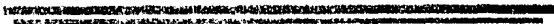


2
2oj.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS
PROFESIONAL Y DE POSTGRADO
DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

PROYECTO ACADÉMICO ESPECIALIZACIÓN, MAESTRÍA Y
DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR

MODELADO DE LAS PESQUERÍAS DE TÚNIDOS EN EL PACÍFICO MEXICANO (ATÚN ALETA AMARILLA).

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR
(ESPECIALIDAD OCEANOGRAFÍA BIOLÓGICA Y PESQUERA)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PRESENTA:

JOSÉ JULIÁN DÍAZ PÉREZ

1992



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

RESUMEN

Se analizan variables pesqueras y ambientales con el fin de determinar las relaciones existentes entre ambas haciendo uso de las siguientes técnicas: Análisis Multivariado por los Métodos de Componentes Principales y Regresión Lineal Múltiple, y Análisis Espectral en sus dos modalidades: Transformada Rápida de Fourier y Máxima Entropía.

Los resultados mostraron una gran sensibilidad de la especie tanto a cambios físicos como climáticos que se realizan estacionalmente en el océano, siendo los parámetros más importantes para la distribución y captura del Atún Aleta Amarilla: Temperatura, Tormentas (días y su magnitud o intensidad) y la Oscilación del Sur "El Niño", así como a la variación en grosor de la capa de mezcla, y las perturbaciones provocadas por el viento.

Este trabajo es el primero de este tipo que se realiza en nuestro país, por lo tanto marca la pauta para que se sigan desarrollando Modelos Clima-Pesquerías.



Vo.Bo. Dr. David Alberto SALAS DE LEÓN

RESÚMEN

Se analizaron variables pesqueras y ambientales con el fin de determinar las relaciones existentes entre ambas haciendo uso de los siguientes técnicas: Análisis Multivariado por los métodos de Componentes Principales y Regresión Lineal Múltiple, y Análisis Espectral en sus dos modalidades: Transformada Rápida de Fourier y Máxima Entropía.

Los resultados mostraron una gran sensibilidad de la especie tanto a cambios físicos como climáticos que se realizan estacionalmente en el océano, siendo los parámetros más importantes para la distribución y captura del atún aleta amarilla: temperatura, tormentas (días y su magnitud o intensidad) y la Oscilación del Sur "El Niño", así como a la variación en grosor de la capa de mezcla, y las perturbaciones provocadas por el viento.

ABSTRACT

Fisheries and environmental variables were analyzed to determine their relationships using the following techniques: Multivariate Analysis based on Principal Components and Multiple Linear Regression, and Spectral Analysis based on Fast Fourier Transform and Maximum Entropy.

Results show a great sensibility of the specie to physical and climatic changes that take place seasonally in the ocean. The most important parameters that influence yellowfin tuna distribution and catch are: temperature, storms (days and its magnitude or intensity), and "El Niño" Southern Oscillation, also the variation in thickness of the mixed layer, and the effect of wind.

ÍNDICE

I.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.	1
1.1.- Naturaleza e Historia de la Pesquería de Atún Aleta Amarilla en México.	2
1.2.- Biología del Atún Aleta Amarilla.	5
1.2.1.- Nombres Científicos Válidos.	8
1.3.- Distribución Mundial de la Pesca de Atún Aleta Amarilla.	8
1.3.1.- Áreas de Captura del Atún Aleta Amarilla en México.	9
1.4.- Puertos de Recepción de Atún Aleta Amarilla en México.	10
1.5.- Importancia Mundial y Nacional de la Pesca de Atún Aleta Amarilla.	10
II.- HIPÓTESIS.	11
III.- OBJETIVOS.	11
IV.- ÁREA DE ESTUDIO.	12
4.1.- Descripción de la Zona de Estudio.	12
V.- MÉTODOS Y MATERIALES.	18
5.1.- Variables Ambientales.	18
5.1.1.- Parámetros Hidrográficos.	18
5.1.2.- Procesos Atmosféricos.	19
5.1.3.- Niños (ENSO).	19
5.2.- Variables Pesqueras.	19
5.2.1.- Capturas y Días de Esfuerzo.	19
5.3.- Análisis de Componentes Principales.	20
5.4.- Análisis de Regresión Lineal Múltiple.	20
5.5.- Análisis Espectral.	20
VI.- RESULTADOS.	22
6.1.- Análisis de Variables Ambientales.	22
6.1.1.- Promedio de Temperatura a 50 m de profundidad.	22
6.1.2.- Distribución Horizontal de Temperatura.	22
6.1.2.1.- Isotermas para la Zona 1 de 1968 a 1973.	22
6.1.2.2.- Isotermas para la Zona 1 por Año.	25
6.1.2.3.- Isotermas para la Zona 3 de 1968 a 1973.	34
6.1.2.4.- Isotermas para la Zona 3 por Año.	35
6.1.3.- Procesos Atmosféricos.	38
6.2.- Análisis de Variables Pesqueras y Ambientales.	39
6.3.- Análisis de Componentes Principales.	42
6.4.- Análisis de Regresión.	48
6.5.- Análisis Espectral.	50
VII.- MODELADO.	59
7.1.- Ajustes Polinomiales.	60
VIII.- DISCUSIÓN.	62
IX.- CONCLUSIONES.	68
X.- LITERATURA CITADA.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

I.1. Mapa del Océano Pacífico Oriental, mostrando el ARCAA.	3
I.2. Zona Económica Exclusiva Mexicana.	4
I.3. Capturas y Días de Esfuerzo por año (de 1968 a 1988).	5
IV.4. Área de Estudio en el Océano Pacífico (Z.E.E. Mexicana).	12
IV.5. Patrón de circulación superficial en las costas del Pacífico Oriental Tropical (Tomada de Wyrki, 1969).	12
IV.6. Región I (Zona Noroeste).	13
IV.7. Región II (Golfo de California).	15
IV.8. Región III (Zona Centro).	16
IV.9. Región IV (Zona Sur).	16
VI.10. Promedio de Temperatura a 50 m de profundidad por año (de 1968 a 1973).	22
VI.11. Planos Horizontales de la Zona 1 a diferentes profundidades, de 1968 a 1973. Distribución de Temperatura (a: 0 m; b: 10 m; c: 20 m; d: 30 m; e: 50 m; f: 75 m; g: 100 m; h: 125 m).	23
VI.12. Planos Horizontales de la Zona 1 a diferentes profundidades, 1968. Distribución de Temperatura (a: 0 m; b: 10 m; c: 20 m; d: 30 m; e: 50 m; f: 75 m).	26
VI.13. Planos Horizontales de la Zona 1 a diferentes profundidades, 1970. Distribución de Temperatura (a: 0 m; b: 10 m; c: 20 m; d: 30 m; e: 50 m; f: 75 m).	28
VI.14. Planos Horizontales de la Zona 1 a diferentes profundidades, 1972. Distribución de Temperatura (a: 0 m; b: 10 m; c: 20 m; d: 30 m; e: 50 m).	30
VI.15. Planos Horizontales de la Zona 1 a diferentes profundidades, 1973. Distribución de Temperatura (a: 0 m; b: 10 m; c: 20 m; d: 30 m).	32
VI.16. Planos Horizontales de la Zona 3 a diferentes profundidades, de 1969 a 1973. Distribución de Temperatura (a: 50 m; b: 75 m; c: 100 m; d: 125 m; e: 150 m).	34
VI.17. Planos Horizontales de la Zona 3 a diferentes profundidades, 1969. Distribución de Temperatura (a: 75 m; b: 100 m).	35
VI.18. Planos Horizontales de la Zona 3 a diferentes profundidades, 1970. Distribución de Temperatura (a: 75 m; b: 100 m; c: 125 m).	36
VI.19. Planos Horizontales de la Zona 3 a diferentes profundidades, 1972. Distribución de Temperatura (a: 75 m; b: 100 m; c: 125 m).	37
VI.20. Días de Tormentas por año (de 1968 a 1987).	38
VI.21. Promedio Pesado de la Magnitud de las Tormentas por año (de 1968 a 1987).	39
VI.22. Capturas de Atún Aleta Amarilla por año (de 1968 a 1988).	39
VI.23. Días de Esfuerzo por año (de 1968 a 1988).	39
VI.24. Capturas y Días de Tormentas por año (de 1968 a 1988).	40
VI.25. Capturas y Temperatura a 50 m de profundidad por año (de 1968 a 1988).	40
VI.26. Capturas y Promedio Pesado de la Magnitud de las Tormentas por año (de 1968 a 1988).	40
VI.27. Días de Esfuerzo y Días de Tormentas por año (de 1968 a 1988).	41
VI.28. Días de Esfuerzo y Promedio Pesado de la Magnitud de las Tormentas por año (de 1968 a 1988).	41

VI.29. Días de Esfuerzo y Temperatura a 50 m de profundidad por año (de 1968 a 1988).	41
VI.30. Temperatura a 50 m de profundidad y Días de Tormentas por año (de 1968 a 1987).	42
VI.31. Temperatura a 50 m de profundidad y Promedio Pesado de la Magnitud de las Tormentas por año (de 1968 a 1987).	42
VI.32. Residuos del Análisis de Varianza, de 1968 a 1988.	50
VI.33. MEM para Capturas, de 1968 a 1988.	50
VI.34. MEM para Días de Esfuerzo, de 1968 a 1988.	51
VI.35. Capturas por latitud por año, de 1968 a 1988.	51
VI.36. Días de Esfuerzo por latitud por año, de 1968 a 1988.	52
VI.37. FFT de Capturas, de 1968 a 1978.	52
VI.38. FFT de Capturas, de 1978 a 1988.	53
VI.39. FFT de Capturas, de 1968 a 1988.	53
VI.40a. MEM de Capturas, de 1968 a 1988.	54
VI.40b. MEM de Capturas, de 1968 a 1988 (Se observan con más detalle los picos que se analizaron)	54
VI.41. FFT de Capturas (Datos Suavizados y con Spline).	55
VI.42. MEM de Capturas (Datos Suavizados y con Spline).	55
VI.43. Capturas Observadas (Datos Reales)	56
VI.44. Capturas Calculadas (Datos del Modelo).	56
VI.45. Anomalías de Captura.	57
VI.46. FFT de Anomalías de Captura.	57
VII.47. Mínimos Cuadrados del Modelo para Atún Aleta Amarilla.	60
VII.48. Modelo para Atún Aleta Amarilla.	61
VIII.49. Comparación de los Modelos (con Datos Observados y Calculados).	67

ÍNDICE DE TABLAS

VII. Componentes Principales para el año 1968.	43
VIII. Componentes Principales para el año 1969.	44
VI.III. Componentes Principales para el año 1970	45
VI.IV. Componentes Principales para el año 1972.	46
VI.V. Componentes Principales para el año 1973.	47
VI.VI. Análisis de Residuos para el período 1968-1988.	49

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La vida en el mar está regulada por una permanente interacción entre las diversas poblaciones de seres que lo habitan. El equilibrio depende de la capacidad de reproducción y de supervivencia frente a las tasas de mortalidad, deficiencia de alimentación, etcétera, y sobre todo, de una relación entre predadores y presas.

Estas relaciones de interdependencia, han sido alteradas cuando a los miembros integrantes de la ecuación de equilibrio natural, se les ha agregado un nuevo factor completamente extraño: el de la pesca. Este factor interviene como un elemento depredador más, de extraordinaria importancia, tanto por el enorme volumen de mortandad que produce como por actuar de modo muy violento sobre las poblaciones, ya que la pesca constituye un elemento de predación por completo indiferente a las fluctuaciones numéricas del elemento predado que, en un momento dado, mantiene invariable su potencia extractiva, pudiendo causar una ruptura catastrófica del equilibrio biológico con el consiguiente agotamiento de la especie que se captura.

De la revisión de la ecuación de equilibrio y de los diferentes elementos que la integran, surge inmediatamente el convencimiento de que no se puede pescar sin una tasa, sin un límite.

Dentro de los años analizados hay uno que es especialmente importante por que es el que marca la diferencia en cuanto a "Metodología y Técnica de Pesca" en nuestro país, de esta forma, de ser de Pesca Ribereña se convierte en uno de Pesca de Altura, dicho año es 1970 en el cual entran en juego factores externos como son la cuestión económica y la política.

En ese año y a lo largo de la década de los setentas se da un fuerte apoyo financiero para el incremento de la flota atunera, así como también se realiza la compra de equipo y tecnología para modernizar dicha actividad (artes de pesca y aparatos acústicos con un mejor funcionamiento y una mayor precisión, que los hace más confiables, que los usados anteriormente).

También en 1970, México rompe relaciones con la Comisión Inter-Americana del Atún Tropical separándose de este organismo debido a que no se le dieran nuevas y equitativas cuotas de captura (se le restringía la cantidad de recurso que podía pescar), lo que conlleva a un incremento enorme en las capturas del recurso debido a que no se acatan las cuotas establecidas por la Comisión; coincidiendo también, el valor tan alto de capturas con el mínimo de la intensidad de las tormentas, lo que ayudó y provocó un aumento sobresaliente de las misiones.

La evaluación para el aprovechamiento racional de los recursos marinos, en la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de México, es una actividad importante y compleja. No obstante los avances alcanzados en la última década, se continúa discutiendo mucho sobre la magnitud de éstos; fundamentalmente se ha planteado la necesidad de conocer cuales son las existencias de los recursos pesqueros en aguas de jurisdicción nacional.

La pesca es de las actividades más antiguas practicadas por el hombre, pero su manejo científico está en los primeros pasos.

Healey (1984) dice que la primera inclinación a estos estudios es el Rendimiento Máximo Sostenido (RMS), y la segunda tiene un principio bien definido con dos trabajos que hablan acerca de administración pesquera para maximizar los beneficios para la sociedad.

Los modelos más importantes que se han desarrollado son el de Verhulst en 1838, el cual es un modelo logístico y el de Schaefer en 1954 (modificado en 1957); este es un modelo de producción.

Después del modelo de Schaefer, los que lo preceden son básicamente adecuaciones de éste, entre las cuales están: Pella y Tomlinson en 1969, que es un modelo de producción; Walter en 1973, quien modificó los de Schaefer, Pella y Tomlinson, y Fox; Fox en 1975, hace una Formulación Matemática para su modelo de producción basado en un modelo logístico; Schnute en 1977, modifica el modelo de Schaefer; Deriso en 1980, su modelo se basa en la modificación de la Ecuación de Peso de Brody; Morton y Lea en 1981, hacen un modelo de producción y económico; Schnute en 1985, formula un modelo de producción. Todos estos modelos son únicamente Biológicos pero aplicados en pesquerías; el modelo de Morton y Lea considera también aspectos económicos.

Hay una gran cantidad de modelos en otras áreas como son la Física o bien, estudios especializados para Química y Geología los cuales cuentan con una gran tradición; pero no existen modelos de pesquerías que tomen en cuenta la relación de las diferentes áreas y parámetros como variables de estado, esto se atribuye a la dificultad existente para la obtención de series largas de datos de las pesquerías y hacer relaciones interdisciplinarias con otras áreas.

Los únicos antecedentes directos que se tienen de modelos clima-pesquerías son los trabajos realizados por Van Winkle *et. al.* (1979), y Rust y Kirk (1974).

Este trabajo es el primero de este tipo que se realiza en nuestro país, por lo tanto marca la pauta para que se sigan desarrollando Modelos Clima-Pesquerías.

1.1.- Naturaleza e Historia de la Pesquería de Atún Aleta Amarilla en México.

En la década de los 50's el Gobierno Mexicano impulsó el Programa "Marcha al Mar", instaurado por el entonces Presidente Adolfo Ruiz Cortés.

Para cumplir con los planes gubernamentales, se promovió la pesca de las especies de escama subexplotadas por los pescadores mexicanos, que ofrecían buenas perspectivas económicas: mayores ingresos, generación de empleos, alimentación, uso industrial, desarrollo de industrias conexas, captación de divisas y otras (Medina, 1982).

El mayor esfuerzo se concentró en las pesquerías de atún y similares, sardinias y anchoveta; en la pesca exploratoria de la merluza y el recoto (Medina, 1982).

La pesquería de Atún en el Océano Pacífico Oriental, surgió como resultado de la pesquería de Albacora, iniciada en California, E.U.A., en el canal que se forma entre las Islas Catalina y Los Angeles, en 1903, y tuvo un rápido desarrollo debido a su gran aceptación en el mercado estadounidense. Debido a la alta demanda y a la dependencia de las migraciones anuales de ésta especie, la flota estadounidense se movilizó hacia el sur, en los años de 1915 a 1917 (Medina, 1982), buscando Atún Aleta Amarilla (*Thunnus albacares*) y Barrilete (*Katsuwonus pelamis*); iniciándose así su explotación en las aguas tropicales del noroeste de México. Esto trae como resultado la participación del pescador mexicano en ésta pesquería (CIAT, 1978).

La pesquería de atún aleta amarilla, se inicia formalmente en el Pacífico Mexicano en 1916 con la operación de barcos vareros.

La intensidad de pesca aumentó constantemente conforme se incrementaba la flota pesquera en los E.U.A., y algunos países latinoamericanos iniciaban el desarrollo de sus flotas locales.

En ésta época se establecieron en California, flotas de barcos pesqueros pequeños que, con la ayuda de grandes barcos frigoríficos comenzaron a pescar periódicamente en la costa occidental de Baja California. Con el descubrimiento de nuevos bancos de peces como el de las Rocas Alijos, Islas Revillagigedo e Islas Marías se incrementaron notablemente las capturas y el área de operación de la flota. En 1918 el 77% del volumen total de atún enlatado provino de las nuevas áreas (Shimada y Schaefer, 1956).

En 1920 se inició la pesca con red de cerco, con barcos pequeños que no contaban con el equipo suficiente para pescar en zonas distantes. Durante el período 1931-1956, ésta flota capturó menos del 15% de atún aleta amarilla y alrededor del 13% de barrilete.

Durante 1958 y 1959 la flota fue modernizada con el empleo de poleas hidráulicas, con el uso de redes de nylon y mejoras para el transporte del pescado; modificándose también varios barcos vareros, para que pudieran operar con red de cerco (Broadhead, 1962).

Conforme los barcos comenzaron a capturar mayores cantidades de atún aleta amarilla, el área de operación de la flota se extendió hacia las áreas del sur, frente a las costas meridionales de México y frente a América Central. A fines de 1960 se encontraban operando desde California hasta Perú (Broadhead, 1962). Hasta 1958 la flota varera obtenía la

porción principal de la captura y para 1962 la flota cerquera contribuía con más del 85% de la captura total (Pella y Psaropulos, 1975).

En México, los registros más antiguos que se tienen de ésta pesquería datan de 1937; durante el período 1949-1952, los pescadores mexicanos capturaban albacora, barrilete y patudo principalmente con chinchorros y otras redes (Berdegué, 1956).

En 1980, México se adhirió a la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), siendo la pesca nacional de atún en ese tiempo prácticamente de ribera, capturando 1,226 toneladas anuales en promedio (Medina, 1982) y fueron aplicadas las cuotas de captura recomendadas por la CIAT en el Área Reglamentaria de la Comisión del Atún Atlántico del Sur (ARCAA, Fig. 11) (CIAT, 1980) las cuales se establecen siguiendo varios criterios; los dos principales son:

- a) el índice de captura.
- b) la potencialidad de la flota de

cada país.

A pesar de que México venía participando en la pesca de atún desde 1937, en diciembre de 1970 solo tenía una flota compuesta por 12 embarcaciones con una capacidad total de acorreo de 2,500 toneladas. Al inicio de los setentas, se dio un mayor énfasis a la diversificación de la pesca, dando un amplio apoyo a quienes dedicaban sus recursos y esfuerzos a la pesca de atún. En 1971 cinco embarcaciones atuneras del sector público iniciaban la proyección de México como país-pesquero de altura. En 1973 se celebró un convenio con Polonia para la adquisición de seis barcos más, que fueron entregados entre 1975 y 1976 (Medina, 1982).

En 1975 operaron veintidos unidades, veinte cerqueros y dos vareros, con una capacidad total de 8,146 toneladas, teniendo por primera vez en congruencia con su desarrollo pesquero una captura de 22,136 toneladas (CIAT, 1976).

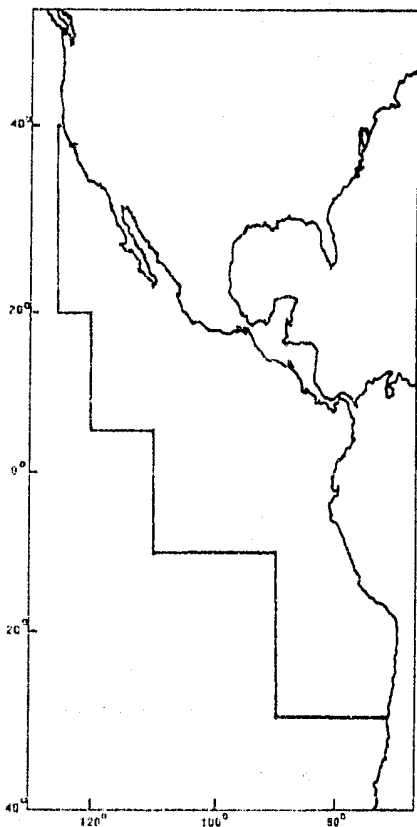


Figura 11. Mapa del Océano Pacífico Oriental, mostrando el ARCAA.

El 6 de febrero de 1976, México estableció y delimitó su Zona Económica Exclusiva (ZEE) (Fig. 12) promulgando derechos sobre los recursos existentes en una franja de 200 millas náuticas. Este derecho se crea bajo el principio del aprovechamiento óptimo de los recursos vivos, esto se refiere a que cada país cuando haya agotado todas sus posibilidades de pesca y no logre capturar el máximo estimado (Máximo Rendimiento Sostenido), deberá permitir el acceso a embarcaciones extranjeras para capturar estos excedentes lo cual, se hará bajo acuerdos bilaterales que celebren el estado ribereño con los países interesados.



Figura 1.2. Zona Económica Exclusiva Mexicana.

De 1976 a 1978, el número de barcos en operación disminuyó de veintisiete a veinticinco; sin embargo, la captura se incrementó pasando de 20,132 a 22,783 toneladas (CIAT, 1977 y 1979).

En 1979, operaron veinticinco barcos cerqueros y tres vareros que en suma tenían una capacidad de acarreo de 13,632 toneladas y capturaron 27,166 toneladas (Anónimo, 1980).

Para fines de 1980 con la entrega de barcos nuevos y otros que operaban con bandera nacional a partir del sistema de coinversión con otros países, se contó con la operación de cincuenta y dos embarcaciones con una capacidad total de acarreo de 32,539 toneladas (CIAT, 1981 y Anónimo, 1984).

La actividad de la flota en 1981 fue muy intensa (Fig. 1.3) lográndose buenas capturas con la operación de 45 barcos cerqueros y 10 vareros (CIAT, 1982), complicándose la situación, debido a que el producto seguía aumentando al grado de no tener capacidad suficiente para almacenarlo. La crisis financiera nacional, provoca que durante 1982-1983 las operaciones de la flota disminuyeran considerablemente capturando solo 29,869 y 22,441 toneladas respectivamente (CIAT, 1983 y 1984).

En 1986 la flota atunera mexicana ocupó el primer lugar en capacidad total de acarreo y captura con respecto a los países que pescan en el Océano Pacífico Oriental, contribuyendo con un 33.42% a la captura total, seguida por la de los E.U.A. (Anónimo, 1987a, 1987b; CIAT, 1987).

A nivel nacional, la pesquería de túnidos, ocupa el cuarto lugar en la captura total de las pesquerías explotadas y el primero en volumen de exportación (Anónimo, 1987c), lo que da una clara imagen de la importancia que dicho recurso tiene en nuestro país.

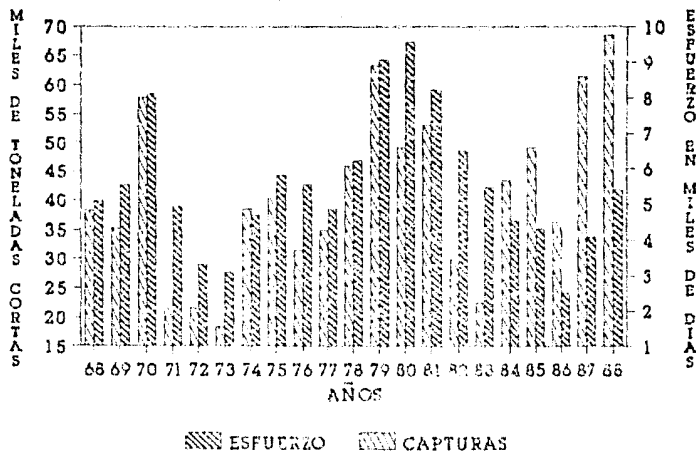


Figura 1.3. Capturas y Días de Esfuerzo por año (de 1968 a 1988).

1.2.- Biología del Atún Aleta Amarilla.

Berg (1940) separa a los túnidos en el orden, *Thunniformes* (Pisces); con base en su desarrollado sistema vascular. Este autor reconoce solamente a una sola familia (*Thunnidae*), así como Kishinouye (1923) pone a *Katsuwonus*, *Euthynnus*, y *Aleus* en otra familia (*Katsuwonidae*). La revisión de Fraser-Brunner (1950) propone que todos estos deberían incluirse con la familia *Scombridae*, además de ponerlos en un solo género, *Thunnus* (Schaefer *et. al.*, 1963).

