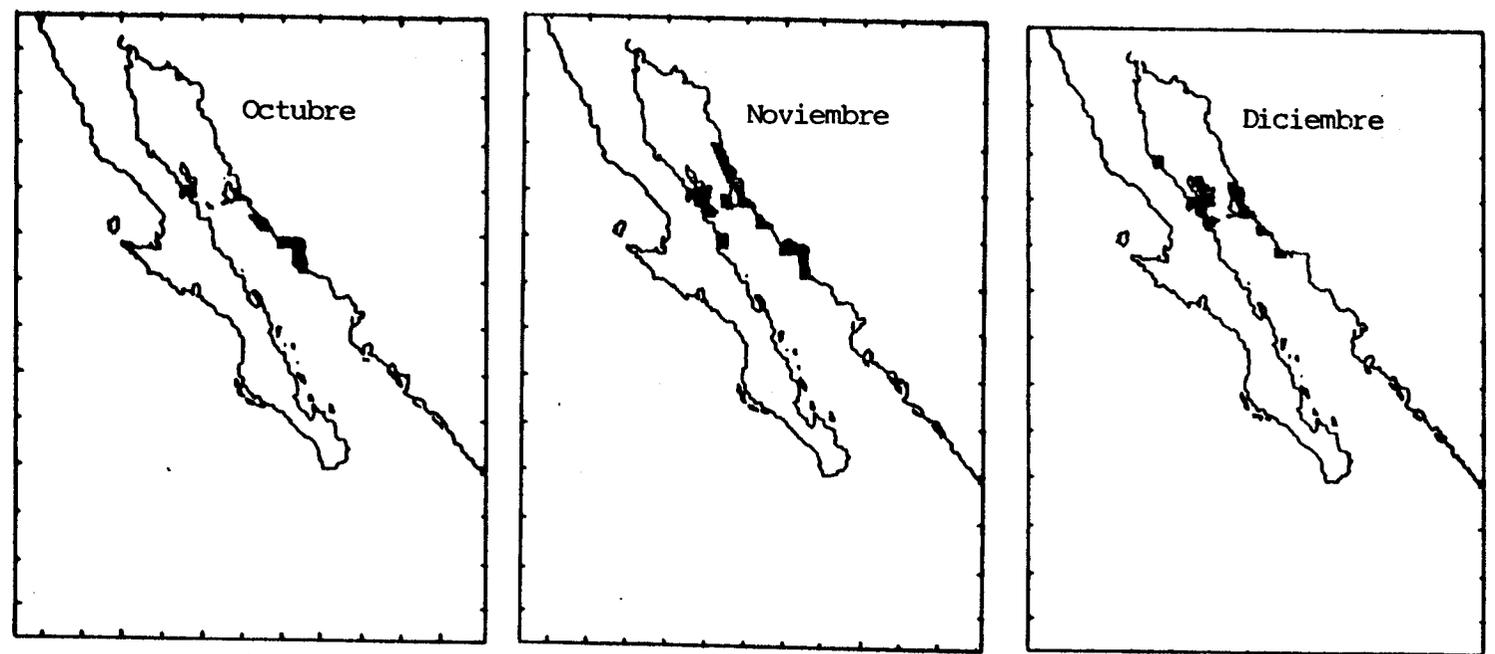


Figura 3a.- Areas de pesca en los meses de octubre a diciembre de la sardina monterrey en el Golfo de California.

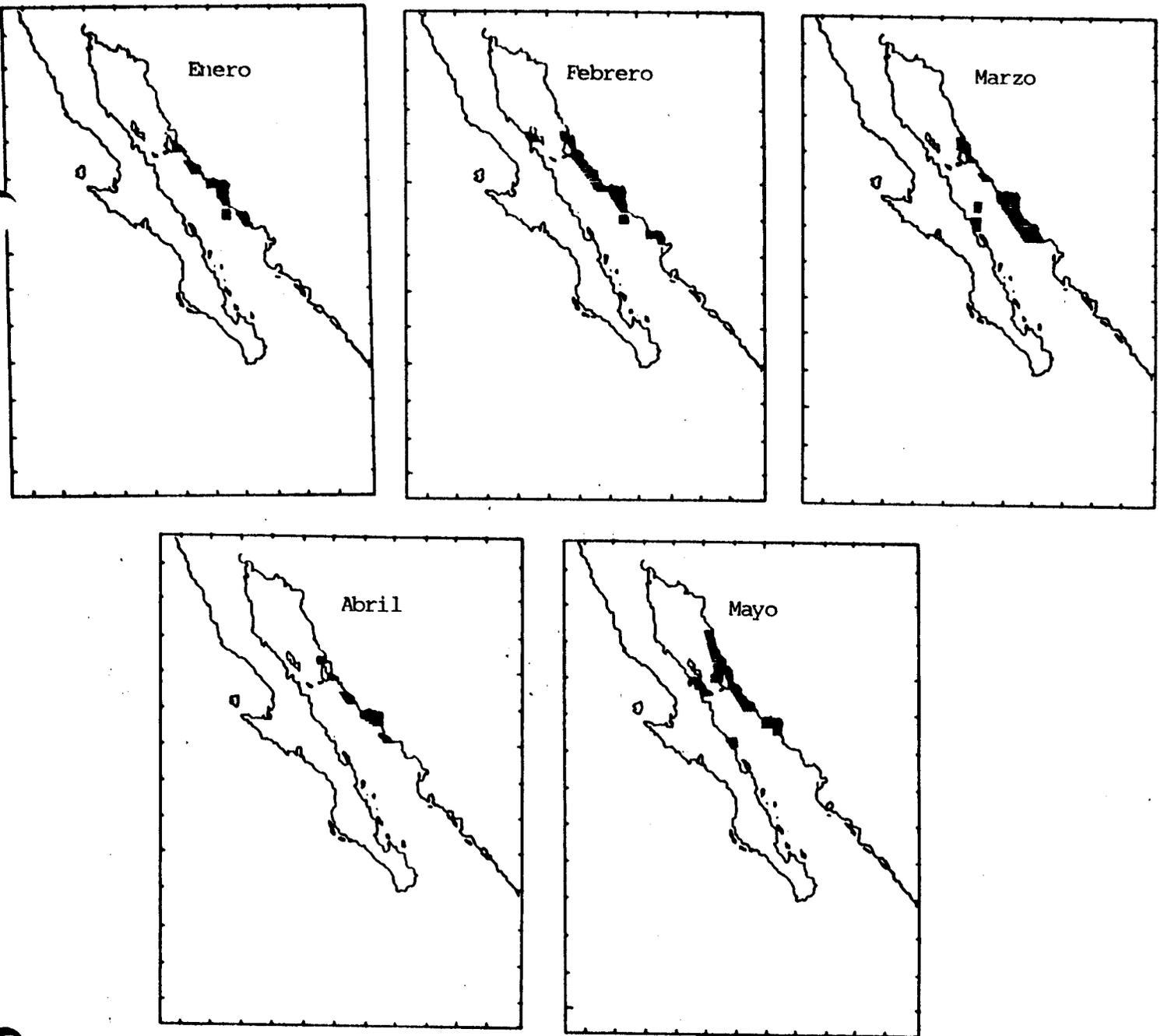


Figura 3b.- Areas de pesca en los meses de enero a mayo de la sardina monterrey en el Golfo de California.

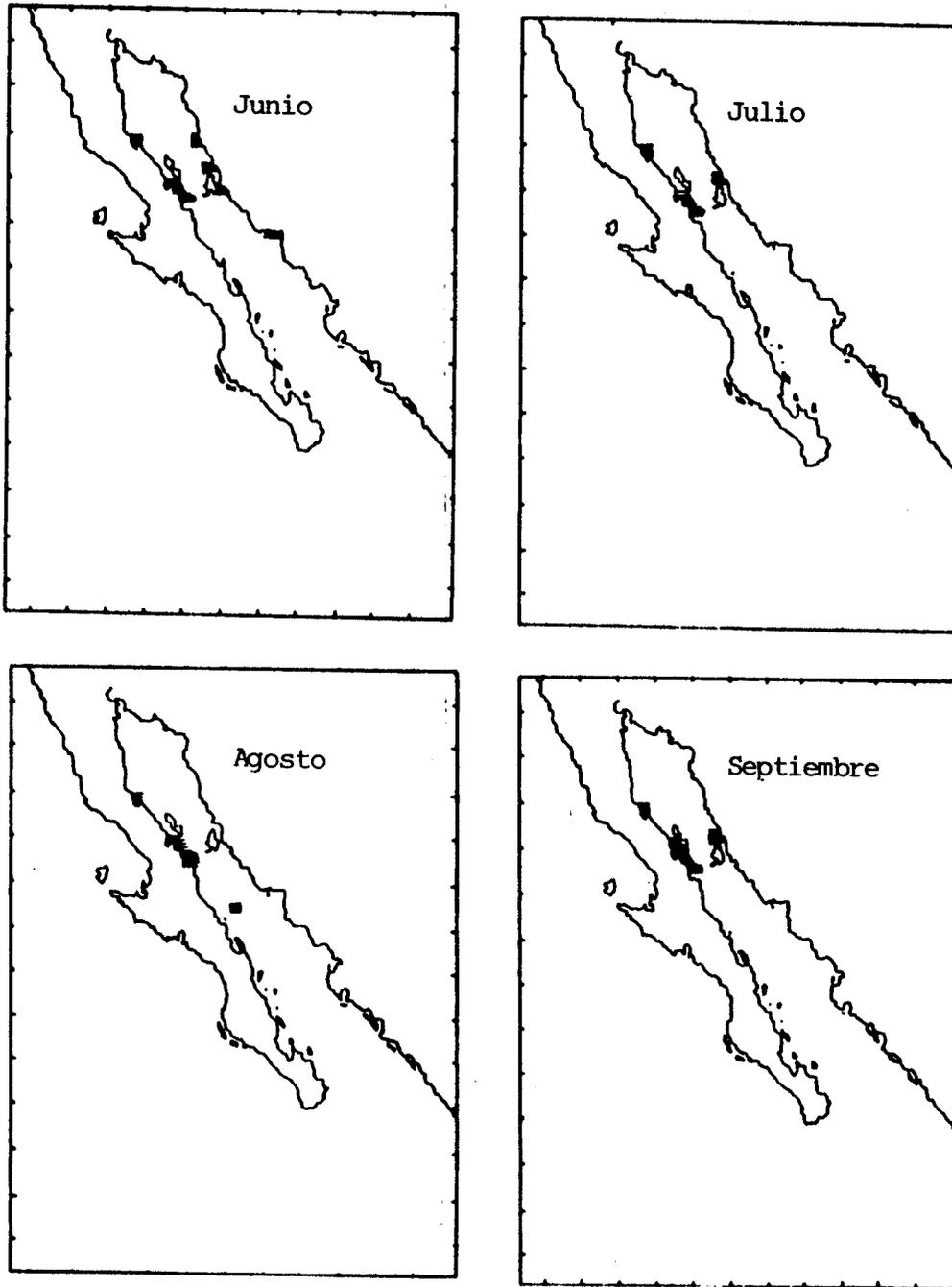


Figura 3c.- Areas de pesca en los meses de junio a septiembre de la sardina monterrey en el Golfo de California.

DISTRIBUCION GENERAL DE TALLAS

Conforme la flota desarrolla sus operaciones, se detectan cambios en las distribuciones mensuales de tallas de la sardina munterrey que pueden describirse con mayor facilidad si se clasifican a los individuos con base en las marcas de clase de los intervalos a que pertenecen, como sigue: considerando a los de 135 mm o menos como chicos, de 145 a 165 mm como medianos y de 175 mm en adelante como grandes.

En la figura 4 se observa que en julio, agosto y septiembre se presenta un aumento tanto en el número de intervalos como en las frecuencias de individuos de tallas chicas formando, en septiembre un grupo modal no dominante. Durante estos meses predominan las tallas medianas con moda en 155 mm; a pesar de la aparición de tallas menores, las medianas se manifiestan aún en septiembre como un componente modal diferente y predominante. Durante julio y agosto las tallas grandes prácticamente no se presentan.

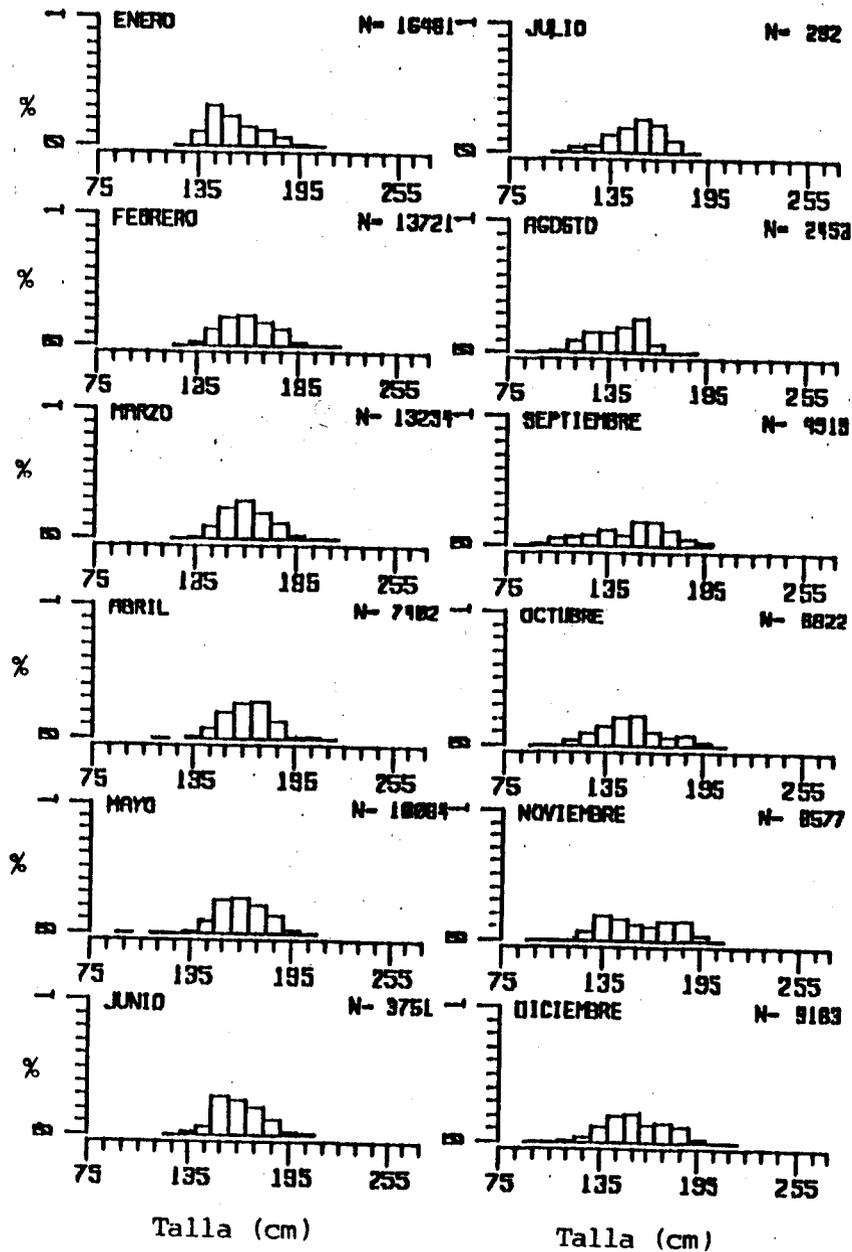
En los meses de octubre, noviembre y diciembre las tallas chicas contribuyen de manera cada vez menos significativa. En estos meses se detectan dos componentes modales correspondientes a tallas medianas y grandes, dominando las medianas excepto en noviembre, mes en el que se presenta una moda dominante en el último intervalo de tallas chicas. Las tallas grandes aumentan paulatinamente su contribución desde septiembre hasta noviembre y durante diciembre y enero disminuye su proporción. En enero predominan notoriamente las tallas medianas.

Febrero y marzo presentan distribuciones similares y solo se aprecia un leve incremento en la moda de marzo con respecto a febrero. La moda de enero se desplazó de 145 mm a 165 mm durante febrero y marzo, y pasó a 175 mm en abril.

De abril a junio se presenta un corrimiento modal desde las tallas grandes (175 mm en abril) hacia tallas medianas, con 165 mm en mayo y 155 mm en junio, siendo las tallas medianas las que más contribuyen durante estos tres meses.

De esta descripción se pueden apreciar tres grandes eventos generales; el primero de ellas es la presencia de un grupo de tallas

chicas en el mes de julio que forma una moda no dominante en septiembre y prácticamente desaparece en enero. El segundo evento está dado por el comportamiento de las tallas grandes que se presentan en septiembre y alcanzan su máxima contribución modal en noviembre y diciembre para desaparecer como grupo modal el resto del año. El tercer evento son los corrimientos modales que ocurren de enero a junio cuando las modas van desde 145 mm en enero a 175 mm en abril y 155 mm en junio.



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
 CIENCIAS MARINAS
 I.P.N.
 BIBLIOTECA

Figura 4.- Distribuciones promedio mensuales de las tallas en la captura de sardina monterrey en el Golfo de California.

