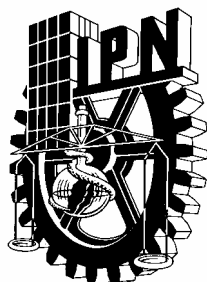


# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL



**CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE CIENCIAS MARINAS**

**DEPARTAMENTO DE PESQUERÍAS Y  
BIOLOGÍA MARINA**



**LA INFLUENCIA DE ALGUNAS VARIABLES AMBIENTALES EN LA  
DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DEL ATUN ALETA AMARILLA *Thunnus albacares*  
EN EL NOROESTE DEL PACÍFICO MEXICANO**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS**

**PRESENTA:  
M.C. JOSE ANGEL TRIGUEROS SALMERÓN**

La Paz Baja California Sur, Méx. Abril de 2003.

## **DEDICATORIA**

*A mi esposa MARIELENA, por todo el apoyo, la paciencia, amor, cariño y por ser la guía emocional en el desarrollo de este trabajo..... Gracias Marielena...*

*A Mariel y Felipin, por ese tiempo de convivencias y cariño que me han mostrado, este tiempo que he estado con ustedes..... Gracias niños, los quiero mucho.....*

*A mi familia: TRIGUEROS SALMERON, por ese apoyo de hogar recibido en todo momento, en mi desarrollo familiar y profesional..... Gracias papas y hermanos....*

*Así como a todas las personas que de alguna manera contribuyen al conocimiento de estos recursos pesqueros tan importantes para el país.*

Los atunes no tienen patria  
ni domicilio constante.  
Todo el mar es patria para  
ellos, son unos peces errantes....”

Fray Martín Sarmiento, 1757.

## AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de maestría y doctorado, por haberme facilitado sus instalaciones para cumplir con las materias y el desarrollo de las tesis respectivas; así como a mis amigos y compañeros de este centro, por su amistad y paciencia en esta etapa de la vida

A la Dra. Sofía Ortega García, le brindo mi mayor agradecimiento por la dirección, asesoría, interés, apoyo y confianza, en los cursos y las tesis dirigidas de maestría y doctorado, durante mi estancia en el CICIMAR.. Muchas Gracias Sofía.....

A mis valiosos asesores Dr. Daniel Lluch Belda, Dr. Bernardo Shirasago German, Dr. Francisco Arreguín Sánchez, Dr. Felipe Galván Magaña Dr. Sergio Hernández Vázquez, por sus valiosas sugerencias y aportaciones que enriquecieron el contenido de este trabajo. A los primeros cuatro muchas gracias por asesorarme en mis estudios de la maestría y el doctorado, ya que han sido pilares en mi desarrollo profesional. De verdad muchas gracias doctores.....

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por los apoyos económicos prestados por medio de la beca-crédito, con lo que sin ella no hubiera sido posible el desarrollo de esta investigación.

Al programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI), del Instituto Politécnico Nacional, por la beca obtenida de ellos, para la realización de este trabajo.

Al proyecto SeaWiFS (Code 970.2), al Distributed Active Archive Center (Code 902) y al Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, por la producción y facilidades otorgadas para la obtención de la información de Pigmentos fotosintéticos de 1997-1999, así como sus imágenes de satélite respectivas. Estas actividades son patrocinadas por la misión de la NASA en el programa del planeta tierra.

Al Pacific Fisheries Environmental laboratory del Southwest Fisheries Science Center de la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA-SWFSC-PFEL) in Monterey, California, por las facilidades otorgadas para la obtención de la base de datos de vientos y surgencias de los puntos analizados, del Web Site at <http://www.pfel.noaa.gov/>

Al National Center for Environmental Prediction (NECP, Reanalysis, al NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado, USA, por la facilidad prestada para la obtención de los datos de temperatura superficial del mar. Web site at <http://www.cdc.noaa.gov/>,

A la Dra. Laura Sánchez Velasco y al Dr. Bernardo Shirasago German, por facilitarme las imágenes de TSM, de sus proyectos respectivos y por ser buenos amigos. Muchas gracias.....

Al Dr. Paul C. Fiedler del National Marine Fishery Service de la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA-NMFS) en San Diego Cal; por permitirme realizar la estancia en su oficina en el SWFSC, facilitarme la base de datos de vientos obtenida del PFEL, ayudarme en el análisis de los mismos y por sus sugerencias y comentarios que enriquecieron en mejor forma este trabajo de tesis.

**INDICE**

<b>GLOSARIO</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>9</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
Objetivos específicos	12
<b>MATERIAL Y METODOS</b>	<b>13</b>
Origen de la información	14
Asignación del esfuerzo	15
Estandarización del esfuerzo	15
Análisis de la captura por lance	16
Distribución espacial de las capturas por especie y lances de agua	16
Distribución general de los lances por tipo de pesca	16
Relación del esfuerzo, capturas y captura por lance con la temperatura superficial del mar	17
Operación de la flota	17
Razón de lances positivos	17
Relación del viento con el esfuerzo, captura y abundancia relativa del atún aleta amarilla	18
Relación de las surgencias con la abundancia relativa	18
Relación de la concentración de clorofila $a$ con las capturas y la abundancia relativa	18
Relación entre la TSM y la distribución de las capturas de aleta amarilla	18
Relación de la captura y la captura por lance con el perfil térmico	19
Relación de la topografía con el esfuerzo de pesca, la captura y la CPLE del aleta amarilla	19
<b>RESULTADOS</b>	<b>20</b>
Captura y captura por lance	20
Variación espacial interanual	22
Variación mensual de un año tipo	26
Distribución estacional promedio	28
Distribución espacial por tipo de pesca	29
Relación de la temperatura con las capturas y el esfuerzo	30
Operación de la flota	32
Razón de lances positivos interanual y por tipo de pesca	32
Relación de los vientos	34
Relación de las surgencias	36
Relación de la CPLE con la clorofila $a$	37
Relación de la abundancia relativa y la imágenes de TSM	39
Relación de las capturas y la CPLE con los perfiles térmicos	41
Análisis de la topografía	43
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>44</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>53</b>

## GLOSARIO

AA.- Atún aleta amarilla.

ARCAA.- Área de regulación de la Comisión para el aleta amarilla. Limitada desde los 40°N hasta los 30°S, y de los 125°W hasta las costas americanas.

Barcos Clase 1: Barcos con capacidad de acarreo de menos de 364 tm.

Barcos Clase 2: Barcos con capacidad de acarreo >363 y <591 tm.

Barcos Clase 3: Barcos con capacidad de acarreo mayor de 590 tm.

BA: Barrilete.

Capacidad de acarreo.- Capacidad de carga de una embarcación, sin incluir los tanques de agua y combustible, ni los espacios de servicio.

CIAT. Comisión Interamericana del Atún Tropical.

CPLE.- Captura por lance estándar. Captura obtenida en un lance de pesca estandarizado a una clase de barco estándar; esta captura en algunos casos es utilizada como índice de abundancia.

Éxito de pesca.- Captura obtenida por unidad de esfuerzo. En este estudio se representa como la captura superior a 0.5 t en un lance de pesca.

Indicador o modo de pesca.- Elemento que permite detectar a un cardumen de atunes. En su mayoría los cardúmenes están asociados a un tipo de indicador: brisa o cardúmenes libres, delfín, objetos flotantes, entre otros.

Estandarización del esfuerzo.- En este análisis, considerada como una técnica utilizada para regularizar u ordenar las unidades de esfuerzo a una clase de embarcación considerada como estándar.

OPO.- Océano Pacífico Oriental. Porción del Océano Pacífico, comprendida en este estudio desde los 35°N a los 20°S, y de los 150°W hasta las costas americanas.

tc.- Toneladas cortas (907 kg).

t.- Toneladas métricas (1000 kg).

TSM.- Temperatura Superficial del Mar.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Atún aleta amarilla.

Figura 2.- Área de estudio.

Figura 3.- Captura anual de atún aleta amarilla en el noroeste de México, durante 1984-1999.

Figura 4. Captura por lance promedio anual de atún aleta amarilla en el noroeste de México, durante 1984-1999.

Figura 5.- Anomalía de la captura por lance promedio anual de atún aleta amarilla en el noroeste de México, durante 1984-1999.

Figura 6.- Captura por lance estacional de atún aleta amarilla en el noroeste de México, durante 1984-1999.

Figura 7.- Distribución anual de los lances sobre atún aleta amarilla, sobre barrilete, ambas especies y de agua.

Figura 8.- Distribución en un año tipo de los lances sobre atún aleta amarilla, sobre barrilete, ambas especies y de agua.

Figura 9.- Distribución trimestral de los lances en el noroeste de México durante 1984-1999.

Figura 10.- Porcentaje de los tipos de pesca (brisa y delfín) por cuadrante de 1° durante 1984-1999.

Figura 11.- Anomalías de la TSM promedio en el noroeste de México, durante 1984-1999.

Figura 12.- Capturas de atún aleta amarilla, por intervalo de temperatura de 1°C.

Figura 13.- Captura por lance de aleta amarilla por intervalo de 1°C.

Figura 14.- Frecuencia relativa promedio de la TSM, asociada a las capturas de aleta amarilla.

Figura 15.- Relación entre la latitud máxima de las operaciones de pesca de la flota y la TSM.

Figura 16.- Razón de lances positivos durante 1984-1990.

Figura 17.- Relación de lances positivos y negativos por tipo de pesca: a) sobre brisa y b) sobre delfín, con la TSM.

Figura 18.- Relación de la velocidad del viento con el número de áreas en las que se aplicó esfuerzo (lances) y las capturas del aleta amarilla.

Figura 19.- Relación del forzamiento producido por el viento con el número de áreas en las que se aplicó esfuerzo (lances) y las capturas del aleta amarilla.

Figura 20.- Relación de Surgencias- CPLE del aleta amarilla en el área 21°N 107°W.

Figura 21.- Relación de Surgencias- CPLE del aleta amarilla en el área 24°N 113°W.

Figura 22.- Distribución de los lances, con respecto a la concentración de clorofila *a*.

Figura 23.- Relación de la concentración de clorofila *a* con la CPLE del aleta amarilla.

Figura 24.- Relación de la TSM con la abundancia relativa del aleta amarilla.

Figura 25.- Relación de la captura de aleta amarilla y el perfil térmico.

Figura 26.- Relación de la abundancia relativa (CPLE) de aleta amarilla y el perfil térmico.