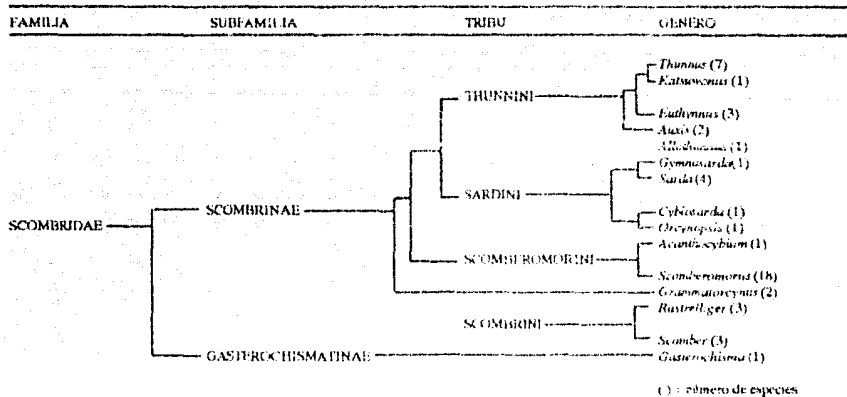
Estudios morfométricos detallados que se han hecho por una gran cantidad de investigadores (Godsil, 1948; Schaefer, 1948, 1952 y 1955; Schaefer y Waldford, 1950; Godsil y Greenwood, 1951) revisados por Royce (1961), Fraser-Brunner (1950) y Rivas (1951), dejan ver pocas dudas de que existan distintas especies de atún aleta amarilla a lo largo de los océanos del mundo. No obstante de que hay morfométricamente poblaciones distinguibles en varios lugares (Schaefer *et. al.*, 1963).

La familia *Scombridae* está compuesta por 15 géneros y 49 especies, los cuales forman parte de la mayoría de los peces epipelágicos marinos. Una gran cantidad de rasgos morfológicos han sido descritos e ilustrados por Collette, 1979 (Collette y Nauen, 1983).

La familia *Scombridae* agrupa a dos subfamilias:

- + *Gasterochismatinae*
- + *Scombrinae*

De acuerdo a Collette y Chao (1975) y Collette y Russo (1979), con base en características osteológicas internas, se ha dividido a la subfamilia *Scombrinae* como sigue:



Es una especie grande, de cuerpo fusiforme, elongado, cabeza pequeña, porción caudal larga. Escamas diminutas, alrededor de 270 en la línea lateral. Vejiga natatoria presente, larga y angosta, sin división en la parte final anterior. Cerca de la base de la primera aleta dorsal existe un surco para guardarla al nadar; pectorales moderadamente largas llegando más allá del origen de la segunda dorsal pero sin alcanzar el final de su base. Segunda dorsal y anal por consecuencia más elongadas en especímenes largos, alrededor del 20% de la longitud furcal. No presenta vénulas (estrías) en la superficie ventral del hígado, el lóbulo izquierdo está algunas veces dividido en dos y el lóbulo derecho es aún más largo que el otro. Poseen 39 vértebras. Columna vertebral larga y delgada; 18 vértebras precaudales más 21 caudales, vértebra caudal posterior muy elongada. Parapófisis larga y plana. Canal hemal cerrado en la décima vértebra, extendido de lado a lado, especialmente en la región precaudal, donde la amplitud de la cavidad es cercanamente igual al diámetro del centro de la vértebra. Aleta dorsal con 13 ó 14 espines, 8 a 11 pinnulas dorsales; 8 a 10 pinnulas anales. Peñes branquiales 26 a 34 en el primer arco branquial.

Esta especie es una de los cuatro géneros de la tribu de los *Thunnini* (Cole, 1984), únicos entre los peces óseos que tiene *retia mirabilia* que actúa como un sistema contracorriente de intercambio de calor que retiene el calor producido a través del metabolismo. El *retia* son sistemas de paquetes compactos paralelos de arteriolas y vénulas; el calor es retenido a través del enfriamiento venoso en su camino hacia las branquias y el calentamiento de sangre fría arterial en su camino hacia los tejidos corpóreos (Cole, 1980). Se ha visto que el atún aleta amarilla es de sangre caliente en menor proporción que el resto de los túnidos, teniendo temperaturas musculares con un promedio entre 1° y 5° C mayor que el del agua de mar que lo rodea.

Lithicum y Carey (1972), describieron la *retia carótida* que conserva el calor producido en los ojos y cerebro en el género *Thunnus*; esta red es localizada en la superficie ventral del hueso preótico, dorsal y anterior a la primera arteria branquial eferente (Cole, 1980). Graham (1975) determinó el perfil térmico del músculo rojo del aleta amarilla y describió la estructura de los sistemas central y cutáneo retial (Cole, 1980). El rete central está situado en el arco hemal en cualquier lado de la aorta y vena cardinal. El sistema retial cutáneo consiste de 4 pares de intercambiadores laterales, 2 epaxiales y 2 hipaxiales, cada uno yuxtapuesto a una arteria y vena longitudinal cóccica.

Lithicum y Carey (1972) propusieron que teniendo ojos y cerebro calientes aumenta su visión y responden a predadores (Cole, 1980). Carey *et al.* (1971) sugirieron que la elevada temperatura del músculo, incrementa el poder de los músculos nadadores, por lo cual promueve las altas velocidades al nadar que han sido demostradas para escómbridos (Cole, 1980).

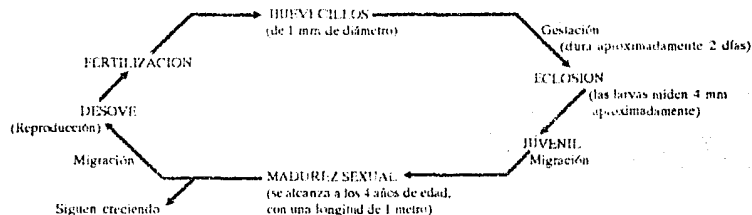
Otra ventaja adaptativa de los intercambiadores de calor (que están en las zonas central y lateral) es, que los provee de una inercia térmica larga, que probablemente les permite moverse libremente desde la parte superficial de la capa de mezcla hacia la termoclina a pesar de los cambios rápidos en la temperatura del agua, y puede habilitarlos para sentir gradientes de temperatura débiles (Cole, 1980); Dixon *et al.* (1977) encontraron que el aleta amarilla nada más lentamente conforme la temperatura del agua decrece (Cole, 1980), pero que los cambios de velocidad no los mantuvieron con cambios en la temperatura del agua. Esto lo acredita a la inercia térmica de dichos organismos (Cole, 1980).

El calor producido a través del metabolismo está directamente ligado a la gran velocidad de natación. Se observaron relaciones directas e indirectas entre la temperatura del músculo y la producción de calor metabólico, y se propuso que el aleta amarilla debe tener algún tipo de termorregulación fisiológica controlada a través del sistema nervioso central.

La longevidad del aleta amarilla no ha sido determinada con exactitud.

Son heterosexuales, no presentan externamente un dimorfismo sexual visible. La maduración es diferente de acuerdo a las tallas en las que se encuentran cerca de áreas costeras o aguas cercanas a islas, a diferencia de los que se encuentran en aguas oceánicas del Pacífico. La fertilización de los huevos se realiza externamente y en aguas profundas. El desove en el Pacífico Este se realiza todo el año en aguas Norecuatoriales. En las costas de México y América Central el pico del desove ocurre a diferentes tiempos en diferentes áreas. El desove parece ser más esporádico y corto en duración en las áreas de desove costero que en las aguas Norecuatoriales oceánicas. Knudsen (1977) mostró que esta especie desova por lo menos dos veces al año en el área del sur de México y América Central. Estos períodos de desove varían en espacio y tiempo de ocurrencia de un año a otro. Los huevos son esféricos y transparentes, con un glóbulo de aceite en amarillo obscuro rodeado de membranas nebulosas, alcanzan su plena madurez al llegar a 0.85 mm de diámetro; son pelágicos y posteriormente las larvas pasan a ser planctónicas.

Su ciclo de vida es el siguiente:



Según Waldron y King (1963), estos organismos son depredadores activos y se alimentan principalmente de calamares además de pequeños peces y crustáceos; Cole (1980) supone que se alimentan grandemente de *Dosidicus gigas* (calamar omnastrérido).

Son depredados por *Tetrapturus angustirostris*, *T. albidus* y *Makaira indica* y los juveniles por grandes atunes aleta amarilla (Cole, 1980).

El color de los atunes aleta amarilla es azul obscuro metálico en el dorso, cambiando de amarillo a plateado en el costado; el costado frecuentemente atravesado por unas 20 líneas oscuras casi verticales; aletas dorsal y anal, y pinnulas dorsal y anal amarillas claro, las pinnulas con un borde estrecho negro.

Esta especie está confinada esencialmente arriba de los 100 m de la columna de agua en áreas con oxiclina marcada, mientras que las concentraciones de oxígeno menores a 2 ml l^{-1} localizadas por debajo de la termoclina y gradientes térmicos muy fuertes, tienden a excluir su presencia.

El tamaño máximo es alrededor de 200 cm; el récord es de un pez de 208 cm y 176.4 Kg de peso sacado de la costa oeste de México en 1977. El promedio es de 150 cm de longitud (Collette y Nauen, 1983).

1.2.1.- Nombres Científicos Válidos.

Thunnus (Neothunnus) albacares (Bonnaterra) 1788.

Hay ciertas dudas de si el nombre válido de esta especie es *albacares* o *argentinatus*, Cuvier y Valenciennes, 1831. La *albacares* fue descrita por Bonnaterra de una descripción y dibujos de Sloane (1711). Fraser-Brunner llamaron a esta especie *albacora* (Lowe, 1839), enlistando a *albacares* y *argentinatus* en el sinónimo. Eivas (1951) notó que la figura y descripción de Sloane se refería a esta especie, pero observó que había ciertas discrepancias relativas al largo de la aleta pectoral. Schaefer y Waldford (1950) usan el nombre *argentinatus* por que es la especie más recientemente descrita, para lo cual los especímenes en los que se basaba la descripción aún estaban disponibles (en el Museo de París). Royce (1961) habiendo examinado la descripción y dibujo de Sloane, concluye que, debido a lo largo de los aletas segunda dorsal y anal, a pesar de la pequeña pectoral (la cual se habla foto), debería de ser un atún aleta amarilla; junto con Ginsburg (1953) dicen que *albacares* es el nombre válido, y siendo que tiene prioridad, sostiene que es el nombre apropiado para una especie cosmopolita (Schaefer *et al.*, 1963).

1.3.- Distribución mundial de la pesca de Atún Aleta Amarilla.

El aleta amarilla está distribuido mundialmente, presentándose en aguas tropicales y subtropicales de los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico, y en cada uno de los mares cálidos del mundo a excepción del Mediterráneo. Los límites costeros de su distribución en el Océano Pacífico fueron aportados por Rosa, 1950 (Cole, 1980). El rango del aleta amarilla en el Océano Pacífico es desde Punta Concepción, California hasta San Antonio o Talcahuano, Chile, a lo largo de la línea de costa del Pacífico Occidental, y de Hokkaido, Japón a través del Archipiélago Indonesio, hasta Cabo Howe, Australia y Nueva Zelanda, a lo largo de la costa del Pacífico Oriental. Blackburn (1965) sugirió que los límites latitudinales son alrededor de 35° N en el Pacífico Noroeste, 33° S en el Pacífico Sureste, 40° N en el Pacífico Noroeste, y 35° S en el Pacífico Suroeste. Debido a todo esto se les ha denominado como **altamente migratorios**.

Suzuki *et al.* (1978) describieron los cambios estacionales en las tasas de captura para las tres regiones pesqueras más importantes:

REGIÓN ECUATORIAL CENTRAL-OESTE: Hay pocos cambios en la distribución de las tasas de captura en esta región, excepto entre 170° E y 140° W que decrecen aproximadamente de agosto a diciembre. Las tasas de captura moderadamente altas van desde la parte oeste de esta región hacia arriba, a lo largo de la Corriente de Kuroshio y descendiendo a lo largo de la Corriente Australiana Este, de acuerdo a la estacionalidad de ésta, aunque hay parches locales de tasas altas de captura de Sydney, Australia, las cuales son casi permanentes durante todo el año.

REGIÓN NOROESTE: Hay dos áreas de tasas altas de captura; el área Oeste localizada entre 130° W y 140° W, tiene tasas altas de abril a julio. Por otro lado, el área Este, que aparece a lo largo de los 10° N y entre 85° W y 110° W, tiene tasas altas durante diciembre a junio.

REGIÓN SURESTE: El área con las tasas más altas se encuentra en la parte Este de esta región, aproximadamente entre 85° W y 95° W. El área de tasas de capturas altas tiende a desplazarse hacia el sur de julio a octubre.

Para la zona Este del Pacífico, una evaluación definitiva de la distribución geográfica de las capturas del atún aleta amarilla, y de las variaciones estacionales en la captura con áreas de pesca es difícil de establecer. A partir de 1966 se avisó a la mayoría de los barcos atuneros que no debían pescar aleta amarilla en el Área Reglamentaria de la Comisión del Atún Aleta Amarilla (ARCAA) durante el último semestre del año. Ahora bien, la distribución geográfica de las capturas de aleta amarilla por trimestres de viajes realizados en la zona regulada y en la no regulada para 1963-1974 fué dada por Calkins y Chatwin (1967 y 1971) y Calkins (1975). Suzuki *et al.* (1978) analizaron los datos para los viajes en la zona no regulada, de 1965 a 1973, y reportan la distribución de capturas de aleta amarilla por cerqueros.

Las regiones cerqueras de pesca en el primer trimestre abarcan casi toda el ARCAA al norte del Ecuador (la pesquería de aleta amarilla se extendió en áreas tan lejos hacia el sur como 10° S). Se obtuvieron buenas capturas del centro y sur de México, Costa Rica y cerca del Golfo de Guayaquil. De 1965 a 1973 las capturas de aleta amarilla en la Bahía de Panamá fueron pobres excepto en 1973 (Cole, 1980).

En el segundo trimestre, las buenas áreas de pesca con respecto al ARCAA fueron las mismas que en el primero, excepto por que se expandieron al norte de la costa sur de Baja California (Cole, 1980).

Durante 1967, de acuerdo a las regulaciones, el tercer trimestre de captura vino de afuera del ARCAA. La pesquería se realizó primordialmente a lo largo de los 10° N tan lejos al Oeste como 145° W. Sobre el ARCAA, el aleta amarilla fue capturado en el sur de Baja California y el sur del país, aparte de éste no se tiene ningún dato a excepción de 1965 (Cole, 1980).

La captura fuera del ARCAA a lo largo de 10° N en el cuarto trimestre aparece mucho más baja que el del anterior, también se han reportado buenas capturas de áreas alrededor de 5° N justamente fuera del ARCAA y alrededor de 3° N (Cole, 1980).

Dentro del ARCAA, la pesca ocurre alrededor de los 10° N de la zona costera, lo más lejos posible del litoral.

A través de los años de este estudio no ha habido virtualmente ningún esfuerzo pesquero inmediato para la frontera del ARCAA en el Este. Además, se puede inferir muy poco acerca de donde el aleta amarilla es accesible para pesquerías superficiales en esta área. Apparentemente, según Cole (1980) no se observaron barreras ambientales para la captura del aleta amarilla en dicha región.

1.3.1.- Áreas de Captura del Atún Aleta Amarilla en México.

Las áreas de pesca de atunes y especies afines pueden ser vistas desde dos apreciaciones diferentes. Una, como áreas de captura situadas dentro de las 200 millas frente a las costas de México, y otra, abarcando la totalidad del área que está regulada por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT).

Las principales zonas pesqueras en las 200 millas de México son las siguientes (Anónimo, 1978):

+ **BANCOS DE BAJA CALIFORNIA.** La pesca generalmente se realiza en ciertos puntos sobre montañas submarinas conocidas a lo largo de la costa oeste de Baja California, desde Cabo San Lucas en el sur, hasta Isla Cedros en el norte, todo dentro de las 200 millas de ZEE. La captura se compone más bien de organismos de tamaños pequeños variando entre 3 y 9 Kg cada animal. El área es fuertemente explotada por barcos con base en el sur de California, E.U.A., los cardumenes de peces son fácilmente perseguidos, durante su migración de verano al norte y en la de otoño hacia el sur. Las mejores capturas se realizan durante julio y agosto y hacia fines de septiembre.

+ **ISLAS REVILLAGIGEDO.** Estas islas se encuentran localizadas al suroeste de Cabo San Lucas, B.C.. Esporádicamente producen muy buenas capturas, predominando las tallas pequeñas, aún cuando a veces se llegan a capturar tallas grandes, esto ocurre alrededor de la Isla Clarion. Las mejores capturas se realizan de marzo a mayo, coincidiendo las tallas pequeñas con las de los grupos que migran hacia el norte en el verano. El área de las Islas Revillagigedo presenta ciertas dificultades naturales tales como vientos y corrientes submarinas que dificultan la operación pesquera. Aunándose a lo anterior, la presencia de grandes concentraciones de tiburón que dañan las redes, por todo lo anterior, la zona de las Revillagigedo no ha sido tan explotada como la de Baja California.

+ **GOLFO DE CALIFORNIA.** Casi todas las actividades pesqueras que se realizan en esta área, ocurren en la boca del Golfo dentro de un triángulo formado por Cabo Corrientes al sureste, Cabo San Lucas al noroeste, y Mazatlán al este. En algunos años se realizan capturas dentro del Golfo de California, siendo éstas abundantes en algunas ocasiones. El Golfo de California ha sido excesivamente explotado por barcos cerqueros pequeños con base en San Pedro, California. En años recientes el área ha sido explotada por barcos de todos tamaños. Las capturas en el Golfo, no han sido muy abundantes, pero cuentan con notables excepciones como en 1971. Casi todas las tallas han sido capturadas en esta zona, prevaleciendo los de menos de 10 Kg. Las mejores capturas se realizan de enero a marzo y algunas a finales de mayo. Durante algunos años hubo cortos períodos de buenas capturas cerca de las Islas Marías.

+ **FRENTE A LAS COSTAS DEL SUR DE MÉXICO.** Comprende una amplia zona desde Manzanillo hasta el Golfo de Tehuantepec; han sido de las más productivas en captura por área de aleta amarilla en el mundo. En años recientes las capturas han consistido de atún, acompañado de grandes manchas de delfín. La parte más productiva de la zona es la comprendida al oeste y al sur de Acapulco, a corta distancia del Golfo de Tehuantepec, entre los 5° y 15° N. El área

frente al Golfo de Tehuantepec por lo regular cuenta con condiciones de navegación muy adversas a las actividades pesqueras. El atún aleta amarilla asociado con manchas de delfín es generalmente de buen tamaño, variando entre 10 y 70 Kg. El atún de talla menor es capturado en aguas más cercanas a la costa, al norte de la zona, cerca de Manzanillo. La pesca del atún aleta amarilla frente a las costas del sur de México abarca de noviembre a mayo. En la zona de Manzanillo, las capturas ocurren al principio de septiembre y, decaen durante los meses de verano y otoño.

1.4.- Puertos de Recepción de Atún Aleta Amarilla en México.

Los principales puertos de descarga son: Ensenada, Mazatlán, Cabo San Lucas, Salina Cruz y ocasionalmente, Guaymas e Isla Cedros (Anónimo, 1978a).

Según el Departamento de Pesca (Anónimo, 1978b), las principales terminales pesqueras nacionales de descarga son: Ensenada e Isla Cedros (Baja California), Bahía Tortugas, Puerto Adolfo López Mateos, Puerto San Carlos, y La Paz (Baja California Sur), Guaymas (Sonora), Topolobampo y Mazatlán (Sinaloa), Manzanillo (Colima), y Salina Cruz (Oaxaca).

1.5.- Importancia Mundial y Nacional de la Pesquería de Atún Aleta Amarilla.

Tanto a nivel nacional como mundial, el atún aleta amarilla es la especie más importante de túnidos explotada en el Pacífico Oriental, en términos de valor como de volumen de descarga total. Esta pesquería se desarrolla en todos los mares tropicales y subtropicales. Las estadísticas recientes de las capturas para ésta especie, incluye reportes de 14 áreas de pesca por 35 países. Japón y E.U.A. fueron los dos países con las mayores capturas reportadas (alrededor de 100,000 toneladas métricas por año cada uno). Las capturas desembarcadas fueron relativamente estables durante el período de 1975 a 1981, variando solamente entre 496,000 y 545,000 toneladas métricas. La captura mundial para 1981 fué de 526,340 toneladas métricas (FAO, 1983). Los niveles de producción anteriormente mencionados se pueden mantener debido al incremento del esfuerzo pesquero, pero con reducción en las capturas por unidad de esfuerzo lo que sugiere un decremento en la abundancia de algunos stocks (Collette y Nauen, 1983).

En 1973, barcos pesqueros procedentes de 12 países explotaron los campos de pesca del Pacífico Oriental. La gran mayoría de las capturas fueron realizadas por barcos cerqueros, y por barcos vareros en menor cantidad.

La mayor parte de las capturas por embarcaciones tanto nacionales como extranjeras en los años de 1961 a 1970 se realizaron dentro de las 200 millas náuticas mexicanas.

El aleta amarilla junto con el aleta azul, albicora, patudo y barrilete representan el 80% de las capturas de túnidos (Anónimo, 1978a).

Además, el aleta amarilla es la variedad que alcanza mayor valor comercial por la relación entre volumen y precio.

En el Atlántico existe una flota atunera pero que no llega a ser tan importante como la existente en el Pacífico.

HIPOTESIS

Este trabajo está desarrollado bajo las siguientes hipótesis:

- + La captura de Atún Aleta Amarilla, *Thunnus albacares*, presenta una serie de oscilaciones dependientes de factores ambientales.
- + Existe una barrera física que se localiza a la altura de las Islas Revillagigedo, la cual no permite una migración Norte-Sur o Sur-Norte de la especie *Thunnus albacares*.

OBJETIVOS

- + Mediante Análisis de Componentes Principales, de Regresión Lineal Múltiple y Espectral, identificar las características de las oscilaciones que presentan las capturas y cuantificar el nivel de relación entre parámetros ambientales así como entre la captura.
 - + Obtener relaciones funcionales entre diversos parámetros ambientales (temperatura en el océano, intensidad de tormentas, presencia de Niños), y el comportamiento de la pesca de atún aleta amarilla.
 - + Obtención de una propuesta de modelo de comportamiento de la pesca de atún aleta amarilla como una función temporal de variables ambientales y pesqueras.
-

ÁREA DE ESTUDIO

4.1.- Descripción de la Zona de Estudio.

El área de estudio corresponde a la ZEE del Pacífico Mexicano (Fig. IV.4)

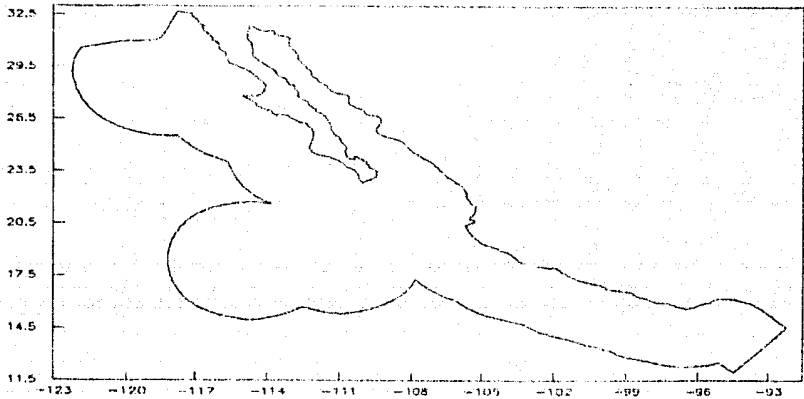


Figura IV.4. Área de Estudio en el Océano Pacífico (ZEE Mexicana).

la cual está influenciada por la Corriente de California (que baja desde el norte (Fig. IV.5), próxima a las costas de Alaska y que al llegar a aguas mexicanas provoca, en diferentes épocas del año variaciones de temperatura, salinidad, densidad, oxígeno, etcétera) y la Corriente Nor-Ecuatorial (Fig. IV.5), las cuales conforman un gran giro anticiclónico en el Pacífico Norte.

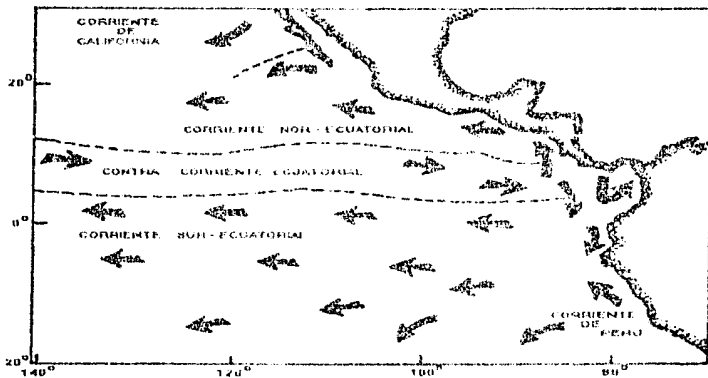


Figura IV.5. Patrón de circulación superficial en las costas del Pacífico Oriental Tropical (tomada de Wyrtki, 1966).

La distribución geográfica del atún aleta amarilla en el Pacífico dentro de las aguas mexicanas, se hace de acuerdo a "zonas pesqueras" o "regiones oceánicas" basadas en los resultados obtenidos del análisis de captura del recurso. Estas regiones son:

REGIÓN I: Costa Occidental de Baja California.

Esta zona junto con la de Oregon y California forman parte de la Corriente de California, la cual está constituida por cuatro masas de agua:

- a) Subártica;
- b) del Giro Nor-Pacífico Subtropical;
- c) del Pacífico Ecuatorial;
- d) del Fondo (Aguas transportadas hacia la superficie principalmente por Efecto de Ekman) (Ruiz Nuño y Toral Almazán, 1988).

Esta corriente presenta concentraciones bajas en salinidad y es relativamente fría; fluye hacia el sur acercándose considerablemente a la costa mexicana durante los meses de abril y mayo, para alejarse al presenta se la Contracorriente Ecuatorial, la primera fácilmente distinguible por las diferencias en temperatura, salinidad y contenido de fosatos; la otra, la Ecuatorial, es caliente y de mayor salinidad. Al sur de los 30° N la Corriente de California se convierte en un flujo ancho y lento, fuertemente afectado por perturbaciones locales que al juntarse con la Ecuatorial, a los 20° N, generan una gran abundancia de maricantes, ya que reúnen condiciones físico-químicas de gran interés, que caracterizan a esta zona como altamente productiva, y que para México, es la más importante desde el punto de vista pesquero (Pavlova, 1966; Kin'dyushev, 1970; Ruiz Nuño y Toral Almazán, 1988).