En la figura 5 se observan cambios en la configuración de las distribuciones anuales de tallas (1971 se construyó con datos de noviembre y diciembre solamente). Las distribuciones de 1973 y 1977 se caracterizan por presentar grupos de tallas modales no dominantes

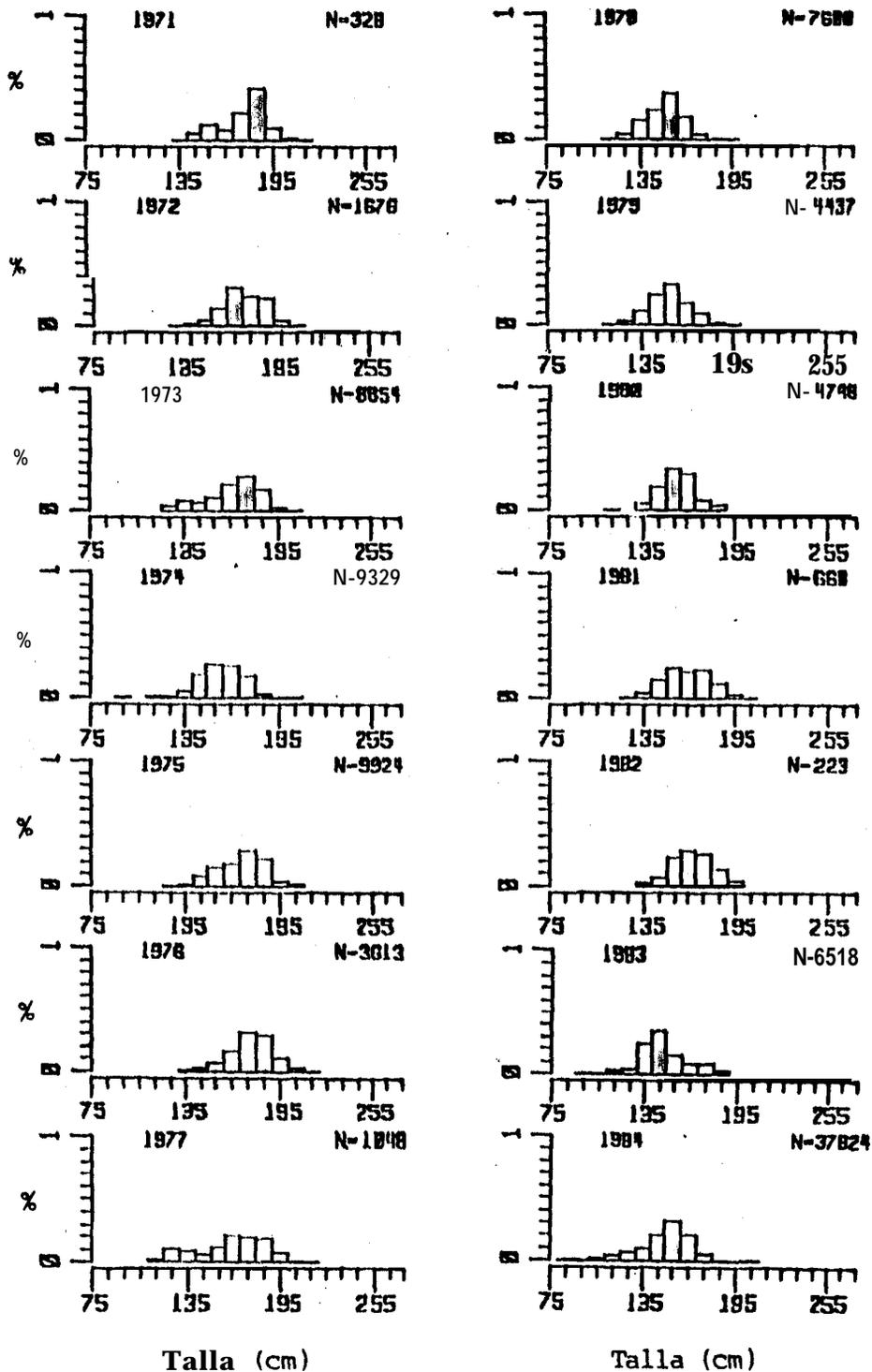


Figura 5. - Distribuciones promedio anuales de las tallas en la captura de sardina monterrey en el Golfo de California.

de 135 mm o menos, y la de 1983 por presentar un valor muy alto de frecuencia para la clase de 135 mm y la presencia de grupos de tallas mas pequeños que antes no habian aparecido. En 1974 y 1978 se presenta un corrimiento modal hacia tallas menores, seguido de desplazamientos progresivos hacia tallas mayores en los siguientes 3 y 5 años respectivamente. En 1984 aparecieron todos los grupos de tallas pequeñas y aumentó la contribución de los menores de 135 mm.

Las anomalías positivas de las distribuciones promedio anuales de tallas (Fig. 6) muestra como se desarrolla el corrimiento modal de las tallas. En 1973 se aprecian las dos modas de la distribución; de 1974 a 1976 la moda de tallas chicas se propaga hacia tallas mayores hasta dominar la distribución. Un comportamiento análogo se genera en 1977, aunque esta vez la propagación culmina en 1982. En 1983 el fenómeno se desarrolla de manera similar, aunque en este caso la contribución de las tallas chicas en la distribución es notoriamente mayor. Este comportamiento muestra épocas periódicas caracterizadas por un incremento en la contribución de las tallas pequeñas cada 3 o 5 años.

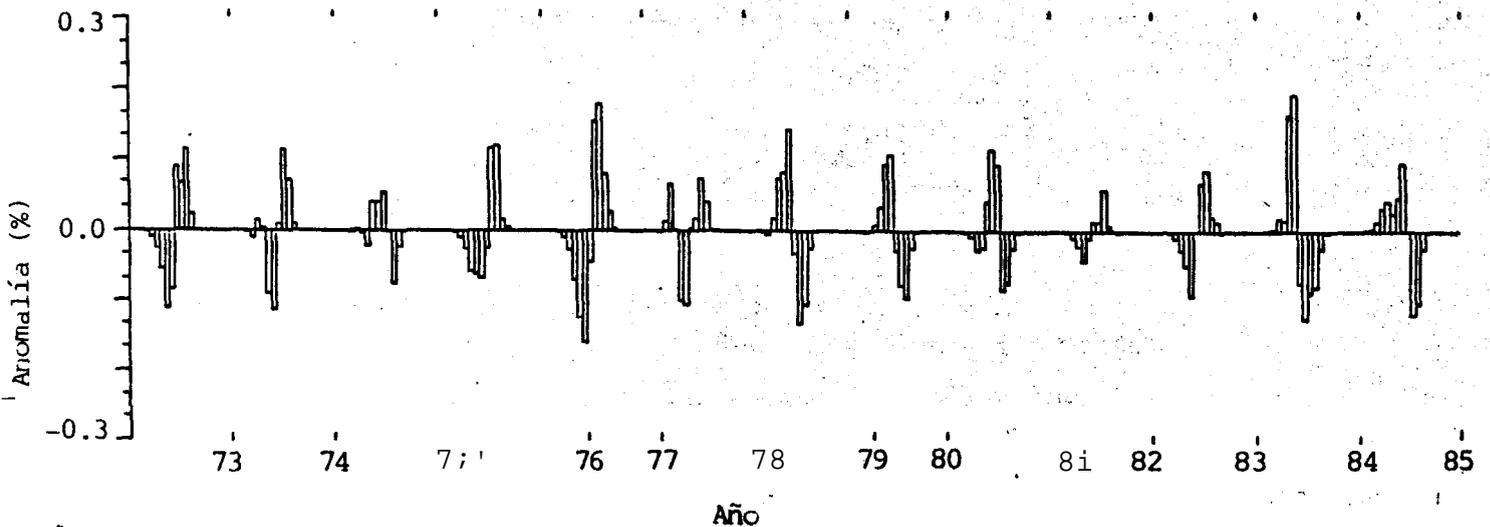


Figura 6. - Anomalías de las distribuciones promedio anuales de las tallas en las capturas de sardina monterrey en el Golfo de California.

ANALISIS ESPECTRAL

TALLAS

LOS promedias mensuales de tallas (Fig. 7) denotan claramente una tendencia a disminuir que parece originarse por un incremento en la contribución de tallas intermedias y un descenso en la de las tallas grandes, como puede apreciarse en las distribuciones anuales de las tallas en la captura (Fig. 5).

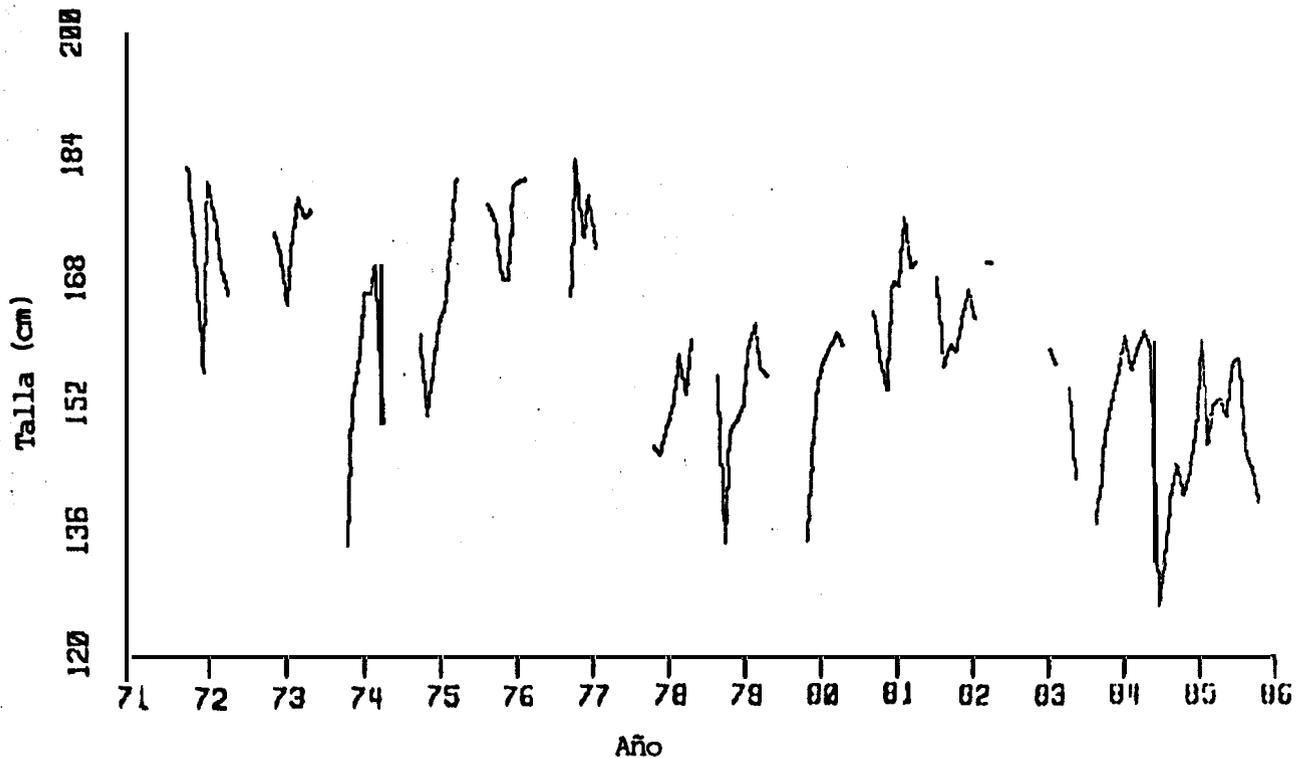


Figura 7. - Tallas promedio mensuales de captura de sardina monterrey en el Golfo de California.

Las anomalías de la serie (Fig. 8a) muestran un comportamiento periódico con predominancia de anomalías positivas durante 10% años de 1971 a 1973, de 1973 a 1977 y de 1981 a 1982, todos ellos coincidentes con ocurrencias de fenómenos ENSO. Suavizada la 5 anomalías a través de promedias móviles (Fig. 8b) se aprecia un periodo de aproximadamente 5 años. En estas anomalías no se detecta periodicidad anual pues ya ha sido filtrada.

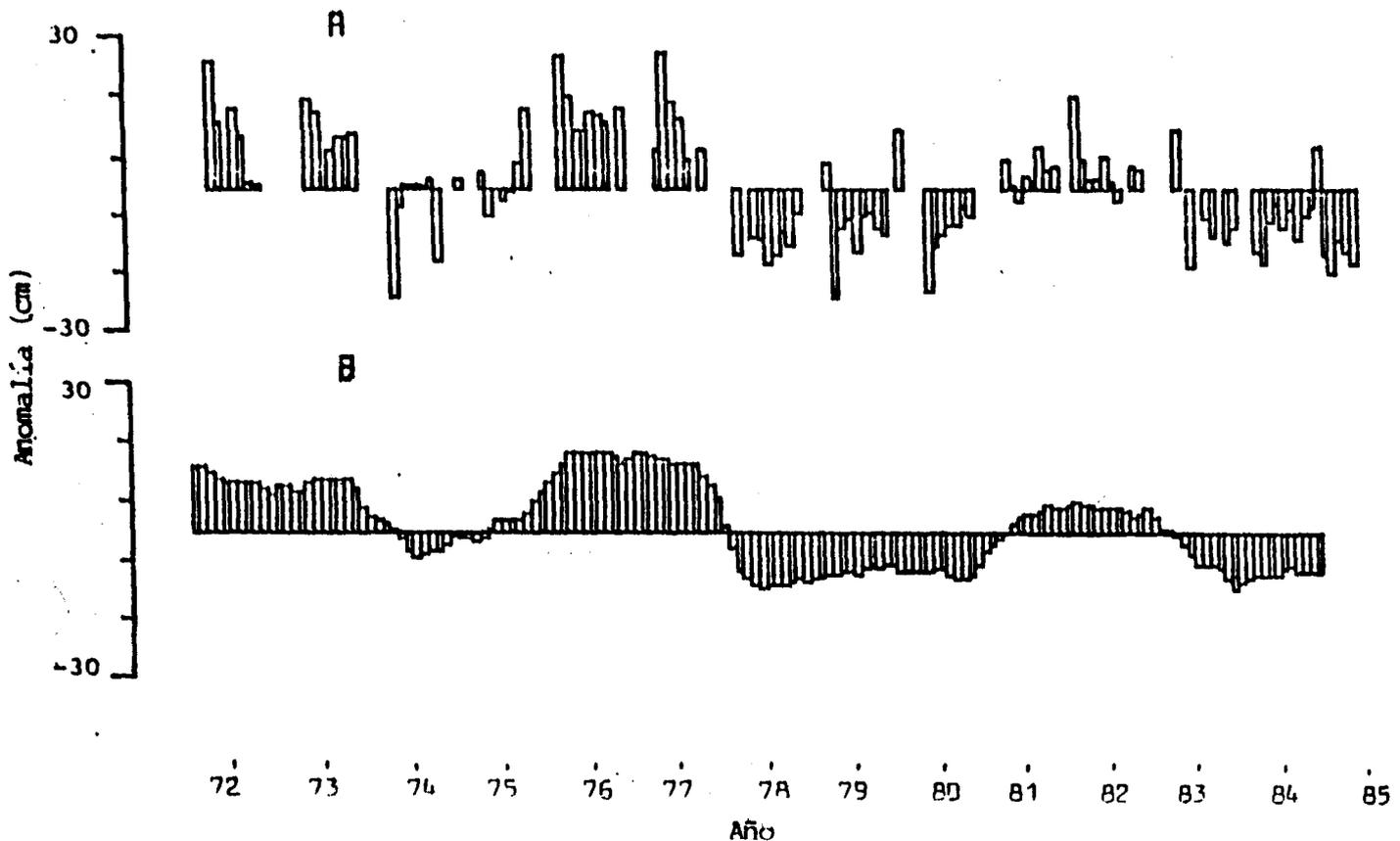


Figura B.- Anomalías de las tallas promedio mensuales de la sardina monterrey. a) Anomalia. b) Anomalia suavizada por promedio móvil de orden 12.

La recta de tendencia ajustada a la serie de tallas presentó una pendiente de -0.12741 mm/mes que implica un decrecimiento de 23.2 mm en la talla media de captura desde noviembre de 1971 hasta diciembre de 1986.

La función de densidad espectral normalizada (o espectro) de la serie (sin tendencia) (Fig. 9) confirma la presencia de un componente de 69.26 meses (0.0153 cic/mes) que contribuye con un mayor porcentaje a la explicación de la variación total, seguido por otro ciclo con frecuencia de 0.0831 cic/mes correspondiente a un periodo anual. Estos dos periodos son los más fuertes que presenta la serie, y en conjunto con la tendencia explican el 96.61% de la variación total.

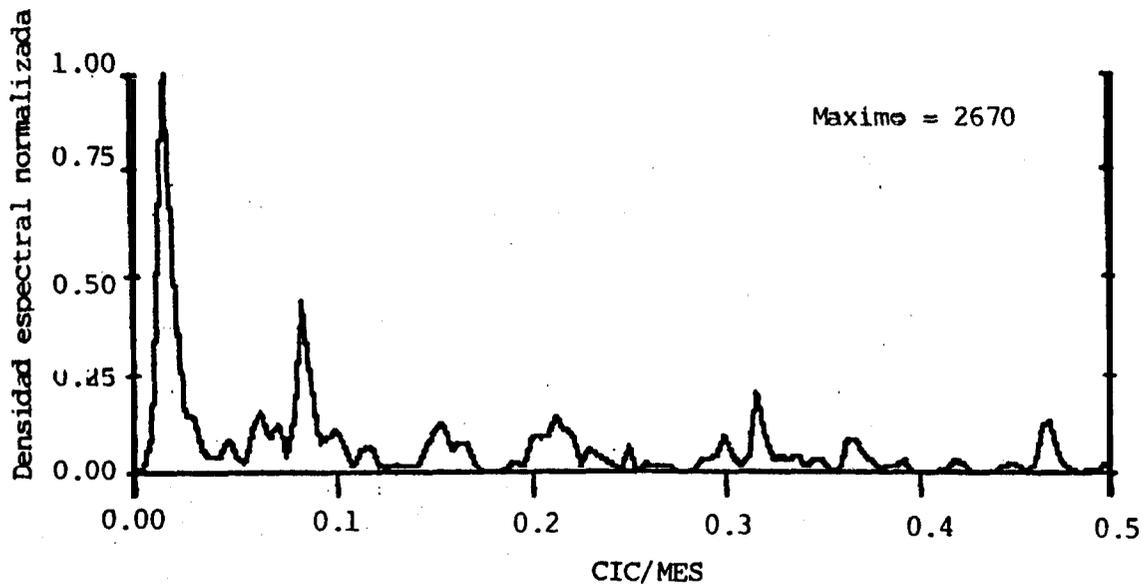


Figura 9.- Función de densidad espectral normalizada de la serie de tallas promedio de la sardina monterrey.