Figura 27.- Distribución del total de lances en el noroeste de México. a) En azul lances en área de no bajos, b) rojos lances en áreas de bajos y c) verdes lances en los alrededores de los bajos.

### **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1.- Esfuerzo, capturas y CPLE en los bajos.

Tabla 2.- Esfuerzo, capturas y CPLE en los alrededores de los bajos.



## RESUMEN

El atún aleta amarilla es la especie más capturada por la flota atunera mexicana (83%), con capturas promedio de 125,200 t en los últimos años y ocupa el segundo lugar a nivel nacional en el valor comercial de las especies marinas extraídas. La flota mexicana está constituida por 54 barcos cerqueros y 10 vareros, ocupando el primer lugar en la capacidad de acarreo de las principales flotas que pescan atún en el Océano Pacífico Oriental. En el presente estudio se analiza la relación entre la captura y la abundancia relativa (captura por lance estandarizado: CPLE) con la temperatura superficial del mar (TSM), perfiles térmicos, vientos, índices de surgencia, concentración de clorofila *a* obtenida a través de imágenes de satélite del SeaWiFS-SeaSTAR, así como con la topografía en el noroeste de México. Los resultados mostraron que las mayores capturas se registraron entre los 22-26°C de TSM. En promedio tanto las capturas como la abundancia relativa fueron mayores en áreas con un perfil térmico estratificado. Las mayores capturas y abundancias relativas, así el mayor número de lances exitosos, se obtuvieron cuando la isoterma de los 20°C se encontró a profundidades menores de 70 m. El mayor esfuerzo pesquero fue aplicado en áreas en las que se observaron velocidades de viento de 5-6 m/s y rotación del esfuerzo del viento en la superficie del mar positivo. Con respecto a los índices de surgencia, se observó que al aumentar éstos la abundancia relativa del atún aleta amarilla se incrementó. La mayor CPLE se presentó cuando la concentración de clorofila *a* fue más alta, no encontrándose ningún desfaseamiento entre estas variables. El mayor número de lances se realizó en áreas cercanas a las de mayor concentración de clorofila *a*. No se observaron diferencias significativas entre la CPLE de los bajos y sus alrededores en forma global. La mayoría de las capturas y de los lances registrados se realizaron en la boca del Golfo de California.

## ABSTRACT

Yellowfin tuna are the most landed species by the Mexican tuna fleet (83%), with average catch of 125,200 t in recent years. Thus, at the national level it is second in commercial value of marine species landed. The Mexican fleet consists of 54 purse seine and 10 bait boats, and is first in carrying capacity of the main fleets that catch tuna in the Eastern Pacific Ocean. In the present study, the relation of catch and relative abundance (catch per normal unit effort: CPLE) to sea surface temperature (SST), thermal profiles, winds, upwelling index, chlorophyll *a* concentration inferred through satellite images of SeaWiFS-SeaSTAR, and topography of northwest Mexico was analyzed. The results showed that the largest catches were made at SSTs of 22-26 °C. On average, the catch and the relative abundance were greater in areas with stratified thermal profiles. The catch, relative abundance, and successful sets were greater when the 20 °C isotherm was shallower than 70 m. The greatest effort was made in areas with wind speeds of 5-6 m/s and a positive wind-curl. The relative abundance of yellowfin tuna increased as a direct function of the upwelling indices. The highest CPLE was when the chlorophyll *a* concentration was high, with no observed delay between these two variables. No meaningful relation of the CPLE to the banks and surroundings was observed. The greatest number of sets was made in areas close to the highest chlorophyll *a* concentration. Most of sets and catches were made in the mouth of the Gulf of California.

## INTRODUCCIÓN

El atún aleta amarilla *Thunnus albacares* (fig. 1) pertenece a la familia Scombridae, Sub-familia Scombrinae y Tribu Thunnini (Collete and Nauen, 1983; Wild and Hampton, 1994). Se distribuye en aguas tropicales y templado-cálidas del mundo, siendo la isoterma de los 14°C una de las principales limitantes. Se encuentra en concentraciones comerciales en aguas con temperaturas entre 20 y 28 °C (Laevastu y Rosa, 1963; Broadhead y Barret, 1964). En el Océano Pacífico Oriental (OPO), debido a la influencia de las corrientes frías que fluyen hacia el ecuador en ambos hemisferios (corriente de California y del Perú), sus distribución es más estrecha que en el Pacífico Occidental, aproximadamente entre los 30° N y 30° S, ya que al igual que otros túnidos requieren aguas cálidas para el desove y supervivencia de las larvas, por lo que la temperatura es una limitante de gran importancia en su distribución (Ueyanagi, 1969; Mori, 1972).



Figura 1.- Atún aleta amarilla.

De los túnidos, el atún aleta amarilla y el barrilete *Katsuwonus pelamis* son las especies que han registrado las mayores capturas a nivel mundial; durante 1999 éstas fueron de 1,263,000 y 1,995,000 t respectivamente, de las cuales más del 70% del barrilete y 64% de aleta amarilla provino del Océano Pacífico, manteniéndose una captura media anual de 1,183,000 t de aleta amarilla y 1,657,000 t de barrilete en los últimos nueve años (CIAT, 2002b).

En el OPO este recurso pesquero es capturado en aguas superficiales, principalmente con redes de cerco, en tres tipos de cardúmenes: asociados con delfines, con objetos flotantes (tales como troncos de árboles) y en cardúmenes no asociados, encontrándose como únicas especies o mezclado con otras especies de túnidos, u otras especies de peces (CIAT, 2001).

La región del noroeste del Pacífico mexicano es reconocida por las altas capturas de atún aleta amarilla y se considera la segunda en importancia en abundancia del barrilete (Ortega-García, 1998; Trigueros-Salmerón y Ortega-García, 2001); en esta área la mayor actividad de la flota atunera se realiza en los primeros 6 meses del año. Su importancia radica también en que es considerada como una zona de alimentación (Galván, 1999), en la que se capturan en su mayoría organismos jóvenes que están en pleno crecimiento (2.9 kg y 13.1 kg en promedio para el barrilete y aleta amarilla respectivamente, CIAT, 2000); además, se ha reportado que en esta zona se lleva a cabo de manera significativa la reproducción del aleta amarilla (González-Ramírez, 1988; CIAT 1989) y en menor cantidad la del barrilete (Schaefer, 2001; Granados-Alcantar, 2002).

Durante el periodo de 1987 a 1997 México ocupó el primer lugar en capturas totales y desde 1987 en la capacidad de acarreo de las flotas que pescan atunes en el OPO. Su captura promedio en los tres últimos años fue de 135,194 t, en tanto que la capacidad de acarreo corresponde a un 27% del total de la flota que pesca atunes en el OPO (CIAT, 2002a, 2002b).

## ANTECEDENTES

Los primeros análisis de la pesquería en el OPO fueron los realizados por Shimada y Schaefer (1956), basados en datos de la pesca de los barcos vareros entre 1934 y 1954, mostrando que las fluctuaciones anuales de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) eran independientes del esfuerzo pesquero aplicado a la especie, y que se podía incrementar el esfuerzo sin afectar la población. Sugirieron que los cambios en la CPUE se debían a cambios en la disponibilidad del recurso causados por el ambiente, el comportamiento de los peces, o por la fuerza de los reclutamientos anuales. Posteriormente, Joseph y Calkins (1969) y Pella y Psaropulos (1975), también concluyeron que la CPUE era independiente del esfuerzo pesquero, y que era más probable que estuviera relacionado a la variabilidad ambiental.

Aunque Broadhead y Barrett (1964) no encontraron una relación significativa entre la abundancia del atún aleta amarilla y las anomalías anuales de la temperatura de la superficie del mar (TSM) para la región pesquera septentrional y meridional en el OPO, se reconoce el efecto que tiene la misma en su distribución y abundancia (Blackburn, 1965; Cole, 1980, Sund *et al.*, 1981; Wild, 1994; Brill y Lutcavage, 2001). La abundancia parece depender tanto de la fuerza de la clase anual (éxito de reproducción/sobrevivencia de larvas) de los reclutas como de las variaciones en el porcentaje de los reclutas que pasan a través de la pesquería (éxito de migración).

Sund *et al* (1981) observaron que los atunes aleta amarilla se encuentran en mayor abundancia en aguas con temperatura superior a 24°C e inferior a 32°C, encontrando que las diferencias en las

capturas de esta especie varían de un área a otra debido principalmente a diferencias en la distribución vertical de la temperatura y concentración de oxígeno disuelto; al respecto Green (1967) encontró mayor éxito de captura de los cerqueros del OPO en áreas donde la termoclina es superficial (menos de 20 m de la superficie) y el promedio del gradiente térmico vertical menor a  $0.55^{\circ}\text{C}/\text{m}$ . Resultados similares son mostrados por Sharp (1978), quien observó que las capturas más altas ocurrieron cuando la isoterma de los  $23^{\circ}\text{C}$  fue inferior a los 50 m de profundidad y la isoterma de los  $14^{\circ}\text{C}$  se encontró a profundidades menores de 80 m.

Blackburn (1969) concluyó al analizar las condiciones relacionadas con las surgencias en la costa de Baja California, que el aleta amarilla se distribuye en los alrededores de las aguas frías cuando se presentan las surgencias y cuando cesan éstas y la temperatura es superior a los  $20^{\circ}\text{C}$ , la distribución de la clorofila *a*, la langostilla y el aleta amarilla llegan a ser muy uniformes; esparciéndose la especie en toda el área. A este respecto Ortega-García (1998), encontró un retraso de 3 meses entre la concentración del fitoplancton y la abundancia relativa de la especie para esta región; resaltando además, que existe una fuerte relación entre la estructura térmica y la abundancia relativa del recurso.

Blackburn y Williams (1975), usando datos de cruceros realizados en la región ecuatorial del OPO durante 1970 y 1971, encontraron que aletas amarillas mayores a los 45 cm son más abundantes en las zonas de surgencias ecuatoriales y en la frontera norte de la Contracorriente Norecuatoria, mencionando que los organismos jóvenes pudieran tener diferente correlación con el ambiente, que la especie se puede distribuir en su etapa larvaria de acuerdo a las condiciones ambientales y en su etapa adulta de acuerdo a sus requerimientos de alimento. Al respecto Blackburn (1965, 1969) propuso que dentro de una amplitud adecuada, la distribución y abundancia del aleta amarilla se encuentran controladas por la distribución y abundancia del alimento.