Esta zona tiene una longitud de 1,699 Km; oceanográficamente se caracteriza por presentar una temperatura que oscila entre los 23° y 12° C en el norte y de 28° a 15° C en el sur, con una termoclina bien definida, que durante el invierno se ubica a una profundidad promedio de 160 m y en el verano a 75 m. Se encuentra situada entre 22° y 33° de Latitud Norte y, entre 109° y 123° de Longitud Oeste. Está limitando al Norte con los Estados Unidos de Norteamérica; abarca los Estados de Baja California Norte y Baja California Sur al Este (Fig. IV.6).

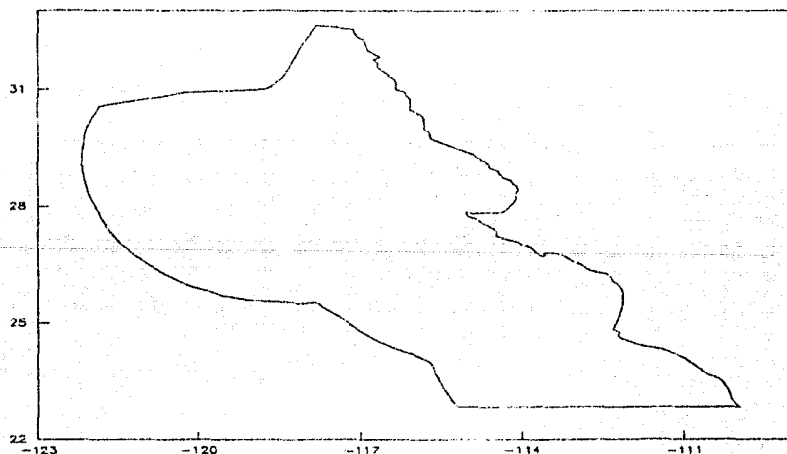


Figura IV.6. Región I (Zona Noroeste).

En el mes de noviembre, los cambios del viento del Noroeste, asociado con vientos del Norte son débiles, siendo a fines de otoño el período de mayor calma (Roden, 1972b).

En invierno, el viento se incrementa, dándose en febrero los cambios del viento del noreste y noroeste costeros, al este y al norte (Roden, 1972b).

Primavera es la estación con los vientos más fuertes en el Pacífico Este Subtropical. En mayo, los cambios de los vientos del noreste y noroeste costeros, son fuertes en toda la región. Esta zona se extiende alrededor de 200 Km, del centro de California al centro de Baja California. Es en esta época, cuando la surgencia es más intensa (Roden, 1972b).

Durante el verano, los vientos disminuyen en magnitud, y el máximo de la parte sur de la región cambia alejándose de la costa (Roden, 1972b).

Lo anterior muestra una gran surgencia de fines de Otoño a Primavera, la cual ha sido reportada por un gran número de investigadores.

REGIÓN II: Golfo de California.

El Golfo de California es considerado como la principal cuenca de evaporación en el Océano Pacífico. Los efectos climáticos del océano sobre el Golfo, son reducidos fuertemente por una casi ininterrumpida cadena montañosa de 1 a 3 Km de alto en la Península de Baja California (Roden, 1964), por lo tanto, el clima del Golfo es más continental que oceánico, observándose variaciones de temperatura anuales y diurnas muy grandes (Rozo-Vera, 1984).

De acuerdo con Roden y Groves (1959) el Golfo de California ha sido dividido en tres regiones geográficas principales: la parte Norte, que va desde el Río Colorado hasta la Isla Tiburón; la parte Central, que va desde la Isla Tiburón hasta Topolobampo; y la parte Sur, que comprende desde Topolobampo hasta Cabo Corrientes.

El Golfo de California se encuentra ubicado entre las latitudes 32° y 23° Norte; y entre las longitudes 115° y 107° Oeste. Este Golfo es una estrecha cuenca de forma aproximadamente rectangular, el área superficial comprende aproximadamente 150,000 Km²; está limitado en el Norte por el Delta del Río Colorado y los Estados de Baja California y Sonora, por la Península de Baja California al occidente y, por los Estados de Sonora y Sinaloa al oriente. En su parte terminal sur, tiene comunicación abierta con el Océano Pacífico (Fig. IV.7) esto hace que presente características oceanográficas únicas, y que sea una zona de productividad extremadamente alta. Topográficamente su límite sur se localiza entre Cabo San Lucas y Cabo Corrientes delimitándose de ésta manera un área de 210,000 Km², cuya longitud es de 1,400 Km, anchura promedio de 150 Km y profundidad máxima de 3 Km.

La temperatura del Golfo oscila entre 30° y 31° C en el verano, y de 10° a 13° C en el invierno, este rango tan amplio tiene un profundo efecto en la flora y fauna que lo habita, reflejándose en la presencia de especies típicamente tropicales, templadas y endémicas, formando estas últimas la mayoría, que se encuentran especialmente en el Alto Golfo (Rozo-Vera, 1988).

La termoclina por lo general está bien representada en toda el área entre los 10 y 200 m, solamente en la parte norte donde la mezcla superficial de aguas es importante desaparece durante el invierno, efecto que es asociado a la formación de agua del Golfo. El oxígeno disminuye de 5.5 a 4.5 ml l⁻¹ y la salinidad generalmente excede de 35‰.

Según Hastings y Turner (1965) el clima en el Pacífico Norte Oriental esta controlado por cuatro factores principales:

- 1) Un centro de alta presión estable y semipermanente, formado sobre el Pacífico Norte; éste se extiende más marcadamente hacia el norte durante el verano.
- 2) La alta presión anticiclónica subtropical sobre el Atlántico, se mueve hacia el norte por las costas orientales de América del Norte durante la primavera y el verano.

- 3) Ciclones tropicales en la costa occidental, producidos en la convergencia intertropical, principalmente durante el otoño.
- 4) Flujos del este y retiro de los sistemas de alta presión sobre el Atlántico y Pacífico, durante el otoño.

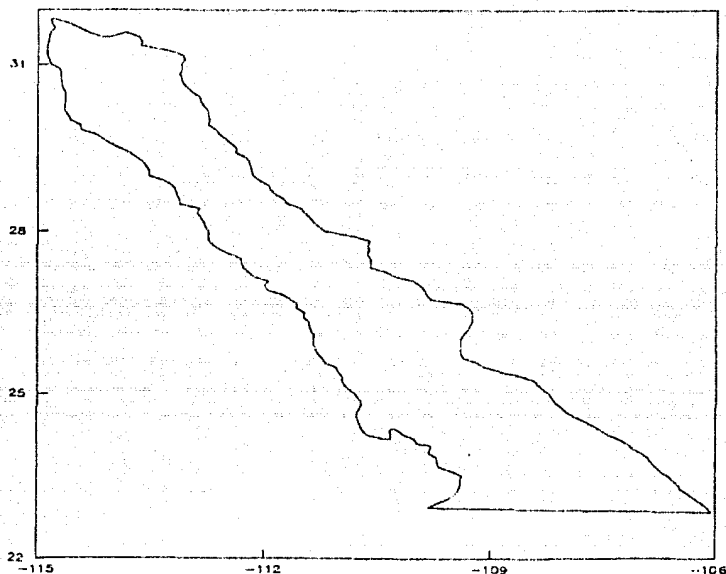


Figura IV.7. Región II (Golfo de California).

Los sistemas de circulación atmosférica global, determinan los parámetros de vientos regionales importantes, la duración e intensidad de las surgencias (Schrader y Baumgartner, 1983).

La circulación superficial general, está fuertemente relacionada con los vientos; éstos provienen del noroeste, de noviembre a mayo (básicamente en invierno, pero parte de otoño y de primavera), y del sureste durante el verano (Rodén, 1964). En verano, los vientos provenientes del sureste, producen surgencias a lo largo de las costas occidentales del sur del Golfo (Hastings y Turner, 1965) mientras que en invierno y primavera, los vientos del noroeste producen surgencias, y consecuentemente, alta productividad primaria en las costas orientales, particularmente, sobre la plataforma y el talud de Guaymas (Soutar *et. al.*, 1981).

En primavera, cuando la alta presión en el Pacífico Norte comienza su movimiento y fortalecimiento hacia el norte, los vientos geostroficó anticiclónicos siguen una trayectoria paralela al eje del Golfo entre la alta presión y una baja presión, sobre el Desierto de Sonora (Rodén, 1958). Este evento ocasiona la mayoría de los fuertes vientos regulares

en el Golfo, que provocan las surgencias en invierno-primavera (febrero-abril), a lo largo de la costa oriental del Golfo (Rodén, 1972b).

En la entrada del Golfo se han observado frentes a gran escala, esto debido al encuentro de las masas de agua de la Corriente de California, Golfo de California y Corriente Tropical Ecuatorial. El límite de estos frentes migra latitudinalmente de acuerdo a la dinámica de la circulación superficial y subsuperficial (Molina-Cruz, 1988). En el verano, al ser la circulación del viento del sureste, el límite de la masa de agua de la Corriente de California se observa alrededor del extremo sur de la península; mientras que el agua ecuatorial es desplazada hacia adentro del Golfo, produciendo surgencias costeras en la parte oriental del Golfo y circulación superficial del sureste; la cual, desplaza el límite entre masas de agua hacia latitudes bajas, disminuyendo la influencia del agua ecuatorial en la boca del Golfo (Robinson, 1973; Molina Cruz, 1985).

REGIÓN III: Pacífico Centro-Sur.

Esta amplia zona presenta características típicamente tropicales, es decir, su temperatura promedio anual es de 25°C , con una oscilación anual de 10°C ; precipitación pluvial de verano y evaporación moderada; salinidad entre 34 y 35‰ y el oxígeno superficial entre 3.5 y 4.5 ml l^{-1} (Figs. IV.8 y IV.9).

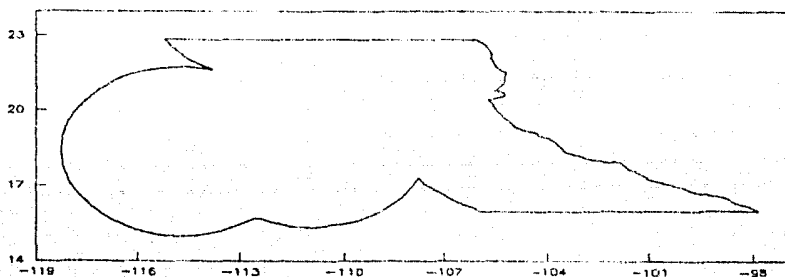


Figura IV.8. Región III (Zona Centro).

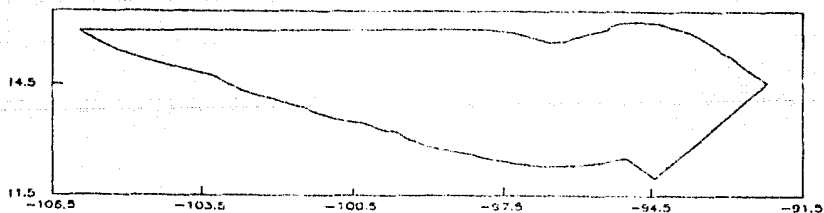


Figura IV.9. Región IV (Zona Sur).

Esta zona es considerada de baja concentración de oxígeno disuelto, lo cual se da como resultado de una renovación extremadamente lenta de las masas de agua intermedias y una productividad alta. La temperatura oscila entre 28° y 29°C , y la termoclina está bien definida a los 50 m de profundidad o más arriba.

Uno de los aspectos interesantes, es la presencia de una zona de oxígeno mínimo relacionado con los patrones de circulación, las surgencias y la productividad primaria del área (Pérez-Cruz, 1989).

El Golfo de Tehuantepec es un área poco conocida y no hay suficientes estudios oceanográficos básicos.

Se encuentra localizado al sur del Istmo de Tehuantepec, el cual es un paso angosto entre el Golfo de México y el Océano Pacífico; situado entre 14° y 16° N y, entre los 96° y 92° W; tiene una superficie total de 49,000 Km² aproximadamente (Wyrtki, 1966), abarcando los estados de Oaxaca y Chiapas.

Los fuertes vientos denominados "Tehuanos", que se originan por fuertes flujos anticiclónicos a través del Porullo Istmico (masa de aire continental polar que invade al Golfo de México (Hurd, 1929, y Roden, 1961)), cuya velocidad promedio es de 6.9 m s⁻¹, producen un fuerte efecto de surgencia.

Stumpf (1975), Stumpf y Legeckis (1977), y Legeckis (1978) a través de imágenes infrarrojas de satélite determinan éstas zonas de surgencias y coinciden con lo descrito por Roden (1961). Hay una variación considerable en la ubicación de la termoclina, la cual durante el verano está localizada alrededor de los 25 m de profundidad y después del tehuano entre 12 y 75 m; en promedio 40 m de profundidad.

MÉTODOS Y MATERIALES

Para la realización del presente estudio se utilizaron datos de temperatura, tormentas, incidencia de "El Niño" Oscilación del Sur (ENSO), capturas y días de esfuerzo. La información se obtuvo de las Bases de Datos de:

+ **SECRETARÍA DE MARINA.**- Datos Físico-químicos desde 1934 hasta 1974, la calidad y la cantidad de la información no es muy buena y debido a ello solamente se hizo la distribución de temperatura en planos horizontales a diferentes profundidades para las zonas 1 y 3, así como para los años 1968, 1969, 1970, 1972 y 1973; en cuanto a la densidad de observaciones, ésta es muy irregular, sin embargo debido a la falta de buques de datos accesibles y completos en el país con esta información se optó por usarlo. Se sabe de la existencia de buques de datos confiables y muy completos en el extranjero, pero la limitación que se tuvo para conseguirlos fue el tiempo de entrega, que sería de seis a doce meses; también se cuenta con bases de datos impresas como la de EASTROPAC, pero no se decidió utilizarla por el tiempo que llevaría la captura de todos los datos y hacer la base de los mismos para que sea más accesible (en computadora) a la hora de trabajarlos, además de que se tendrían que visitar un sin número de bibliotecas para poder consultar y hacer la extracción de los datos de todos los volúmenes que hasta la fecha se han publicado, para este trabajo de recopilación y captura de los datos se debería de contar con una persona que se dedicara única y exclusivamente a hacer la base de datos y ponerla al día cada vez que saliera una nueva publicación.

+ **INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL AGUA.**- Datos de tormentas desde 1965 hasta 1987, se usó la información a partir de 1968; esta base de datos es probablemente la más completa debido a que los estudios meteorológicos en nuestro país tienen una gran tradición y el seguimiento que se ha hecho ha sido y es muy regular y constante; son obtenidos de imágenes de satélite, la densidad de observaciones que de ellas se tiene está dada por un intervalo de seis horas o sea, de cuatro mediciones al día (el número de datos que se tiene por día es de 800), debido a lo cual la aceptación de ésta información fue inmediata por lo fidélgimo y la confiabilidad que tienen.

+ **COMISIÓN INTER-AMERICANA DEL ATÚN TROPICAL.**- La base de datos que fue proporcionada por dicho organismo es muy completa y abarca desde 1968 hasta 1988, el número de puntos que contiene abarca casi la totalidad de la ZEE Mexicana; solamente faltó información en los siguientes cuadros: 27° N - 121° W; 28° N - 120° W; 28° N - 121° W; 29° N - 121° W; 29° N - 122° W; 30° N - 119° W; 30° N - 120° W; 30° N - 121° W; 30° N - 122° W; siendo la cantidad de datos por año de aproximadamente 200. El criterio que se tomó para su aceptación fue que en el país la información que está disponible no está dada por cuadros, sino que más bien total de capturas por zonas o total de capturas en toda la ZEE; también al revisar la información contenida en los diferentes anuarios estadísticos de la Secretaría de Pesca se encontró una gran diferencia en los totales presentados en dicha publicación por mes, trimestre, cuatrimestre, semestre y anual, esto se hizo de la siguiente manera: se chequeó un año en el cual se tenían doce anuarios que correspondían a cada uno de los meses; se hizo la suma por trimestre, cuatrimestre, semestre y anual y se compararon dichos totales con los que presentaban los anuarios trimestrales, cuatrimestrales, semestrales y el anual, y lo que sucedió es que los totales obtenidos de la suma mensual no coincidían con los de los demás anuarios y debido a eso se decidió rechazar la información que había en el país y aceptar la de la CIAT debido a la forma en la cual se presentaba y a la confiabilidad de los datos, por tener este organismo más de 30 años dedicado a los estudios de los tónidos y a que su base de datos es la más importante a nivel mundial para las pesquerías desarrolladas en el Pacífico.

Estos datos se dividieron en Variables Ambientales y Pesqueras.

5.1.- Variables Ambientales.

Estas se subdividieron en hidrográficas y atmosféricas; los datos fueron tratados en computadora por medio de programas que los separan para obtener su uniformización, debido a que procedían de diferentes lugares.

5.1.1.- Parámetros Hidrográficos.

El parámetro Físico-químico utilizado fue la temperatura a 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500 m de profundidad; dichos datos se organizaron por Estación (Latitud y Longitud) y Fecha; se sacó el promedio pesado de la columna de agua hasta 50 m de profundidad; se hicieron planos horizontales para las zonas 1 y 3 (las zonas 2 y 4 no se hicieron ya que los datos fueron tan escasos que las figuras no decían nada y no reflejaban lo que en ellas pasó en ese período de tiempo) desde 1968 hasta 1973 y por año a diferentes profundidades (0, 10, 20, 30, 50, 75, 100,

125, y 150 m de profundidad), para los años 1968, 1969, 1970, 1972 y 1973; de acuerdo a la información disponible no se obtuvieron para todos los años los planos de todas las profundidades y para las zonas analizadas tampoco se tuvieron todos los años en el periodo de 1968 a 1973, faltando aquí el año 1971 debido a que la cantidad de datos que se tenían no fué significativa como para que se pudiera utilizar.

Estos datos se utilizaron también en los Análisis de Regresión Lineal Múltiple y de Componentes Principales.

5.1.2.- Procesos Atmosféricos.

Generalmente el clima en regiones tropicales se caracteriza por tener pequeñas variaciones, las cuales se presentan durante la época de secas y la temporada de lluvias en aquellas áreas que son afectadas por ondas provenientes del este, oscilando sobre su promedio. Ocasionalmente, las perturbaciones tropicales al desarrollarse se vuelven ciclones alcanzando tal intensidad como para causar desastres. Los ciclones tropicales intensos son conocidos en varias partes del mundo con diferentes nombres: Huracanes (cuando se presentan en el Atlántico o la costa oeste de México), Tifones (en el Pacífico Occidental), Baguios (en las Filipinas), Willy - Willies (en Australia), y simplemente Ciclones (en el Océano Índico) (Neiburger *et. al.*, 1973).

Por acuerdo internacional los ciclones tropicales se clasifican en función de la intensidad de sus vientos y son llamados Huracanes (o Tifones) solamente cuando sus vientos, en la parte de la tormenta donde son muy fuertes, exceden los 32 m s^{-1} , cuando se tienen vientos entre 17 y 32 m s^{-1} son llamados Tormentas Tropicales, y cuando los vientos en ella son menores de 17 m s^{-1} se denominan Depresiones Tropicales (Winston, 1959; Neiburger *et. al.*, 1973). Para este estudio las tormentas son sinónimo de ciclones tropicales.

La información de tormentas usada es una serie que abarca desde 1965 hasta 1987, y se reporta en términos de magnitud (intensidad del viento) y dirección cada seis horas en cada uno de los puntos de una malla de 1° de latitud x 1° de longitud, siendo el número total de puntos de 200; no todos los puntos presentan datos, algunos presentan ceros, ya que la tormenta no pasa por todos los puntos al mismo tiempo.

Estos datos se trabajaron en forma primaria como sigue:

+ Para los datos de Días de Tormentas se sumaron todos los valores y se obtuvo el total de tormentas por año.

+ Con los de Intensidad de las Tormentas se sacó el promedio pesado de la magnitud del viento por año.

En este trabajo se utilizó la clasificación de Winston, 1959 y Neiburger *et. al.*, 1973, aunque existen otros autores que utilizan sus propias clasificaciones.

Dicha información fué tratada junto con los Datos Pesqueros por medio de Análisis de Componentes Principales y de Regresión Lineal Múltiple.

5.1.3.- Niños (ENSO).

En este caso se realizó una búsqueda bibliográfica de ocurrencia de Oscilaciones del Pacífico Sur, denominadas "El Niño"; la información que aquí se utilizó fueron los artículos de los siguientes autores: Cannon *et. al.* (1985); Cushing (1982); De La Lanza y Galindo (1989); Norton *et. al.* (1985); Pudov (1990). Esta información fué comparada posteriormente con variables pesqueras.

5.2.- Variables Pesqueras.

En función de los objetivos planteados, se utilizaron Capturas y Días de Esfuerzo.

En el análisis de dichos datos se usó: Regresión Lineal Múltiple, Análisis de Componentes Principales, y Análisis Espectral.

5.2.1.- Capturas y Días de Esfuerzo.

Para realizar el estudio aquí presentado se analizaron capturas y días de esfuerzo.

La información usada está dada de la siguiente manera: latitud, longitud, días de esfuerzo, y capturas; dicha información abarca desde el año 1968 hasta 1988.

A los datos de Capturas y Días de Esfuerzo se les sumaron todos los valores, obteniéndose el total por año para cada uno.

Los días de esfuerzo para este estudio se definen como el tiempo total de pesca, que equivale al tiempo de búsqueda más el tiempo de la fauna como medida del esfuerzo (Allen y Pinsky, 1984).

5.3.- Análisis de Componentes Principales.

Este es un método utilizado en un esquema general de análisis de factores, los cuales tienen como principal objetivo la reducción de variables para evitar colinealidad (dependencia); para simplificar el análisis de datos es decir, obtener parsimonia y así conocer conceptualmente, tan parsimoniosamente como sea posible, a los datos obtenidos. En el caso particular de un análisis de factores, puede reducirse vía de un método llamado componentes principales, que es un caso especial del modelo de factores-comunes o sea, es un modelo de la forma:

$$X_j = \lambda_{j1} F_1 + \lambda_{j2} F_2 + \dots + \lambda_{jm} F_m + U_j \quad j = 1, 2, \dots, p$$

donde $\{F_m\}$, $m = 1, 2, \dots, c$, con $c \leq p$, denota una colección de variables llamados los factores comunes. En tanto que las λ 's, son un tipo de coeficiente de regresión desconocidos llamados "carga de factores", U_j denota a un componente de X_j que es llamado un único factor y, X_j es una variable en una escala intervalar, X_1, X_2, \dots, X_p cada una observada de n sujetos. Notar que F , está asociada a cada una de las variables, en tanto que U_j está asociado a X_j . En el caso de componentes principales, es sólo un caso del modelo de factores-comunes pero no implica a U_j , lo cual es una ventaja sobre el modelo de factores-comunes, en que los componentes principales guían a una expresión única para las variables. Factor $\{F_m\}$, como una función lineal de las variables k -originales. Una definición de componentes principales es: su principal función es saber que tanto de la variación total de los datos es explicado, tanto como sea posible, con pocos factores; en donde el primer componente principal, $pc(1)$, es la combinación lineal de las variables; esto es, $pc(1)$ es la combinación lineal de X 's, es decir:

$pc(1) = W_{(1)1} X_1 + W_{(1)2} X_2 + \dots + W_{(1)p} X_p$, en donde los pesos $W_{(1)1}, W_{(1)2}, \dots, W_{(1)p}$ que puedan ser seleccionados para maximizar la cantidad de varianza entre la cantidad de variación total, es decir:

$$\text{varianza } pc(1) / \text{variación total}$$

Una cosa importante, es estandarizar a las variables originales, con el fin de homogeneizar las varianzas entre las variables. El hecho fundamental de utilizar en las pesquerías los componentes principales, es para determinar que variables son las que más explican a ciertos factores, a través de variables tales como: latitud, longitud, temperatura, días de esfuerzo y capturas; en sí, este método permite reducir al número de variables, aunque la naturaleza de esta decisión no deja de ser arbitraria.

5.4.- Análisis de Regresión Lineal Múltiple.

El propósito general de la regresión lineal múltiple es llevar a cabo relaciones entre varias variables independientes o variables predictoras (latitud, longitud, etcétera) y una dependiente o de criterio (captura); todo esto con el propósito de describir la extensión y dirección de las relaciones lineales entre varias variables independientes y la de respuesta. Motivo por el cual se utilizó, en el análisis de la variación y la dependencia del recurso y de su captura. El problema general computacional de una regresión es que se ajuste a una línea recta, para tal efecto, se realiza a través de los llamados mínimos cuadrados para su aplicación; se asume linealidad, normalidad (en caso de no serlo), entonces se deben transformar las variables independientes, hasta obtener un ajuste de línea recta, para lo cual juega un papel importante el análisis de residuos, que indica si existe o no un ajuste a la línea recta.

5.5.- Análisis Espectral.

Con el objeto de determinar las características de las oscilaciones de los factores ambientales y pesqueros que influyen en las capturas, se efectuó un análisis espectral por dos métodos diferentes: el primero denominado Transformada Rápida de Fourier (FFT) (Papoulis, 1978) y el otro Máxima Entropía (MEM) (Claerbout, 1976).

El primero se basa en la descomposición mediante Transformada Rápida de Fourier de los principales armónicos que componen las series, pudiendo así conocer su amplitud y frecuencia, esto con el objeto de determinar posteriormente las características de los factores ambientales que influyen en las series, mientras que el segundo maximiza la entropía de la serie dando como resultado por discriminación, las frecuencias de oscilación del parámetro analizado.

Cada uno de estos métodos tiene ventajas que el otro no contiene. La FFT determina con mucha precisión la amplitud de la densidad de energía espectral, esto es la importancia relativa de la onda en cuestión, pero la determinación de las frecuencias características de las oscilaciones no es de muy alta precisión. En el caso del MEM, la situación es invertida, este método no tiene mucha resolución en cuanto a la determinación de la densidad espectral, pero es sumamente exacto en el aislamiento de las frecuencias características de los fenómenos involucrados en la generación de la serie temporal. De esta forma el uso de los dos métodos, FFT y MEM, se complementan al buscar las oscilaciones de un parámetro y la importancia relativa de cada armónico que constituye la serie.