Al filtrar estos dos componentes de la serie sin tendencia, el espectro muestra la presencia de otros nueve armónicos con menor contribución que los anteriores (Tabla 1). Los 11 componentes en conjunto con la tendencia explican el 82.96% de la variación total de la serie.

El análisis de armónicos proporcionó las amplitudes y fases para cada frecuencia detectada, conformándose así el modelo de componentes armónicos para la serie (Fig. 10). Las características de los armónicos ajustados así como el primer máximo y mínimo y la suma de cuadrados residual al filtrar tanto el componente actual como los anteriores se encuentra en la Tabla 1.

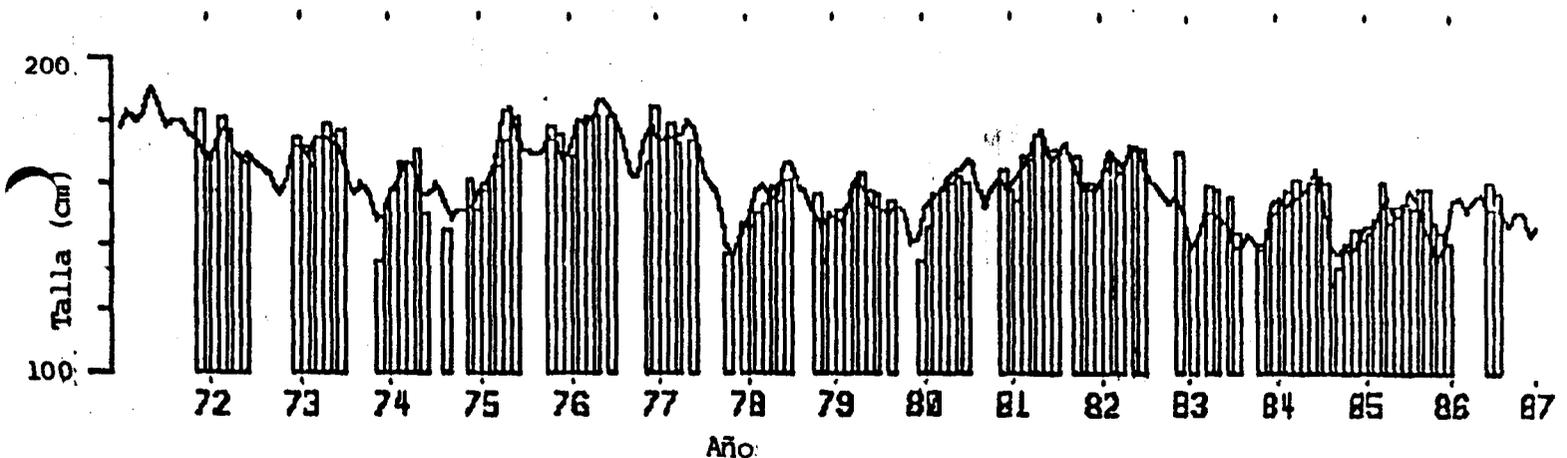


Figura 10.- Modelo de componentes armónicos (línea) ajustado a la serie de tallas promedio de captura de la sardina monterrey (barras).

El espectro de los residuales de la serie (Fig. 11) denota una fuerte actividad a todo lo largo del espectro que fué considerada como fluctuación aleatoria por su bajo nivel de varianza.

Tabla 1. Parámetros del modelo de componentes armónicos para la tallas promedio mensuales de captura en Guaymas, Son. y estadísticos de ajuste a los datos.

Tendencia $Y = 172.38196 - 0.12741 t$								Residual 14517.28
Periodo meses	Periodo años	Primer		Amplitud	Fase			
		Máximo	Mínimo					
b5.243	5.439	77 03	74 06	9.1276	0.08728	10444.41		
12.03	1.002	72 03	-72 09	7.1355	-1.88008	7704.36		
33.64	2.803	74 03	-72 11	3.7607	0.97053	6802.84		
21.36	1.780	72 07	73 06	3.3786	-2.42982	6096.93		
4Y.4'7	4.123	73 05	79 05	2.9515	-2.23724	5521.66		
4.15	0.262	71 12	72 02	2.8247	-2.20321	5077.48		
4.75	0.396	72 03	72 01	3.4463	0.65325	4326.49		
16.71	1.392	72 06	73 02	2.6308	-2.56748	3898.51		
13.1.6	1.097	72 09	72 03	1.9696	1.31420	3720.04		
6.46	0.539	71 11	72 02	1.9276	-0.09822	3510.54		
6.90	0.575	72 01	72 05	2.1856	-2.03949	3296.27		
Suma de cuadrados total 19316.73								

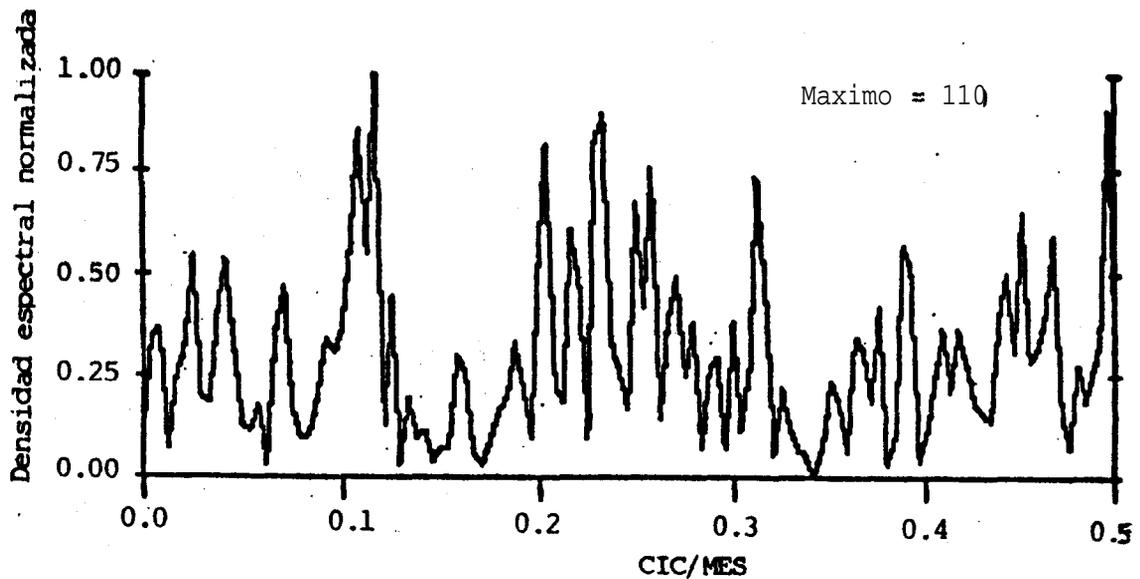


Figura 11.- Función de densidad espectral normalizada de las residuales de la serie de tallas promedio mensuales en la captura de la sardina monterrey,

NIVEL MEDIO DEL MAR

Las series de NMM (Fig. 12) poseen un ciclo anual dominante que si bien no oculta del toda la presencia de otros armónicas; no permite aislarlos para obtener estimaciones de sus frecuencias. En este sentido, las anomalías de estas series muestran coincidencias en su compartamiento general y proporcionan información más clara de ciclos menos evidentes que el anual. En la figura 13 se aprecia un periodo de anomalías positivas a partir de mediados de 1957 hasta finales de 1959; desde 1960 se desarrolla un periodo de anomalías negativas que termina a principios de 1963 en las series; de Mazatlán y Manzanillo, mientras que en Guaymas y Ensenada se prolonga hasta 1964, año en que se presentan los niveles más bajos para esta última localidad. A partir de 1965 se observan cambios alternantes en los signos de las anomalías, observándose una tendencia creciente de los valores positivos simultánea con decrementos en los valores negativos; desde 1976 hasta 1985 (en las series más largas) predominan las anomalías positivas, con un máximo en 1982-83. Al filtrar la variación aleatoria mediante promedios móviles de orden 11, el comportamiento descrito se manifiesta claramente apreciándose los siguientes eventos (Fig. 14):

- 1) La alternancia periódica de signos en las anomalías indica la presencia de un ciclo cuyo periodo puede estimarse dividiendo la cantidad de años de la serie entre el número de máximos o mínimos presentes. De esta manera se obtiene un periodo de 4.8 años para Guaymas y Ensenada y 4.4 y 3.2 años para Mazatlán y Manzanillo respectivamente.
- 2) En las anomalías se observa que la magnitud de máximos y mínimos varía tanto en el tiempo como en el espacio ya que los valores positivos tienden a disminuir al desplazarse de Sur a Norte sugiriendo un fenómeno de atenuación, mientras que los negativos se presentan con más intensidad en el Norte que en el Sur; En las figuras 13 y 14 este fenómeno de atenuación se aprecia al presentarse valores más altos (o bajos en el caso de anomalías negativas) y más persistentes.
- 3) En las anomalías (y en sus suavizadas) se observa un compartamiento general a larga plaza consistente en la predominancia de un signo en un determinado lapso, así de 1960 a 1964 existe una predominancia de valores negativos. De 1967 a 1975 se presenta alternancia de signos y de 1976 hasta 1985 prácticamente se presentan solo anomalías positivas.

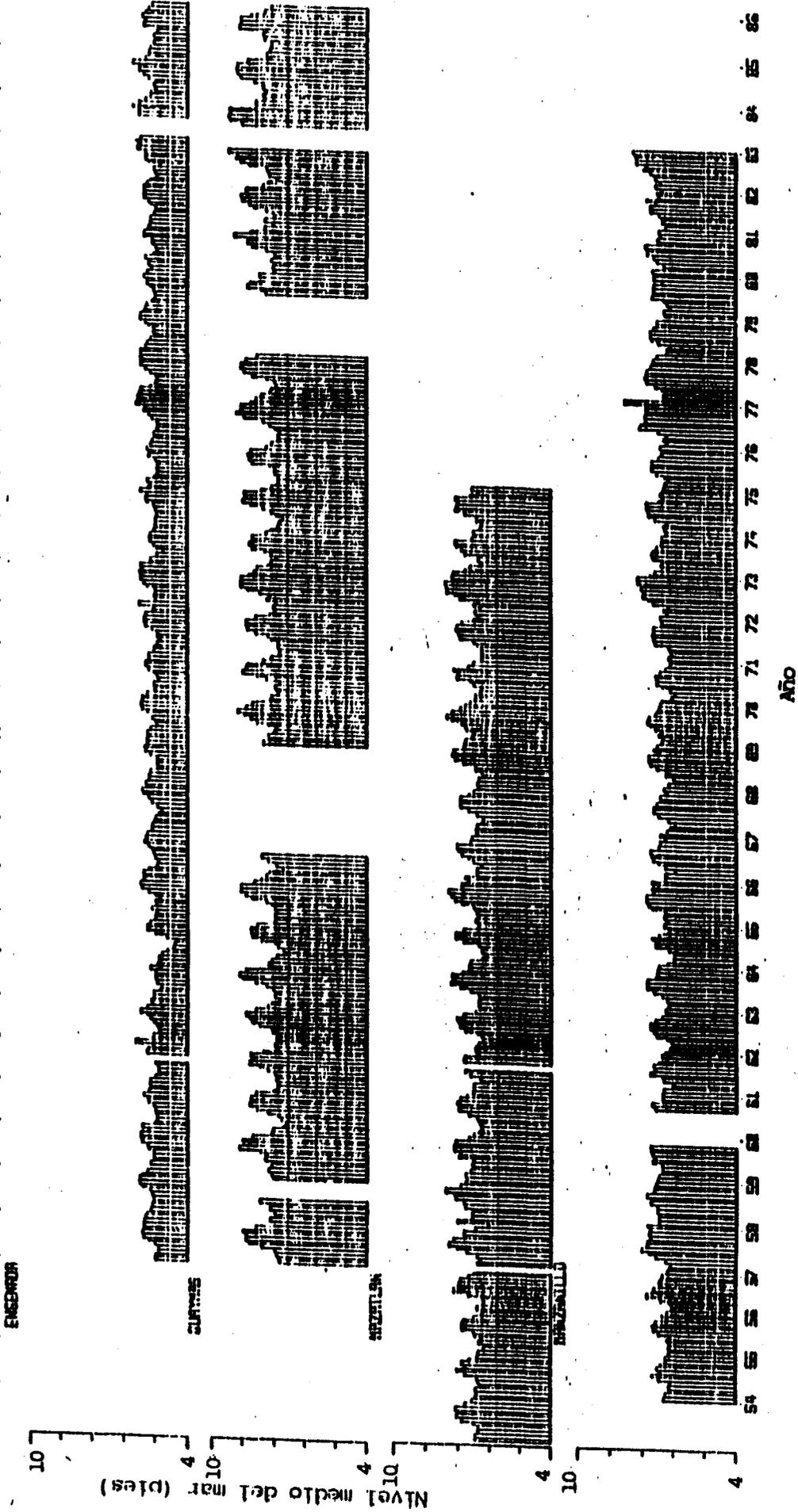
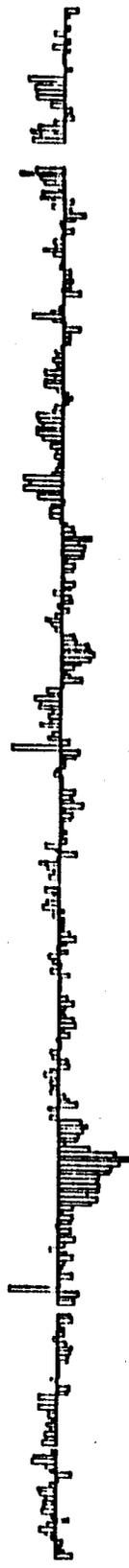


Figura 12.- Series de tiempo de nivel medio del mar (NMM) en las localidades de Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo.

ENSENADA



GUAYMAS



MAZATLAN



MANZANILLO



54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86

AÑC

Figura 13.- Anomalías de las series de nivel medio del mar en Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo.

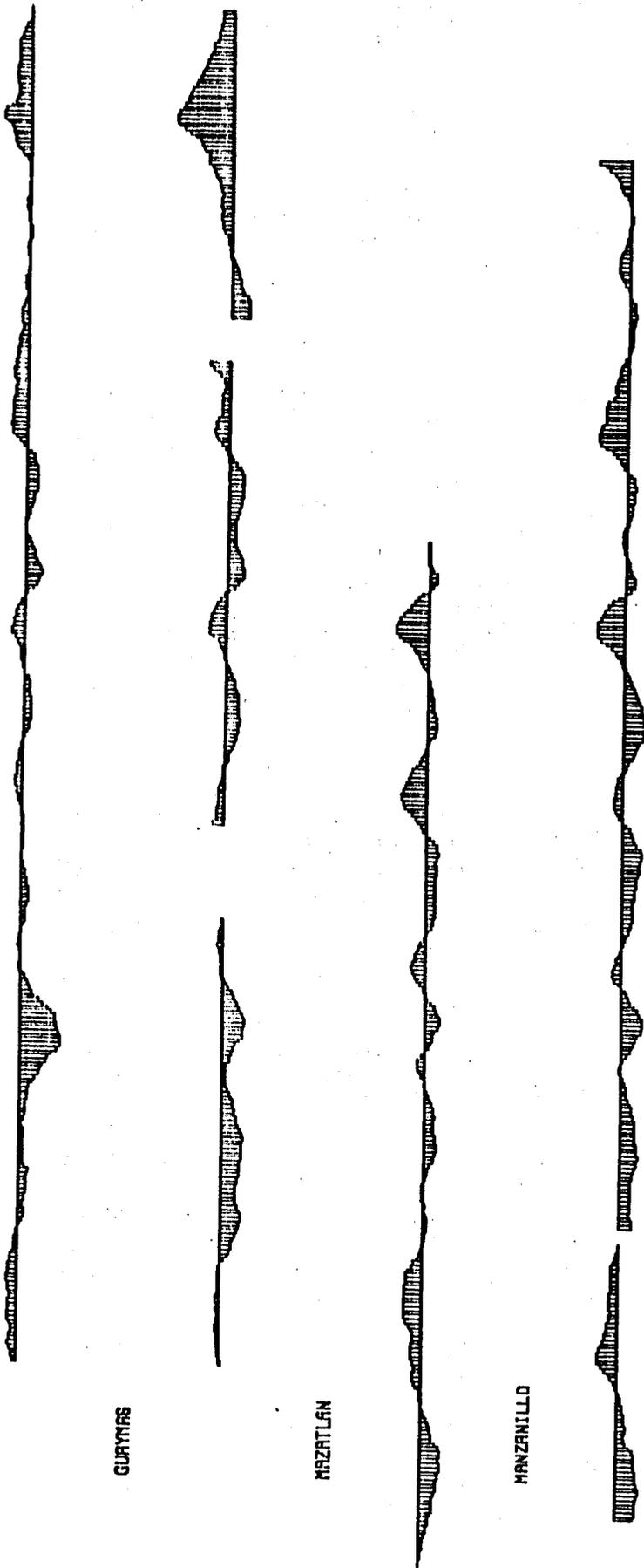
ENSENADA

GUAYMAS

MIZATLAN

MANZANILLO

Anomalías (pies)



54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86

AÑO

Figura 14.- Anomalías suavizadas con promedios móviles de orden 12 de las series de nivel medio del mar.

La anterior revisión de las anomalías se presenta como una manera de ponderar los resultados del análisis espectral, pues es evidente que si un armónico puede apreciarse a simple vista, ésta metodología lo evaluará cuantitativamente con mayor precisión, y permitirá además detectar armónicos no evidentes por ser de baja magnitud o bien por estar traslapados con otros, enmascarando así su presencia.