Ortega-García y Lluch-Cota (1996) relacionaron la abundancia relativa del aleta amarilla con datos de concentración de clorofila *a*, obtenidos a partir del sensor Coastal Zone Color Scanner (CZCS) en el Golfo de Tehuantepec, encontrando una relación aparente entre estas dos variables y un desfase de tres a cinco meses entre los valores máximos de abundancia de atún y la concentración de los pigmentos. Observaciones similares fueron registradas previamente por Power y May (1991).

Laurs *et al.*, (1984), en un estudio realizado en la costa de California para determinar el efecto que tienen los frentes oceánicos de temperatura, determinaron que el atún albacora, *Thunnus alalunga* se localiza principalmente cerca de estas estructuras oceanográficas, ubicándose siempre en la parte en la que se encuentra mayor concentración de clorofila *a*. Observaciones de este tipo sobre los peces de pico (marlines y pez vela), han sido realizadas por Podestá *et al.*, (1993), Olson (1994) y por Bigelow

*et al.*, (1999); en las que determinan que estos peces aparentemente se agregan a características oceanográficas, tal como los frentes de temperatura, los cuales son áreas de alta productividad y relativamente alta abundancia de sus presas.

Merlín-Pérez y Ortega-García (1998), analizando la abundancia del atún aleta amarilla en islas, montañas submarinas y bajos, encontraron que en estas estructuras la abundancia del recurso es mayor. Holland *et al.*, (1999) en un trabajo en la montaña submarina Cross, ubicada al sudoeste del archipiélago de Hawai a unos 330 m de profundidad, menciona que los tiempos de residencia en la montaña para el aleta amarilla y para el atún patudo *Thunnus obesus* es de aproximadamente 14 y 31 días respectivamente.

El último trabajo de relevancia sobre estos aspectos del atún aleta amarilla es el desarrollado por Ortega-García (1998), en el que al analizar la captura por día normal de pesca, determinó que este recurso se encuentra en mayor abundancia relativa a una TSM de 28°C, que en el noroeste del Pacífico mexicano se obtiene el mayor porcentaje de lances no exitosos (lances de agua), encontrando un retraso de 3 y 4 meses entre la concentración de fitoplancton y la abundancia de atún en la costa occidental de B.C. y el Golfo de Tehuantepec, respectivamente. Aunque no encontró relación significativa entre la TSM, la profundidad de la isoterma de los 14°C y 20°C ni la fuerza del viento con la abundancia del recurso, determinó una relación parabólica entre la abundancia relativa del recurso y el área bajo el perfil térmico.

## JUSTIFICACION

La adecuada administración de los recursos pesqueros requiere del conocimiento de la dinámica poblacional y de los posibles efectos que el medio ambiente pudiera tener en ellos, que conlleve a la evaluación y determinación de estrategias para la conservación y manejo de estos recursos.

El atún aleta amarilla representa uno de los recursos pesqueros de mayor interés para la flota atunera internacional de superficie que opera en el OPO. Considerando que este recurso ha sido objeto de explotación desde el inicio de la pesquería (a principios de 1900), que su captura se ha incrementado en los últimos años y que existen pocos estudios sobre su interacción con el ambiente en el noroeste del Pacífico mexicano, es indispensable enfocar estudios sobre este último aspecto. Las diversas fuentes de información disponibles en la actualidad, tales como aquella proveniente de barcos oceanográficos y comerciales, boyas con equipos especiales para la toma de datos, información proveniente de satélite, entre otras dan la oportunidad de llevar a cabo investigaciones sobre la relación recurso-ambiente con una mayor cobertura y profundidad.

## **OBJETIVO**

Conocer e identificar aquella o aquellas variables ambientales, oceanográficas y topográficas que pudieran causar fluctuaciones en la captura por lance estandarizado del atún aleta amarilla, directa o indirectamente.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el poder de pesca de cada tipo de embarcación.  
Estandarizar el esfuerzo de pesca para el atún aleta amarilla.
- Calcular la captura por lance estandarizado (CPLE) como un índice de abundancia relativa del aleta amarilla por trimestre, años y en el área de realización del lance.
- Determinar el efecto espacio-temporal de la temperatura superficial del mar, perfiles térmicos, vientos, surgencias, producción primaria (concentración de clorofila *a*), las estructuras oceanográficas de alta frecuencia y la topografía del área sobre la CPLE.
- Análisis y descripción de la influencia de las variables ambientales, las estructuras oceanográficas de alta frecuencia y de la topografía con la CPLE.

## MATERIAL Y METODOS

### Área de estudio

El área de estudio es el noroeste del pacífico mexicano, que comprende la región entre los 20°N 32°N y desde la costa hasta los 118°W (fig. 2).

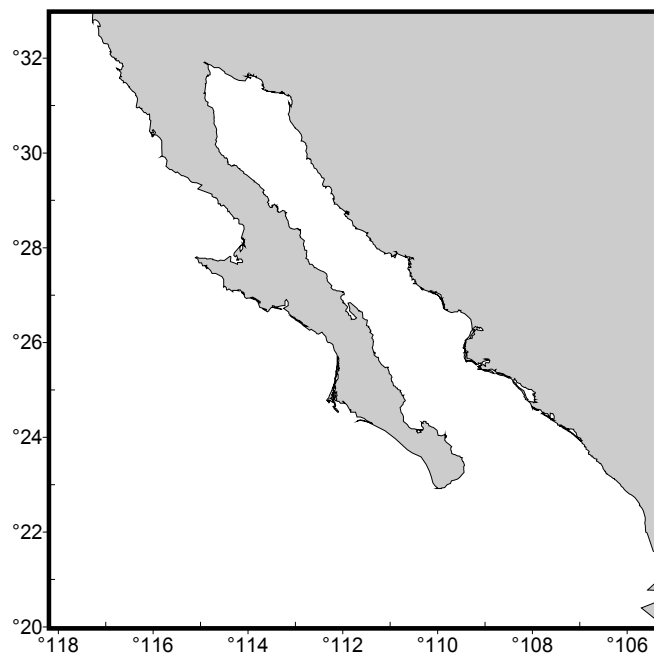


Figura 2. Área de estudio.

En la parte occidental de la Península de Baja California, en general, las isotermas e isohalinas son más profundas lejos de la costa y se inclinan hacia la superficie a medida que se acercan a ésta. Este comportamiento se asocia al balance geostrofico de la Corriente de California (predominante desde finales de invierno a principios de verano con dirección al sur) y a la ocurrencia de surgencias cerca de la costa en primavera y verano, debido principalmente a los vientos del noroeste (Bakun y Nelson, 1991; De la Lanza-Espino, 1991).

En el Golfo de California la circulación de las corrientes y masas de agua no están bien definidas, debido a que existen una gran diversidad de factores físicos y químicos que lo afectan. De acuerdo con Wyrski (1965) existe la influencia de todas las corrientes del Pacífico Este, que se desarrollan de norte a sur y su sistema está asociado a patrones de vientos locales. Sin embargo, hay que resaltar que en este mar las corrientes de marea tienen un fuerte efecto. La boca del Golfo de California es considerada como una zona de mezcla de aguas, por lo que representa una amplia complejidad tanto horizontal como vertical. En general el agua que se encuentra en el Golfo de



California es más cálida y más salina que la observada en la parte occidental de la Península de B.C. En el golfo las surgencias se presentan principalmente durante invierno y primavera, desde la parte central de Sonora a la parte media del estado de Sinaloa, y de verano a otoño en la parte oriental de la Península de B.C. (De la Lanza-Espino, 1991).

### **Origen de la información**

Para este estudio se utilizó la base de datos de captura y esfuerzo de la flota atunera mexicana que opera en el noroeste de México y que ha sido recopilada en el proyecto de Pelágicos Mayores del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), la cual es una base representativa de lo que ocurre en el área, ya que contiene mas del 90% de los lances realizados en la misma. Los registros son datos puntuales de la localización geográfica de los lances realizados durante 1984-1999, conteniendo la siguiente información: clave del barco, fecha del lance, latitud, longitud, tipo de indicador de pesca, temperatura del agua, captura estimada de atún aleta amarilla, de barrilete, de otros atunes y ayuda aérea. En total se analizaron 30,720 lances de pesca.

Las variables ambientales que se analizaron son las bases de datos de:

- a) TSM mensual provenientes de la base de Reynolds y Smith, (1994), para el periodo de 1984-1999.
- b) TSM promedio semanal proporcionada por el National Environmental Center Prediction (NOAA-NECP) de 1984-1999.
- c) Perfiles térmicos con información cada 10 m, desde la superficie hasta los 150 m de profundidad de 1984-1990, facilitadas por el National Environmental Center Prediction (NOAA-NECP) de 1984-1990.
- d) Información de vientos: velocidad de viento y forzamiento producido por el viento mensual, con una resolución de  $1^{\circ} \times 1.5^{\circ}$  de latitud y longitud facilitada por el Dr. Paul C. Fiedler y obtenida del Pacific Fishery Environmental Laboratory (NOAA-PFEL), desde enero de 1984 a diciembre de 1999.
- e) Índices de surgencia mensuales, provenientes del Pacific Fisheries Environmental Group (NOAA-PFEG), para el periodo de 1984-1999 para las áreas de P. Eugenia ( $27^{\circ}\text{N } 116^{\circ}\text{W}$ ), B. Magdalena ( $24^{\circ}\text{N } 113^{\circ}\text{W}$ ) y la boca del Golfo de California ( $21^{\circ}\text{N } 107^{\circ}\text{W}$ ).
- f) Datos e imágenes de concentración de clorofila *a* promedio mensual del sensor SeaWiFS-SeaSTAR, con una resolución de 4 km, facilitadas por la NASA/Goddard Space Flight Center and ORBIMAGE, desde septiembre de 1997 a diciembre de 1999.
- g) Imágenes de satélite de TSM del advanced very high resolution radiometer (AVHRR), de la NOAA con una resolución de 1.1 km, facilitadas por proyectos del departamento de Plancton y de Oceanología del CICIMAR, desde septiembre de 1997 a diciembre de 1999.