RESULTADOS

6.1.- Análisis de Parámetros Ambientales.

6.1.1.- Promedio de Temperatura a 50 m de profundidad.

Con respecto a la temperatura media por año, obtenida de promediar valores a 50 m de profundidad dentro de la ZIEE Mexicana del Océano Pacífico (Fig. VI.10), se presentaron valores más o menos altos para cuatro de los seis años que se tienen datos, siendo 1969 el año en el cual la temperatura fue la más alta con 19.34°C y 1973 la más baja con 12.71°C ; esto lo que nos dice es que el área de estudio durante ese periodo presentó una oscilación de temperatura de 6°C .

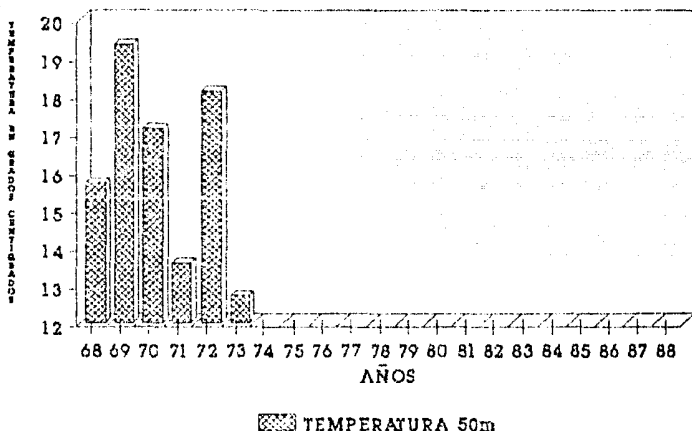
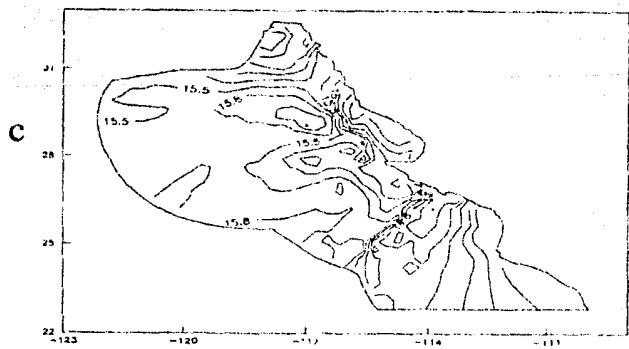
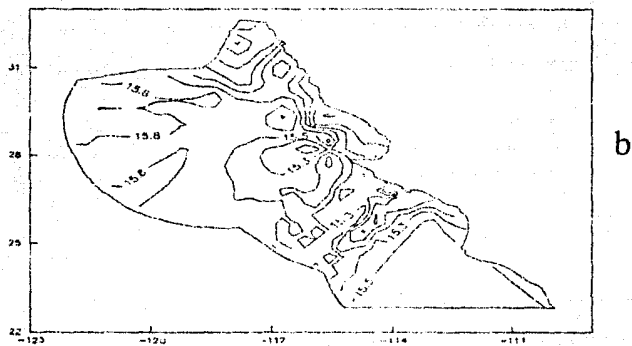
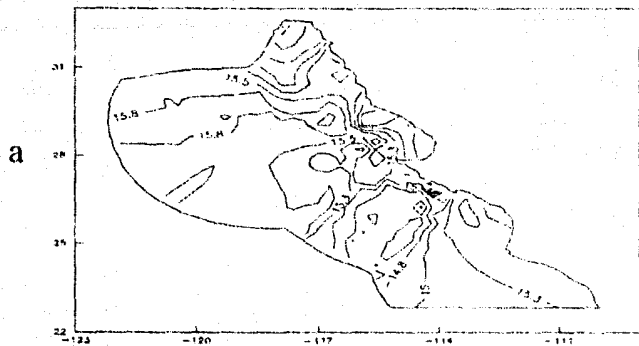


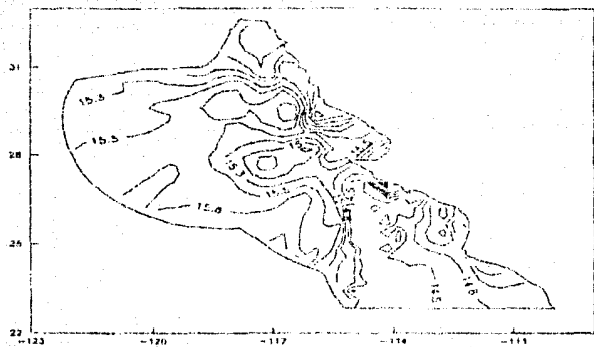
Figura VI.10. Promedio de Temperatura a 50 m de profundidad.

6.1.2.- Distribución Horizontal de Temperaturas.

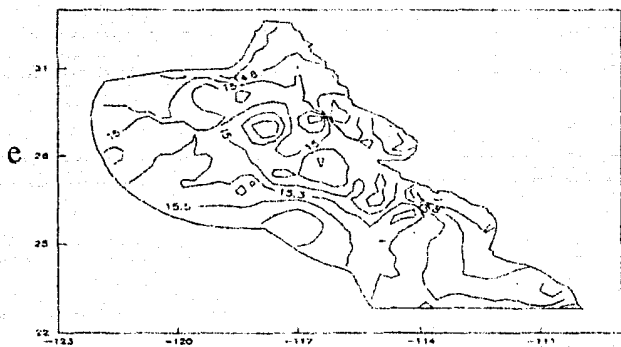
6.1.2.1.- Isotermas para la Zona I de 1968 a 1973.

La zona presenta variaciones de temperatura a diferentes profundidades que van de 14.3° a 15.8°C , con excepción de la de 100 m de profundidad que se mantiene completamente homogénea a 14.3°C ; se presentan algunos puntos (a 10 m de profundidad entre 28° y 29°N , 116° y 117°W ; a 20 m de profundidad entre 27° y 28°N , 116° y 118°W ; a 30 m de profundidad entre 27.5° y 28°N , 116.5° y 117.5°W) en los cuales, hay temperaturas menores en el centro aumentando al alejarse de él en cualquier dirección (Figs VI.11a a VI.11h).

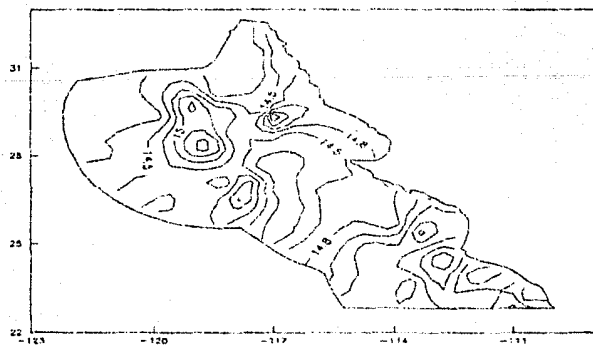




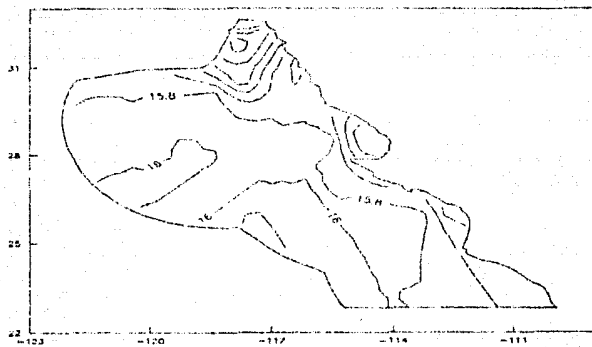
d



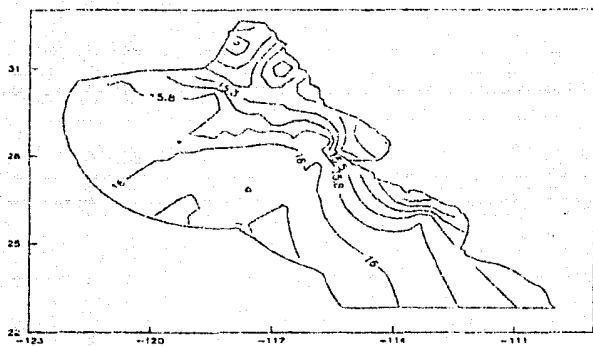
e



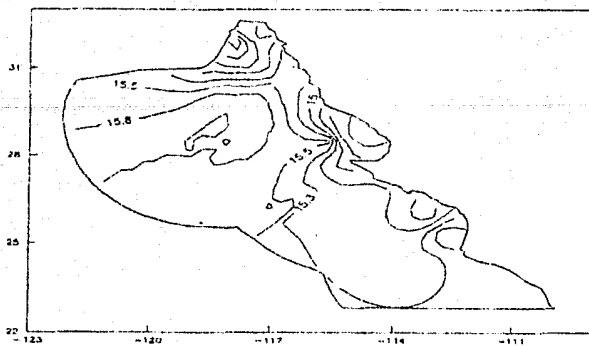
f



a



b



c

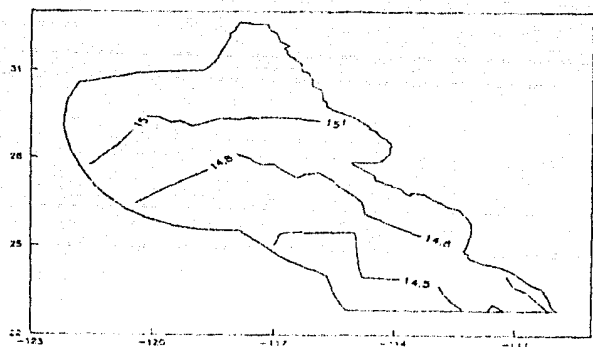
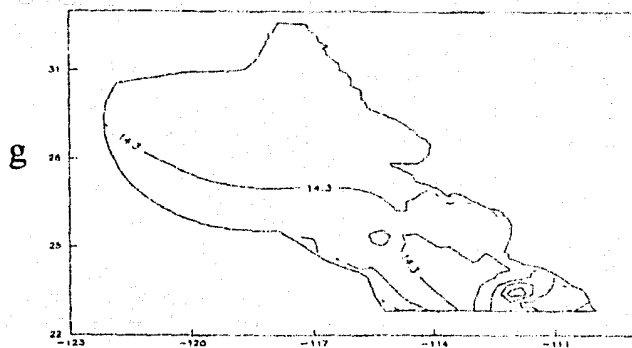


Figura VI.11. Planos Horizontales de la Zona 1 a diferentes profundidades, de 1968 a 1973. Distribución de Temperatura (a: 0 m; b: 10 m; c: 20 m; d:30 m; e: 50 m; f: 75 m; g: 100 m; h: 125 m).

6.1.2.2.- Isotermas para la Zona 1 por Año.

1968:

Presenta un gradiente de temperatura de 1.2°C a lo largo de la columna de agua, localizándose las mayores temperaturas al sur y las menores al norte para la mayoría de las profundidades a excepción de 20 y 30 m de profundidad en las cuales es a la inversa (Figs VI.1 2a a VI.12f).

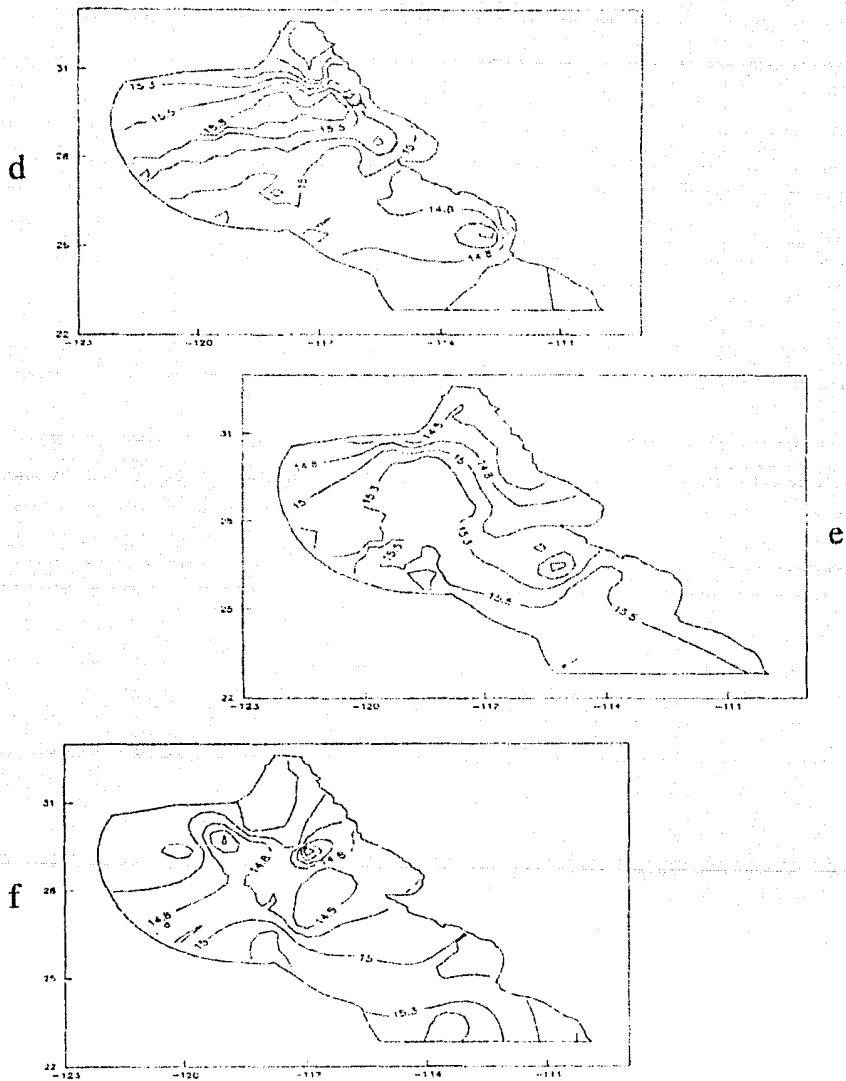
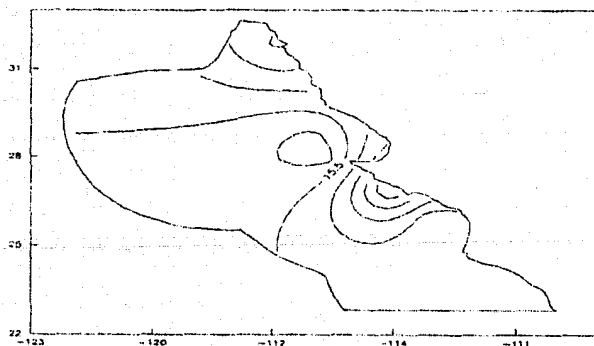
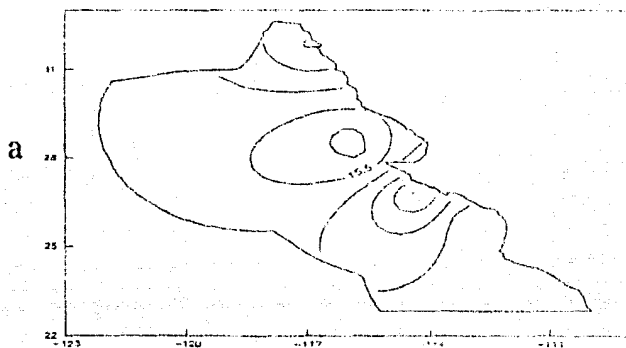
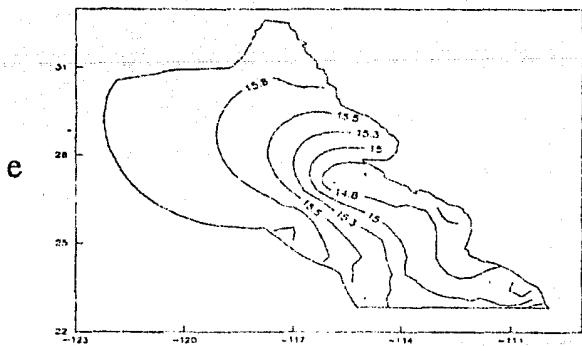
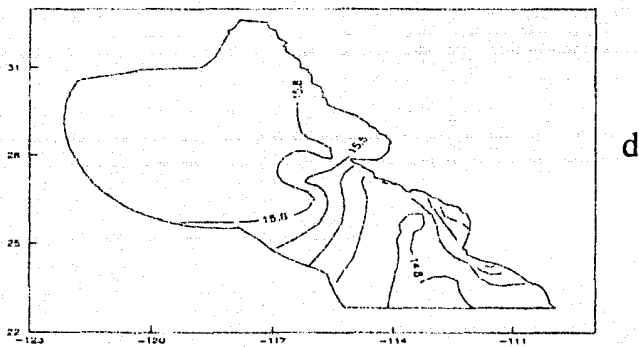
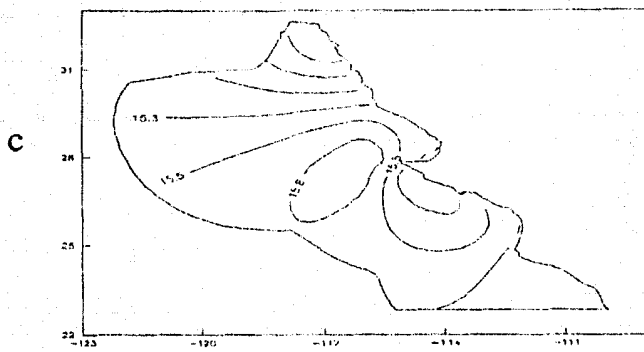


Figura VI.12. Planos Horizontales de la Zona I a diferentes profundidades, 1968. Distribución de Temperatura (a: 0 m; b: 10 m; c: 20 m; d: 30 m; e: 50 m; f: 75 m).

1970:

En los planos horizontales se observa un gradiente de temperatura que va de 0.7° a 1.7° C; en los planos de 0 y 10 m de profundidad la zona se encuentra completamente uniforme (15.5° C); a 20 m hay temperaturas mayores (15.8° C) en el centro y menores en el norte y el sur (15.3° C); a 30 m la temperatura varía de 14.8° C en el sur a 15.8° C en el norte; a 50 m la temperatura disminuye de mar adentro (15.8° C) hacia la costa (14.8° C); y para 75 m se tienen temperaturas menores en el centro (14.3° C) y mayores en el norte (15° C) y el sur (15.5° C) (Figs VI.13a y VI.13b).





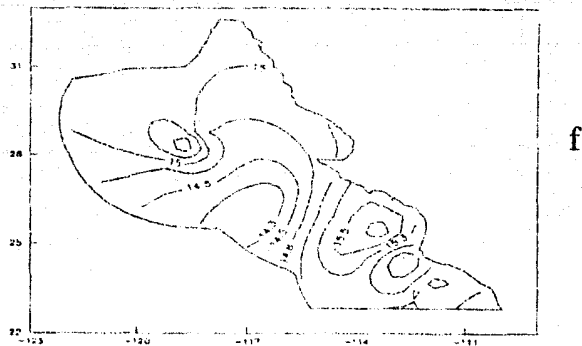
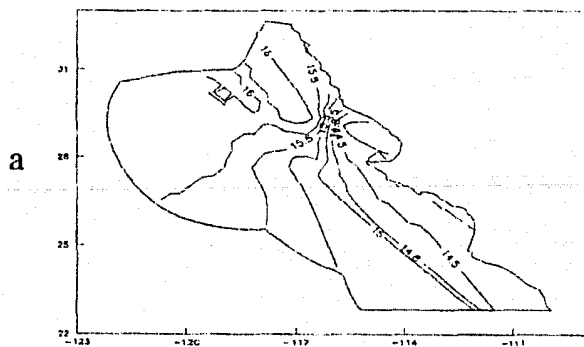
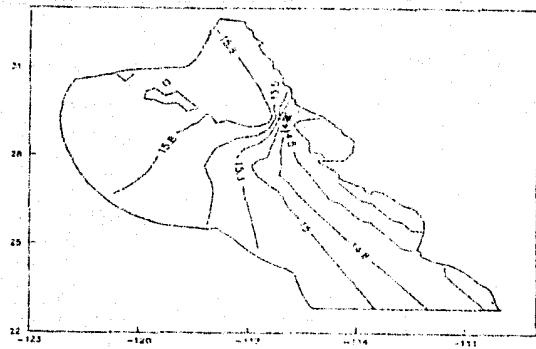


Figura VI.13. Planos Horizontales de la Zona 1 a diferentes profundidades, 1970. Distribución de Temperatura (a: 0 m; b: 10 m; c: 20 m; d: 30 m; e: 50 m; f: 75m).

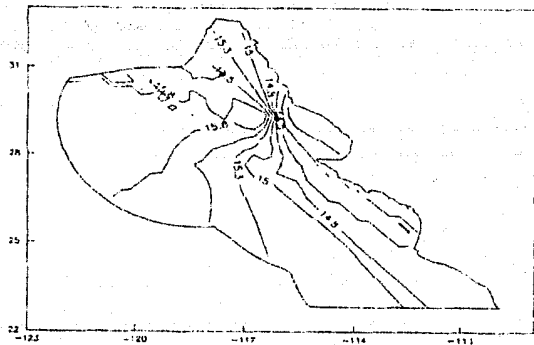
1972:

Se tienen descensos de temperatura aproximadamente de 2°C , de norte a sur y de mar adentro hacia la costa, siendo para 0 m de 14.5° a 16°C , para 10 y 20 m de 14.5° a 15.5°C ; para 30 m de 14° a 16.3°C ; y para 50 m de 14° a 15.8°C (Figs VI.14a a VI.14e).

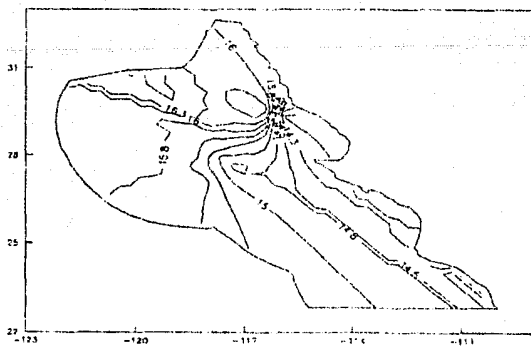




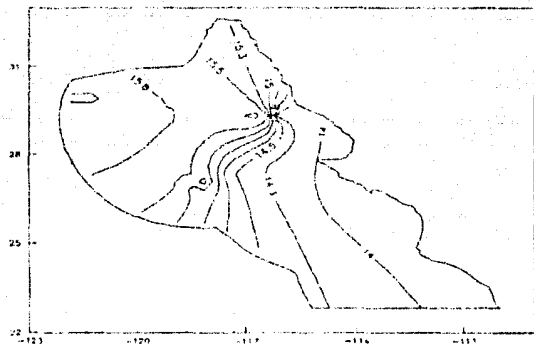
b



c



d

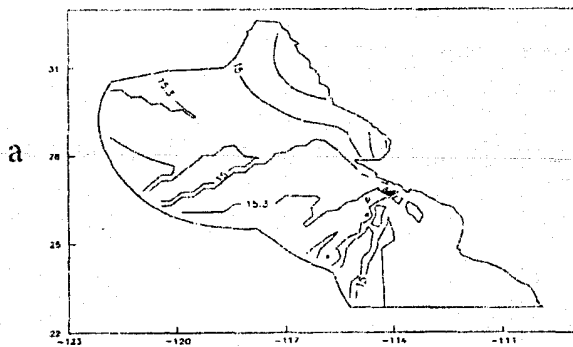


e

Figura VI.14. Planos Horizontales de la Zona 1 a diferentes profundidades, 1972: Distribución de Temperatura (a: 0 m; b: 10 m; c: 20 m; d: 30 m; e: 50 m)

1973:

Para los planos horizontales de superficie hasta 30 m de profundidad (Figs VI.15a a VI.15d), se observa que la zona es homogénea teniendo para 30 m una variación de la temperatura de 14° a 15° C, para 20 m de 14.3° - 15° C, para 10 m la temperatura se mantiene a 15.3° C en toda la zona y para superficie de 15° a 15.3° C.



a

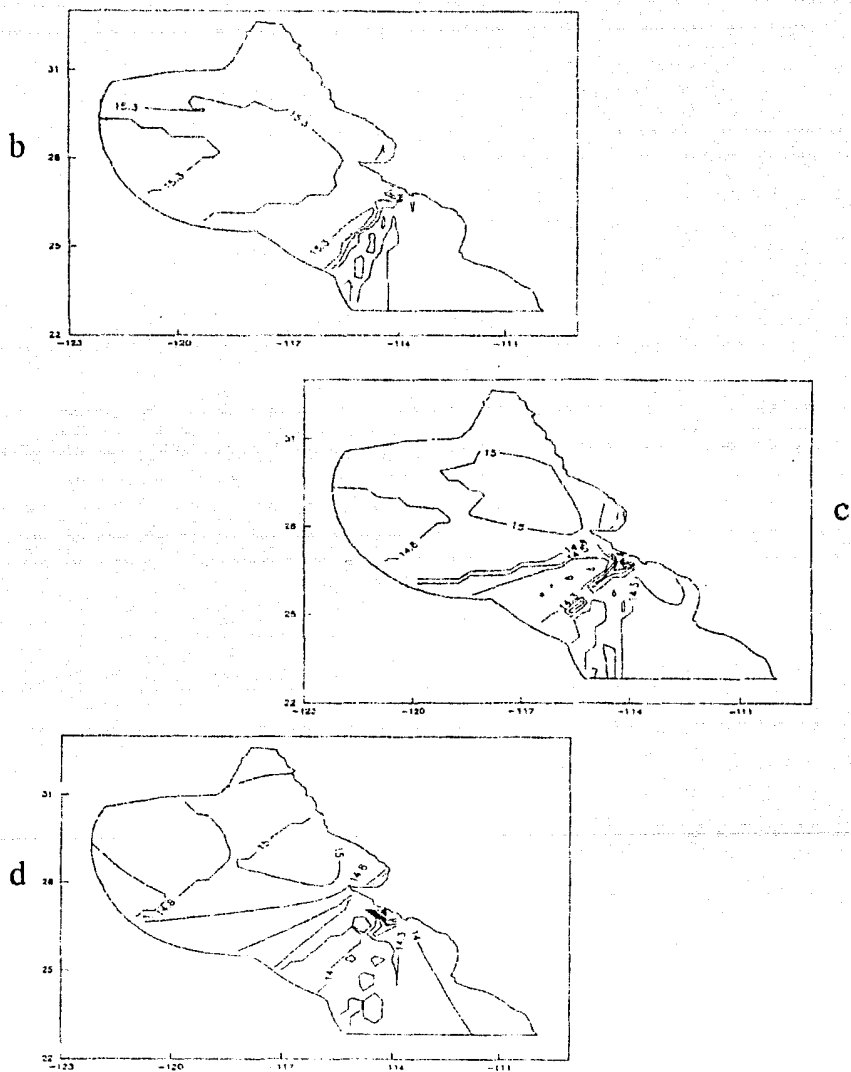
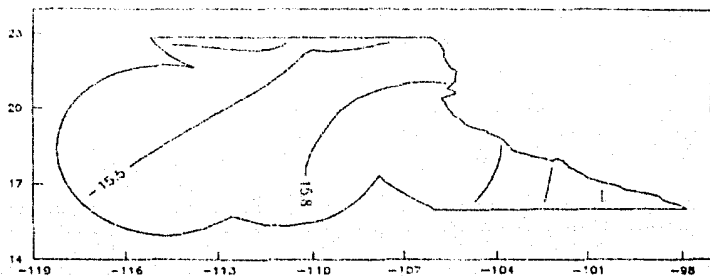


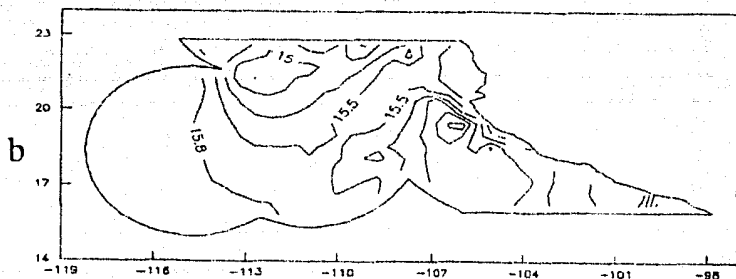
Figura VI.15. Planos Horizontales de la Zona 1 a diferentes profundidades, 1973. Distribución de Temperatura (a: 0 m; b: 10 m; c: 20 m; d: 30 m).