El análisis espectral muestra la importante contribución que el ciclo anual hace a la variancia en todas las series de NMM (Fig. 15) y también denota que los principales ciclos se localizan en las bandas de baja frecuencia. Los componentes armónicos detectados en cada localidad fueron los siguientes:

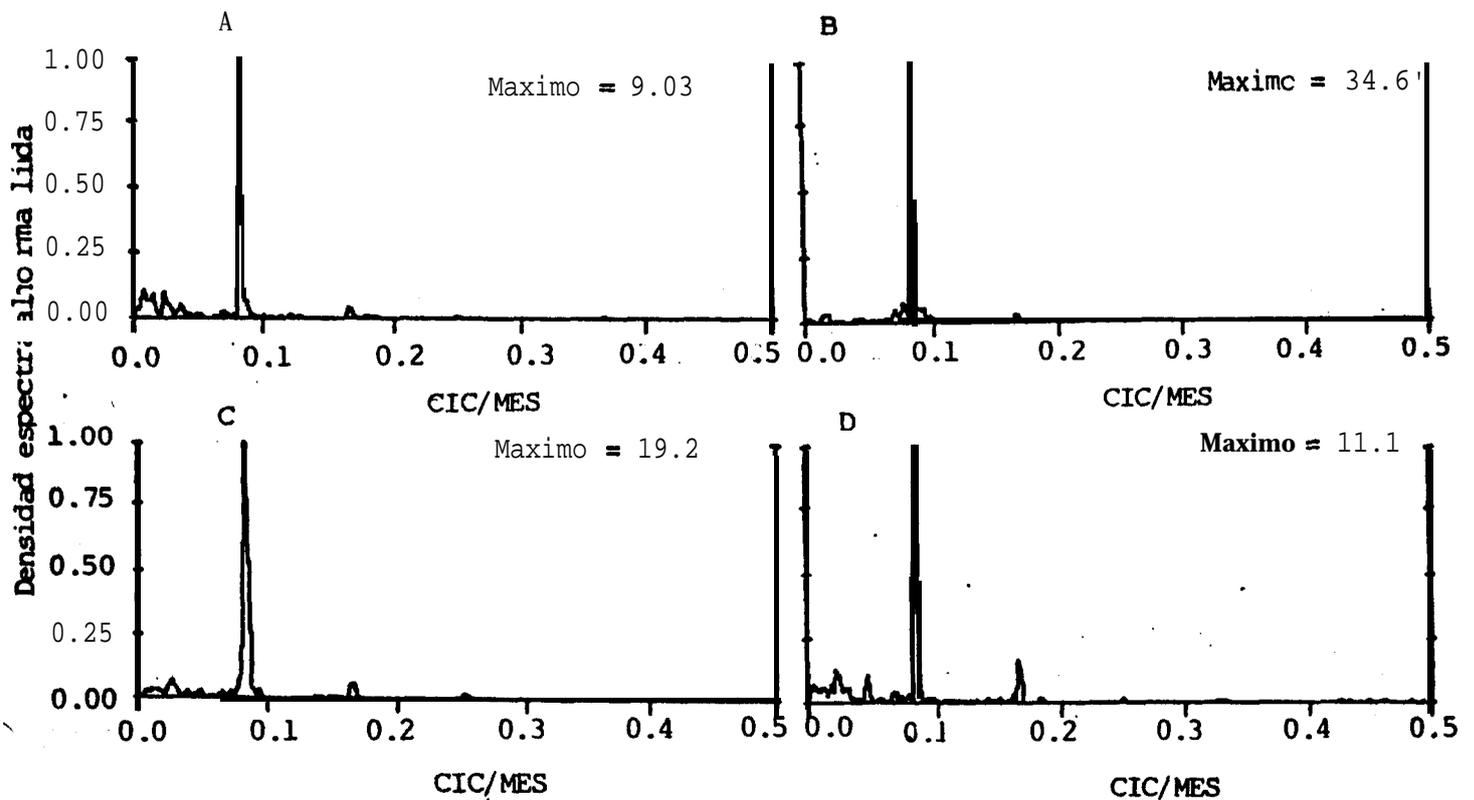


Figura 15.- Funciones de densidad espectral normalizada de las series de nivel medio del mar. a) Ensenada. b) Guaymas. c) Mazatlán. d) Manzanillo.

Ensenada. e encuentran 14 armónicos que explican el 80.71% de la variación total, donde la tendencia y el ciclo anual contribuyen con el 54.58%. Las características de este modelo, amplitud, periodo y fase, así como el primer máximo y mínimo y la variación residual calculada considerando el armónico actual y todos los anteriores se encuentra en la tabla 2.

Tabla 2 . Parámetros del modelo de componentes armónicas; para el nivel medio del mar en Ensenada, B. C. y estadísticos de ajuste a las datos.

Tendencia $Y = 5.27262 + 0.00057 t$								Residual
Periodo meses	Periodo años	Primer Máximo		Primer Mínimo		Amplitud	Fase	
11.98	0.998	57	10	57	04	0.2528	1.71103	9.69
108.58	9.048	59	05	63	11	0.0775	-1.59704	8.68
43.12	3.593	58	08	60	06	0.0721	-2.82360	7.83
63.34	5.278	61	10	59	03	0.0640	0.58722	7.15
142.50	11.875	58	10	64	09	0.0676	-0.92520	6.35
29.06	2.422	57	11	59	02	0.0480	-2.25853	5.97
6.00	0.500	57	02	57	05	0.0506	-0.67919	5.53
36.77	3.064	59	09	58	02	0.0444	0.92647	5.21
26.09	2.174	57	01	58	02	0.0432	-0.06498	4.89
19.97	1.664	58	01	57	03	0.0347	2.38543	4.68
14.33	1.194	57	07	58	02	0.0295	-2.60786	4.53
8.13	0.677	57	03	57	07	0.0286	-1.83210	4.40
22.83	1.903	57	09	58	08	0.0277	-2.21884	4.27
251.96	20.996	57	05	67	11	0.0335	-0.09193	4.11
Suma de cuadrados total								21.36

Guaymas. Se encontraron 13 armónicos que contribuyen a la explicación de variación total con el 93.73 %; la tendencia y el ciclo anual contribuyen con el 66.16 %. Los parámetros usados, así como los residuales y el primer máxima y mínimo están en la Tabla 3.

Mazatlán. La serie presentó 10 armónicos que junta con la tendencia explican el 83.14 % de la variación total; la tendencia y el ciclo anual aportan el 65.29%. Los parámetros del modelo y datos adicionales se encuentran en la Tabla 4.

Manzanillo. Se encuentran 11 armónicos que explican el 77.37% de la variación total, el ciclo anual y la tendencia aportan el 51.32 %; los parámetros de este modelo y otras características están en la Tabla 3.

El espectro de los residuales de las 4 series de nivel medio del mar muestra actividad principalmente en las bandas de media y baja frecuencia (Fig. 16); estos armónicos no fueron aislados pues la contribución individual de cada uno de ellos a la variación total es muy pequeña. El resultado de los modelos de componentes armónicos ajustados a los datos de cada localidad se muestra en la figura 17.

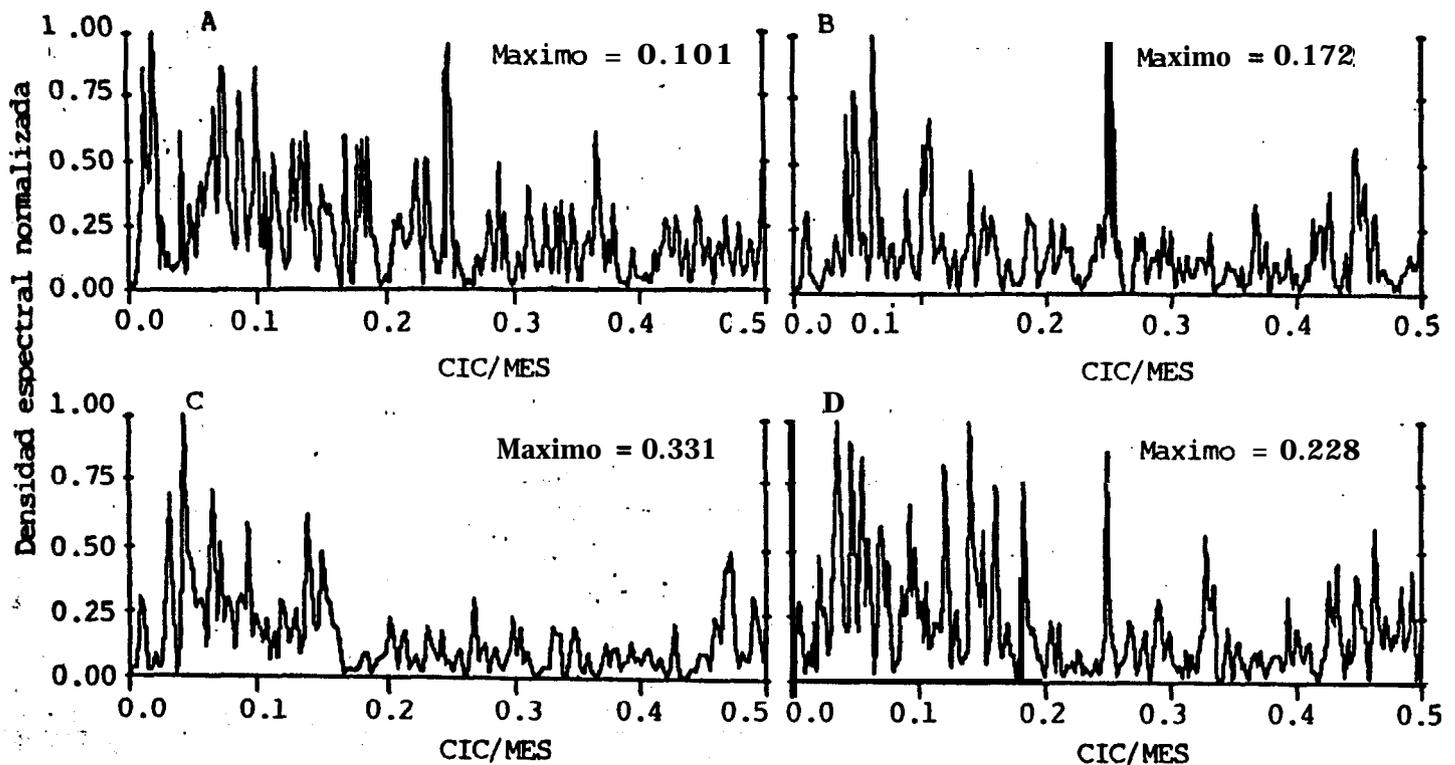


Figura 16.- Funciones de densidad espectral normalizada de los residuales de las series de nivel medio del mar. a) Ensenada. b) Guaymas. c) Mazatlán. d) Manzanillo.

Tabla 3. Parámetros del modelo de componentes armónicos para el nivel medio del mar en Guaymas, Son. y estadísticos de ajuste a los datos.

Tendencia $Y = 7.8684 + 0.00139 t$								Residual 70.37
Periodo meses	Periodo años	Primer Máximo		Primer Mínimo		Amplitud	Fase	
11.99	0.999	57	08	57	02	0.6284	2.63417	13.56
6.00	0.500	57	02	57	05	0.1076	-0.99104	11.92
74.64	6.220	58	10	61	12	0.0922	-1.78489	10.59
60.62	-5.052	57	10	60	05	0.0959	-0.98318	9.14
26.25	2.187	59	03	58	02	0.0737	0.14427	8.36
308.43	25.703	59	04	72	02	0.0750	-0.54620	7.62
35.55	2.962	57	05	58	11	0.0676	-0.77293	6.97
22.54	1.879	57	11	58	10	0.0670	-2.77593	6.33
41.99	3.499	58	11	57	02	0.0556	3.04577	5.88
51.16	4.263	60	12	58	10	0.0452	0.51911	5.58
3.00	0.250	57	04	57	02	0.0470	1.03629	5.27
13.87	1.155	58	02	57	07	0.0444	0.48239	4.99
156.93	13.078	57	03	63	09	0.0446	-0.07982	4.75
Suma de cuadrados total								76.03

Tabla 4. Parámetros del modelo de componentes armónicos para el nivel medio del mar en Mazatlan, Sin. y estadísticos de ajuste a los datos.

Tendencia $Y = 7.13755 + 0.00056 t$								Residual 37.91
Periodo meses	Periodo años	Primer Máximo		Primer Mínimo		Amplitud	Fase	
12.01	1.001	53	09	53	02	0.4342	2.56210	13.32
6.00	0.500	53	02	53	05	0.1217	-0.63299	11.41
38.13	3.177	53	06	55	01	0.0950	-0.86458	10.16
44.36	3.697	54	05	56	03	0.0862	-2.22633	9.22
79.70	-6.641	58	07	55	03	0.0645	1.09875	8.72
150.42	12.535	58	11	65	03	0.0577	-2.94445	8.30
21.21	1.768	53	04	54	03	0.0694	-0.87317	7.67
62.66	5.221	53	05	55	12	0.0545	-0.39012	7.29
3.98	0.332	53	02	53	04	0.0585	-1.10161	6.83
26.68	2.223	54	07	53	06	0.0546	1.93914	6.47
Suma de cuadrados								38.38

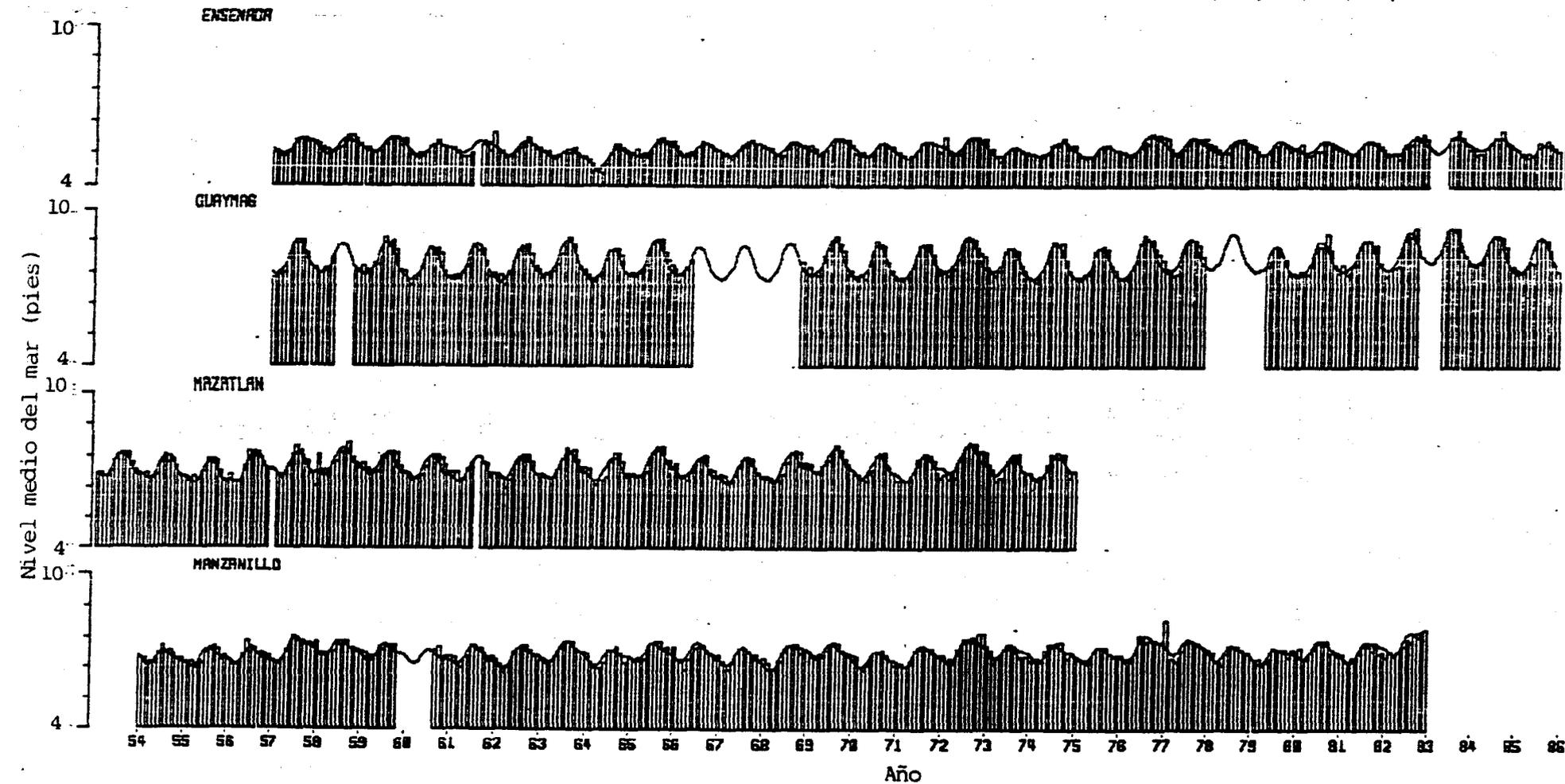


Figura 17.- Modelos de componentes armónicos (líneas) ajustados a las series de nivel medio del mar en Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo.

Tabla 5. Parámetros del modelo de componentes armónicos para el nivel medio del mar en Manzanillo, Col. y estadísticos de ajuste a los datos.