Además de las anteriores se analizó información de la topografía del área de estudio (NOAA, 1990)

### **Asignación del esfuerzo**

En el análisis se tuvieron las siguientes consideraciones: a) se considera a la captura por lance estandarizado (CPLE) como un índice de la abundancia relativa; b) se considera lance sobre atún aleta amarilla cuando esta especie representa más del 50% de la captura total del lance; en los casos en los cuales se tuvieron registro de esfuerzo sin captura, se consideraron dirigidos a atún aleta amarilla, por la preferencia que tiene la flota mexicana sobre esta especie (Bautista-Cortés, 1997) y porque ha representado, en promedio, más del 83% de las capturas totales de la flota mexicana en la última década.

### **Estandarización del esfuerzo**

La estandarización del esfuerzo de pesca se realizó siguiendo la metodología de Ehrhardt (1981), calculando la captura por unidad de esfuerzo nominal (CPUE) por tipos de barcos que realizan la pesca y por tiempo. Posteriormente se realizó un análisis de varianza entre los tipos de barcos. Se observaron diferencias significativas entre ellos ( $F_{(2,30827)}=168.40$   $P=0.028$ ). Una vez notadas estas diferencias, se estandarizó el esfuerzo de pesca (lances), considerando como estándar a la clase 3 (barcos con capacidad de acarreo mayor de 600 t), ya que actualmente es la flota con mayor número de embarcaciones, mayor capacidad de acarreo y la que aportó los mayores volúmenes de captura de atún aleta amarilla en el noroeste del Pacífico mexicano.

### ***Clases de barcos designadas en la estandarización del esfuerzo de pesca***

Clase 1: Barcos con capacidad de acarreo de menos de 401 t.

Clase 2: Barcos con capacidad de acarreo >400 y <601 t.

Clase 3: Barcos con capacidad de acarreo mayor de 600 t.

### **Captura por unidad de esfuerzo nominal:**

$$CPUE_{ij} = \frac{C_{ij}}{en_{ij}}$$

C: Captura; en: Esfuerzo nominal (lance); i: Clase de barco; j: Tiempo (mes, trimestre, año)

### **Estimación del poder de pesca por clase de embarcación.**

$$PP_{ij} = \frac{CPUE_{ij}}{CPUE_s}$$

CPUE<sub>s</sub>: CPUE de la clase considerada como estándar (Clase 3)

*Clase de barcos 3:*

Barcos con mayor autonomía: Mayor capacidad de bodega, potencia del motor, con helicópteros y con red de mayor tamaño.

### **Lances estandarizados:**

$$ES_{ij} = PP_{ij} * en_{ij}$$

ES: Esfuerzo estandarizado por clase de barco

### **Estimación de la CPLE:**

$$CPLE_{ij} = \frac{C_{ij}}{ES_{ij}}$$

### **Análisis de la captura por lance**

Esta unidad fue estimada anual y estacionalmente, para observar las variaciones en los rendimientos de pesca entre años y estaciones. Para analizar el comportamiento general de la captura por lance en el área de estudio se calcularon sus anomalías, determinando un ciclo promedio anual para toda la serie de datos, con el objetivo de eliminar la estacionalidad y hacer más evidentes las variaciones interanuales. Las series fueron sometidas a un filtrado usando el 4253H filter, en el programa Statistica v. 6.0 (StatSoft Inc, 2001).

### **Distribución espacial de las capturas por especie y lances de agua**

Para poder observar más detenidamente su distribución, determinar en qué áreas se dedicó mayor cantidad de esfuerzo de pesca, cuáles fueron las áreas de mayor capturas de atún aleta amarilla y en cuales se efectuaron un mayor número de lances de agua se elaboraron mapas de distribución de las capturas por especie y lances de agua, para todos los años en estudio y para un año promedio (tipo). Con la finalidad de representar gráficamente las variaciones anuales y mensuales de las capturas por especie y del número de lances de agua, se elaboraron histogramas de frecuencias anuales y de un año tipo, mismos que se ubicaron en la parte superior derecha de los mapas de distribución.

### **Distribución general de los lances por tipo de pesca**

Se elaboró un mapa general del área de estudio, en el que se representa por medio de gráficas de sectores el porcentaje de lances de cada tipo de pesca por cuadrante de 1°x1°. Se estimó primeramente el total de lances realizados por la flota en cada cuadrante durante el periodo de 1984-1999 y posteriormente se obtuvo el porcentaje de lances asociados a cardúmenes libres o brisa y asociados a delfines.

### Relación del esfuerzo, capturas y captura por lance con la temperatura superficial del mar

Se construyeron histogramas de los niveles de esfuerzo (lances), capturas y captura por lance, con relación a la temperatura observada en el área para observar en qué valores de temperatura se aplicó mayor esfuerzo de pesca, en los que se obtuvieron las mayores capturas y en las que se registraron las mayores abundancias relativas de atún aleta amarilla. Asimismo, se realizó un análisis de la frecuencia de las temperaturas asociadas a las capturas del atún aleta amarilla y de la temperatura prevaleciente en el área, para determinar la preferencia de temperaturas del aleta amarilla en el noroeste del pacífico mexicano.

$$FR = \frac{Fasoc_{a,b}}{FT}$$

FR= frecuencia relativa

Fasoc<sub>a,b</sub> =frecuencia de temperatura superficial asociada a las capturas de atún aleta amarilla (a) o a lances sin captura (b).

FT=frecuencia de temperatura superficial en el área de estudio.

### Operación de la flota

Se determinaron las latitudes máximas de operación de la flota por años, considerando como latitud máxima aquella en la que se realizaron al menos 6 lances de pesca. De igual forma se estimó el número de lances realizados en cada año para observar la variación en la distribución latitudinal del esfuerzo y si ésta tiene relación con las temperaturas observadas en el área.

### Razón de lances positivos

Se determinó el porcentaje anual de lances positivos (RLP) (lances con captura  $\geq$  a 0.5 t), para observar sus variaciones en el periodo de estudio, determinar en qué años fue más eficiente la flota sobre los cardúmenes de atún y si esta variable tiene alguna relación con la TSM.

$$RLP = \frac{LPj}{LTj}$$

LPj : Lances Positivos en el tiempo *j*

LTj : Lances totales en el tiempo *j*

Lance positivo: Lance en el que se obtuvo  $\geq$  de 0.5 t de atún aleta amarilla.

### **Relación del viento con el esfuerzo de pesca, la captura y la abundancia relativa del atún aleta amarilla**

Se utilizó la base de datos de vientos proporcionada por el Pacific Marine Environmental Laboratory (NOAA-PMEL), la cual contiene los datos de velocidad y del rotacional del esfuerzo de viento sobre el océano (Wind-Curl, *en inglés*) por cuadrantes de  $1^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ . Se realizaron histogramas para identificar a qué velocidades y a qué forzamiento por el viento se realizaron la mayoría de los lances, se obtuvieron las mayores capturas y se registraron las mayores abundancias relativas de aleta amarilla.

### **Relación de las surgencias con la abundancia relativa**

Con la finalidad de observar la posible relación de los índices de surgencias con la CPLE en el área de estudio se tomaron en cuenta dos áreas de surgencias costeras:  $21^{\circ}\text{N } 107^{\circ}\text{W}$  y  $24^{\circ}\text{N } 113^{\circ}\text{W}$ ; en ambas zonas se realizan capturas importantes de atunes durante la mayor parte del año. Para ello se realizó un análisis de correlación entre estas variables con el programa Statistica v.6.0 (StatSoft Inc, 2001), con este análisis se puede observar si existe alguna relación posible de la abundancia relativa con respecto a los índices de surgencia observados.

### **Relación de la concentración de clorofila *a* con las capturas y la abundancia relativa**

De las imágenes globales promedio mensual de concentración de clorofila *a* (concentración de clorofila *a*) de resolución de 4 km. del sensor NASA-SeaWiFS, se recortó el área de estudio, sobreponiéndole a este último los índices de abundancia relativa del atún aleta amarilla, representados por símbolos distintos, dependiendo del nivel de concentración del recurso en cada lance realizado. De igual forma se obtuvieron los valores de concentración de este pigmento para el área de estudio, por medio del programa computacional Windows Image Manager (WIM), los cuales fueron utilizados en el análisis de correlación cruzada con los valores mensuales de la captura por lance de septiembre de 1997 a septiembre de 1999, y de esta manera poder observar si existe relación entre estas variables.

### **Relación entre la TSM y la distribución de las capturas de aleta amarilla**

Se usaron imágenes de satélite de la temperatura superficial del mar, las cuales fueron generadas con una técnica no-lineal usando las bandas 4 y 5 de la serie de datos del Advanced very high resolution radiometer (AVHRR-HRPT) de la NOAA. La resolución de cada elemento de la imagen es de 1.1 km. En cada imagen utilizada se sobrepuso la distribución de los lances con sus respectivas marcas. Con estas imágenes se realizó un seguimiento visual de las características de alta

frecuencia (frentes oceánicos, gradientes de temperatura, giros ciclónicos y anticiclónicos, lengüetas de aguas, entre otras) con la concentración de clorofila *a* y con la abundancia relativa del atún aleta amarilla.

### **Relación de la captura y la captura por lance con el perfil térmico**

Este análisis se hizo para el meridiano de los 108°W, desde los 20° a los 25°N, ya que en este transecto es el que cruza por la parte media del Golfo de California y es en el cual la flota atunera mexicana dedica una gran cantidad de esfuerzo de pesca (Ortega-García, 1998). Primero se separó la información de las bitácoras de pesca y de temperatura desde los 0-150 m de profundidad para el área mencionada. Con la información de las bitácoras se obtuvo la captura total y la captura por lance, las cuales se representaron con círculos de diferente tamaño de acuerdo con los valores de abundancia relativa. Sobre la base de la temperatura a diferentes niveles de profundidad se elaboraron isolíneas de temperatura, usando el método geoestadístico de interpolación “Kriging” en el programa Surfer (Win32) v. 6.01 (Golden Software, Inc. 1995). A los gráficos se les sobrepusieron en su correspondiente latitud, los círculos que representan las capturas y la abundancia relativa (captura por lance). Considerando la isoterma de los 20°C como la profundidad de la termoclina y dada la relación que ésta tiene como limitante en la distribución del recurso se destaca su profundidad en estas gráficas.