6.1.2.3.- Isotermas para la Zona 3 de 1968 a 1973.

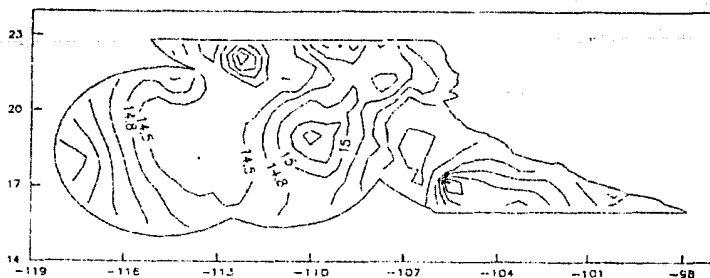
La zona se encuentra entre 15° y 15.8° C a 50 y 75 m de profundidad, a 100 y 125 m se tienen temperaturas de 15° y 14.5° C, y de 14° y 14.5° C respectivamente, y a 150 m de profundidad se tiene un gradiente de temperatura de 1° C; se observan además zonas de divergencia (Figs VI.16(a) a VI.16(e)).



a



b



c

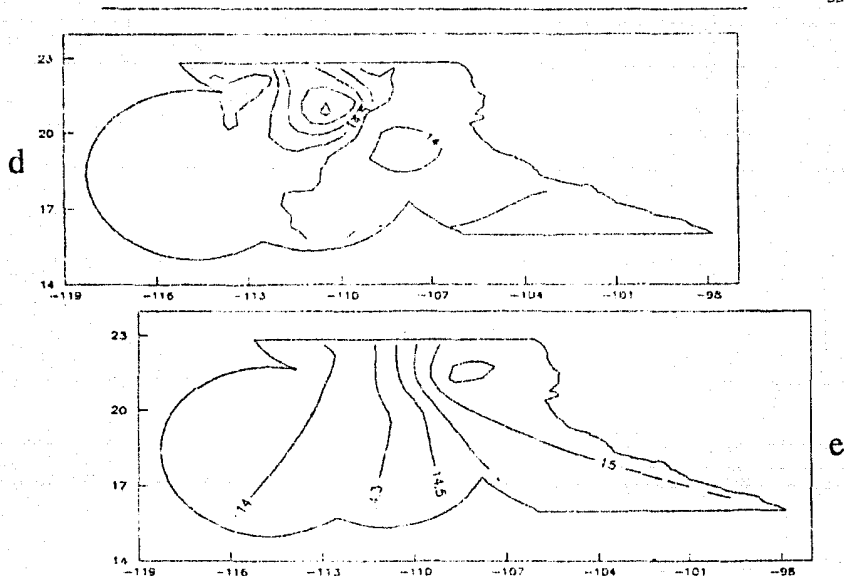
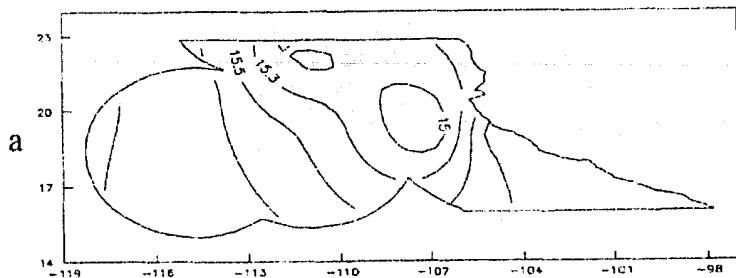


Figura VI.16. Planos Horizontales de la Zona 3 a diferentes profundidades, de 1968 a 1973. Distribución de Temperatura (a: 50 m; b: 75 m; c: 100 m; d: 125 m; e: 150 m)

6.1.2.4.- Isotermas para la Zona 3 por Año.

1969:

Al aumentar la profundidad se presenta una disminución de temperatura que va del intervalo entre 15.8° a 15° C, al de 14.8° a 14.5° C (Figs VI.17a a VI.17b).



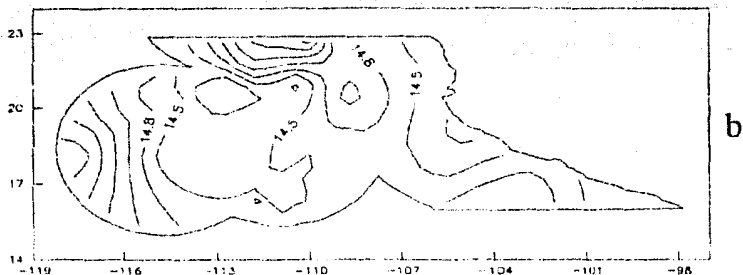
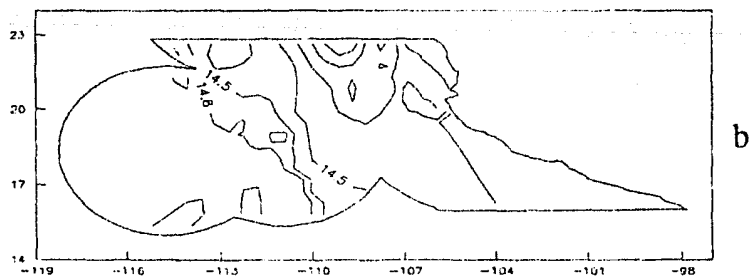
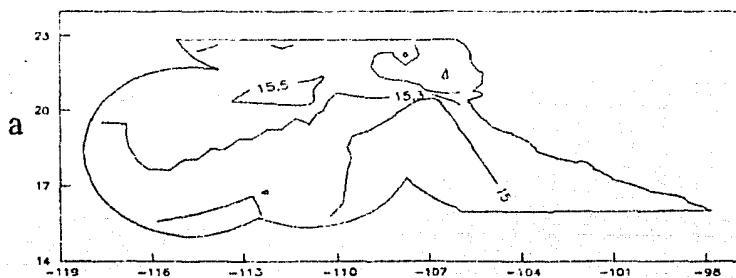


Figura VI.17. Planos Horizontales de la Zona 3 a diferentes profundidades, 1969. Distribución de Temperatura (a: 75 m; b: 100 m).

1970:

Se presentan temperaturas uniformes a diferentes profundidades (para 75 m entre 15° y 15.5° C, para 100 m entre 14° y 14.8° C, y para 125 m entre 14.3° y 14.8° C) (Figs VI.18a a VI.18c).



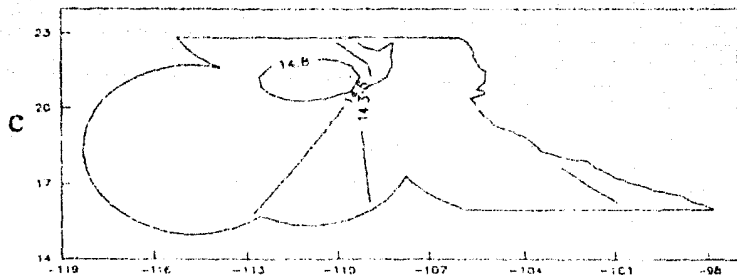
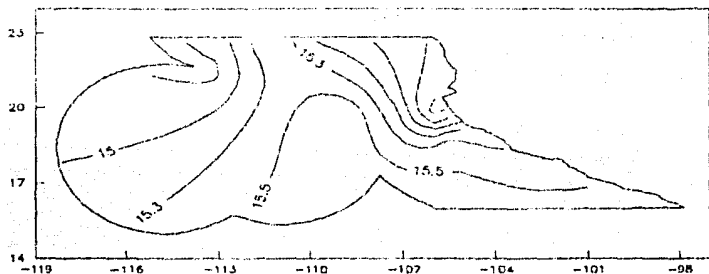


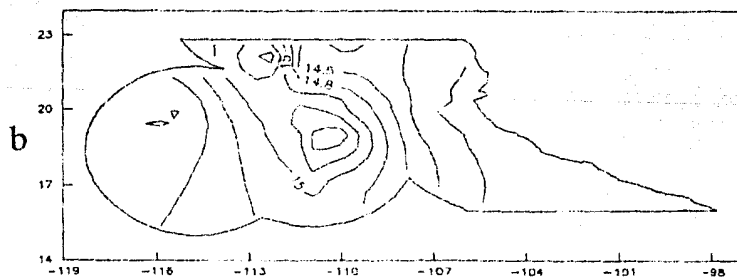
Figura VI.18. Planos Horizontales de la Zona 3 a diferentes profundidades, 1970. Distribución de Temperatura (a: 75 m; b: 100 m; c: 125m).

1972:

Se observa un gradiente de temperatura de 0.5°C que va de norte a sur a 75 y 100 m de profundidad y de sur a norte a 125 m de profundidad (Figs VI.19a a VI.19c).



a



b

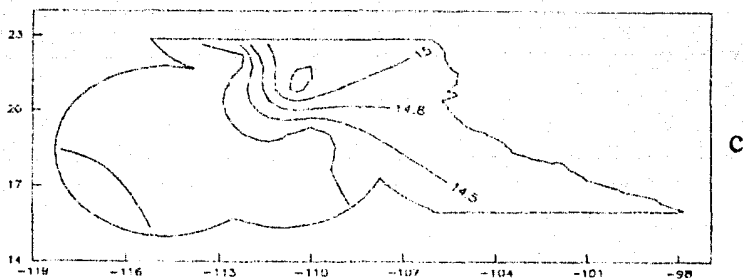


Figura VI.19. Planos Horizontales de la Zona 3 a diferentes profundidades, 1972. Distribución de Temperatura (a: 75 m; b: 100 m; c: 125 m).

6.1.3.- Procesos Atmosféricos.

En la fig. VI.20 se observa la fluctuación del número de los días en que se presentaron tormentas por año durante el período de estudio. Se tiene un mínimo de 10 días para el año 1979 y un máximo de 43 días para 1983, el promedio para los 20 años analizados, desde 1968 hasta 1987, fué de 22.5 días de tormentas por año.

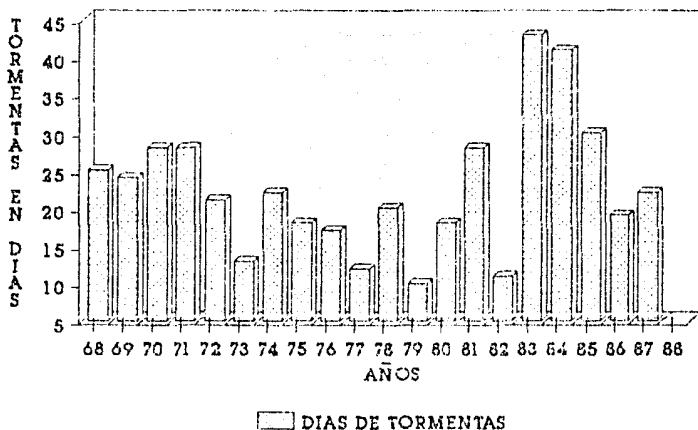


Figura VI.20. Días de Tormentas por año (de 1968 a 1987).

La fig. VI.21 del promedio pesado de la magnitud de las tormentas, muestra como han sido los años en cuanto a la intensidad de las mismas, presentándose tormentas de mínima intensidad en 1970 (3.96 m seg^{-1}), y de máxima intensidad en 1975 y 1984 (7.61 y 7.66 m seg^{-1} respectivamente), quedando el resto de los años con una intensidad promedio de 5.83 m seg^{-1} .

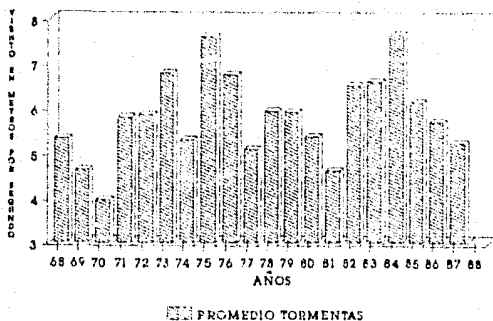
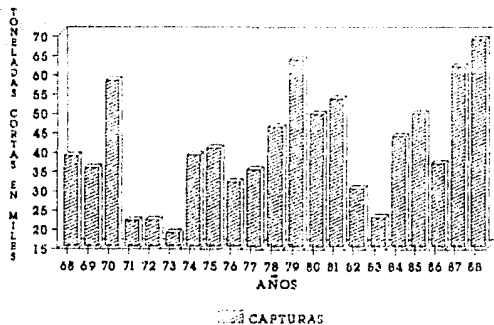


Figura VI.21. Promedio Pesado de la Magnitud de las Tormentas por año (de 1968 a 1988).

6.2.- Análisis de Parámetros Pesqueros y Ambientales.



En la fig. VI.22 se observa como han fluctuado las capturas de atún aleta amarilla durante los 21 años de información analizada; 1988 presentó las mayores capturas (68,439 toneladas) y 1973 las menores (18,401 toneladas).

Figura VI.22. Capturas de Atún Aleta Amarilla por año (de 1968 a 1988).

La fig. VI.23 muestra el esfuerzo que la Flota Atunera empleó para la captura del recurso en días, teniendo el máximo de días empleados en el año 1980 y el mínimo en 1986.

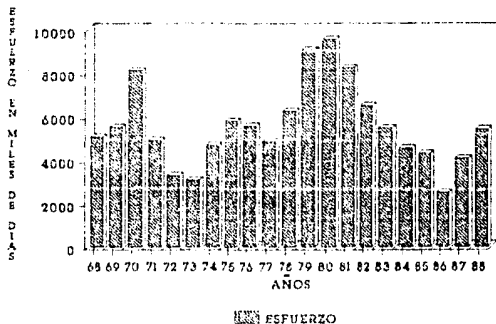
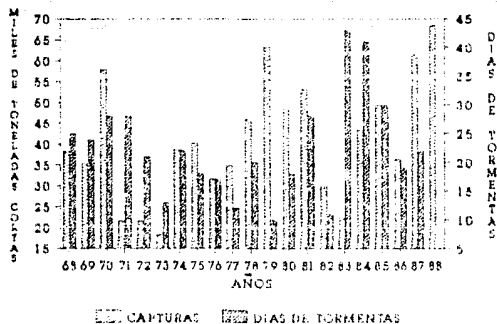


Figura VI.23 Días de Esfuerzo por año (de 1968 a 1988).



Se observan en las figs VI.24 y VI.25 fluctuaciones de las capturas y las variables ambientales muy marcadas.

Figura VI.24. Capturas y Días de Tormentas por año (de 1968 a 1988).

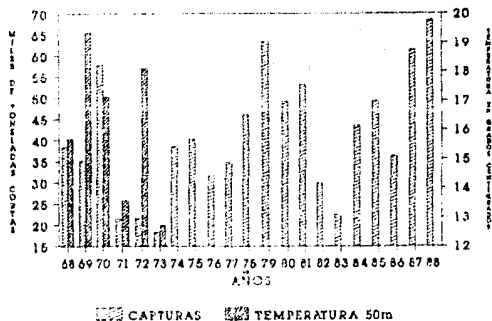


Figura VI.25. Capturas y Temperatura a 50m de profundidad por año (de 1968 a 1988).

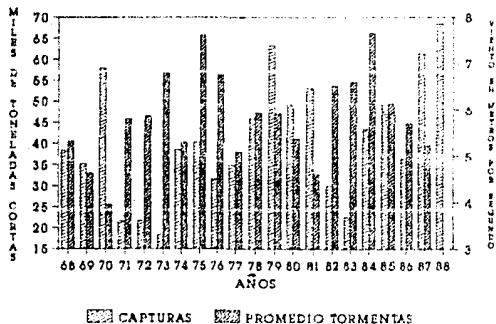


Figura VI.26. Capturas y Promedio Peso de la Magnitud de las Tormentas por año (de 1968 a 1988).

Observando el esfuerzo y los días de tormentas por año (fig. VI.27), el primero se incrementa debido a que el segundo decrece en gran parte de los años analizados.

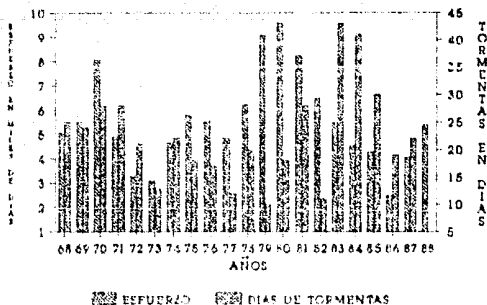


Figura VI.27. Días de Esfuerzo y Días de Tormentas por año (de 1968 a 1988).

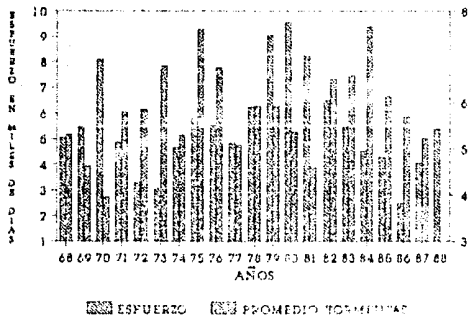


Figura VI.28. Días de Esfuerzo y Promedio Pesado de la Magnitud de las Tormentas por año (de 1968 a 1988).

En la fig. VI.29 el esfuerzo mostrado tiene tres años en los cuales hubo días en los que se aplicó un alto esfuerzo, dichos años son 1970, 1971 y 1973; a su vez la temperatura tiene dos años (1969 y 1972) más calientes que el resto, y en 1968 los valores de uno y otro se mantuvieron en el promedio de cada uno.

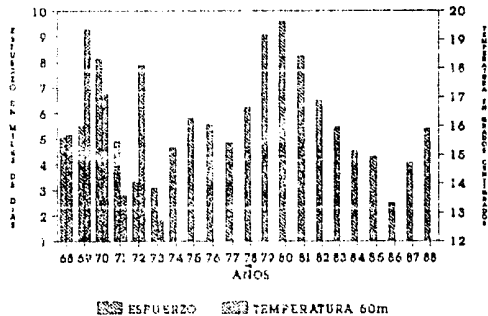


Figura VI.29. Días de Esfuerzo y Temperatura a 60 m de profundidad por año (de 1968 a 1988).

En las figs VI.30 (Temperatura y Días de Tormentas por año) y VI.31 (Temperatura y Promedio Pesado de la Magnitud de las Tormentas por año) se observa que son muy parecidas ambas, ya que en 1969, 1970 y 1972 la temperatura presenta sus valores máximos, y en 1971 y 1973 se presenta al revés, siendo en 1968 que los valores de cada uno se mantuvieron en el promedio.

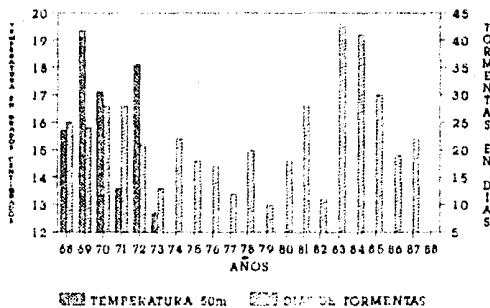


Figura VI.30. Temperatura a 50 m de profundidad y Días de Tormentas por año (de 1968 a 1987).

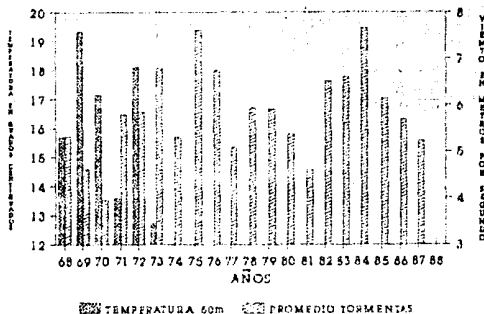


Figura VI.31. Temperatura a 60 m de profundidad y Promedio Pesado de la Magnitud de las Tormentas por año (de 1968 a 1987).

6.3.- Análisis de Componentes Principales.

Los productos obtenidos de este análisis mostraron lo siguiente para cada uno de los años analizados:

1968.-

El análisis de los valores propios a través de sus cargas de factores, muestran el peso para cada uno de ellos, siendo para el primero de 81.4%, el segundo de 47.4%, el tercero de 32.6%, y el resto contribuye con muy poca información del total de variación en las variables, por lo tanto, el Factor 1 representa el 81.44% por sí solo. Este factor es el que

mejor se ve explicado en cuanto a la variación de sus datos, es decir, que la captura es la que más contribuye a explicar al Factor 1 (Tabla VI.1), y esto se observa en los vectores propios; para el Factor 2, los días de esfuerzo son los que lo representan y se debe a que se necesitaron 5 052,6 días para realizar la pesca (este cálculo representa la suma de los días de esfuerzo que utilizó cada una de las embarcaciones atuneras en el año para sacar el producto). Tenemos representadas a las cinco variables con una significancia alta para capturas, días de esfuerzo y temperatura, pero baja para longitud y latitud.

Lo anterior está íntimamente relacionado con la alta correlación observada en la Carga de Factores Normalizados (entre factores y variables) para el Factor 1 que corresponde a la longitud y la latitud con 0.806712 y 0.870654 respectivamente o sea, la abundancia en la captura esta dada por el área de pesca; el Factor 2 y los Días de Esfuerzo con 0.681755; el Factor 3 y la Temperatura con 0.945828.

TABLA VI.1
Componentes Principales para el año de 1968.
DATOS DE 1968
VALORES PROPIOS
RAÍCES CUADRADAS EXTRAIDAS

r: Cuadrado Relativo

FACTOR 1	0.814424
FACTOR 2	0.474622
FACTOR 3	0.326962
FACTOR 4	0.066538
FACTOR 5	0.010750

VECTORES PROPIOS

calculado de una matriz C

	VECTOR 1	VECTOR 2	VECTOR 3	VECTOR 4	VECTOR 5
LONGITUD	-0.009742	0.094535	<u>0.720279</u>	-0.604935	-0.021941
LATITUD	-0.010456	0.049762	0.603426	<u>0.794834</u>	0.039102
ESFUERZO	0.098498	<u>0.989582</u>	-0.103469	0.017863	0.000712
CAPTURAS	<u>0.925024</u>	-0.096509	0.024340	0.000684	0.000191
TEMPERATURA	-0.000063	-0.000558	-0.006193	-0.044410	<u>0.928994</u>

CARGA DE FACTORES NORMALIZADOS

calculado de una matriz R

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
LONGITUD	<u>0.806712</u>	0.553579	0.165171	0.014255	-0.123619
LATITUD	<u>0.870654</u>	0.456935	0.124181	0.038626	0.127513
ESFUERZO	-0.650915	<u>0.681755</u>	0.140769	-0.302519	0.013628
CAPTURAS	-0.751661	0.568703	0.091391	0.321280	0.002936
TEMPERATURA	-0.085682	-0.313082	<u>0.945828</u>	0.006420	0.002534

1969.-

Comparando con los resultados de 1968, los valores propios para cada uno de los factores son bastante menores, siendo para el primero de 69.1%, el segundo de 61.9%, el tercero de 35.5%, y el resto contribuye con muy poca

información, por lo cual el Factor 1 representa el 69.14% por sí solo. Este factor es el que mejor se ve explicado en cuanto a la variación de sus datos, es decir, que la captura es la que más ayuda a explicar al Factor 1 (Tabla VI.II), y esto se observa en los vectores propios, ya que representa 35,166 toneladas del recurso, para el Factor 2, los días de esfuerzo son las que lo representan y se debe a que se necesitaron 5,499.8 días para realizar la pesca. Se tienen representadas a las cinco variables con una significancia alta para capturas, días de esfuerzo y temperatura, pero baja para longitud y latitud.