Tendencia $Y = 6.82687 + 0.0008t$								Residual
Periodo	Periodo	Primer				Amplitud	Fase	
meses	años	Max i mu	Mín imo					
12.02	1.002	54	08	54	02	0.3154	2.36615	19.90
6.00	0.500	54	01	54	04	0.1142	-0.25894	17.69
40.09	3.341	56	04	54	08	0.0796	2.12008	16.64
47.32	3.943	57	08	55	08	0.0832	0.62328	15.49
22.76	1.897	55	11	54	12	0.0892	0.07743	14.18
57.81	4.817	58	06	56	01	0.0966	0.54975	12.71
269.65	22.471	57	01	68	03	0.0632	-0.82863	12.07
33.02	2.751	53	06	54	01	0.0885	3.07264	10.75
73.11	6.093	58	09	55	09	0.0703	1.43992	10.01
15.18	1.265	55	02	54	06	0.0659	1.04552	9.29
97.40	8.117	58	05	54	04	0.0598	2.92359	8.77
Suma de cuadradas total								38.77

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR.

Las series de TSM (Fig. 18) poseen un marcado ciclo anual y sus anomalías (Fig. 19) muestran que el comportamiento no es tan regular como en las series de nivel medio del mar pues se presentan desfases de los E-ventos entre una serie y otra. La fluctuación más evidente es un cambio en los signos con periodo de 4.4, 4.14, 3.5 y 3.3 años calculada a partir de las anomalías suavizadas con promedios móviles de 12 meses (Fig. 20) en las series de Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo respectivamente. Nótese nuevamente el comportamiento en la dirección de Sur a Norte que se expresa como valores positivos más altos; en el Sur y valores negativos más acentuados en el Norte (Figs. 19 y 20).

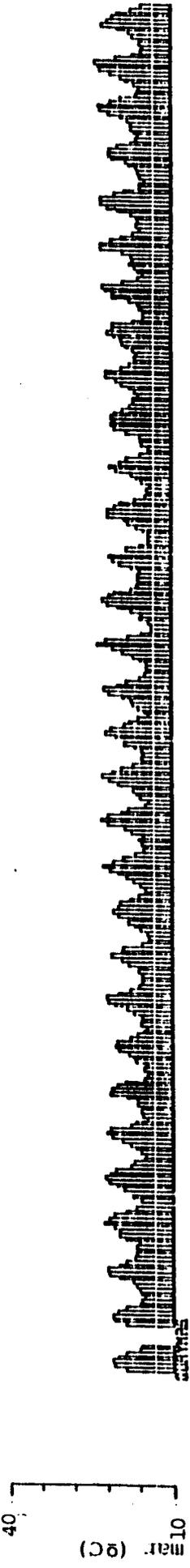
En las series más largas se aprecia una tendencia a largo plazo en la dominancia del signo de las anomalías; las series coinciden en mostrar un periodo frío que se presentó desde 1960 hasta 1972 (excepto la serie de Mazatlán en 1965); y un periodo de calentamiento desde 1976 hasta 1985, evidenciándose un ciclo con periodo de al menos 25 años. Con respecto a la magnitud de las anomalías no se aprecia un patrón claro que permita suponer la existencia de otro armónico.

El análisis espectral permitió cuantificar con certeza la existencia de estos armónicos y otros que también están presentes pero no con evidencias. El primer espectro de las series manifiesta la fuerte contribución del componente anual a la variación total (Fig. 21) y muestra que los armónicos principales se localizan en las bandas de baja y media frecuencia (armónicos con periodo de 6 meses o mayores). Los resultados de los modelos ajustados en cada localidad se presentan a continuación:

Ensenada. La serie presentó 3.0 armónicos y una tendencia lineal explicándose el 91.81% de la variación total; el 82.96% es apartada por el ciclo anual y la tendencia lineal ajustada. Los parámetros usados e información adicional se encuentran en la Tabla 6.

Guaymas. Se aislaron 9 armónicos que en conjunta con la tendencia lineal explican el 96 % de la variación total; el ciclo anual y la tendencia contribuyen con el 92.88 % del total en la explicación. Los parámetros ajustados al modelo se encuentran en la Tabla 7 en conjunta con la variación residual, primer máximo y primer mínimo para cada armónico.

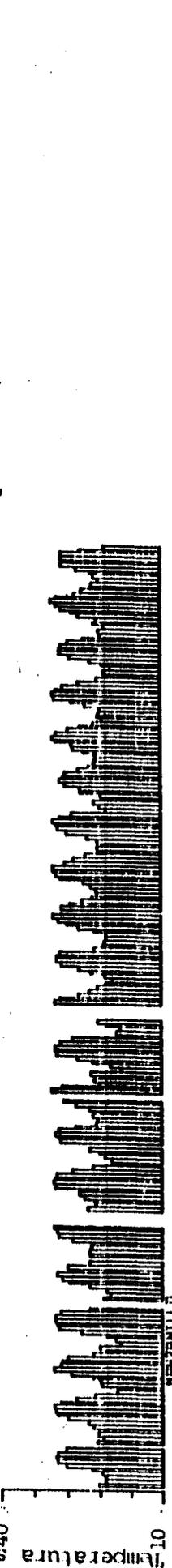
ENSENADA



GUAYMAS



MAZATLÁN



MANZANILLO

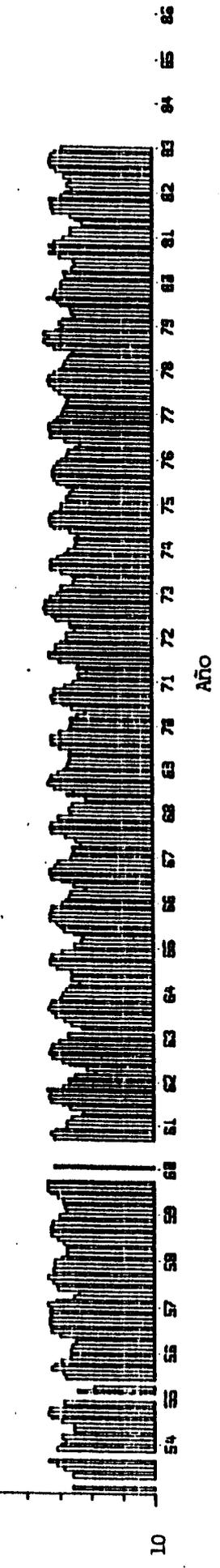


Figura 18.- Series de tiempo de temperatura superficial del mar (TSM) en las localidades de Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo.

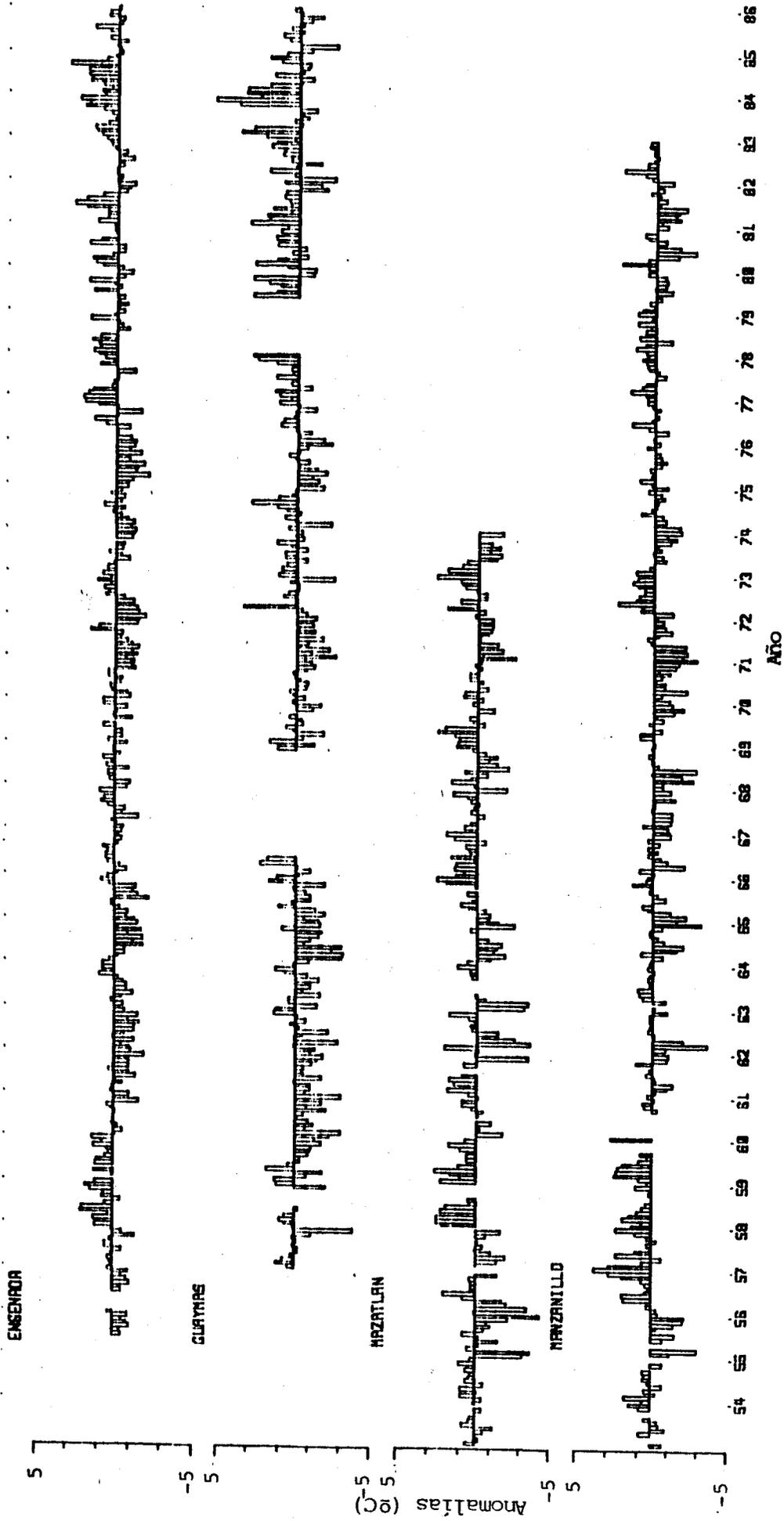


Figura 19.- Anomalías de las series de temperatura superficial del mar en Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo.

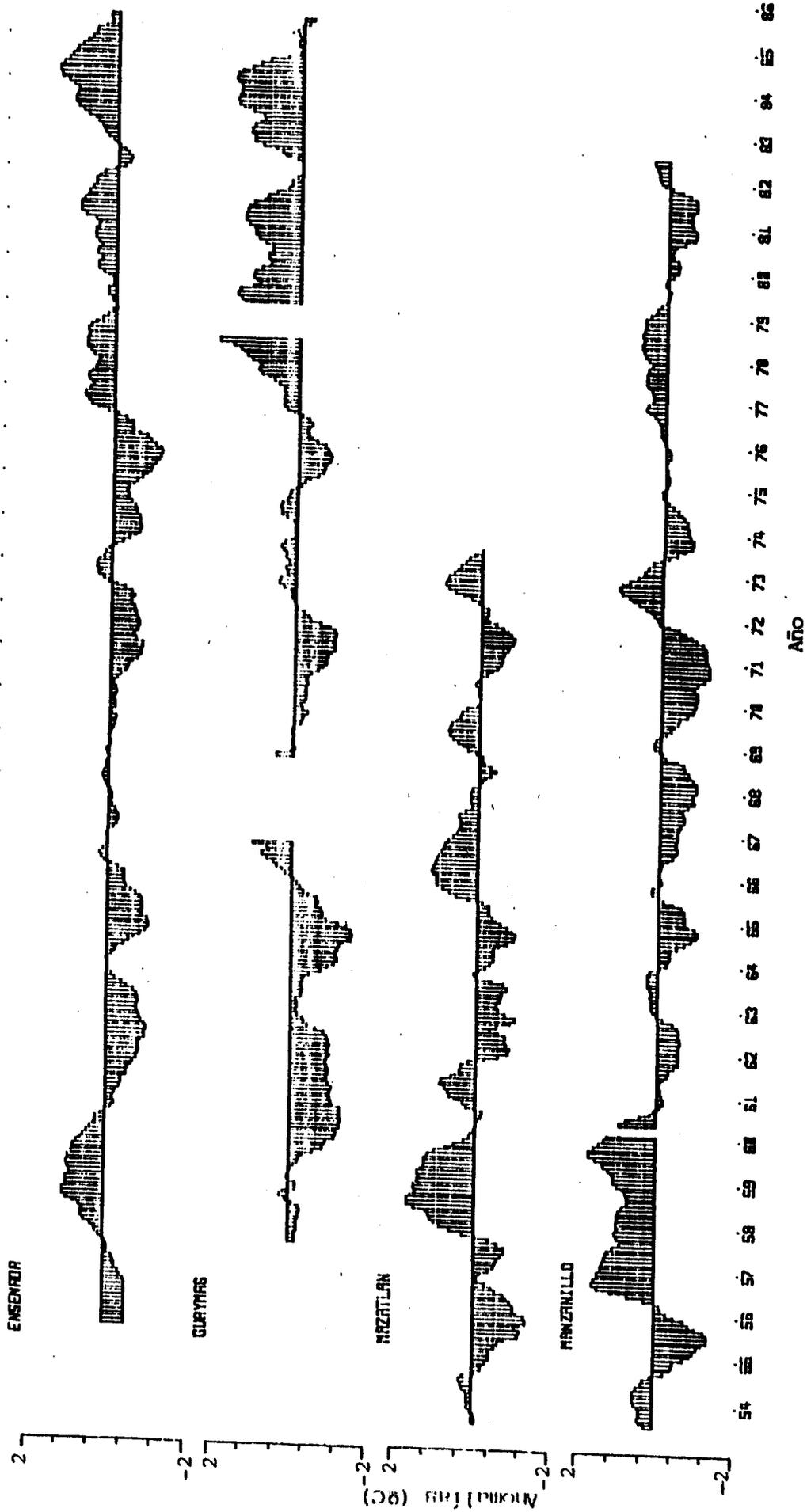


Figura 20.- Anomalías suavizadas con promedios móviles de orden 12 de las series de temperatura superficial del mar.

Mazatlán. En ésta serie se encontraron 8 armónicos y una tendencia lineal que explican el 90.54 % de la variación total. El ciclo anual y la tendencia contribuyen con el 86.12 % del total. Los parámetros del modelo, la variación residual, el primer máximo y el primer mínimo se encuentran en la Tabla 8.

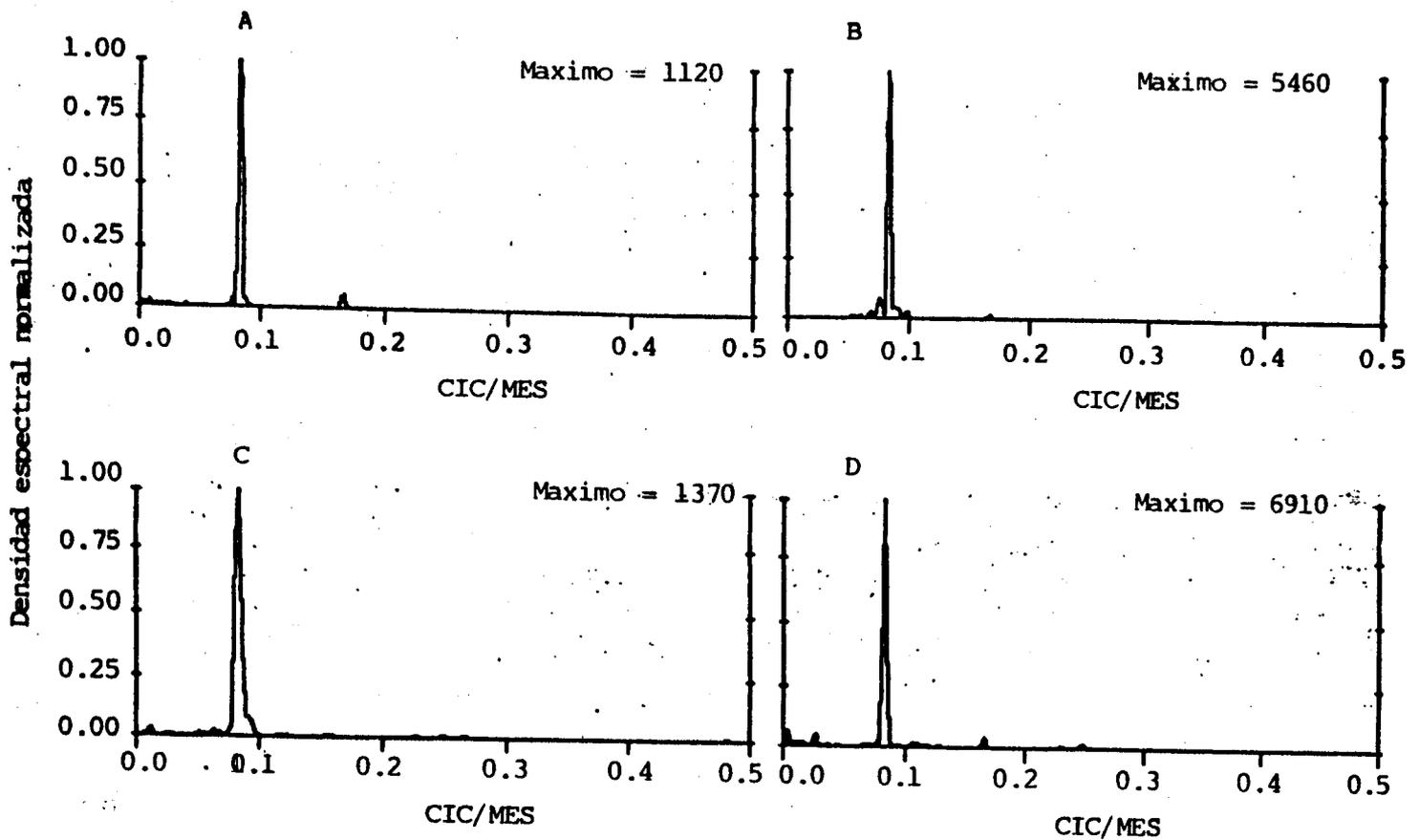


Figura 21.- Funciones de densidad espectral normalizada de las series de temperatura superficial del mar. a) Ensenada. b) Guaymas. c) Mazatlán. d) Manzanillo.