### **Relación de la topografía con el esfuerzo de pesca, la captura y la abundancia relativa de aleta amarilla**

Se analizó la base de topografía (NOAA, 1990) del área de estudio, identificándose el área y la profundidad de cada uno de los bajos que se encuentran en los alrededores de Baja California Sur, con la ayuda de las cartas topográficas O.S.M. 602 (No. 21120) de Punta Eugenia a Cabo San Lázaro B.C.S de la Secretaria de la Marina (Secretaria de Marina, 1975) y de la carta H.O 1664 de Bahía Magdalena a La Paz B.C.S. de la Secretaria Naval de E.U.A (Secretary of the Navy, 1961). Para determinar el área de influencia de los bajos, se tomó como referencia el trabajo de Roden (1984), en el que se observa que la influencia de un bajo es de un extensión de aproximadamente la mitad de la longitud de su área. Para ver el efecto que tienen los bajos en la abundancia relativa de la especie en forma espacial, se realizó un análisis de varianza en forma general entre la CPLE de los bajos y de sus alrededores.

## RESULTADOS

Los poderes de pesca determinados en la estandarización del esfuerzo de pesca son los siguientes:

**Clase 1: 0.41**

**Clase 2: 0.60**

**Clase 3: 1**

Por lo que la clase 3 es 2.42 veces más potente que la clase 1 y a la vez ésta es 1.67 veces más potente que la clase 2.

### Captura y captura por lance

#### a) Anual

Las mayores capturas fueron obtenidas durante 1988, 1993 y 1998, años en los que se obtuvieron más de 25,000 t de atún, siendo los de menor captura 1990, 1994, 1995 y 1997, obteniéndose en promedio capturas inferiores a 10,000 t (fig. 3).

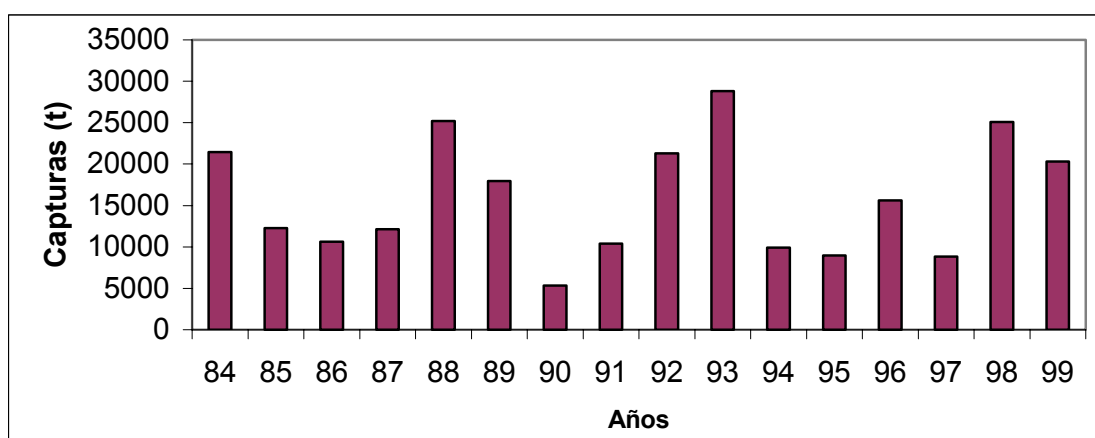


Figura 3. Captura anual de atún aleta amarilla en el noroeste de México, durante 1984-1999.

Las mayores abundancias relativas del atún aleta amarilla fueron obtenidas durante 1986, 1988 y 1993, en los que se obtuvieron en promedio volúmenes superiores a 7.0 toneladas/lance; los años en los que se observaron menores abundancias y menores anomalías correspondieron a 1990, 1994, 1995 y 1997, con capturas por lance promedio anual menores a 3 t/l y con las anomalías más negativas (figs. 4 y 5).

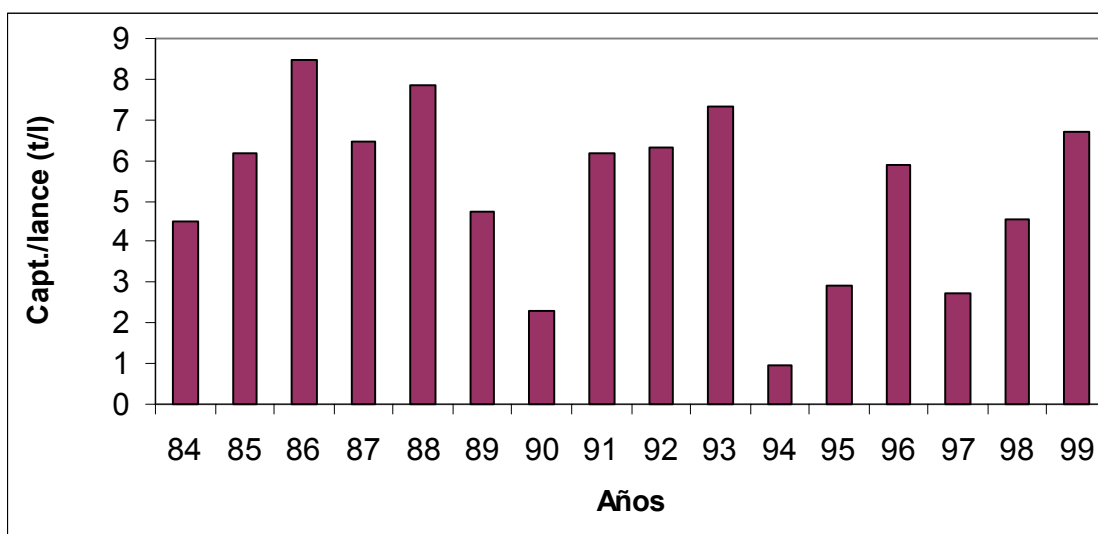


Figura 4. Captura por lance promedio anual de atún aleta amarilla en el noroeste de México, durante 1984-1999.

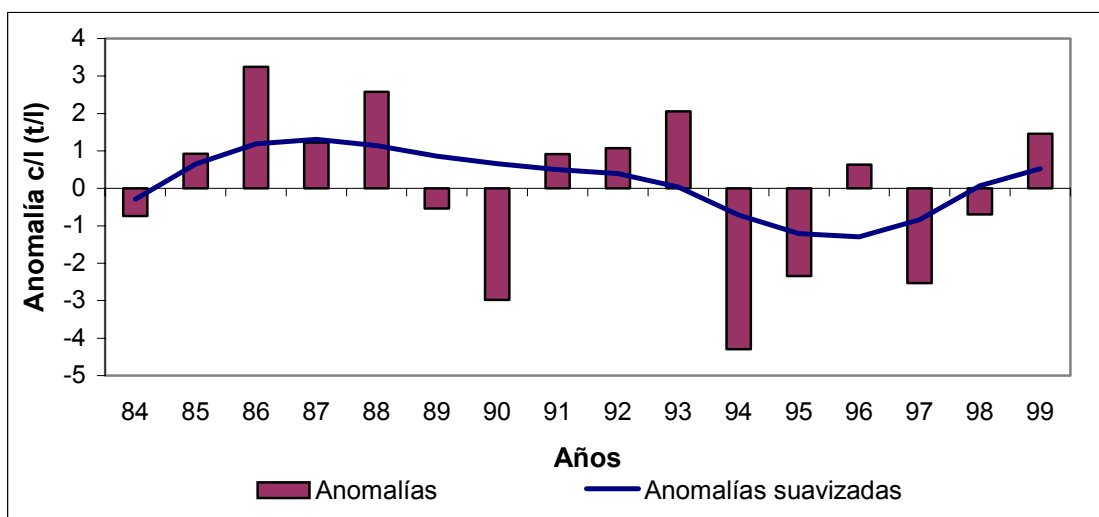


Figura 5. Anomalia de la captura por lance promedio anual de atún aleta amarilla en el noroeste de México, durante 1984-1999.

**b) Estacional**

Estacionalmente se observa una alta variabilidad, siendo los segundos trimestres de 1986, 1988, 1991, 1992, 1993 y 1999 en los que se presentaron las mayores abundancias relativas de aleta amarilla con valores superiores a los 8.6 t/l. Los menores valores fueron observados en su mayoría durante el cuarto trimestre de 1994, 1997 y 1999, con valores inferiores a 1 t/l (fig. 6).



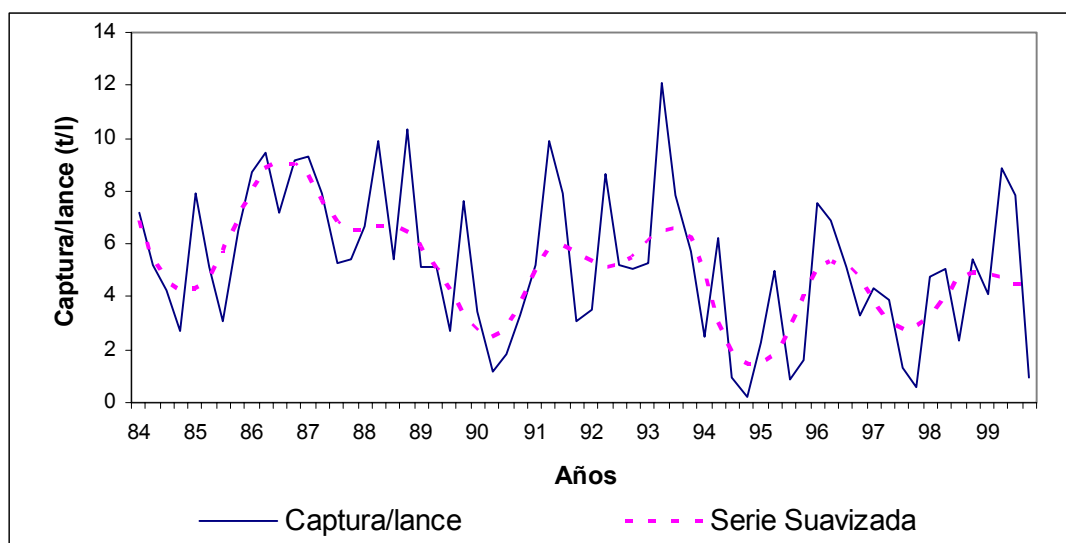
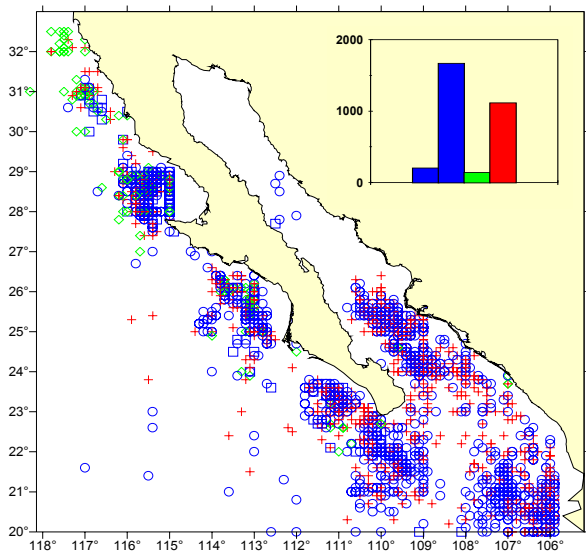