Lo anterior está íntimamente relacionado con la alta correlación observada en la Carga de Factores Normalizados (entre factores y variables) para el Factor 1 que corresponde a la longitud y la latitud con 0.790036 y 0.797741 respectivamente, el Factor 2 y los Días de Esfuerzo con 0.803041; el Factor 3 y la Temperatura con 0.961230.

TABLA VI.II
Componentes Principales para el año de 1969.
DATOS DE 1969
VALORES PROPIOS
RAICES CUADRADAS EXTRAIDAS

		r: Cuadrado Relativo				
		FACTOR 1				0.691449
		FACTOR 2				0.619975
		FACTOR 3				0.355850
		FACTOR 4				0.087517
		FACTOR 5				0.056932
VECTORES PROPIOS calculado de una matriz C						
	VECTOR 1	VECTOR 2	VECTOR 3	VECTOR 4	VECTOR 5	
LONGITUD	-0.002672	0.059513	0.728751	-0.623514	-0.035056	
LATITUD	-0.001177	0.029345	0.623933	0.778926	0.054860	
ESFUERZO	0.086329	0.924086	-0.064298	0.014298	-0.001631	
CAPTURAS	0.996262	-0.085946	0.008399	-0.001983	-0.000015	
TEMPERATURA	-0.000127	0.002101	-0.007049	-0.64708	0.997877	
CARGA DE FACTORES NORMALIZADOS calculado de una matriz R						
	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	
LONGITUD	0.790036	0.507974	0.190062	-0.084329	-0.266587	
LATITUD	0.797741	0.527379	0.003584	0.134131	0.259762	
ESFUERZO	-0.486802	0.803041	0.044291	-0.330257	0.084411	
CAPTURAS	-0.582678	0.727487	0.128530	0.324524	-0.097020	
TEMPERATURA	-0.266882	0.027041	0.961230	0.045170	0.045148	

1970.-

De acuerdo a los resultados anteriores, los valores propios de los factores con respecto a 1968 son muy parecidos pero comparando con los de 1969 estos están bastante altos, siendo para el primero de 82.4%, el segundo de 45.5%, el tercero de 32.0%, y el resto contribuye con muy poca información, el Factor 1 representa el 82.48% por sí solo. Este Factor 1 es explicado por las capturas en cuanto a la variación de sus datos (Tabla VI.III), y esto se ve en los vectores

propios, siendo de los años analizados el que tuvo las mayores capturas (57,776 toneladas); el Factor 2 está representado por los días de esfuerzo (8,104.4 días). Las cinco variables están representadas pero solamente capturas, días de esfuerzo y temperatura tuvieron una significancia alta, siendo baja para el resto.

La Carga de Factores Normalizados, entre factores y variables, tiene una íntima relación con lo antes expuesto, ya que en la Carga de Factores se observó una alta correlación, así a el Factor 1 le corresponden la longitud y la latitud con 0.786256 y 0.794849 respectivamente; el Factor 3 y la Temperatura con 0.904175.

TABLA VI.III
Componentes Principales para el año de 1970. DATOS DE 1970
VALORES PROPIOS
RAICES CUADRADAS EXTRAIDAS

r: Cuadrado Relativo

FACTOR 1	0.824843
FACTOR 2	0.455908
FACTOR 3	0.320572
FACTOR 4	0.076533
FACTOR 5	0.056201

VECTORES PROPIOS
calculado de una matriz C

	VECTOR 1	VECTOR 2	VECTOR 3	VECTOR 4	VECTOR 5
LONGITUD	-0.002854	0.029936	0.759882	-0.648960	0.022870
LATITUD	-0.002251	0.016164	0.648694	<u>0.757299</u>	0.066085
ESFUERZO	0.069697	<u>0.296928</u>	-0.032954	0.007192	0.000510
CAPTURAS	<u>0.997562</u>	-0.069535	0.005943	-0.000642	-0.000025
TEMPERATURA	-0.000095	-0.000128	0.025570	0.065089	<u>0.927552</u>

CARGA DE FACTORES NORMALIZADOS
calculado de una matriz R

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
LONGITUD	<u>0.786256</u>	0.476070	-0.263157	-0.150997	-0.251210
LATITUD	<u>0.794849</u>	0.492568	-0.160674	0.231921	0.211986
ESFUERZO	0.646403	0.693527	-0.108030	-0.254962	0.156548
CAPTURAS	-0.791128	0.518598	-0.002363	0.279342	-0.170893
TEMPERATURA	0.290960	0.310588	<u>0.904175</u>	-0.032416	-0.017139

1972.-

Confrontando los valores propios con los años anteriores, sus valores con respecto a 1968 y 1970 se ven disminuidos en la misma proporción que 1969 con los de 1972, teniendo para el primero 75.8%, el segundo 53.5%, el tercero 35.3%, y el resto contribuye con muy poca información, representando el Factor 1 por sí solo el 75.84%. La captura con 21,592 toneladas es la que mejor explica al Factor 1 (Tabla VI.IV) y esto se ve en los vectores propios. Los días de esfuerzo representan al Factor 2, esto se debe a que las embarcaciones atuneras necesitaron de 3,294.8 días para obtener el producto. Como en el año anterior solamente capturas, días de esfuerzo y temperatura presentaron una alta significancia y tanto longitud como latitud tuvieron una significancia muy baja.

Todo esto está muy relacionado debido a la elevada correlación que existe en la Carga de Factores Normalizados en la cual la longitud y la latitud (la zona de pesca) están determinando las cantidades de recurso capturado para el Factor 1 con 0.849638 y 0.794221 respectivamente, y para el Factor 3 tenemos a la Temperatura con 0.963728.

TABLA VI.V
Componentes Principales para el año de 1972.
DATOS DE 1972
VALORES PROPIOS
RAICES CUADRADAS EXTRAÍDAS

r: Cuadrado Relativo

FACTOR 1	0.758459
FACTOR 2	0.535549
FACTOR 3	0.353663
FACTOR 4	0.110095
FACTOR 5	0.026999

VECTORES PROPIOS
calculado de una matriz C

	VECTOR 1	VECTOR 2	VECTOR 3	VECTOR 4	VECTOR 5
LONGITUD	-0.010295	-0.212835	<u>0.674251</u>	-0.703895	0.067148
LATITUD	-0.008918	-0.083658	0.703772	<u>0.628136</u>	-0.061140
ESFUERZO	0.117888	<u>0.966318</u>	0.208464	-0.094206	0.000159
CAPTURAS	<u>0.092933</u>	-0.117675	-0.011400	0.010271	0.001381
TEMPERATURA	-0.001249	0.009224	-0.001991	0.090323	<u>0.995867</u>

CARGA DE FACTORES NORMALIZADOS
calculado de una matriz R

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
LONGITUD	<u>0.849638</u>	0.478738	0.012904	0.117305	-0.187081
LATITUD	<u>0.794221</u>	0.549814	0.135914	-0.125629	0.180729
ESFUERZO	-0.635093	0.649078	0.203397	-0.358681	-0.073020
CAPTURAS	-0.606050	0.695287	0.044748	0.380435	0.050455
TEMPERATURA	0.038793	-0.253223	<u>0.963728</u>	0.074183	-0.000915

1973.-

Los valores propios para este año indican, con respecto a los descriptos con anterioridad, la mayor carga para el Factor 1 pero la menor para el resto de los Factores, el cual representa el 99.48% por sí solo. Este factor es el que mejor se ve explicado en cuanto a la variación de sus datos, es decir, que la temperatura es la que más contribuye a explicar al Factor 1 (Tabla VI.V), y esto se observa en los vectores propios, siendo también completamente diferente a los años anteriores; debido a que los demás están dados por la captura, la cual representa 18,401 toneladas del recurso y es la que explica al Factor 3; para el Factor 2, los días de esfuerzo son los que lo representan y se debe a que se necesitaron 3,076.4 días para realizar la pesca. De las cinco variables, se tiene una significancia alta para capturas, días de esfuerzo y temperatura, pero para longitud y latitud es baja.

Para los vectores propios, el Vector 1 presenta la variación total dada principalmente por la Temperatura; siendo también completamente diferente a los otros vectores propios debido a que los demás están dados por la Captura.

Tanto los valores propios como los vectores propios presentan una relación muy estrecha con la Carga de Factores Normalizados ya que la alta correlación existente con los diferentes factores corresponde para: 1 la longitud y la latitud con 0.929958 y 0.973269 confirmando que la zona de pesca determina la cantidad de recurso que se puede explotar; 2 la Captura con 0.972057; 3 la Temperatura con 0.840785.

TABLA VI.V
Componentes Principales para el año de 1973.
DATOS DE 1973
VALORES PROPIOS
RAICES CUADRADAS EXTRAIDAS

r: Cuadrado Relativo

FACTOR 1	0.994884
FACTOR 2	0.089346
FACTOR 3	0.046997
FACTOR 4	0.003711
FACTOR 5	0.000147

VECTORES PROPIOS
calculado de una matriz C

	VECTOR 1	VECTOR 2	VECTOR 3	VECTOR 4	VECTOR 5
LONGITUD	-0.022234	0.084650	-0.103938	0.658113	<u>0.740557</u>
LATITUD	-0.023589	0.163773	-0.157243	<u>0.706781</u>	-0.6669595
ESFUERZO	-0.023350	<u>0.947554</u>	-0.225055	-0.219128	0.054134
CAPTURAS	-0.995034	0.258762	<u>0.255845</u>	0.135821	-0.016901
TEMPERATURA	<u>0.998867</u>	0.034604	0.013469	0.029735	0.001499

CARGA DE FACTORES NORMALIZADOS
calculado de una matriz R

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
LONGITUD	<u>0.929958</u>	-0.164628	0.082451	-0.208285	-0.104377
LATITUD	<u>0.973269</u>	-0.122239	0.100557	-0.101130	0.132158
ESFUERZO	0.741526	0.290322	0.477590	0.368631	-0.043259
CAPTURAS	-0.045803	<u>0.972057</u>	0.053434	-0.223723	0.011313
TEMPERATURA	-0.442195	-0.228448	<u>0.840785</u>	-0.212957	-0.002337

Para realizar este análisis se utilizó el paquete estadístico CSS (Complete Statistical System, 1968).

De todo lo anterior se puede decir lo siguiente:

- **VALORES PROPIOS.** Para el Factor 1 los valores más altos se presentaron en los años: 1968, 1970, 1972, 1973; y para el año de 1969 fueron mínimos.

- **VECTORES PROPIOS.** Desde este punto de vista los valores más altos fueron para la Captura en el Vector 1 para los años 1968, 1969, 1970, 1972, y en el Vector 3 para 1973; los Días de Esfuerzo en el Vector 2 para todos los años analizados; Temperatura en el Vector 5 para los años 1968, 1969, 1970, 1972, con excepción de 1973 que fué en el Vector 1.

- CARGA DE FACTORES NORMALIZADOS: La mayor relevancia es en el Factor 1 para Longitud y Latitud, y en el Factor 3 para Temperatura en todos los años analizados (1968, 1969, 1970, 1972, 1973); en el Factor 2 para los Días de Esfuerzo en 1969, y para la Captura en 1973.

En general la captura y los días de esfuerzo están dependiendo totalmente de la zona de pesca; sin embargo, se observa que tanto los días de esfuerzo como la temperatura están afectando a la captura en forma significativa.

El resto de los factores poco pueden contribuir en explicar la variabilidad de los datos.

6.4.- Análisis de Regresión.

Para dicho análisis se utilizaron los datos de: Latitud, Longitud, Temperatura, Días de Tormentas, Magnitud de las Tormentas, Días de Esfuerzo, y Captura.

La medida de asociación de los parámetros ambientales y de esfuerzo con la captura, se analizó con varios tipos de modelos; esto con el fin de saber que variables independientes y en que orden afectan a la de respuesta. El primero de ellos fué un modelo completo el cual se basó en el método backward o sea, se corrió de adelante hacia atrás, esto significa que primero se utilizó el modelo que incluía a la captura (Y) como variable de respuesta, una constante (B_0), y a los parámetros ambientales (temperatura, X_4 ; latitud, X_3 ; longitud, X_2 ; esfuerzo, X_1) como variables independientes quedando de la siguiente manera:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + \epsilon_1$$

en este modelo solamente el esfuerzo fué significativo en la correlación con la captura.

Posteriormente, se fueron eliminando variables independientes para analizar la posible existencia de otras variables significativas, los modelos que se corrieron de esta manera fueron los siguientes:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + \epsilon_1$$

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \epsilon_1$$

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + \epsilon_1$$

En todos ellos el esfuerzo fué la variable dependiente que siempre fué significativa.

Este modelo (basado en el método backward) presentó varios problemas, entre los cuales se puede citar, que en el análisis de residuos no fué posible encontrar un modelo que cumpliera con la normalidad en los datos, aún transformándolos.

Sin embargo, en un segundo modelo que incluía interacciones:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_0 * B_1 X_1 + B_0 * B_2 X_2 + B_0 * B_3 X_3 + B_0 * B_4 X_4 + B_1 X_1 * B_2 X_2 + B_1 X_1 * B_3 X_3 + B_1 X_1 * B_4 X_4 + B_2 X_2 * B_3 X_3 + B_2 X_2 * B_4 X_4 + B_3 X_3 * B_4 X_4 + \epsilon_1$$

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_0 * B_1 X_1 + B_0 * B_2 X_2 + B_0 * B_3 X_3 + B_1 X_1 * B_2 X_2 + B_1 X_1 * B_3 X_3 + B_2 X_2 * B_3 X_3 + \epsilon_1$$

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_0 * B_1 X_1 + B_0 * B_2 X_2 + B_1 X_1 * B_2 X_2 + \epsilon_1$$

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_0 * B_1 X_1 + \epsilon_1$$

no se obtuvo ninguna variable independiente, por lo cual tampoco fué posible establecer un modelo de otro orden superior (regresión polinomial). El análisis de los datos realizado y su interacción, se usaron para determinar cuales eran los que más afectaban o describían mejor a la variable de respuesta; después de correr todas las modalidades de modelos posibles se observó que ninguno de ellos era significativo para los datos que se tenían, lo mismo sucedía al ver los residuos, los cuales presentaban heterocedasticidad (estos no presentaban una distribución normal y al tratar de ajustar nuestro modelo elevando los datos al cuadrado, cubo o cuarta potencias, se observaba que el modelo cada vez se ajustaba menos).

Tomando en cuenta que el esfuerzo siempre indicó significatividad el modelo se redujo, por el principio de parsimonia a el siguiente modelo estadístico:

$$\hat{y} = \alpha_1 + B_1 X_1 + \epsilon_1$$

donde:

\hat{y} = captura estimada;
 $\alpha_1 = 13227.951$;
 $B_1 = 4.475$;
 X_1 = días de esfuerzo;
 ϵ_1 = error;

el cual presenta en su pendiente $H_0: \beta = 0$ una diferencia significativa o sea, una $H_A: \beta \neq 0$, con un 95% de confiabilidad, lo cual se ajustó a un modelo de línea recta.

Aquí la R fué de 0.689 (Tabla VI.VI). En este modelo se observa, como es evidente, un gran efecto del esfuerzo sobre la captura, con un coeficiente de regresión estandarizado de 0.689, que es altamente significativo, observando que existe una asociación positiva de la captura con el esfuerzo con $B = 4.475$ (Tabla VI.VI). Se utilizó una precisión doble, que nos muestra que nuestro modelo tiene un 0.001 de confiabilidad.

En este modelo el hecho de rechazar la Hipótesis Nula implica que existe una diferencia significativa o sea, el modelo obtenido se ajusta a un modelo de línea recta.

Esta técnica se desarrolló con el paquete estadístico SYSTAT (System for Statistics, 1985).

TABLA VI.VI
Análisis de Residuos para el Período 1968-1988.

VARIABLE DE RESPUESTA: Y (CAPTURA)		R. MÚLTIPLE: 0.689	
R. MÚLTIPLE CUADRADA: 0.474		R. MÚLTIPLE CUADRADA AJUSTADA: 0.443	
G: 13227.951		B: 4.475	
H ₀ : B = 0		t ₀ = 3.914	
H _A : B ≠ 0		t _A = 2.11	
ANOVA			
FUENTES DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS
REGRESION	0.137337E+10	1	0.137337E+10
RESIDUAL	0.152381E+10	17	0.896360E+08
F ₀ = 15.32163417			

Los residuos de la Fig. VI.32 indican la existencia del modelo ajustado de línea recta.

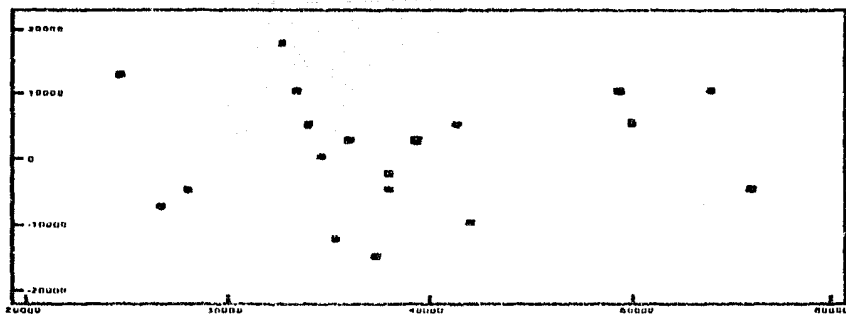


Figura VI.32. Residuos del Análisis de Varianza, de 1968 a 1988.

6.5.- Análisis Espectral.

Para el método de MEM se hicieron las gráficas para capturas (fig. VI.33) y esfuerzo (fig. VI.34) utilizando los 21 años de información. En ambas se observan tres y cuatro picos muy bien definidos que corresponden a 5.90, 4.75 y 2.17 años y 14.28, 10.00, 5.55 y 4.50 años respectivamente.

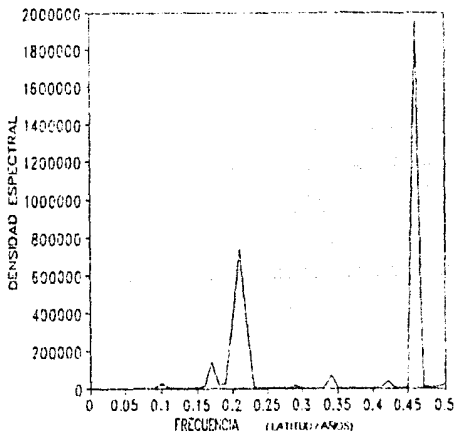


Figura VI.33. MEM para Capturas, de 1968 a 1988.

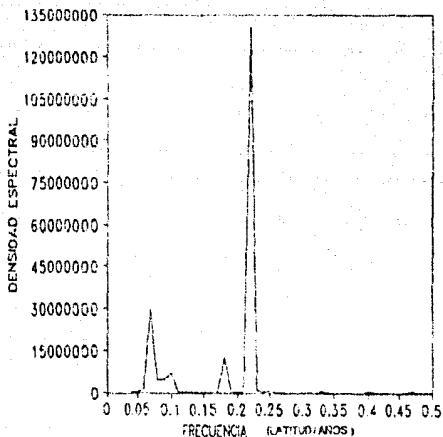


Figura VI.34. MEM para Días de Esfuerzo, de 1968 a 1988.

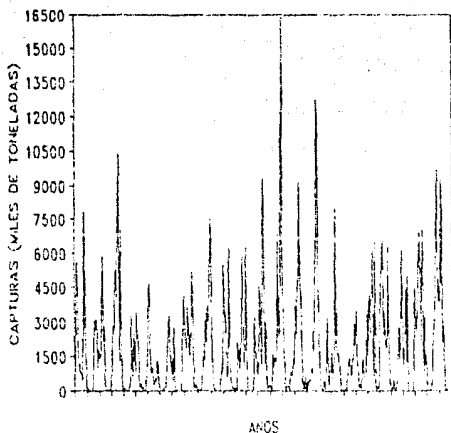


Figura VI.35. Capturas por latitud por año, de 1968 a 1988.

En las figs VI.35 y VI.36 se presenta la suma de los 21 años de esfuerzo y capturas por 22 grados de latitud dentro de la ZEE Mexicana por año. Es notoria, en todos los años, la presencia de dos picos: uno en latitudes bajas y el otro en altas.

La serie de datos arriba descrita (fig. VI.35) fue analizada con dos modalidades del análisis espectral: Transformada Rápida de Fourier (FFT) y Máxima Entropía (MEM).

Para el método FFT se utilizaron 2^{16} datos, los cuales están representando dos gráficas, en ellas el inverso de la frecuencia representa grados de latitud a partir de los 11° hasta los 32° de latitud Norte.

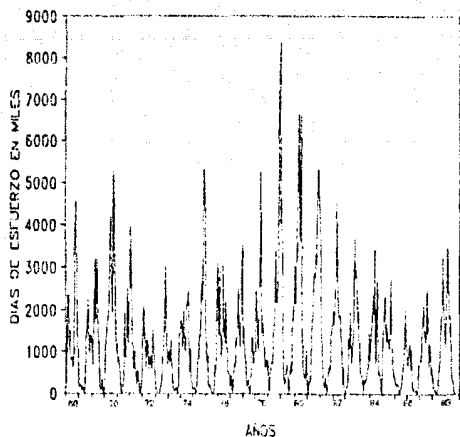


Figura VI.36. Días de Esfuerzo por latitud por año, de 1968 a 1988.

La fig. VI.37, que abarca el período de 1968 a 1978, y la fig. VI.38, de 1978 a 1988, presentan seis y siete picos respectivamente, que corresponden a 21.33° , 11.63° , 7.31° , 5.44° , 4.49° , y 3.65° para la primera, y 21.36° , 11.13° , 7.31° , 7.11° , 5.33° , 4.41° , y 3.65° para la segunda; en ambas se observa mucho ruido.

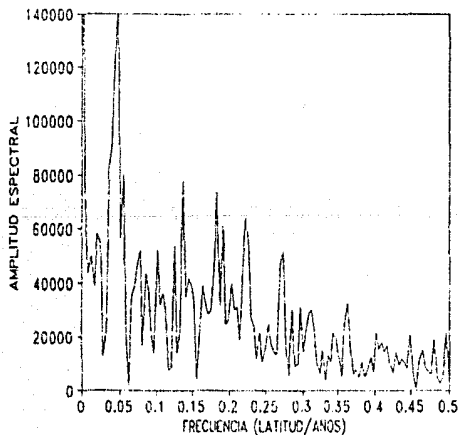
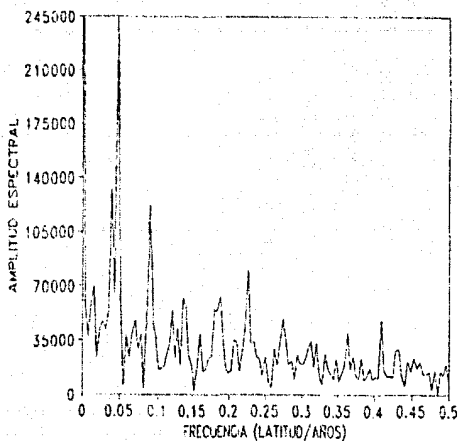


Figura VI.37. FFT de Capturas, de 1968 a 1978.

Figura VI.38. FFT de Capturas, de 1978 a 1988.



La fig. VI.39, utilizó 2⁹ datos que abarcan los 21 años -1968 a 1988-, se observan muy bien nueve picos que corresponden a 24,38°, 22,26°, 18,28°, 11,37°, 11,13°, 7,31°, 5,5°, 4,37°, y 3,65° y una enorme cantidad de ruido.

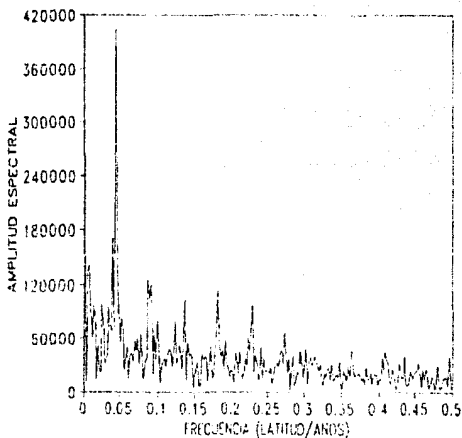


Figura VI.39. FFT de Capturas, de 1968 a 1988.

En las figs VI.40a y VI.40b, de MEM, se observan diez picos que corresponden a: 24,39°, 22,22°, 12,99°, 10,98°, 7,63°, 5,88°, 4,56°, 4,48°, 3,8°, y 2,785°; en esta gráfica casi no hay ruido.

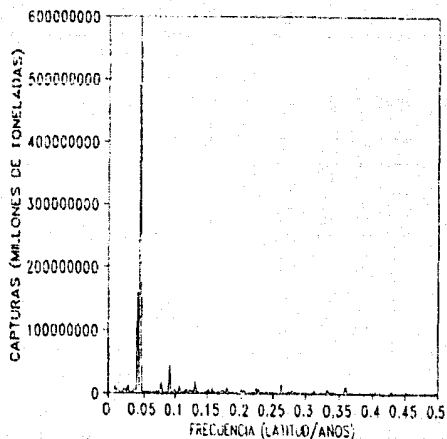
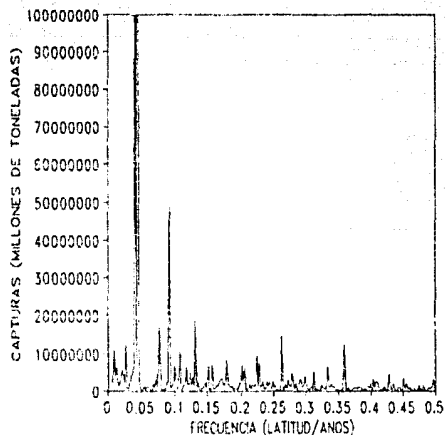


Figura VI.40b. MEM de Capturas, de 1968 a 1988.