Tabla 6. Parámetros del modelo de componentes armónicos para la temperatura superficial del mar en Ensenada, B. C. y estadísticos de ajuste a los datos.

Tendencia $Y = 17.54657 + 0.0015 t$								Residual 2308.77
Periodo meses	Periodo años	Primer Máximo		Mínimo		Amplitud	Fase	
12.00	1.000	56	01	55	07	3.2561	2.73962	394.84
6.00	0.500	55	08	55	10	0.7496	-1.45138	295.36
137.14	11.429	58	07	64	04	0.3657	-1.69656	275.54
309.15	25.762	59	04	72	02	0.3286	-0.92495	260.47
42.90	3.575	56	01	57	11	0.3181	-1.05920	241.47
107.34	8.945	59	01	63	07	0.3157	-2.51199	227.27
58.01	4.834	59	03	56	10	0.2705	1.44337	214.00
26.64	2.220	57	06	56	05	0.2052	0.65245	206.14
19.81	1.651	57	01	56	03	0.1911	0.33056	199.47
13.15	1.096	55	07	56	01	0.2195	-0.28053	189.75
Suma de cuadrados total								2317.57

Tabla 7. Parámetros del modelo de componentes armónicos para la temperatura superficial del mar en Guaymas, Son. y estadísticos de ajuste a los datos.

Tendencia $Y = 23.42208 + 0.00836 t$								Residual 9619.48
Periodo meses	Periodo años	Primer Máximo		Mínimo		Amplitud	Fase	
12.00	1.000	57	08	57	02	7.6727	2.87977	701.05
6.00	0.500	57	03	57	06	1.0039	-1.71359	551.32
42.76	3.564	58	12	57	03	0.4599	2.83911	522.35
10.02	0.835	57	03	57	08	0.4669	-1.05319	488.49
12.83	1.069	57	05	57	12	0.4292	-2.05010	460.10
4.01	0.334	57	01	57	03	0.4278	-0.67059	433.15
3.68	0.306	57	02	57	04	0.4103	-1.63935	407.89
317.58	26.465	82	04	69	01	0.3318	0.28934	405.73
14.14	1.178	57	12	57	05	0.2643	1.19234	393.55
Suma de cuadrados total								9843.79

Manzanillo. El modelo ajustado a la serie se integró con 9 armónicos y una tendencia lineal que explican el 84.53 % de la variación total. Las características del modelo y datos complementarios se encuentran en la Tabla 9.

Tabla 8. Parámetros del modelo de componentes armónicos para la temperatura superficial del mar en Mazatlán, Sin. y estadísticos de ajuste a los datos.

Tendencia $Y = 25.10264 + 0.00228 t$								Residual
								3058.87
Periodo meses	Periodo años	Primer				Amplitud	Fase	
		Máximo	Mínimo					
12.01	1.001	53 08	53 02	4.7652	2.53186	425.59		
92.42	7.702	59 06	55 08	0.5912	1.02855	387.74		
4.00	0.333	53 02	53 04	0.5169	-1.34506	356.57		
43.90	3.658	54 10	56 08	0.3798	-2.96814	340.58		
27.46	2.288	54 05	53 03	0.4429	2.66901	319.68		
10.57	0.881	53 11	53 05	0.3161	0.53683	307.55		
18.16	1.513	53 08	54 05	0.2637	-2.44542	298.84		
3.66	0.305	53 02	53 04	0.2702	-1.96469	290.14		
Suma de cuadrados residual								3065.52

El espectro de los residuales de las series de TSM (Fig. 22) básicamente muestran actividad en las bandas de baja frecuencia, pero estos armónicos no son de interés por la escasa contribución individual a la explicación de la variación total. Los modelos de componentes armónicos ajustados a cada una de estas series se muestran en la figura 23, en donde se observa la bondad de los ajustes.

Tabla 9. Parámetros del modelo de componentes armónicos para la temperatura superficial del mar en Manzanillo, Col. y estadísticos de ajuste a los datos.

Tendencia $Y = 27.32755 - 0.00093 t$								Residual 1434.00
Periodo meses	Periodo años	Primer				Amplitud	Fase	
		Máximo		Mínimo				
12.01	1.001	53	09	53	03	2.4094	2.26620	438.77
234.80	19.567	58	05	68	03	0.5283	-1.71554	396.20
37.66	3.139	53	11	55	06	0.5104	-1.61298	351.68
6.01	0.501	53	07	53	04	0.4919	0.02071	310.36
11.50	0.958	53	04	53	09	0.2785	-1.48150	297.38
4.02	0.335	53	01	53	03	0.2915	-0.18142	282.99
78.83	6.569	58	08	55	05	0.3157	0.91959	265.96
8.43	0.703	53	05	53	01	0.2439	2.98748	255.87
99.59	8.299	58	11	54	09	0.2624	1.87268	242.46
22.32	1.860	54	05	53	06	0.2751	1.69923	229.77
58.46	4.872	53	07	56	01	0.2125	-0.68464	222.33
Suma de cuadrados total								1437.02

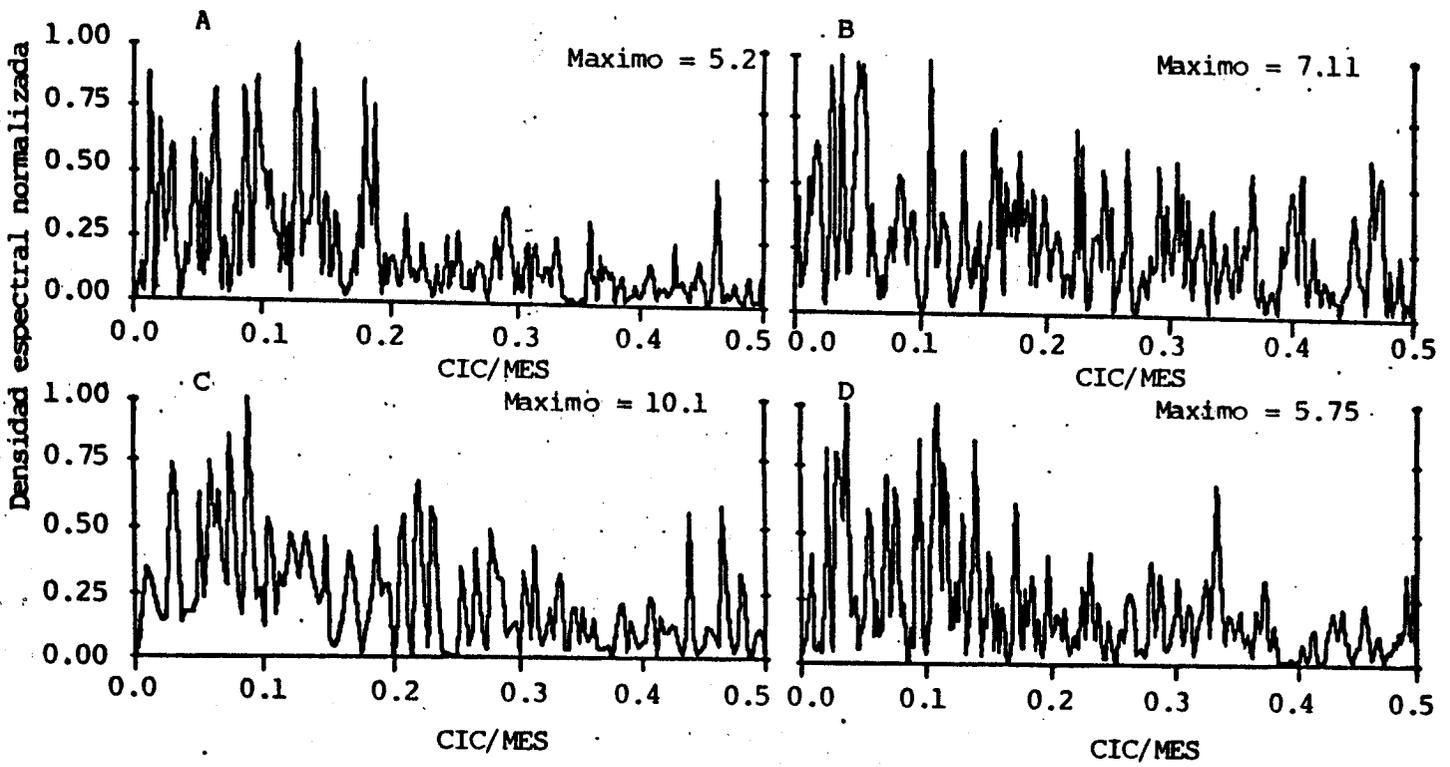


Figura 22.- Funciones de densidad espectral normalizada de los residuales de las series de temperatura superficial del mar. a) Ensenada. b) Guaymas. c) Mazatlán. d) Manzanillo.

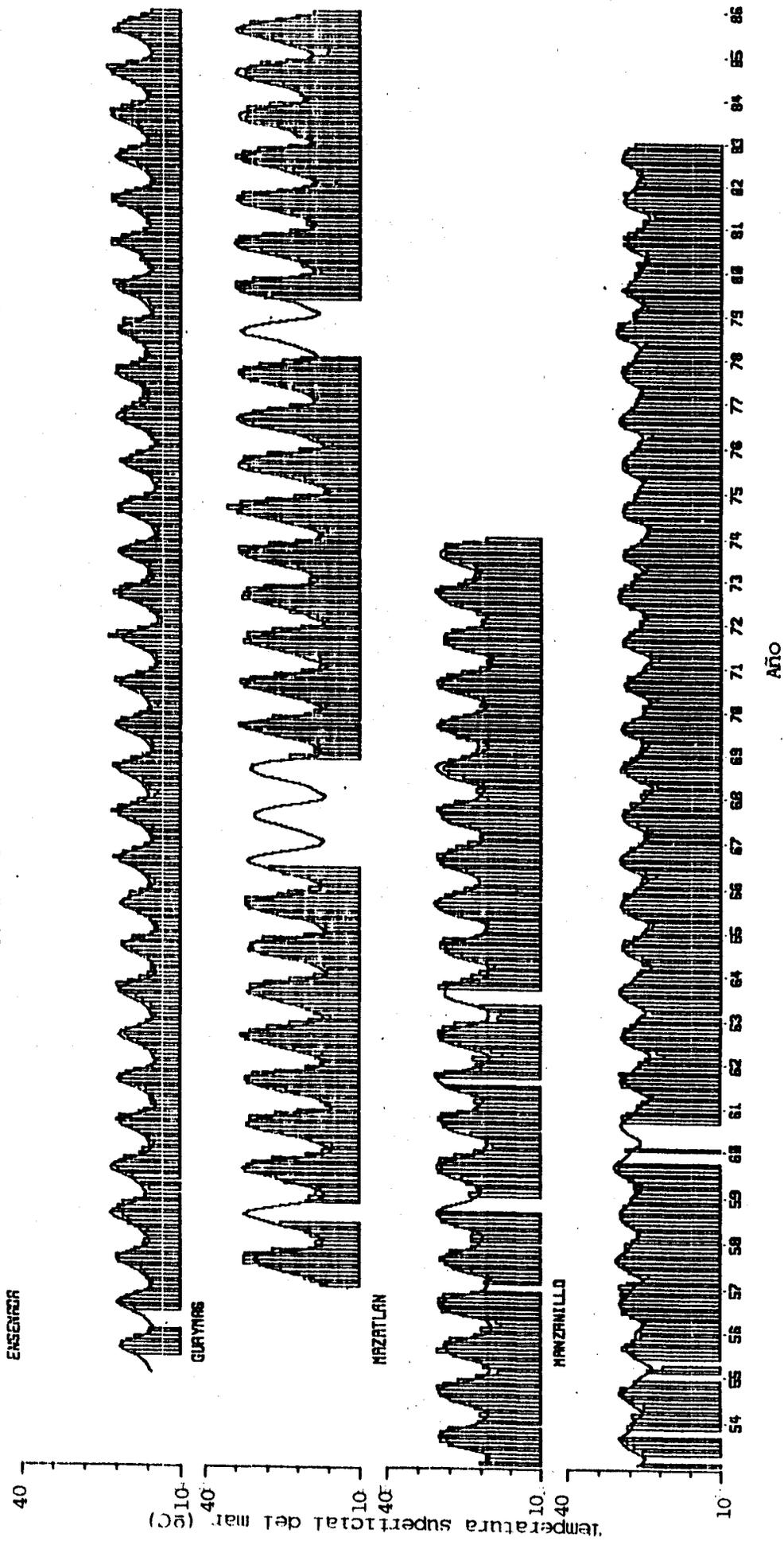


Figura 23.- Modelo de componentes armónicos (línea) ajustado a las series de temperatura superficial del mar en Ensenada, Guaymas, Mazatlán y Manzanillo.

DISCUSION

Los cambios en la distribución de sardina monterrey asociados al patrón de actividades de la flota pueden relacionarse con los cambios que ocurren en la estructura térmica y del patrón de vientos dominantes en el Golfo de California de la siguiente manera::

Los caladeros de diciembre a marzo coinciden en sus límites hacia el Sur con la isoterma de 17 °C a 30 m de profundidad, de acuerdo con la distribución de isotermas propuesta por Robinson (1973). Mayo y junio son críticos en la distribución de sardina, pues ocurre el cambio en los vientos dominantes del Golfo de California produciéndose un debilitamiento en las surgencias de la costa continental mientras cambia la dirección del viento; simultáneamente se desarrollan surgencias de baja intensidad en la costa peninsular (Badan-Dangon et al., 1985), y puesto que la sardina es un organismo asociado a surgencias (Parrish et al., 1981, Parrish et al. 1983) es de esperarse que en estos meses abandone los caladeros de la costa continental. El desplazamiento hacia los caladeros peninsulares se realiza pasando a través de un núcleo de cigua fría permanente, generado por mareas y situado en el Canal de Ballenas y zonas aledañas (Robinson, 1973, Badan-Dangon et al., op cit.) donde se llevan a cabo actividades de pesca durante julio y agosto. En septiembre, octubre y noviembre cambia nuevamente el patrón de vientos dominantes (Candela et al., 1984) y se generan surgencias en la costa continental, lo cual se traduce en un cambio de las áreas de pesca que pasan del litoral peninsular al continental.

La estructura mensual de tallas en la captura presenta variaciones que también pueden asociarse a los cambios en la áreas de pesca. En la figura 4 se observa que de julio a diciembre aparece un grupo de tallas menores o iguales a 135 mm, cuya presencia coincide con la pesca en los caladeros de la costa peninsular (Fig. 3c y 3a) de forma tal que pueden considerarse como característicos de ésta. Estos individuos posiblemente provienen de los transportes de huevos y larvas de la costa continental a la peninsular según el mecanismo propuesto por Sokolov (1974). De enero a abril, cuando la flota se encuentra operando en los caladeros continentales, se observa un corrimiento mudal desde la clase de 145 mm hasta la de 175 mm y el grupo de 135 mm o menos ha desaparecido de las capturas por no estar accesible; este corrimiento es grande (30 mm en 4 meses) y no se explica si solo se considera el crecimiento individual, pues de acuerdo con las curvas de crecimiento para esta especie (Wong, 1974, Molina y Pedrín, 1976) se requieren dos años para pasar de 145 mm a

175 mm. Este fenómeno puede ser el resultado de la incidencia de la flota sobre grupos de talla progresivamente mayores.

En mayo y junio se presenta un descenso en la moda que puede explicarse mediante la combinación de dos hechos fundamentales: el primero de ellos consiste en la presión de pesca ejercida sobre los individuos de tallas medianas durante los meses de pesca mas intensa (de diciembre a abril), y el segundo, en el desplazamiento de la flota hacia áreas más al Norte en donde incide sobre tallas comparativamente mas pequeñas.

Estos cambios deben tener periodicidades menores a 12 meses puesto que ocurren en una temporada de pesca; el análisis espectral muestra armónicos con periodos de 3 y 4 a 5 meses que seguramente son generados por dichos eventos (Tabla 14).

Los corrimientos modales en las distribuciones anuales de tallas (Fig. 5) proporcionan evidencias de cambios interanuales en la pesquería. Lluch-Belda et al. (1986) encuentran cambios interanuales en la magnitud de las capturas y los explican como cambios en la disponibilidad. Sin embargo, un cambio en la disponibilidad del recurso no explica necesariamente cambios en las distribuciones de talla (como la presencia de grupos de talla pequeños en 1973, 1977 y 1983), ni el decrecimiento de la moda un año después, ni los corrimientos en las anomalías de las distribuciones anuales en años subsecuentes (Fig. 6).

Sin embargo, proponemos que durante los años 1972, 1976 y 1982 los eventos reproductivos fueron tan exitosos que generaron reclutamientos anómalamente altos en 1973, 1977 y 1983 respectivamente, entonces pueden explicarse de manera satisfactoria la presencia de tallas chicas en los años antes mencionados, y los corrimientos modales en las distribuciones de tallas en los años siguientes a cada reclutamiento alto como consecuencia del crecimiento individual. Asimismo, las altas capturas en los años siguientes a cada reclutamiento fuerte quedan explicadas por la presencia de la clase anual vigorosa que las generó.

Cambios periódicos similares EE? han observado en la pesquería de California, tanto en las distribuciones de tallas (Clark, 1930, 1931, 1936) como en indicadores de reclutamiento a la pesquería (Bakun, 1986), y en las capturas de la pesquería de sardina en Bahía Magdalena, B. C. S. (Casas-Valdez, 1983).

El espectro en frecuencia de La serie de tallas (Fig.9) muestra a dos componentes armónicos como los de mayor trascendencia en la explicación de la variancia de la serie, con periodos de 5.4 y 1 año (ver Tabla 1). El armónico con periodo de 5.4 años es generado por los reclutamientos anómalamente altos sobre los que ya se ha argumentado, mientras que el ciclo anual seguramente es producido por el reclutamiento anual de la cohorte generada en la temporada reproductiva anterior. El espectro de las tallas; también muestra que el componente armónico con periodo de 9.4 años contribuye casi con el doble en la explicación de la variancia de la serie, esto es, afectan mas los reclutamientos altos que los reclutamientos anuales en las distribuciones de tallas.