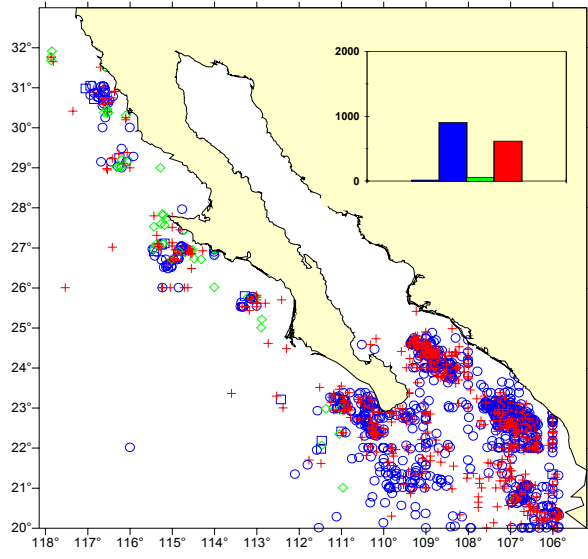
Figura 6. Captura por lance estacional de atún aleta amarilla en el noroeste de México, durante 1984-1999.

**Variación espacial interanual**

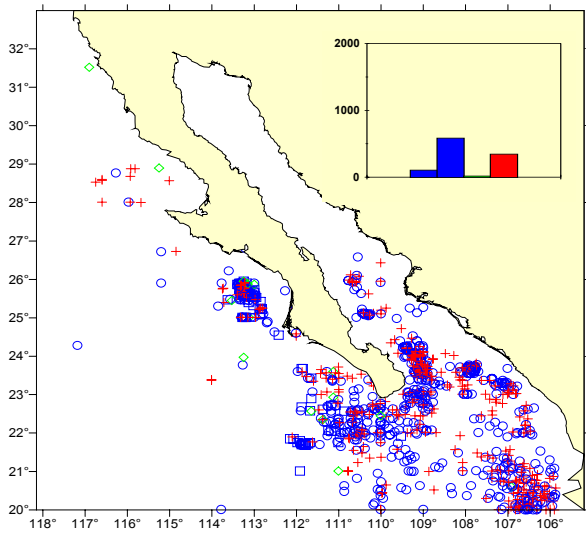
Los mapas de distribución anual de los lances sobre atún aleta amarilla, barrilete, ambas especies y de agua, muestran que la mayor cantidad de lances se realizados en la cercanías de la boca del Golfo de California y la parte occidental de la Península. Se observa también que durante los años de 1984, 1992, 1993, 1997 y 1998, la distribución de los lances alcanzó su latitud más norteña; asimismo, durante esos años se observa una mayor numero de lances de agua, como puede verse en el histograma, en la parte superior derecha (mapas siguientes) (fig. 7).



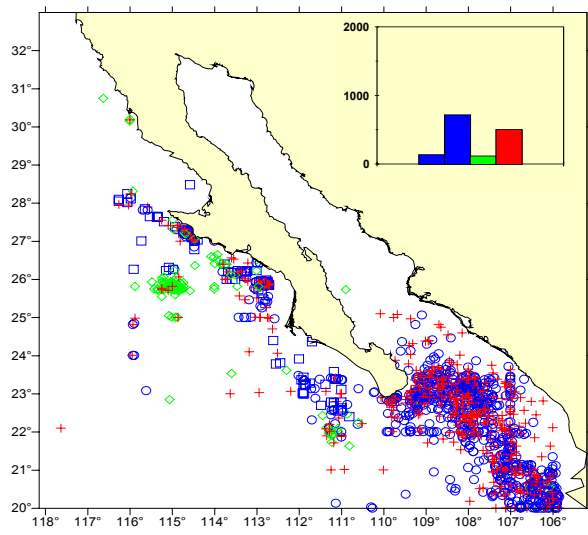
1984



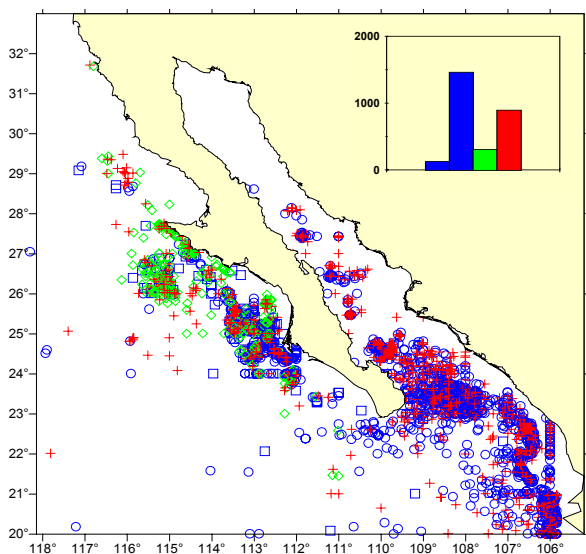
1985



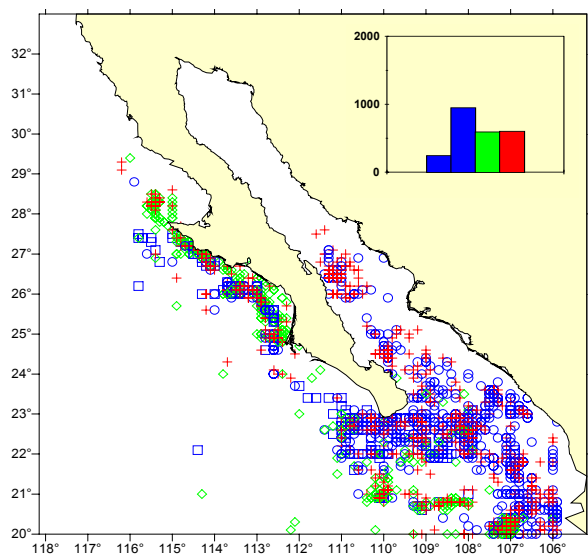
1986



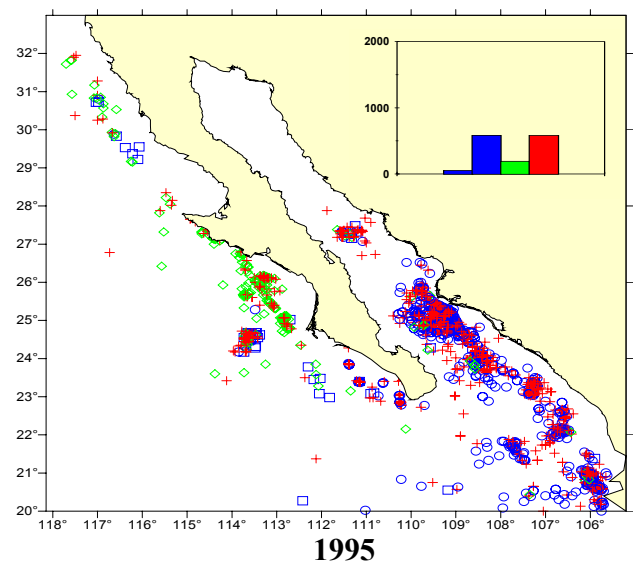
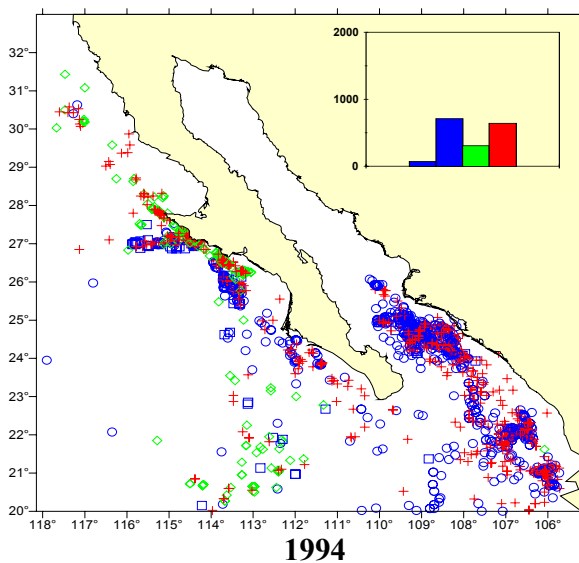
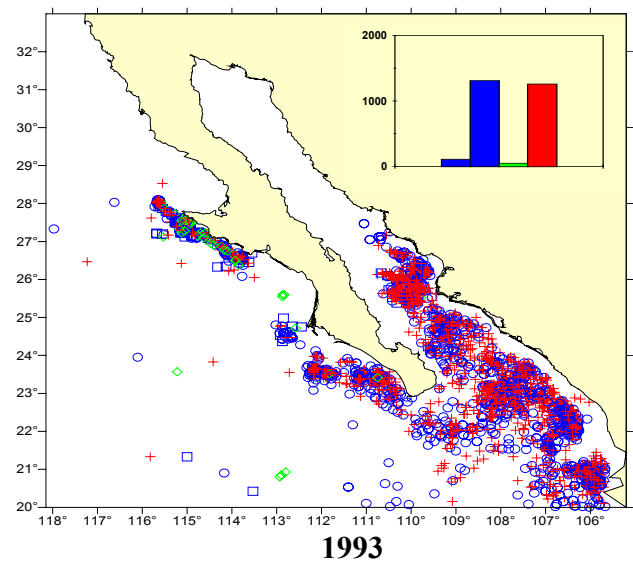
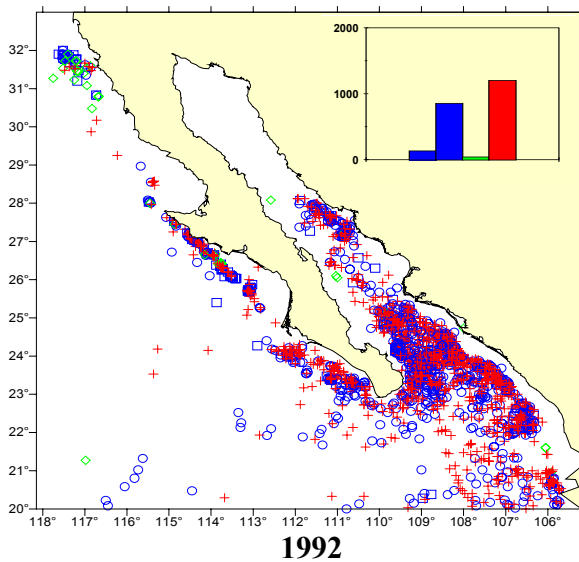
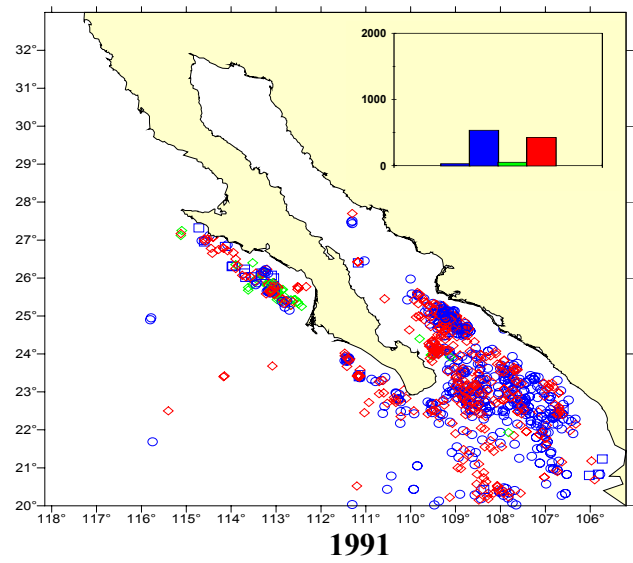
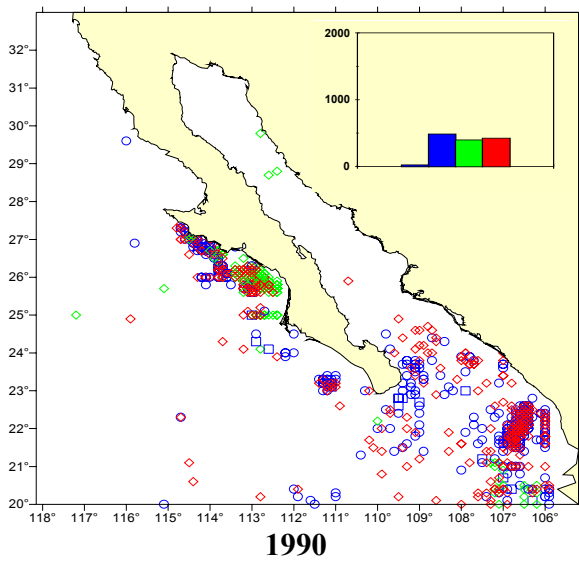
1987