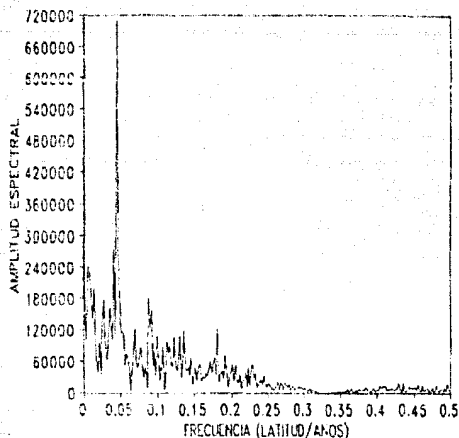
Figura VI.40b. MEM de Capturas, de 1968 a 1988 (se observan con más detalle los picos que se analizaron).



A los datos originales se les hizo un suavizado y posteriormente se les aplicó el método de la Spline, esto con el fin de obtener una mejor definición de los picos que se habían observado en las figuras antes descritas.

Para FFT (fig. VI.41) se observan nueve picos los cuales corresponden a: 24.38° , 22.26° , 11.37° , 10.89° , 7.64° , 7.31° , 5.5° , 5.22° , 4.97° , y 4.37° , en la gráfica se aprecia muy poco ruido.

Figura VI.41. FFT de Capturas (Datos Suavizados y con Spline).



Por medio de MEM (fig. VI.42), se observan 11 picos que corresponden a: 21.73° , 14.28° , 11.11° , 8.77° , 8.19° , 6.84° , 5.88° , 5.49° , 4.95° , 4.56° , y 3.64° , en esta gráfica casi no hay ruido.

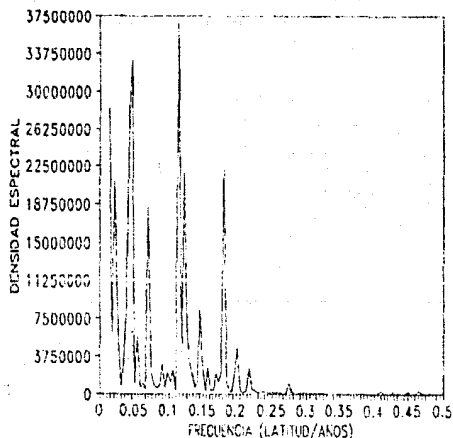


Figura VI.42. MEM de Capturas (Datos Suavizados y con Spline).

Del archivo de datos de esfuerzo que se tenía, se procedió a obtener la captura calculada con base a la fórmula que el análisis de regresión lineal nos dió, para lo cual los datos de esfuerzo se multiplicaron por 1.5222435 y con eso obtuvimos los valores de la captura calculada.

Al comparar la fig. VI.43 (capturas observadas) con la VI.44 (capturas calculadas) se observa que ambas son iguales pero que la cantidad de toneladas entre los datos reales y los obtenidos por la fórmula presentan una diferencia.

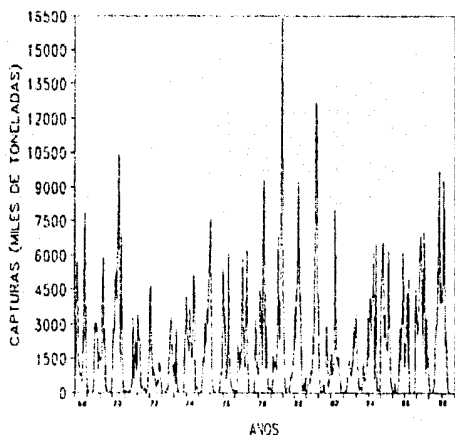
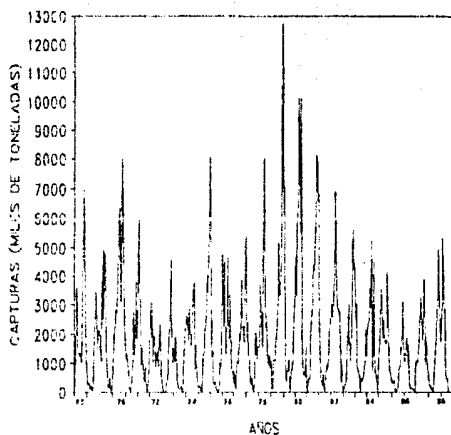


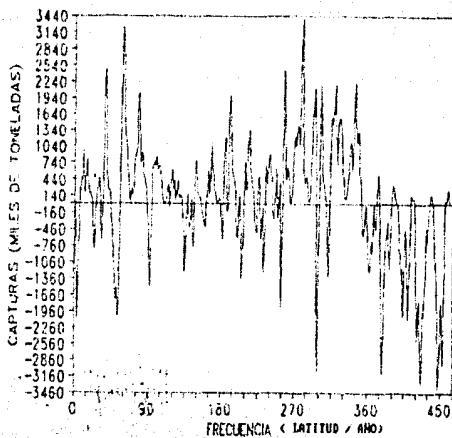
Figura 1.43. Capturas Observadas (Datos Reales).

Figura VI.44. Capturas Calculadas (Datos del Modelo).



Posteriormente se restaron los valores que se obtuvieron (captura calculada) a los datos reales (captura observada) y lo que se obtuvo fueron las anomalías de captura o residuales (fig. VI.45). Dichos datos fueron suavizados para eliminar el ruido que presentaban.

Figura VI.45. Anomalías de Captura.



Al archivo de las anomalías se le aplicó análisis espectral por el método de Fourier (fig. VI.46)

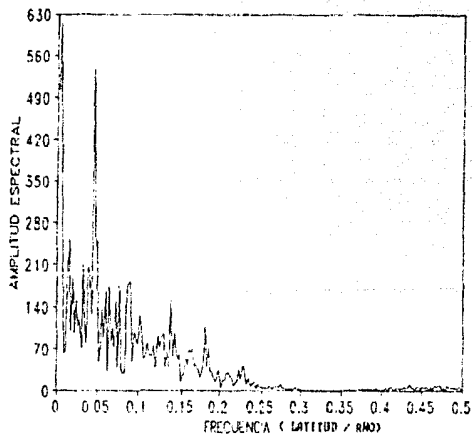


Figura VI.46. FFT de Anomalías de Captura.

y lo que se obtuvo fueron 13 armónicos, los cuales están formados por los siguientes datos:

ARMONICO	AMPLITUD	DATOS
1	610	0.0020, 0.0040, 0.0041, 0.0042, 0.0043, 0.0044.
2	300	0.010, 0.011, 0.012, 0.013, 0.014, 0.015, 0.016, 0.017, 0.018, 0.019, 0.020.
3	200	0.030, 0.031, 0.032, 0.033, 0.034.
4	550	0.035, 0.036, 0.037, 0.038, 0.039, 0.040, 0.041, 0.042, 0.043, 0.044, 0.045, 0.046, 0.047, 0.048, 0.049, 0.050.
5	200	0.051, 0.052, 0.053, 0.054, 0.055, 0.056, 0.057, 0.058, 0.059, 0.060, 0.061, 0.062, 0.063, 0.064, 0.065, 0.066, 0.067, 0.068, 0.069, 0.070.
6	200	0.075, 0.076, 0.077, 0.078, 0.079, 0.080.
7	200	0.085, 0.086, 0.087, 0.088, 0.089, 0.090, 0.091, 0.092, 0.093, 0.094, 0.095.
8	150	0.096, 0.097, 0.098, 0.100, 0.101, 0.102, 0.103, 0.104, 0.105.
9	200	0.110, 0.115, 0.120, 0.125, 0.130.
10	120	0.135, 0.136, 0.137, 0.138, 0.139, 0.140, 0.141, 0.142, 0.143, 0.144.
11	130	0.160, 0.162, 0.164, 0.166, 0.168, 0.170.
12	100	0.180, 0.182, 0.184, 0.186, 0.188, 0.190.
13	99	0.210, 0.220, 0.222, 0.224, 0.226, 0.228, 0.230.

Con dichos datos (observados) se corrió el modelo en el cual se hizo interactuar a los 13 armónicos, para de esa manera obtener el mínimo cuadrado de todas las combinaciones posibles, esto es igual a 20 factorial; obteniendo así el modelo de los datos observados.

MODELADO

Basados en Wylic y Kenan (1982) se corrió el Análisis de Fourier con los valores reales; el modelo utilizó 119 datos, los cuales conforman los 13 armónicos o frecuencias en las que se tienen los picos que están determinando los períodos característicos de las oscilaciones de los parámetros observados. En este modelo lo que se hizo fue:

- Trabajar los datos con las anomalías o residuales de las capturas.
- Eliminar la tendencia.
- Sacar los coeficientes A y B, con las frecuencias y sus anomalías.
- Generar la serie.
- Suavizar con spline.
- Sacar otra vez los coeficientes.

Después de todo lo anterior, se realizó lo siguiente:

- Se aplicó un suavizado a los datos.
- Se volvieron a sacar los coeficientes de Fourier A y B. En este caso para calcular A_0 se utilizó la fórmula de Bendat y Piersol (1986).
- Obtención de las frecuencias más importantes.

Es notorio ver que de los picos de frecuencias mayores a 0.14 cps señalados anteriormente, desaparecen al trabajar sin el "esfuerzo".

La fórmula utilizada fue:

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{13} A_n \cos\left(\frac{n \pi t}{P} - \gamma_n\right)$$

donde:

$A_0 = 59.17$.

A_n = amplitudes obtenidas.

$\frac{n \pi}{P}$ = frecuencias obtenidas.

t = tiempo.

γ_n = desfaseamiento (-0.94247780).

Después de lo anterior se procedió a correr el modelo para reproducir los datos calculados.

Con el mínimo cuadrado menor de todos los que se obtuvieron, de todas las combinaciones posibles, se tomó la combinación resultante para los datos calculados. Los cuales se substituyeron en la fórmula y se aplicó para el número

de datos con que se contaba en un principio, de ésta manera se obtuvo un archivo de datos que se muestra en la fig. VII.47.

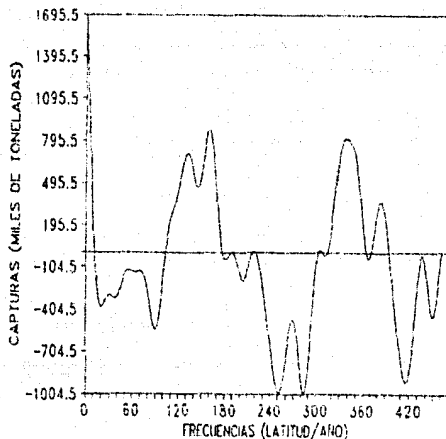


Figura VII.47. Mínimos Cuadrados del Modelo para Atún Aleta Aserrilla.

7.1.- Ajustes Polinomiales.

La fórmula utilizada para el modelo es la del Análisis de Fourier de Wylie y Kenan (1982), en la cual se substituyeron los valores obtenidos (datos calculados) después de correr el modelo con los datos observados, quedando de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 f(t) = & 59.17 + 610 \cos(0.002t + 0.94247780) + 300 \cos(0.010t + 0.94247780) + 200 \cos(0.030t + 0.94247780) \\
 & + 550 \cos(0.035t + 0.94247780) + 200 \cos(0.051t + 0.94247780) + 200 \cos(0.075t + 0.94247780) \\
 & + 200 \cos(0.085t + 0.94247780) + 150 \cos(0.096t + 0.94247780) + 200 \cos(0.110t + 0.94247780) \\
 & + 120 \cos(0.143t + 0.94247780) + 130 \cos(0.160t + 0.94247780) + 100 \cos(0.180t + 0.94247780) \\
 & + 99 \cos(0.228t + 0.94247780).
 \end{aligned}$$

La fig. VII.48 es la que se obtiene de los datos resultantes después de aplicar el ajuste polinomial, que es en sí el modelo para los datos calculados, y es la que se muestra a continuación

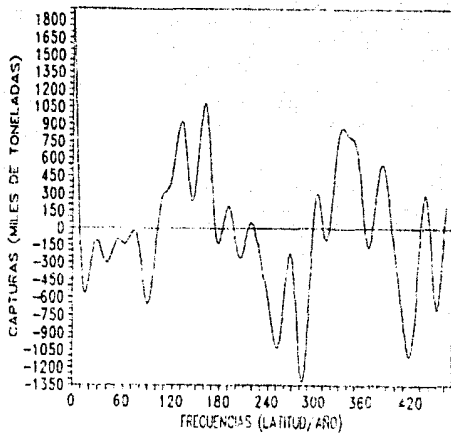


Figura VII.48. Modelo para Atún Aleta Amarilla.

DISCUSION

La validez de un estudio de Modelación Clima-Pesquerías dependerá de la precisión, continuidad y la fiabilidad de los datos que se utilizarán.

De acuerdo a la hipótesis de trabajo y los objetivos planteados para la realización de ésta tesis, se observó en los resultados obtenidos una gran relación entre variables ambientales y variables pesqueras, pero también se dejan muchas dudas que se deberán resolver más adelante.

Los datos físico-químicos de la mayoría de los años trabajados (1968, 1969, 1970, 1972, 1973), presentan una cantidad considerable de información para temperatura que es, un parámetro de suma importancia para poder definir la distribución del atún aleta amarilla.

En las figuras de la zona 1 (VI.11 a VI.15) que abarcan todo el periodo analizado, se observa un gradiente térmico, el cual va de sur a norte llevando aguas calientes de la zona sur (a partir de los 11°) y desplazando las frías que ahí se encontraban hacia latitudes mayores, por lo cual se dice que las aguas del Océano Pacífico Oriental de la ZEE Mexicana han sufrido un calentamiento de latitudes bajas (11°) hacia latitudes altas (32°). Cushing (1982) dice que hubo una invasión (migración) de especies tanto tropicales como subtropicales hacia el Norte debido al calentamiento del agua durante el periodo de 1970 y 1975-80 (el cual se ve reflejado hasta nuestros días), provocando un incremento en las capturas de algunas especies, mientras que en otras hubo un descenso muy fuerte. Además, es importante conocer los factores climáticos debido a que de ellos dependen: migraciones, aspectos alimenticios, aspectos reproductivos y conducta o comportamiento de los peces.

Para los días de tormentas se observó una heterogeneidad en todos los años, pero para el promedio pesado de la magnitud de los tormentas se observó que se mantienen homogéneas o estables debido a que su promedio fluctúa entre 6 y 7 m seg^{-1} .

Así, el fenómeno atmosférico de las variables ambientales más importante, es la intensidad de las tormentas.

No obstante que los días de tormentas deben considerarse, el promedio pesado de la magnitud de las tormentas es la variable meteorológica más importante para el estudio, debido a que de ella depende la alteración de las demás (que baje la temperatura, que haya una mezcla de la capa de agua, que la termoclina descienda (que sea más profunda y más ancha), que las migraciones de los organismos se de a mayor profundidad y en distancias mayores en un plano horizontal), y las condiciones para que se realice la pesca (afecta directamente a las capturas).

En el período comprendido de 1968 a 1988 se tuvo la presencia de cinco años con el fenómeno de "El Niño", de acuerdo a lo reportado por: Cushing, 1982; Cannon et al., 1985; De la Lanza y Galindo, 1989; y Pudov, 1990. Dicho evento delimita dos zonas pesqueras bien definidas, esto se debe al incremento de la temperatura superficial, lo cual provoca que estos organismos migren. Esto se corrobora con las figuras VI.11 a VI.15 de planos horizontales de distribución de temperatura de la zona 1 por año, en las que se observa un incremento de temperatura que va de los 14° a los 16° C y con un desplazamiento de las isomas de sur a norte.

De lo antes escrito se observa una relación con la figura VI.43 la que nos muestra que se tienen básicamente dos áreas de pesca del atún aleta amarilla en la zona de estudio, una al norte, de 22° a 32° y otra al sur, de 11° a 22° , las cuales están evidenciando dichas zonas de captura.

Lo anterior nos indica que las variables pesqueras presentan una dependencia con las ambientales en su migración, lo que se ve reflejado tanto en las capturas, como en el esfuerzo aplicado para la obtención del recurso durante la maniobra de pesca.

De acuerdo con el fenómeno de "El Niño" se observa en la figura VI.22, picos importantes de captura del recurso antes de la presencia del fenómeno o bien después de ella, los cuales, en algunos casos son muy notables, esto en especial en los eventos de los años: 1970, 1979, 1987, y otros en menor grado: 1968, 1974, 1975, 1985; lo que nos indica, que "El Niño" presenta condiciones previas y posteriores que son sentidas por el atún aleta amarilla, el efecto posterior puede estar dado por la alta capacidad que tienen estos organismos para migrar, que les permite alejarse de las zonas

en donde el fenómeno se presenta, pero que al pasar dicho efecto, regresan a los lugares en los cuales se desarrollan normalmente teniendo como resultado, el incremento tan grande de las capturas. Esto no se observa inmediatamente después de que pasó el fenómeno como es el caso de los incrementos en capturas después de los niños de: 1972 (que tiene una respuesta fuerte en 1974-1975), 1976 (que su respuesta es hasta 1979), 1982-1983 (que se da en 1984-1985), y 1986-1987 (con respuestas muy fuertes en 1987 y 1988); a excepción de 1970, el cual se da después del Niño de 1969. Según Cushing (1982) el reclutamiento tiende a disminuir cuando se presenta "El Niño" y esto se debe a que las surgencias que se presentan normalmente (aguas frías y productivas) tienden a cesar por la presencia de aguas cálidas y por lo tanto, no hay reclutamiento por haber aguas frías y no productivas, en el caso de la surgencia de Perú-Chile, en nuestra región se presenta probablemente un crecimiento de las zonas de estancamiento del recurso.

Al comparar la captura con los días de tormentas se observó que presentan una relación inversa, pero al comparar la captura con el promedio pesado de la magnitud de las tormentas la relación es directa, ya que al tener magnitudes bajas esto da lugar a que haya capturas altas (grandes cantidades de recurso pescado) pero, si la intensidad se incrementa considerablemente, la pesca disminuye. Esto está en íntima relación debido a que al ser más intensa la tormenta trae como consecuencia, que los vientos aumentan y no permiten o imposibilitan la maniobra de pesca. Actualmente se ha desarrollado una red de cerco en Seattle, Washington, con la cual se puede realizar la pesca aún en condiciones en las cuales se tienen intensidades de vientos considerables. Este tipo nuevo de red podrá contribuir a resolver la pregunta de si el recurso es accesible aún en esas condiciones.

Los organismos por lo general se ubican preferentemente entre las isotermas de 14° y 16° C, pudiendo estar hasta la de 20° C. De acuerdo a esto, los organismos van a estar migrando entre dichas isotermas, las cuales están delimitando su movimiento y por lo tanto, su migración, esto provoca irregularidad en las capturas, puesto que mientras las temperaturas estuvieron entre las 14° y 17° C, las capturas fueron más o menos buenas siendo para 1970 muy alta, pero al tener temperaturas menores de 14° o mayores de 17° C la pesquería tiende a descender bruscamente. Conforme se desplaza la corriente cálida los organismos tienden a desplazarse en el mismo sentido nadando entre las isotermas cálidas, Schaeffer, 1960 (Smith, 1985), y se van a extender principalmente en la Zona Norte. Blackburn, 1965 y Schaeffer, 1960 (Smith, 1985).

Lo anteriormente escrito afecta de modo importante a los días de esfuerzo, los cuales se pueden ver afectados más por condiciones atmosféricas que por las hidrográficas. Esto se nota en la figura 1.3 que presenta, de los 21 años analizados, 6 años en los cuales tanto los días de esfuerzo como la captura presentan valores parecidos y en el resto de los años (5 (más capturas que días de esfuerzo) y 10 (mayores días de esfuerzo que capturas)) se observa que uno de los dos domina sobre el otro. El de 10 años donde a un esfuerzo alto le correspondió una captura proporcionalmente baja, se comparó con la intensidad de las tormentas y se observó que estas son significativas, por lo cual, la magnitud de las mismas pudo no permitir la maniobra de tendido de la red para la captura. Debido a eso, probablemente se registró un esfuerzo mayor con capturas escasas.

Tanto la temperatura como los días de tormentas y su intensidad tienen una relación directa. Esto se debe a tormentas abundantes con una magnitud considerable, la temperatura superficial tiende a descender. Por lo cual, hay que remarcar que la magnitud de las tormentas es la que indica realmente el descenso de la temperatura y no tanto los días de tormentas, ya que estos últimos pueden prolongarse por períodos largos pero si su magnitud es baja, la temperatura no variara de manera drástica o importante, de igual forma afecta en profundidad a la capt de mezcla ensanchándola en el período de mayor intensidad de los vientos.

El análisis de componentes principales mostró que los días de esfuerzo están determinados por la zona donde se realiza la pesca.

Esto se observó en los resultados de la carga de factores normalizados los cuales están ligados entre sí de la siguiente manera: longitud y latitud están representando fuertemente al Factor 1 el cual a su vez se ve explicado por las capturas. Los días de esfuerzo están relacionados en menor grado con las capturas, esto se debe a que dependiendo del clima se necesita mayor o menor esfuerzo para la pesca.

De forma menor, la temperatura está reflejando alguna influencia sobre las capturas ya que las isotermas de 14° a 16° C están variando en profundidad.

En el modelo obtenido para el análisis de regresión lineal aplicado, el hecho de que la Hipótesis Nula sea rechazada, implica que se ajusta a un modelo de línea recta que pasa por el origen ya que la "t" calculada es mayor que la "t" de tablas. Como el coeficiente es positivo, esto implica que a más días de esfuerzo habrá mayor captura como sería de esperarse, aunque como $R^2 = 0.6889$, la varianza de las predicciones es muy alta, el modelo explica un porcentaje muy bajo (68.9%) de la variabilidad de las capturas. Lo que significa que, la captura y el esfuerzo son directamente proporcionales debido a las curvas que presentan los modelos de Fox o de Schaefer en las cuales los datos solamente se presentan en un rango pequeño y no ocupan toda la curva, esto está en íntima relación con el tipo de embarcación que se está usando: de altura (embarcaciones mayores) o, costera o ribereña (embarcaciones menores).

Debido a la poca información que se tuvo de los parámetros hidrográficos y a que este tipo de análisis necesita de columnas con la misma cantidad de datos para poderse llevar a cabo, la regresión obtenida fue de tipo lineal y no múltiple como se esperaba. Con este análisis no se pueden obtener relaciones entre variables abióticas y bióticas; pero sí se puede asegurar, gracias a lo obtenido en los análisis con otros métodos, que las variables ambientales tienen un peso muy fuerte sobre estas dos variables analizadas.

En el análisis espectral, por el método de FFT se obtuvieron tres figuras en las cuales se observa lo siguiente:

En la fig. VI.37 hay básicamente dos picos importantes que muestran la existencia en la zona, de dos regiones de pesca localizadas entre 11° y 22° , y entre 22° y 32° de latitud Norte para el primer pico, y entre 18° (parte sur) y 25° (parte norte) de latitud Norte en el segundo, esto puede ser ocasionado por la existencia de un frente oceánico, el cual está limitando la migración de los atunes (desde el Golfo de Panamá hacia el norte y siguiendo hacia el oriente, aproximadamente a los 18° de latitud Norte, sin pasar dicha barrera en el norte; de la misma manera la población que viene migrando a lo largo de las costas de Oregon (en la Corriente de California) hacia el sur, sigue su camino hacia el oeste, aproximadamente a los 25° de latitud Norte, aparentemente no hay una mezcla de las poblaciones del norte con las del sur), por los cambios ambientales importantes en esos 21 años que se trabajaron.

De la fig. VI.38 se observan los mismos dos picos pero a diferencia de la anterior el más intenso o de mayor energía es el de 11.13° que es el que divide al Océano Pacífico Mexicano en dos zonas: norte y sur, observándose una estabilidad u homogeneidad de los mismos. Aquí se tienen dos picos muy importantes (de capturas) para los años 1979 y 1981, que al igual que el pico de 1970 y 1975 en la fig. VI.37, se dan antes de la presencia del fenómeno de "El Niño".

Debido a la presencia de 2 niños, la población se estabilizó en la segunda mitad ya que ambos fueron de larga duración (el primero en 1982-1983, uno de los eventos océano-atmósfera más intensos del siglo (Norton et al., 1985) y el segundo en 1986-1987). La intensidad del fenómeno de 1982-83 se manifestó hasta poco antes de la aparición del siguiente niño (1986-87) (Norton et al., 1985), pudiendo tener una mezcla de ambos (el final del primero y el inicio del segundo). Por lo cual, se deduce que el segundo período tendió a ser más fuerte y prolongado en los cambios provocados por dicho fenómeno y esto hace que los organismos tiendan a adaptarse mejor ya que es un proceso de mayor intensidad y duración (los cambios en los organismos son mayores cuando duran más). Mientras que los de la primera mitad son más puntuales (1969, 1972, y 1976), por lo que no permitieron que la población se estabilizara y tarda en recuperarse debido a los cambios ambientales tan bruscos.

De acuerdo con Cushing (1982) y Cannon et al. (1985) los niños de 1972 y 1982 fueron muy similares en cuanto a que tuvieron efectos drásticos ya que, modificaron hasta en un grado centígrado el estrato superior a los 200 m y en grado menor la capa entre los 200 y 500 m de profundidad en la zona tropical del Pacífico Noroccidental (conocido como Efecto de Anomalía Térmica Positiva).

En la fig. VI.39 (1968-1988) al analizar los picos, el primero que se presenta es muy intenso alcanzando 400 en la escala de Amplitud Espectral o Densidad de Energía, que dice que hay una repetición de 22° de latitud por 21 años de capturas en la serie. Para los datos en sí se ven tres picos importantes, de los cuales los dos con más energía son de 11.37° y de 11.15° y el de menor energía es el de 7.31° , lo que dicen es que el Océano Pacífico Mexicano durante los 21 años estudiados ha estado dividido en dos zonas pesqueras por una barrera o frente entre 18° y 25° de latitud Norte, esto coincide con las Islas Revillagigedo.