La trascendencia de éste fenómeno debe destacarse por sus implicaciones en la administración del recurso, ya que presupone una cierta dependencia de la pesquería sobre esta; reclutamientos anómalos, y es posible que una falla en alguno de ellos cause una depresión en el stock disponible considerando los altos niveles de esfuerzo aplicados actualmente en la pesquería (Anónimo, 1986,1987).

En el mude 1 o de componer?tes armónicos de las tallas también se ajustó una tendencia lineal con pendiente negativa que implica un descenso de 23.2 mm en las tallas entre noviembre de 1971 y diciembre de 1986, que seguramente es causado por la creciente intensidad de pesca (Anónimo, 1986); da hecho es de esperar-se que ésta reducción ocurra en cualquier población sujeta a explotación (Gulland, 1977, Boerema, 1978).

Los modelos de componentes armónicos ajustados a las series de datos ambientales (Figs. 17 y 23) muestran algunos componentes con periodos similares entre el los; tres destacan por ser los más comunes en las series: El primer-t-? posee un periodo de 3.14-3.96 años y es común a todas las series de TSM y NMM; los otros dos; con periodo de 2.19-2.96 años y 9.37-2A.46 años son comunes solo a 6 de las 8 series. Las series de NMM comparten además un armónico con periodo de 4.817-5.278 años. Estas periodicidades (excepto la de 19.57-25.703 años) se han asociado a periodicidades de eventos ENSO (Monin et al., 1977, Mysak et al., 1982) y se ha encontrado en otras series ambientales, e.g. la precipitación pluvial en la Península de Baja California (Rueda-Fernandez, 1983). Estos 4 ciclos explican el comportamiento general de las anomalías de las series, como puede apreciarse en las figuras 24 y 25.

Los máximos para los armónicos comunes de las series de TSM (Tabla 10) y NMM (Tabla 11) coinciden con ocurrencias de eventos ENSO o bien, se encuentran muy cerca de ellos considerando su

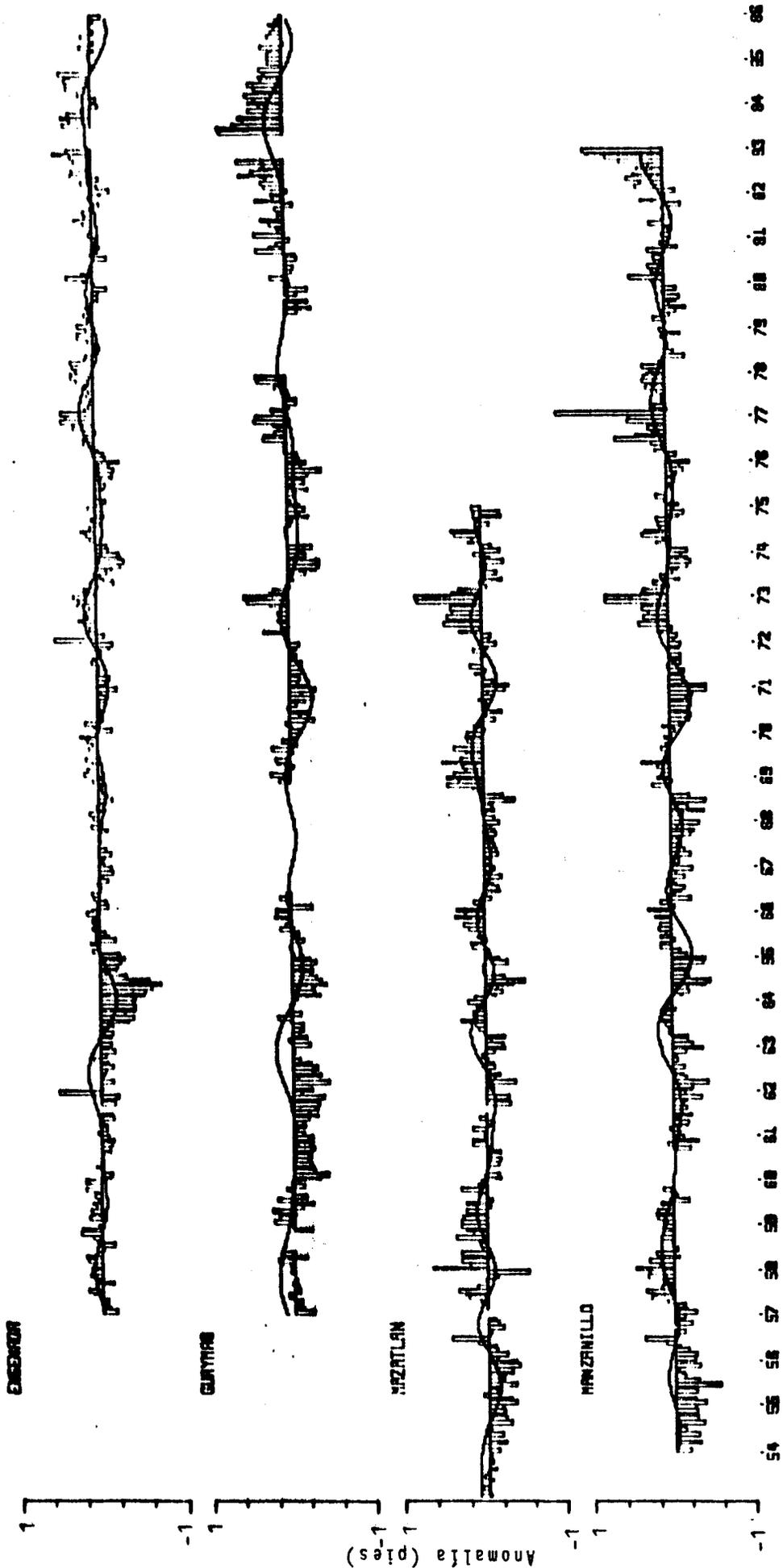


Figura 24.- Anomalías de nivel medio del mar (barras) y gráfica del submodelo de componentes armónicos comunes a las series (línea).

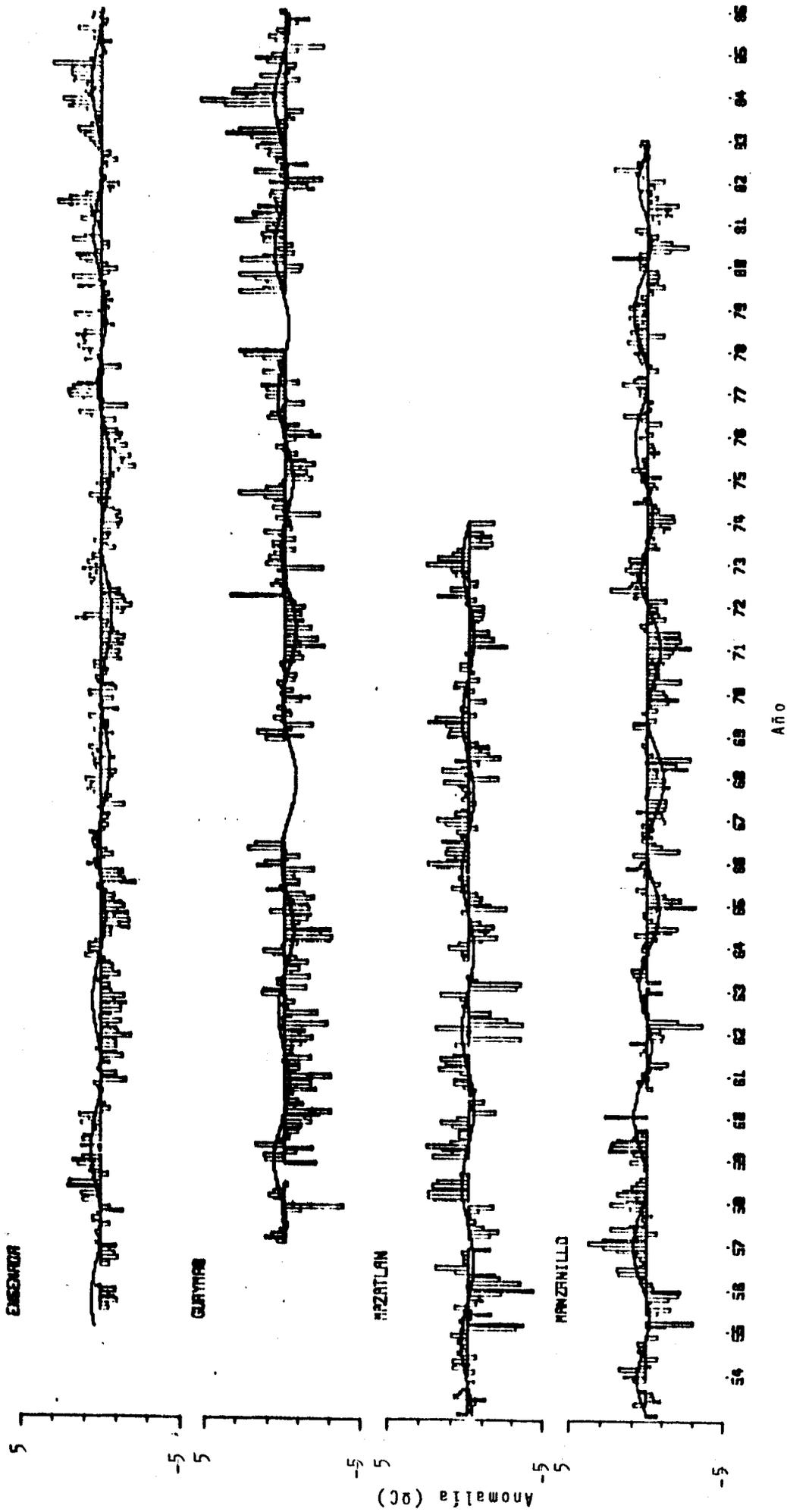


Figura 25.- Anomalias de temperatura superficial del mar (barras) y gráfica del submodelo de componentes armónicos comunes a las series (línea).

periodo, según lo muestra Mysak(1986). De aquí se puede inferir una relación entre las eventos ENSO y estos armónicos si las consideramos como las frecuencias fundamentales de ocurrencia de los ENSO; de esta manera, tanto la ocurrencia como la intensidad de un evento estará en función del desfaseamiento entre ellos. Así, un evento de intensidad fuerte produce cuando coinciden los máximos de todos estos armónicos, mientras que un evento de intensidad moderada o débil se genera con desfaseamientos parciales de estos ciclos;

Tabla 10. Máximos de los armónicos comunes en las series de temperatura superficial de! mar durante el periodo cubierto por las series.

Localidad	Periodo en años	Máximos (año-mes)
Ensenada	25.762	5810 8407
Ensenada	3.575	5508 5903 6210 6604 6911 7306 7701 8008 8403 8709
Guaymas	3.564	5812 6207 6601 6908 7303 7610 8005 8311
Guaymas	26.465	8203
Mazatlán	3.658	5409 5805 6201 6509 6905 7301 7609 8005 8312
Manzanillo	3.139	5310 5612 6001 6303 6605 6909 7208 7510 7811 8201 8503
Manzanillo	19.567	5805 7'71

La serie de tallas promedio de Sardinops sagax también mostró dos de los armónicos arriba mencionados; el más importante fué el de 5.439 años que solo se detectó en la serie de NMM y el de 2.8 años común a la mayoría de la series. Basándose en esta concurrencia de armónicos con igual periodo en las series analizadas es posible establecer relaciones que expliquen los cambios; en los niveles poblacionales de sardina en términos de lar; fluctuaciones ambientales representadas por el NMM y la TSM. De hecho puede notarse que la entrada anómalamente alta de tallas chicas ocurre en todos los casos un año después de la presencia de un ENSO, pues en el periodo de 1970 a 1986 ocurrieron eventos ENSO en 1972 y 73, 19'76 y 7'7 y 1982 y 8.3 (ver Fig. 13 y 19); de aquí se deduce que cada vez que ocurre un evento ENSO se genera una clase de edad muy fuerte.

Torres-Vi3legas et al. (1986) afirman que la máxima actividad reproductiva ocurre a finales de otoño y principios de invierno, mientras que el reclutamiento a la pesquería ocurre en los meses de julio a septiembre, lo cual sugiere un retraso de 7 a 9 meses entre el evento ENSO y el reclutamiento en tallas; este retraso es debido al tiempo que se requiere para alcanzar la talla de reclutamiento.

Tabla 11. Máximos de los armónicos comunes en las series de Nivel Medio del Mar durante el periodo cubierto por las series.

Localidad	Periodo en años	Máximos (año-mes)
Ensenada	2.422	5711 6004 6209 6502 6707 6912 7205 7410 7703 7908 8202 8407
Ensenada	3.593	5808 6203 6510 6905 7212 7607 8003 8310 8705
Ensenada	5.278	6110 6701 7205 7708 8211
Ensenada	20.996	5704 7804
Guaymas	2.962	5705 6004 6304 6604 6903 7202 7502 7802 8101 8401
Guaymas	3.499	5810 6204 6510 6904 7210 7604 7910 8304
Guaymas	5.052	5710 6211 6711 7212 7712 8301
Guaymas	25.703	5903 8412
Mazatlán	2.223	5407 5610 5812 6103 6303 6508 6711 7002 7204 7407
Mazatlán	3.177	5306 5608 5910 6212 6602 6904 7207
Mazatlán	5.221	5304 5807 6310 6812 7403
Manzanilla	2.751	5505 5804 6011 6308 6605 6902 7111 7409 7706 8003 8212
Manzanillo	3.341	5603 5907 6211 6603 6907 7212 7604 7908 8212
Manzanillo	4.817	5805 6303 6801 7211 7708 8206
Manzanillo	2.471	5612 7906

La relación entre calentamientos anómalos e incrementos en la abundancia ha sido estudiada por Hayashi (1983) y Shuntov y Vasil'kov (1981) en las pesquerías de sardina de Japón y California y los refieren a cambios a macroescala de muy largo periodo y no a procesos de mediana plaza. También se han detectado incrementos en la abundancia de sardina en Perú y Chile asociados a la ocurrencia de eventos ENSO (Zuta et al., 1983), aunque Crawford et al. (1983) reportan altas abundancias E-n la pesquería de Sudáfrica, coincidiendo con periodos fríos. En el Golfo de California, Lluch-Belda et al. (1986) y Anónimo (1986, 1987) asocian altos rendimientos de captura con bajas temperaturas. Esta última relación se puede explicar en función del retraso en las series usadas; se espera que un evento reproductivo exitoso se observe en la estructura de tallas pasado un tiempo que corresponde a la edad de primera captura, que es de 7 a 9 meses según los datos de Torres-Villegas et al. (1986); sin embargo todavía debe transcurrir algún tiempo para que el evento reproductivo exitoso se refleje significativamente en las capturas, dicha lapso está dado por el tiempo que tarda una clase de edad en dominar la distribución de tallas en la captura, lo cual ocurre a los 2 o 3 años según Anónimo (1986), y explica la relación encontrada entre bajas temperaturas y altas capturas.

Integrando la información ambiental con los eventos biológicos en la especie, se observa que durante un año en el que no ocurre un evento ENSO la sardina se reproduce a finales del otoño y principios del invierno, cuando se ha desarrollado el sistema de surgencias en la costa continental y se presenta un transporte superficial de masas de agua de Este a Oeste. Este desplazamiento de agua transporta huevos y larvas a la costa peninsular en donde no se producen surgencias en esas fechas; las larvas se desarrollan en esa área y se desplazan hacia la zona de las Islas centrales ya como juveniles, de acuerdo con el esquema de Sokolov (1974). Esta área se caracteriza por presentar afloramientos permanentes y es rica en productividad, por lo que es usada por la sardina como área de alimentación durante el verano. Durante el periodo de huevo a juvenil la sardina debe enfrentarse a condiciones pobres en alimento hasta llegar a las islas, lo cual puede ocasionar un incremento en la mortalidad durante los primeros estadios.

Asociando el éxito de los eventos reproductivos con la ocurrencia de E-ventas ENSO y considerando la dinámica del sistema de surgencias, se propone la siguiente hipótesis sobre el mecanismo que produce las clases de **edad fuertes** durante el ENSO, en las siguientes términos:

Cuando se presenta un evento ENSO las condiciones ambientales cambian: los vientos del Noroeste se debilitan y se presentan intrusiones de masas de agua tropical por In que la intensidad y el aporte de nutrientes de las surgencias disminuye, quedando la distribución de la sardina restringida a la zona de las islas, donde

permanentemente hay surgencias causadas por corrientes de marea. Esto se refleja en una considerable baja en las capturas debido a problemas de accesibilidad, por lo que la mortalidad por pesca debe disminuir. Puesto que el recurso está concentrado en el único lugar frío en el Golfo y el proceso reproductivo ocurre ahí, entonces los huevos y larvas no se ven sometidos a los procesos de mortalidad debido a su tránsito por aguas empobrecidas, como ocurre en situaciones normales, además, la baja mortalidad por pesca asegura un stock desovante mayor que el usual por lo que puede esperarse la generación de una clase de edad fuerte bajo éste esquema.

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
I. P. N.
BIBLIOTECA

CONCLUSION

El patrón de desplazamientos de la sardina monterrey, se relaciona con los cambios en la configuración térmica del Golfo de California a lo largo del año, y de las distribuciones de tallas en la captura. Conforme se desarrolla el sistema de surgencias por viento en la costa continental, la sardina se desplaza hacia el continente y posteriormente hacia el sur presentándose un corrimiento modal hacia tallas grandes entre enero y abril, probablemente debida a la mayor capacidad de desplazamiento de los individuos de tallas mayores. En mayo y junio se contrae la distribución geográfica del recurso debido al debilitamiento del sistema de surgencias por el cambio paulatino en la dirección predominante de los vientos y la flota incide sobre tallas cada vez menores debida a la presión de pesca ejercida sobre el stock en los meses de pesca más intensa y al desplazamiento de la flota hacia el norte, donde incide sobre tallas más pequeñas. Durante julio, agosto y septiembre el recurso se ha desplazado hacia el único lugar frío en el Golfo que presenta surgencias, que es el Canal de Ballenas y zonas aledañas en donde la flota incide levemente sobre grupos de tallas pequeñas que serán reclutadas totalmente hasta la siguiente temporada.