1988



1989



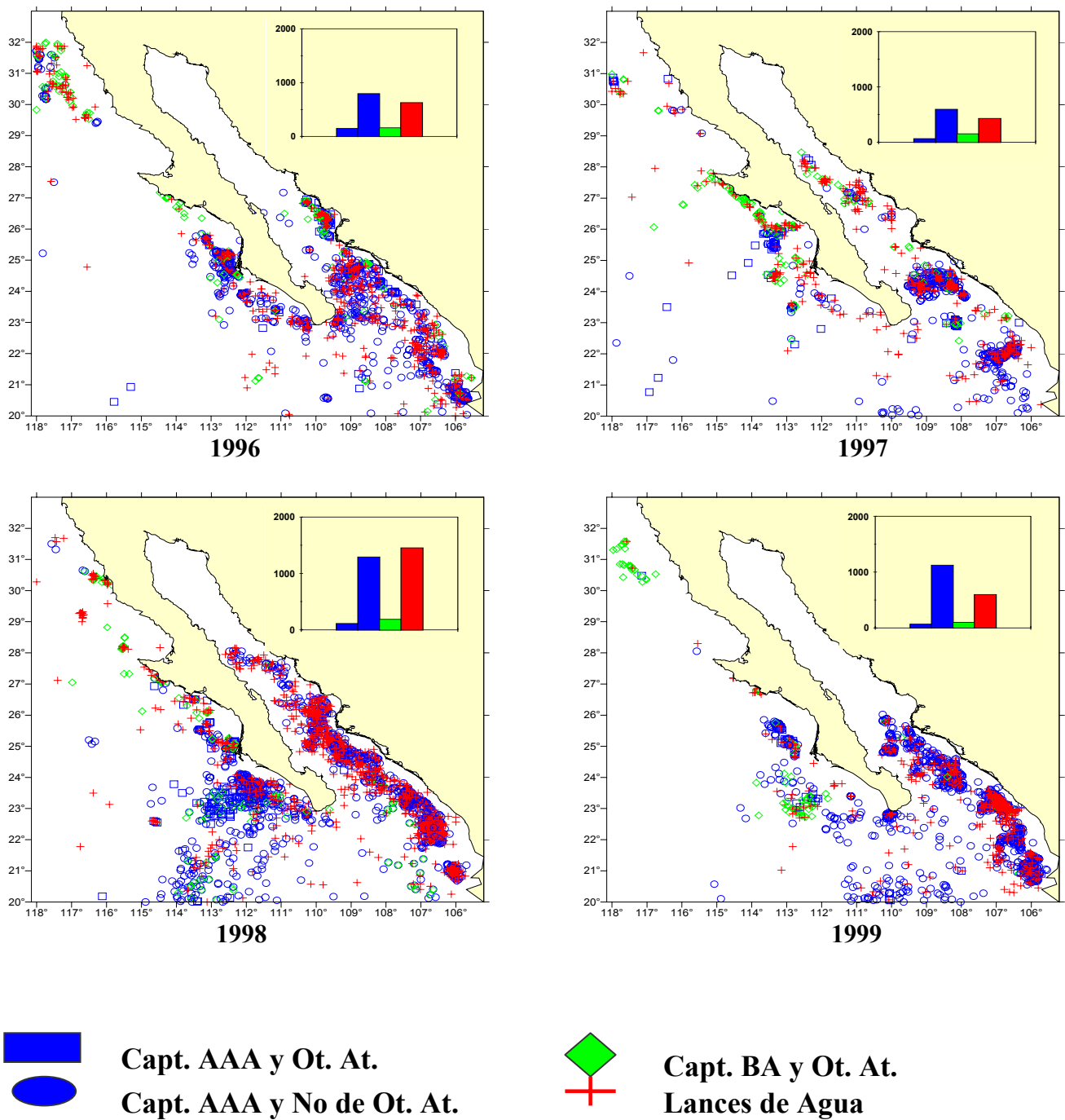


Figura 7.- Distribución anual de los lances sobre atún aleta amarilla, ambas especies, sobre barrilete y de agua. El eje vertical del histograma de la parte superior derecha representa el número de lances.

### **Variación mensual de un año tipo**

En los mapas de distribución de los lances en el año tipo (mapas siguientes), se puede observar que durante los primeros meses del año la pesca se realiza en los alrededores de la boca del Golfo de California, para posteriormente ser mayor en la parte occidental de la Península de Baja California y en la parte oceánica durante el tercer trimestre del año, para el cuarto trimestre la pesca vuelve a contraerse más a la parte costera del noroeste del pacífico mexicano (fig. 8).

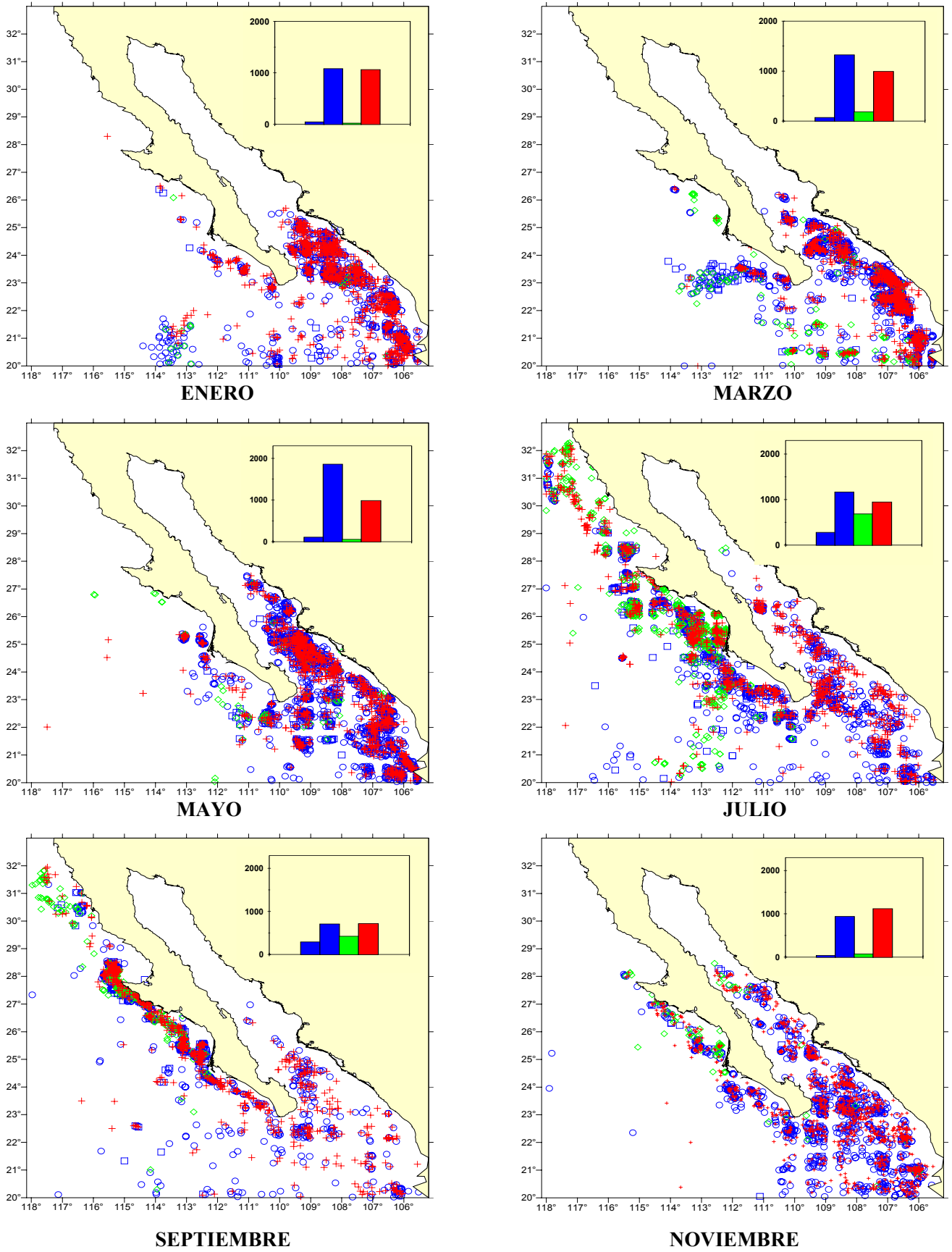


Figura 8.- Distribución en un año tipo de los lances sobre atún aleta amarilla, sobre barrilete, ambas especies y de agua.