La complejidad que presenta el sistema que se está trabajando y su interacción con los diferentes parámetros se observa al analizar los datos por dos métodos distintos. FFT y MEM (Claerbout, 1976; Papoulis, 1978). Por lo anterior,

se optó por discutir los picos de todos los espectros, sean de un método u otro con datos suavizados y sin suavizar. Los espectros de las series muestran la existencia de picos con períodos de 24.3^o, 22.2^o, 21.7^o, 11.37^o, 11.13^o, 11.11^o, 10.98^o, 10.89^o, 7.64^o, 7.63^o, 7.31^o, 6.84^o, 5.88^o, 5.5^o, 5.49^o, 5.22^o, 4.97^o, 4.95^o, 4.58^o, 4.56^o, 4.48^o, 4.37^o, 3.8^o, 3.65^o, y 3.64^o; existiendo adicionalmente, en el caso de FFT un pico en 18.28^o, y con MEM 5 períodos adicionales: 14.28^o, 12.99^o, 8.77^o, 8.19^o, y 2.78^o.

Los picos que se presentan se explican como sigue:

Los de 24.3^o, 22^o y 21.7^o significan que durante la época de estudio, las zonas o regiones de captura de atún aleta amarilla se han ido desplazando dos grados hacia el norte, esto está asociado a el fenómeno de "El Niño" el cual ha provocado un aumento en la temperatura del Pacífico (Cushing, 1982) que estimula el desplazamiento o corrimiento. Por otro lado, la zona de estudio abarca 22^o de latitud o sea, que va de los 11^o a los 32^o de latitud norte presentando una periodicidad de un año.

Las frecuencias en 11.37^o, 11.13^o, 11.11^o, 10.98^o, y 10.89^o se refieren a la división de la zona de estudio en dos: norte y sur. Básicamente es en ellas donde se lleva a cabo la actividad pesquera de la flota atunera; en períodos de 6 meses, los cuales están relacionados con las épocas en las que se presentan las surgencias, y a la influencia que ésta tiene sobre los organismos.

Los picos en 7.64^o, 7.63^o, 7.31^o, y 6.84^o muestran que el área de estudio se encuentra dividida en tres partes (de 11^o - 18^o, 18^o - 25^o, y de 25^o - 32^o) y que está relacionada con las zonas de captura, norte y sur, donde trabaja la flota atunera y la barrera que se presenta en la zona intermedia entre 18^o y 25^o de latitud norte que como ya se mencionó limita la migración del atún aleta amarilla en un sentido u otro. Además de la presencia de las Islas Revillagigedo en ésta zona, hay que tomar en consideración la dinámica que presenta dicha región, ya que se tiene una gran cantidad de Islas Sebasteinae, Fur Spets y la Fractura Clarion, todo esto junto con la convergencia de corrientes que ahí se realiza, la Corriente de California se junta con la Ecuatorial a los 20^o de latitud Norte y pueden estimular la formación de turbulencia.

Las frecuencias en 5.88^o, 5.5^o, 5.49^o, y 5.22^o que equivalen a 3 meses representan un efecto estacional que está afectando a estos organismos en sus ciclos: reproductivo, migratorio, de crecimiento, etcétera.

Para los últimos picos no se pudo determinar la relación existente entre los organismos y los parámetros que los afectan.

El pico adicional de FFT es de 18.28^o, el cual corresponde a 9 meses, se relaciona con el reclutamiento que presentan estos organismos, el cual se lleva a cabo durante 9 de los 12 meses que tiene el año (Cushing, 1982) pudiendo ser durante todo el año según las condiciones. Esta diferencia que se presenta año con año se ve afectada por las variaciones en la intensidad y dirección del viento (Cushing, 1982).

Los períodos adicionales obtenidos con MEM están relacionados de la siguiente manera:

Para los de 14.28^o y 12.99^o que equivalen a 7 meses, no se encontró relación alguna.

8.77^o y 8.19^o pueden estar relacionados con las capturas que realizan embarcaciones menores durante períodos de 4 meses, esto se debe a que las bodegas de almacenamiento que estos barcos atuneros tienen son pequeñas.

Para el último no se encontró una relación entre los parámetros bióticos y abióticos.

Lo expuesto, muestra la dependencia de las variables bióticas con las abióticas y las áreas de captura más importantes para el desarrollo de la actividad pesquera en la ZEE Mexicana.

Para el modelo se decidió usar Fourier debido a que la sensibilidad de este método es mucho mejor que la de los otros dos (FFT y MEM), y elimina casi por completo el ruido.

El modelo con datos observados se corrió con 13 armónicos debido a que se presentaban picos muy bien definidos que están marcando eventos importantes claramente identificados. Los 119 datos que se utilizaron fueron de las frecuencias de los picos. Dichas frecuencias representan lo siguiente:

El intervalo de 0.004 a 0.0044 que corresponde a 250° - 227.27° ; su rango en años es de 11.36 a 10.33, para el cual no se encontró relación alguna.

De 0.01 a 0.02 que corresponde a 100° - 50° ; su rango en años es de 4.54 a 2.27. Esto representa a el fenómeno de "El Niño" ya que en el período de estudio el fenómeno se presentó en promedio cada 4.5 años.

Para el intervalo de 0.03 a 0.034 que corresponde a 33.33° - 29.41° ; su rango es de 1.51 a 1.33 años. Para este intervalo no se encontró una explicación satisfactoria.

0.035 a 0.050 que corresponde a 28.57° - 20° ; tenemos un rango que va de 1.29 años a 10.90 meses. Este pico describe la posición en latitud, ya que nuestra área de estudio abarca 22° de latitud y 21 años de capturas; también está refiriéndose a que se analizan archivos anuales de las capturas. Otra interpretación se debe a que el atún aleta amarilla se recluta de 9 a 12 meses del año (Cushing, 1982).

0.051 a 0.07 que corresponde a 19.60° - 14.28° ; su rango va de 10.69 a 7.78 meses. Dichos armónicos se refieren al reclutamiento que presentan estos organismos, el cual se lleva a cabo durante 9 de los 12 meses que tiene el año aunque algunas veces se realiza durante todo el año.

Para 0.075 - 0.080 que corresponde de 13.33° a 12.5° ; el rango que comprende es de 7.27 a 6.81 meses. No se trató de explicar, debido a que no se encontró una relación entre las variables biológicas y las ambientales.

El intervalo de 0.085 a 0.095 corresponde a 11.76° - 10.52° ; este intervalo está representando la división de la ZEE en dos zonas de capturas principalmente Norte y Sur. Además, está reflejando eventos semestrales, uno que es muy importante y que afecta de manera fuerte a los organismos es el de las surgencias las cuales se presentan en la zona 1 de fines de otoño a primavera (Rodén, 1972b); en la zona 2 durante verano (Hastings y Turner, 1965) y en invierno y primavera (Soutar et al., 1981); y para la zona 4 en invierno (Rodén, 1961; Stumpf, 1975; Stumpf y Legeckis, 1977; Legeckis, 1978) y primavera (Pérez-Cruz, 1989).

0.096 a 0.105 no se encontró relación alguna y por lo mismo no se tratará de darle una explicación.

El intervalo de 0.11 a 0.13 corresponde a 9.09° - 7.69° ; el rango es de 4.95 a 4.19 meses. Representa a las capturas que se realizan en períodos de cuatro meses en embarcaciones menores.

Para 0.135 a 0.144 corresponde 7.40° a 6.94° . Se relaciona con la delimitación de la barrera que no permite la migración de los organismos por arriba y por abajo de las Islas Revillagigedo. Dicha barrera o frente oceánico es una frontera que no se sabe específicamente de que forma afecta a los atunes.

El intervalo de 0.16 a 0.17 que corresponde a 6.25° - 5.88° ; su rango es de 3.40 a 3.20 meses. Representa períodos trimestrales, se refiere a la influencia que de alguna manera tienen las estaciones del año sobre los organismos (en sus ciclos: reproductivo, alimenticio, migratorio, en la forma que se comportan, etcétera) como en las capturas, al igual que las condiciones atmosféricas para cada época del año son diferentes y están afectando a las maniobras de captura. Debido a que en este trabajo solamente se hicieron análisis anuales no se puede ahondar, por falta de información en lo que pasa en dicho período.

Para los últimos intervalos (0.18 a 0.19, y 0.21 a 0.23) no se encontró una explicación para los rangos que se tienen.

Si comparamos gráficamente los datos de las diferencias, figs VII.47 y VII.48, en la fig. VIII.49 que es la que estaría representando a ambas, se observa que el modelo es aceptable, ya que se ajustan casi perfectamente las dos gráficas y esto indica que el modelo realizado reproduce adecuadamente lo que está pasando en la realidad.

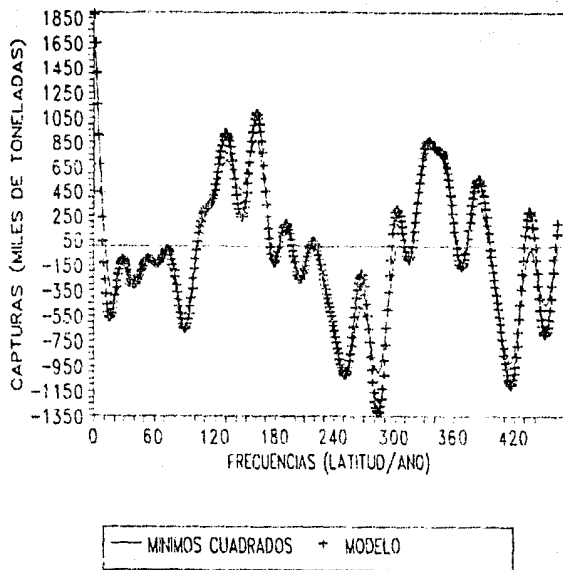


Figura VIII.49. Comparación de los Modelos (con Datos observados y Calculados).

CONCLUSIONES

- Existen una serie de oscilaciones que hacen que las variables pesqueras sean dependientes de factores ambientales.
- Existe una frontera muy marcada entre 18° y 25° de latitud Norte (área de las Islas Revillagigedo) que actúa como barrera y no permite la migración de los organismos hacia el norte o sur, y que separa a las zonas de captura. Por lo tanto, la captura de Atún Aleta Amarilla en la ZEE Mexicana en el Océano Pacífico se efectúa en dos áreas de pesca principalmente: Zona Norte y Zona Sur.
- Durante el período de estudio se ha presentado el fenómeno de "El Niño" en cinco ocasiones; debido a lo cual se ha observado un incremento de la temperatura en la zona de estudio y en el Pacífico en general, lo que está provocando, un corrimiento del área de captura dos grados de latitud hacia el Norte.
- Se deben realizar campañas oceanográficas periódicas en la zona comprendida entre 18° y 25° de latitud Norte con una red de estaciones tal, que abarque la totalidad del área, lo más densa posible, y que nos permita tener una mayor cantidad de información de datos geológicos, físicos, químicos, biológicos y meteorológicos para entender de que manera están afectando los procesos bióticos y abióticos directa o indirectamente al atún aleta amarilla en su migración dentro o a lo largo de dicha área.
- Quedan algunos picos en el modelo aún sin definir. Se debe trabajar en períodos de tiempo más cortos (mensuales, bimensuales, trimestrales, cuatrimestrales y semestrales) para poder encontrar una relación de las variables pesqueras con las ambientales.
- El modelo desarrollado con base en los armónicos obtenidos del análisis espectral reproduce con alta confiabilidad los datos obtenidos del sistema para estos picos.
- Se necesita hacer una base de datos que contenga la información necesaria para poder hacer, con una mayor fineza, una gran cantidad de análisis y de esa manera poder explicar con una mejor precisión lo que está pasando en diferentes intervalos de tiempo con la pesquería del Atún Aleta Amarilla.

LITERATURA CITADA

Aguayo, J.E., 1981. Origen y Distribución de
seuimientos en el Golfo de California. *Revista
del Instituto Mexicano del Petróleo XIII* (3): 5 -
19.

_____ y A. Carranza-Edwards, en Prensa.
Atlas Nacional de México. Instituto de
Geografía, UNAM. Hoja Geológica Marina No.
IV-9-5. *Técnica Marina*, Esc. 1:4 000/000.

Aleec, W.C. and K.P. Schmidt, 1966. Ecological
Animal Geography, Second Edition. John
Wiley & Sons, Inc., U.S.A. 715 pp.

Allen, R. and R. Punsly, 1984. Catch rates as indices
of abundance of yellowfin tuna, *Thunnus
albacares*, in the eastern Pacific Ocean.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 18(4):
303 - 379.

Alvarez Borrego, S. y R.A. Schwartzlose, 1979.
Masas de agua del Golfo de California
Ciencias Marinas 6 (1 y 2): 43 - 63.

Anónimo, 1978a. Estudio de las pesquerías de atún,
especies afines y asociados. Secretaría Gral. de
Promoción Pesquera, Dir. Gral. de Regiones
Pesqueras, Subdir. de Apoyo Técnico. México.
106 pp.

Anónimo, 1978b. Pesquería del atún y similares.
Informe Técnico OEP/78. Departamento de
Pesca, Dir. Gral. de Fomento Pesquero, Subdir.
de Análisis Económico, Oficina de Estudios
sobre Pesquerías, México. 86 pp.

Anónimo, 1980. Pesquería del atún, Información
General. Dir. Gral. Técnica Pesquera, Secretaría
de Pesca, México. 173 pp.

Anónimo, 1984. La Política Pesquera Mexicana: El
caso del atún. Dir. Gral. Técnica Pesquera,
Secretaría de Marina, México. 64 pp.

Anónimo, 1987a. El atún en cifras, 1986 año
fructífero para la flota. *Revista Panorama
Anónimo, Año 1* (4): 40 - 41.

Anónimo, 1987b. Director's Report to the
Thirty-Eight Tuna Conference on Tuna and
Tuna-Related Activities at the Southwest
Fisheries Center, La Jolla, Calif. May 1, 1986
to April 30, 1987. 193 pp.

Anónimo, 1987c. Síntesis Pesquera, 1982-1987.
Secretaría de Pesca, México. 425 pp.

B.S. A.W.H. and D.S. Tolderlund, 1971. Distribution
and Ecology of Living Planktonic Foraminifera
in Surface Waters of the Atlantic and Indian
Oceans. In: Funnell, B.M. & W.R. Riedel
(Editors). *The Micropalaeontology of Oceans*.
Proceedings of the Symposium held in
Cambridge for 10 to 17 September, 1967.
Under the title "Micropalaeontology of Marine
Bottom Sediments". Cambridge University
Press, Great Britain. pp 105 - 149.

Bendat, J.S. and A.G. Pierson, 1986. Random Data
(Analysis and Measurement Procedures),
Second Edition. Wiley - Interscience
Publication, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
566 pp.

Bérdegue Aznar, J., 1956. Peces de Importancia
Comercial en la Costa Nor-occidental de
México. Dir. Gral. Pesca e Ind. Con., Secretaría
de Marina, México. 345 pp.

Blasco, D., 1977. Red tide in the upwelling region of
Baja California. *Limnol. and Oceanogr.* 22(2):
255 - 263.

Blackburn, M., 1965. Oceanography and the Ecology
of Tunas. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 3:
299 - 322.

Broadhead, G.C., 1962. Recent changes in the
efficiency of vessels fishing for Yellowfin tuna
in the eastern Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop.
Tuna Comm., Bull.* 6(7): 281 - 332.

Calkins, T.P., 1975. Geographical distribution of
Yellowfin and Skipjack tuna catches in the
eastern Pacific Ocean, and fleet and total catch
statistics, 1971-1974. *Inter-Amer. Trop. Tuna
Comm., Bull.* 17(1): 1 - 116.

Calkins, T.P. and B.M. Chotwin, 1967. Geographical
distribution of Yellowfin tuna and Skipjack
catches in the eastern Pacific Ocean, by quarters
of the year, 1963-1966. *Inter-Amer. Trop. Tuna
Comm., Bull.* 12(6): 433 - 508.

_____, 1971.
Geographical catch distribution of Yellowfin
and Skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean,

- 1967-1970, and fleet and total catch statistics, 1962-1970. *Inter-Amcr. Trop. Tuna Comm. Bull.* 15(3): 283 - 377.
- Cannon G.A., R.E. Peot, and P.E. Pullen. 1985. Comparison of El Niño Events off the Pacific Northwest. In: Wooster, W.S., and D.L. Flaherty (Eds). *El Niño North-Niño Effects in the Eastern Subarctic Pacific Ocean*. Washington Sea Grant Program, University of Washington, Seattle, U.S.A., pp 75 - 84.
- CIAT, 1976. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Annual Report 1975*, 176 pp.
- CIAT, 1977. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Annual Report 1976*, 180 pp.
- CIAT, 1978. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Annual Report 1977*, 165 pp.
- CIAT, 1979. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Annual Report 1978*, 163 pp.
- CIAT, 1980. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Annual Report 1979*, 227 pp.
- CIAT, 1981. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Annual Report 1980*, 233 pp.
- CIAT, 1982. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Annual Report 1981*, 303 pp.
- CIAT, 1983. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Annual Report 1982*, 272 pp.
- CIAT, 1984. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Annual Report 1983*, 272 pp.
- CIAT, 1987. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Annual Report 1986*, 263 pp.
- Claerbout, J.F., 1976. *Fundamentals of Geophysical Data Processing: with applications to Petroleum Prospecting*. McGraw-Hill, 274 pp.
- Colt, J.S., 1980. Synopsis of biological data on the Yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonaparte, 1788), in the Pacific Ocean. In: Bayliff, W.H. (Editor). *Synopsis of Biological Data on eight species of Scombrids*. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Special Report 2*: 71 - 150.
- Collette, B.B. & C.E. Nauen, 1983. *FAO Species Catalogue Vol. 2 Scombrids of the World*. An annotated and Illustrated Catalogue of Tunas, Mackerels, Bonitos and Related Species Known to date. *FAO/UNDP Proj. Surv. Identification of World Marine Fish Resources*, Rome (Italy). *FAO FISH. SYNOP. No. 123*: 137 pp.
- Cushing, D.H., 1982. *Climate and Fisheries*. Academic Press Inc., London, Great Britain, 373 pp.
- De La Lanza, G. e I. Galindo F., 1989. ENSO 1986-1987 at Mexican subtropical Pacific offshore waters. *Atmosfera 2*: 17 - 30.
- Hastings, J.R. and R.M. Turner. 1965. Seasonal precipitation regimes in Baja California, México. *Geografiska Annaler 47*: 204 - 223.
- Hurd, W.E., 1929. Notethers of the Gulf of Tehuantepec. *Monthly Weather Review 57*(5): 192 - 194.
- Kin'dyushev, V.I., 1970. Seasonal variations of water masses in the California Region of the Pacific Ocean. *Oceanol. 10*(4): 456 - 464.
- Knudsen, P.F., 1977. Spawning of Yellowfin tuna and the discrimination of subpopulations. *Inter-Amcr. Trop. Tuna Comm. Bull.* 17(1): 116 pp.
- Legeckis, R., 1978. A survey of Worldwide Sea Surface Temperature Fronts Detected by Environmental Satellites. *Jour. of Geophysical Research 83*(C9): 4501 - 4522.
- Medina, N.H., 1982. México en la Pesca 1939-1976. Editorial Mané, México. 427 pp.
- Molina-Cruz, A., 1988. Late Quaternary Oceanography of the mouth of the Gulf of California: the Polycistine Connection. *Paleoceanography 3*(4): 447 - 459.
- Morales de la Garza, E. A., 1990. Estudio de Sedimentos Fosfatados en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de Maestría. 90 pp.
- Neiburger, M., J.G. Edinger, and W.D. Bonner, 1973. *Understanding our atmospheric environment*. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 293 pp.
- Norton, J., D. McLain, R. Brainard, and D. Husby, 1985. The 1982-83 El Niño Event off Baja and

- Alta California and Its Ocean Climate Context. In: Wooster, W.S. and D.L. Flunarty (Eds). El Niño North. Niño Effects in the Eastern Subarctic Pacific Ocean. Washington Sea Grant Program, University of Washington, Seattle, U.S.A. 44 - 72.
- Papoulias, A., 1978. Sistemas digitales y analógicos. Transformadas de Fourier, estimación espectral. Marcombe, Boixareu (Eds). 308 pp.
- Pavlova, Yu.V., 1966. Seasonal variations of the California Current. *Oceanol. 6(6)*: 806 - 814.
- Pella, J.J. and C.T. Psaropoulos, 1975. Measures of tuna abundance from purse-seine operations in the eastern Pacific Ocean, adjusted for fleet-wide evolution of increased fishing power, 1960-1971. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 16(4)*: 280 - 400.
- Pérez-Cruz, L.L., 1989. Foraminíferos Bentónicos como indicadores de la Zona de Oxígeno Mínimo en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de Maestría. 121 pp.
- Pudov, V.D., 1990. Brief Notes. Inter-Annual Variability of a Number of Tropical Cyclones in the North-West Pacific Ocean. *Sov. J. Oceanogr. 1(3)*: 231 - 235.
- Robinson, M.K., 1973. Atlas of Monthly Mean Sea Surface and Sub-Surface in the Gulf of California, Mexico. *San Diego Soc. Nat. His. Memoir 5*: 97 pp.
- Roden, G.I., 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pacific. Sci. 12(1)*: 21 - 45.
- _____, 1961. Sobre la circulación producida por el viento en el Golfo de Tehuantepec y sus efectos sobre las temperaturas superficiales. *Geofísica Internacional 1(3)*: 55 - 76.
- _____, 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. In: Van Andel, T.J.H. y G.G. Jr., Shor (Eds), Marine geology of the Gulf of California. A symposium. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir 3*: 50 - 58.
- _____, 1972a. Large-Scale Upwelling off Northwestern Mexico. *Jour. Phys. Oceanogr. 2(2)*: 184 - 189.
- _____, 1972b. Termohaline and baroclinic flow across the Gulf of California entrance and in the Revillagigedo Islands region. *Jour. Phys. Oceanogr. 2(2)*: 177 - 183.
- _____, e I. Emilsson, en Prensa. Oceanografía Física del Golfo de California. In: Ayala-Castañares, A., F.B. Phleger, R. Schwartzlose y A. Liguanda (Eds), Simposio El Golfo de California. Univ. Nat. Autón. México.
- _____, y G.W. Groves, 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *Marine Res. Jour. 18(1)*: 10 - 35.
- Rizo-Vera, G.A., 1984. Distribución de Foraminíferos Planctónicos en Sedimentos Superficiales del Golfo de California. Tesis de Licenciatura. 68 pp.
- _____, 1988. Cambios Paleoclimáticos-Oceanográficos evidenciados por las asociaciones de Foraminíferos Bentónicos, de la parte Oriental de la Boca del Golfo de California, durante el Cuaternario. Tesis de Maestría. 166 pp.
- Ruiz Nuño, J.A. y R.E. Total Almazán, 1988. Resultados de 12 muestreos de zooplácton en la porción NW de la Península de Baja California en Septiembre de 1983. *Inv. Ocean. IV(3)*: 55 - 76.
- Rust, B.W. and B.L. Kirk, 1974. Inductive Modelling of Population Time Series. In: Shuyart, H.H. (Ed), Time Series and Ecological Processes. *SIAM - SIMS CONFERENCE SERIES 5*. pp 154 - 192.
- Schaefer, M.B., G.C. Broome, and C.J. Orange, 1963. Synopsis on the biology of Yellowfin tuna *Thunnus (Macchiurus) albacares* (Bonaterre) 1788 (Pacific Ocean). *FAO Fish. Rep. 2(6)*: 538 - 610.
- Shimada, B.M. and M.B. Schaefer, 1956. A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for Yellowfin and Skipjack tuna in the eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 1(7)*: 351 - 469.
- Smith, R.L., 1968. Upwelling. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 6*: 11 - 46.

- Soutar A., S.B. Johnson y T.R. Baumgartner, 1981. In search of modern depositional analogs to the Monterey Formation. In: Garrison, G.E. and R.G. Douglas (Eds). *The Monterey Formation and related siliceous rocks of California. Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists*: 123 - 147.
- Statsoft, Inc., 1988. Complete Statistical System With Data Base Management and Graphics, U.S.A.. 970 pp.
- Stumpf, H.G., 1975. Satellite Detection of Upwelling in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Jour. Phys. Oceanogr.* 5: 383 - 388.
- _____, and R.V. Legeckis, 1977. Satellite Observations of Mesoscale Eddy Dynamics in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Jour. Phys. Oceanogr.* 7(5): 648 - 658.
- Suzuki, Z., P.K. Tomlinson and M. Honma, 1978. Population structure of Pacific Yellowfin Tuna. *Inter-Amcr. Trop. Tuna Comm. Bull.* 17(5): 277 - 441.
- Systat, Inc., 1985. The System For Statistics, U.S.A.. 419 pp.
- Van Winkle, W., B.L. Kirk and B.W. Rust, 1979. Periodicities in Atlantic Coast Striped Bass (*Morone saxatilis*) Commercial Fisheries Data. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 54 - 62.
- Vázquez, F., M. Turner, A. Gutiérrez and H. Alexander, 1991. Chemical Parameters Before a Red Tide Bloom, Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Coastal Zone 91 American Society of Civil Engineers*, Long Beach, Calif. pp. 2833 - 2894.
- Waldron, K.D. and J.E. King, 1963. Food of Skipjack in the Central Pacific. *FAO Fish. Rep.* 6(3): 1431 - 1457.
- Walsh, J.J., T.E. Whitedge, J.C. Kelley, S.A. Huntsman, and R. D. Pillsbury, 1977. Further transition states of the Baja California upwelling ecosystem. *Limnol. and Oceanogr.* 22(2): 264 - 280.
- Walsh, J.J., J.C. Kelley, T.E. Whitedge, and J.J. MacIsaac, 1974. Spin-up of the Baja California upwelling ecosystem. *Limnol. and Oceanogr.* 19(4): 553 - 572.
- Winston, J.S., 1959. Hurricane Forecasting. U.S. Department of Commerce, Weather Bureau, Washington D.C.; J.S. Winston (Ed), *Forecasting Guide No. 3*: 108pp.
- Wylie, C. Ray y W.R. Kenan Jr., 1982. Matemáticas Superiores para Ingeniería (Segunda Edición en Español). Mc Graw-Hill, México. 1028 pp.
- Wyrtki, K., 1966. Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 4: 33 - 68.