Las distribuciones anuales de tallas también reflejan cambios en su estructura producidos por reclutamientos anómalamente altos durante los años 1973, 1977 y 1983, a partir de los cuales se generan corrimientos modales conforme los individuos crecen. Este fenómeno es de naturaleza cíclica, tiene un periodo de 5.4 años y genera una mayor variancia que el ciclo anual causado por los reclutamientos anuales. Las tallas presentan además otro ciclo con periodo de 2.8 años que es el tercero en la contribución a la variancia.

La talla promedio de captura presenta un decremento de 23.2 mm en el periodo de 1971 a 1986, con una tasa de disminución de 0.1274 mm/mes. Este descenso es causado por las operaciones de captura que han disminuido la contribución de las grupos de talla más grandes en el stock pescable.

Las series de tiempo de TSM y NMM presentan varios armónicos con periodos comunes a la mayoría de ellas, de 3.14 a 3.96 años, 2.14 a 2.71 años y 19.57 a 26.46 años. Además las series de NMM presentan un armónico de 4.817 a 5.278 años, y en conjunto explican el comportamiento general de las anomalías en cada serie. estos periodos

LITERATURA CITADA

- Ahlstrom, E. H., 1961. Fisheries oceanography. CalCOFI Rep. Vol. VIII: 71-72.
- Anónimo, 1981. Anuario estadístico de pesca 1980. Secretaria de Pesca. Dirección General de Informática y Estadística. México.
- Anónimo, 1982. Anuario estadístico de pesca 1981. Secretaria de Pesca. Dirección General de Informática y estadística. México.
- Anónimo, 1984. Anuario estadístico de pesca 1982. Secretaria de Pesca. Dirección General de Informática y Estadística. México.
- Anónimo, 1985a. Anuario estadístico de pesca 1983. Secretaria de Pesca. Dirección General de Informática y Estadística. México.
- Anónimo, 1985b. Anuario estadística de pesca 1984, Secretaria de Pesca. Dirección General de Informática y Estadística. México.
- Anónimo, 1985c. Diagnóstico sobre el estado actual del recurso sardina, en el Golfo de California. SEPESCA, INP. México. 92 pp.
- Anónimo, 1986. Informe de la temporada de pesca 1984-85 del recurso sardina. SEPESCA, INP. CRIP Guaymas, Sonora, México. 160 pp.
- Anónimo, 1987. Pesquería de sardina en el noroeste de México (1985/86 j. SEPESCA, INP. CRIP Guaymas, Sonora, México. 79 pp.
- Badan-Dangon, A., C. J. Koblinsky and T. Eaumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: Observations of surface thermal patterns. Oceanol. Acta 1985. 8,1:13-22.
- Bakun, A. 1983. Report un the working group on the environmental studies and monitnrng. En: Sharp, G. D. y J. Csirke (Eds.). 1983. Report uf the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18-19 apr-il 1983. a Preparatory meeting for the FAO world conference on fisheries management and development. FAO Fish. Rep. (291) Vol.I: 102 pp .
- Bakun, A. 1986. Definition of environmental variability affecting

- biological processes in large marine ecosystems. 89-108 pp.
En: Sherman, K. and L. M. **Alexander** (Eds.). 1986.
Variability and management of large marine ecosystems. AAAS
Selected Symposium 99.
- Bakun, A. and H. R. Parrish. 1980. Environmental inputs to fisheries
population models for eastern boundary current regions. En:
Sharp, G. D. (Ed.). 1980. Workshop on the effect of
environmental variation on the survival pelagic fishes. IOC
Workshop Rep. 25, UNESCO.
- Baumgartner, T., Ferreira-Bartrina, V., Schrader, H. and Soutar, A.
1985. A 20-year varve record of siliceous phytoplankton
variability in the Central Gulf of California. Mar. Geol.,
64: 113-129.
- Baumgartner, T. R. and Nielsen Christensen. 1985. Coupling of the Gulf
of California to large-scale interannual climatic
variability. J. Mar. Res., 43: 825-848.
- Bendat, J. S. and Allan G. Piersol. 1971. Random Data: Analysis and
measurement procedures. Wiley Interscience. New York. 407
pp"
- Bernal, P. A. y D. B. Chelton. 1983. Variabilidad biológica de baja
frecuencia y gran escala en la corriente de California,
1949-1978. 713-729 pp. En: Sharp, G. D. and J. Csirke
(Eds.). 1983. Proceedings of the expert consultation to
examine changes in abundance and species composition of
neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18-19 April
1983. A preparatory meeting for the FAO world conference on
fisheries management and development. FAO fish. Rep. (291)
Vol. III: 557-1224.
- Bloomfield, P. 1976. Fourier analysis of time series: An introduction
John Wiley and Sons. New York. 258 pp.
- Boerema, L. K. 1978. The characteristic of an exploited stock. 9-16 pp.
En: Models for fish stock assessment. FAO Fish. Circ. 701
- Box, G. E. P. and G. M. Jenkins. 1976. Time series analysis:
forecasting and control. Holden day. San Francisco. 575 pp.
- Candela, J., A. Badan-Dangon y C. D. Winant. 1984. Distribución
espacial de variables físicas en las capas bajas de la
atmósfera sobre el golfo de California. Un reparte de datos.
Vol. I, verano de 1983. SIO Ref. series #84-33. 211 pp.
- Candela, J., A. Badan-Dangon y C. D. Winant. 1985. Distribución
espacial de variables físicas en las capas bajas de la
atmósfera sobre el Golfo de California. Un reporte de datos.
Vol. II. Invierno de 1984. SIO Ref. series #85-11. 363 pp.
- Casas-Valdez, M. 1983. Distribución en tiempo y espacio de lar/
especies de sardina y macarela en Bahía Magdalena, B. C. S..
Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias

Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B. C. S., México. 168 pp.

- Chatfield, C. 1980. The analysis of time series: An introduction. Second edition. Chapman and Hal 1 .London.268 pp.
- Clark, F. N. 1930. Seasonal changes in the daily average length of the California sardine Sardina caerulea. Fish. bull. Na. 36.
- Clark, F. N. 1931. Dominant size-groups and their influence in the fishery for the California sardine (Sardina caerulea). En: California State Fisheries Laboratory. 1931. Studies on the length frequency of the California sardine (Sardina caerulea). Div. Fish Game Cal. Fish bull. Na. 31, 107:7-42.
- Clark, F. N. 1936. interseasonal and intraseasonal changes in size of the California sardine. Div. Fish Game Cal. Fish bull. No. 47(150).28 p.
- Crawford, J. M., P. A. Shelton and L. Hutchings. 1983. Aspects of variability of some neritic stocks in the southern Benguela Systems. 407-448. En: Sharp, G. D. and J. Csirke (eds.). 1983. Report of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18-29 april 1983. A Preparatory meeting for the FAO World Conference on the Fisheries Management and Development. FAO Fish. Rep. (291) Vol. II. 553 pp.
- Gulland, J. a. 1977. Fish population dynamics. John Wiley and Sons. 372 pp.
- Grivel-Piña, F. 1975. Datos Geofísicos. Serie A. Oceanografía 2. Instituto de Geofísica. UNAM, México. 152 pp.
- Grivel-Piña, F. 1977. Datos Geofísicas. Serie A. Oceanografía 3. Instituto de Geofísica. UNAM, México. 197pp.
- Grivel-Piña, F. 1978. Temperatura y salinidad de los puertos de México en el Océano Pacífico. Dirección General de Oceanografía, Secretaría de Marina . México. D.H. /M-01-78. 45 pp.
- Hayasi, S. 1983. Some explanations for changes in the abundance of major neritic-pelagic stocks in the northwestern Pacific ocean. 37-56. En: Sharp, G. D. and J. Csirke (Eds.). 1983. Reports of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18-29 april 1983. A preparatory meeting for the FAO World Conference on Fisheries management and development. FAO Fish. Rep. (291) Vol. II. 553 pp.
- Holguín, O. E., Myrna I. Wong, Leonor Ojeda G., Andrés Lozano M., Francisco Páez B., Daniel Molina V., Oscar Pedrín O. y Sergio Hernández V. 1982. Análisis de la pesquería de

anchoveta y sardina. Diagnóstico. Reunión Nacional sobre investigación Científica en el marco de la explotación, la regulación y el desarrollo pesquero. Cocoyoc, Mor. México. Mayo de 1982. Reporte Interno.

- Haltschmidt, M. K. H. 1977. Pesca de la sardina (Sardinops sagax caerulea y Opisthonema libertate) en Guaymas, Son. (México) y su relación con factores ambientales. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Guaymas, Sonora, México. 53 p.
- Lluch-Belda, D., F. J. Magallon and R. a. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: Possible causes. CalCOFI Rep. Vol. XXVII, 1986: 136-140.
- MacCall, A. II. 1979. Population estimates for the waning years of the Pacific sardine fishery. CalCOFI Rep. Vol. XX.72-82 pp.
- MacCall, A. D. 1983. Report of the working group on resources study and monitoring. En: Sharp, G.D. and J. Csirke (Eds.). 1983. Reports of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18-29 april 1983. A preparatory meeting for the FAO World Conference on Fisheries management and development. FAO Fish. Rep. (291) Vol. I. 102 pp.
- MacGregor, J. S. 1959. Relation between fish condition and population size in the sardine (Sardina caerulea). U. S. Fish and Wildlife Service. Fish Bull. No. 166 Vol. 60.
- Makridakis, S. and S. C. Wheelwright. 1978. Forecasting methods & applications. John Wiley and Sons. New York: 717 pp.
- Marinone, S. G. and J. M. Robles. 1985. Hydrographic variability across the Guaymas basin in the Gulf of California. CIBCASIO Transactions Vol. X, Tenth meeting, La Jolla, CA, USA, august 1985: 439-455
- Mendez da Silveira, B. 1987. Edad y crecimiento de Sardinops sagax caerulea en el Golfo de California. Tesis Profesional. Universidad de Guadalajara, Jal. , México. 91 pp.
- Merrifield, M. A., A. Badan-Dangon y C. D. Winant. 1987. Comportamiento temporal de variables físicas en las capas bajas de la atmósfera sobre el Golfo de California. 1983-1985. Un informe de datos. SIO Ref. series #87-6: 192 pp.
- Molina, D. y O. A. Pedrín. 1975. Explotación de sardina en zonas próximas a Guaymas, Son. Instituto Nacional de Pesca. INP/SC:8. México.
- Molina, D. y O. A. Pedrín. 1976. Crecimiento de sardina monterrey, inops sagax caerulea en el Golfo de California. Mem. del

- Simp. sobre Rec. Pesq. Masivos de México, Ensenada, B. C.. p. 189-204.
- Molina, D., F. Paez, F. J. Magallón y A. C. Castro. 1984. Análisis biológicos pesqueros de la pesquería de sardina en el Puerto de Guaymas, Son.. Instituto Nacional de pesca. Reporte Interno. 275 p.
- Monin, A. S., V. M. Kamenkovich y V. G. Kort. 1977. The variability of the ocean. Wiley Interscience. 241 pp.
- Murphy, G. I. 1977. Clupeoids. En: Gulland, G. A. (Ed.) 1977. Fish population dynamics. John Wiley & Sons. New York. 283-308.
- Mysak, L. A. 1986. EL NIÑO interannual variability and fisheries in the northeast Pacific Ocean. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43, 1986: 464-497.
- Mysak, L. A., W. H. Hsieh and T. R. Parsons. 1982. On the relationship between interannual baroclinic waves and fish populations in the northeast Pacific. Biological Oceanography. 2,1: 63-103.
- Nakai, Z., G. I. Murphy and J. Radovich. 1959. Fluctuations and abiotic factors. En: Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Sardines and Related Species. FAO Fish. Rep. () Vol. 1.
- Nikolsky, G. V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press. London. 352 pp.
- Parrish, R. H. and A. D. MacCall. 1978. Climatic Variation and exploitation in the Pacific mackerel fishery. Cal. Dep. Fish Game. Fish bull. No. 167.
- Parrish, R.H., C. S. Nelson and A. Bakun. 1981. Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. Biological Oceanography, 1,2: 175-204.
- Parrish, R. H., A. Bakun, D. M. Husby and C. S. Nelson. 1983. Comparative climatology of selected environmental processes in relation to eastern boundary current pelagic fish reproduction. 731-778. En: Sharp, G. D. and J. Csirke (Eds.). 1983. Report of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica 18-29 april 1983. A preparatory meeting for the FAO World Conference on Fisheries Management and Development. FAO Fish. Rep. (291) Vol. III: 557-1224 pp.
- Pedrin, D.A. y D. Molina. 1976. Informe de la pesca de sardina en el Golfo de California. Temporada 72/73 descargas; en el Puerto de Guaymas, Sonora. Serie Informaciarr INP/SI: i47. Instituto Nacional de Pesca. México.

- Pedrin, Cl. A., V. A. Sokolov y D. Molina Valdez.. 1973. Las capturas, captura par- unidad de esfuerzo y esfuerzo de la pesquería de sardina monterrey en el Golfo de California de 1968 a 1972. Informe Científico No. 3. INP/SI: i3
- Pedrin, O. A. y Azael Ancheita Avalos. 1976. Estadísticas básicas de la explotación de la sardina en el noroeste de México. Instituto Nacional de Pesca. INP/SI: i79.
- Philander, S. G. H. 1983. EL NIÑO southern oscillation phenomena. Nature, Vol. 302, 5906: 295-301.
- Pope, J. G. 1980. Phalanx analysis: An extension of Jones' Length Cohort Analysis to multispecies cohort analysis. ICES CM 1980/6: 19. 18 p.
- Priestley, M. B. 1981. Spectral Analysis and time series. Academic Press, Inc. London. 890 pp.
- Robinson, M. K. 1973. Atlas of monthly mean sea surface and subsurface temperatures in the Gulf of California, México. San Diego Society of Natural History. Memoir 5. 19 pp.
- Roden, G. I, e I. Emilsson. 1980. Oceanografía Física del Golfo de California. Contribución 209 del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, México. 70 pp.
- Rueda-Fernandez, S. 1983. La precipitación como indicador de la variación climática en la Península de Baja California y su relación dendrocronológica. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B. C. S., México. 126 pp.
- Sharp, G. D. and J. Csirke (Eds.). 1983. Report of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica, 18-19 April 1983. a Preparatory meeting for the FAO world conference on fisheries management and development. FAO Fish. Rep. (291) VG1 .1: 102 pp.
- Shuntov, V. P. and V. P. Vasil'kov. 1981. Long-term population fluctuations of north pacific sardines. I. Population dynamics of eastern sardine, Sardinops sagax melanostica and California sardine Sardinops sagax caerulea in the twentieth century. J. Ichthyol. 1981. 21, 6: 1-13.
- Sokolov, V. A. y M. Wong. 1972. Investigaciones efectuadas sobre los peces pelágicos del Golfo de California (Sardina, crinuda y anchoveta) en 1970. Serie Información. Informe Científico No. 1. INP/SI: i1. México.
- Sokolov, V. y M. Wong. 1973. Informe Científico de las investigaciones sobre los peces pelágicos del Golfo de California. Ins. Nal. de Pesca. INP/SI: i2; 41 pp.

- Sokolov, V. A. 1974. Investigaciones biológico pesqueras de los peces pelágicos del Golfo de California. CalCOFI Rep. Vol. XVII: 92-96.
- Soutar, A. 1967. The accumulation of fish debris in certain California coastal sediments. CalCOFI Rep. Vol. II: 136-139.
- Soutar, A. and J. D. Isaccs. 1969. History of fish populations inferred from fish scales in anaerobic sediments off California. CalCOFI Rep. Vol. XIII: 63-70.
- Soutar, A. and J. D. Isaccs. 1974. Abundance of pelagic fish during the 19th and 20th centuries as recorded in anaerobic sediments off the California coast. Fish. Bull. Vol. 72, No. 2: 257-273.
- Torres-Villegas J. R., G. García Melgar, V. A. Levy Pérez y R. I. Ochoa Baez. 1985. Madurez sexual, peso promedio, proporción sexual frecuencia de desovantes de Sardinops sagax en el Golfo de California para noviembre de 1984. CIBCASIO Transactions Vol. x. Tenth Meeting, La Jolla, CA, USA, August 1985: 536-549.
- Torres-Villegas, J. R., M. A. Reinecke Reyes y R. Rodríguez Sánchez. 1986. Ciclo reproductivo de Sardinops sagax (sardina monterrey) en el Golfo de California. Inv. Mar. CICIMAR, 1986 3,1: 53-68.
- Uda, M. 1961. Fisheries oceanography in Japan, specially on the principles of fish distribution, concentration, dispersal and fluctuations. CalCOFI rep. Vol. VIII: 25-31.
- Wong, M. 1974. Biología de la sardina del Golfo de California (Sardinops sagax caerulea). CalCOFI Rep. Vol. XVII: 97-100.
- Zuta, S., I. Tsukayama y R. Villanueva. 1983. El ambiente marino y las fluctuaciones de las principales poblaciones pelágicas en la costa Peruana. p. 179-254. En: Sharp, G.D. and J. Csirke (eds.). 1983. Report of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. San José, Costa Rica 18-29 April 1983. A preparatory meeting for the FAO World Conference on Fisheries Management and Development. FAO Fish. Rep. (291): Vol. II: 553 pp.