### Distribución estacional promedio

Para el periodo total el 42 % de los lances fueron realizados en la boca del golfo de California entre los 22-26°N, siendo esta área importante todo el año. Los resultados muestran que las operaciones de pesca, a lo largo de la costa occidental fueron estacionales, y que durante el tercer trimestre las operaciones se realizaron a mayores latitudes (fig. 9). Para el total de los datos la CPLE promedio estacional fue significativamente diferente ( $F_{(3,60)}=3.27$ ,  $P=.027$ ), mostrando durante el segundo trimestre el calor promedio mas alto, cuando las operaciones de pesca se concentraron en la boca del Golfo de California, y en la costa sudoeste de la Península de Baja California.

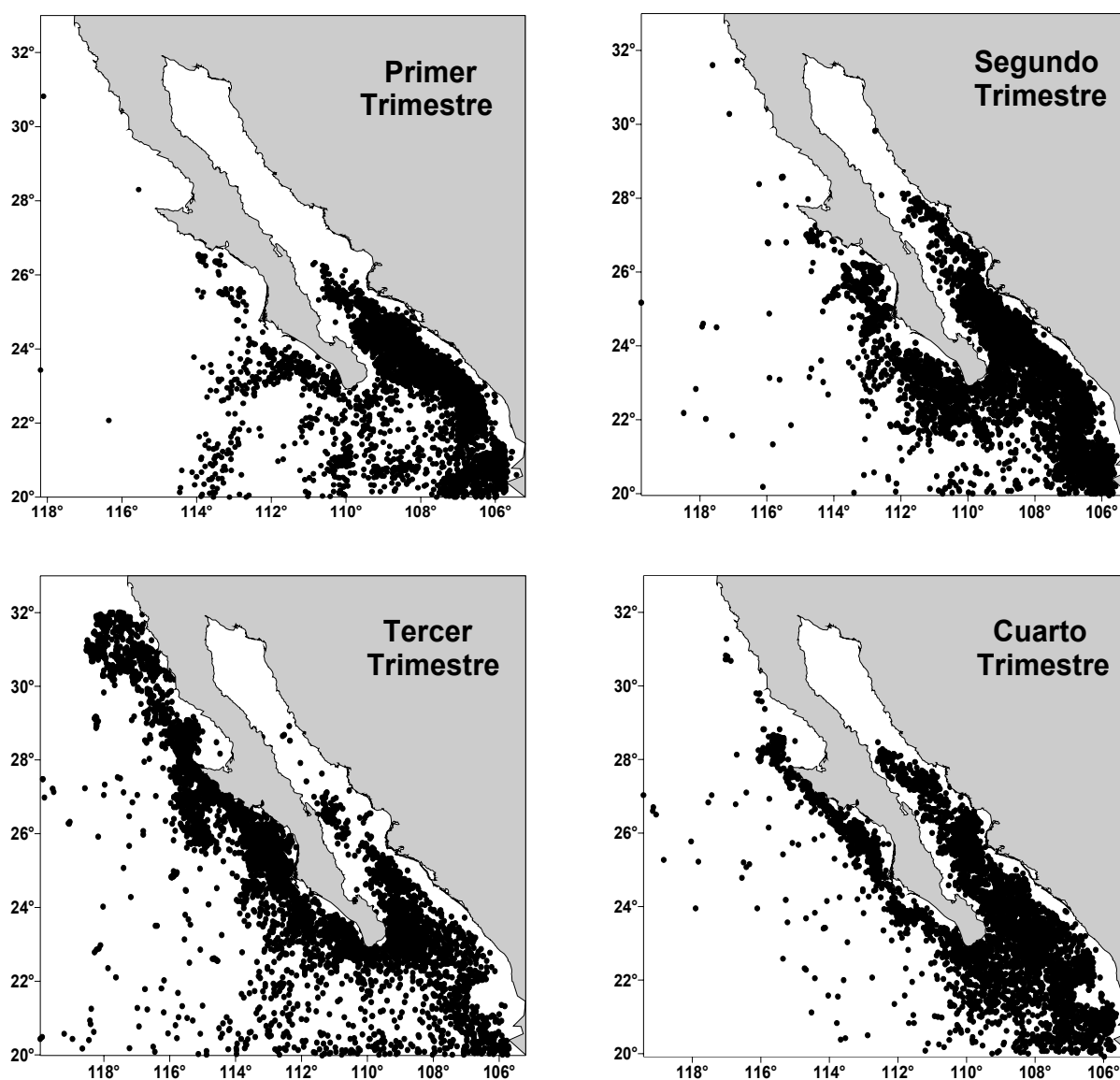


Figura 9. Distribución trimestral de los lances en el noroeste de México durante 1984-1999.

### Distribución espacial por tipo de pesca

En las áreas cercanas a la costa o cerca de las islas, dentro del golfo y al norte de los 23°N (a lo largo de la costa oeste) el principal tipo de pesca en el que se realizaron las capturas de atún, fue en lances sobre brisa, mientras que al sur de estas áreas el principal indicador de pesca fue sobre cardúmenes de atún asociados a delfines (fig. 10).

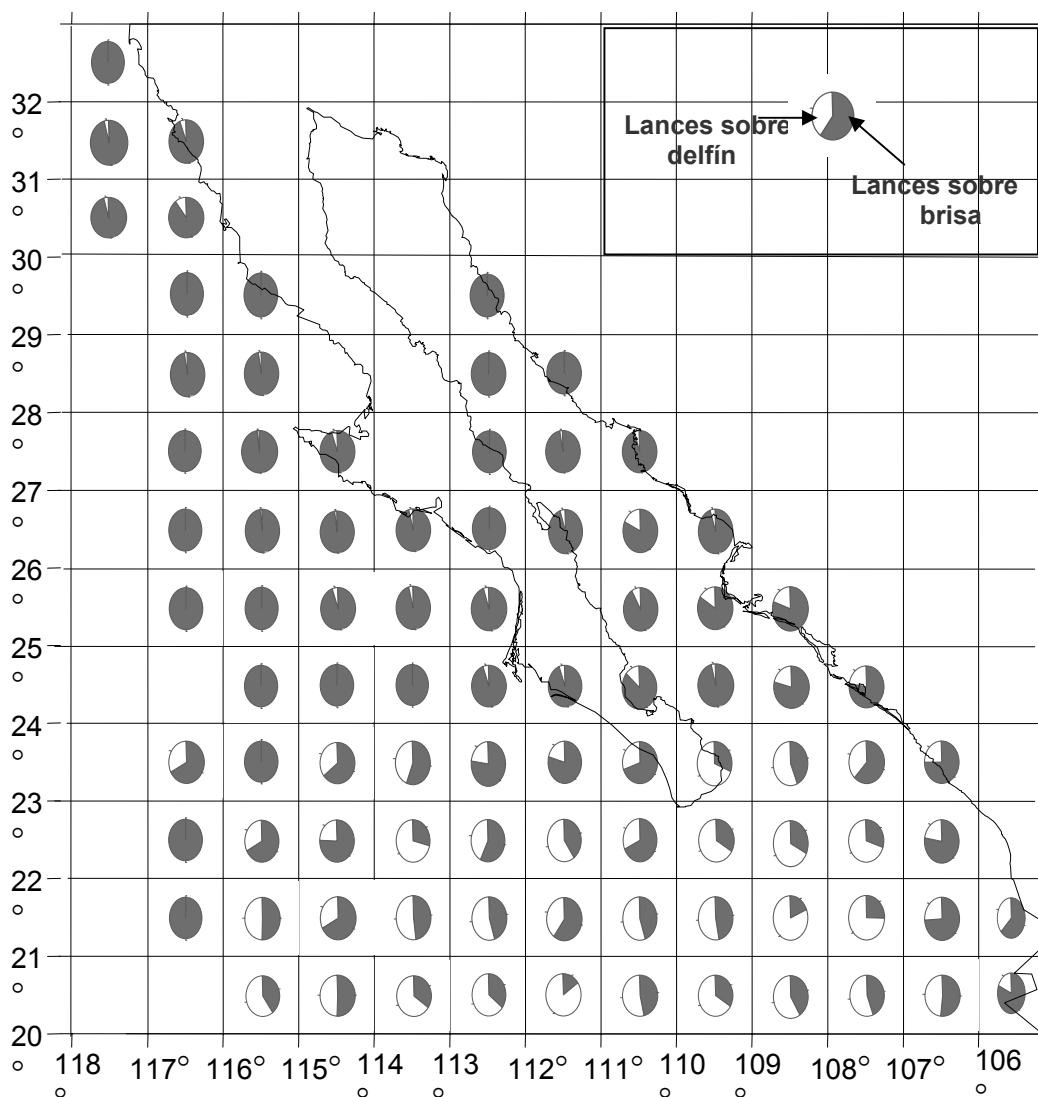


Figura 10.- Porcentaje de los tipos de pesca (brisa y delfín) por cuadrante de 1° durante 1984-1999.

De acuerdo a la figura siguiente (fig. 11), se observa que durante el periodo de 1997 y 1998, se presentaron las mayores anomalías positivas de TSM y que durante 1999 fueron las anomalías mas negativas de todo el periodo de estudio, en el noroeste del Pacífico Mexicano. Durante los otros años, no se notó una clara tendencia.



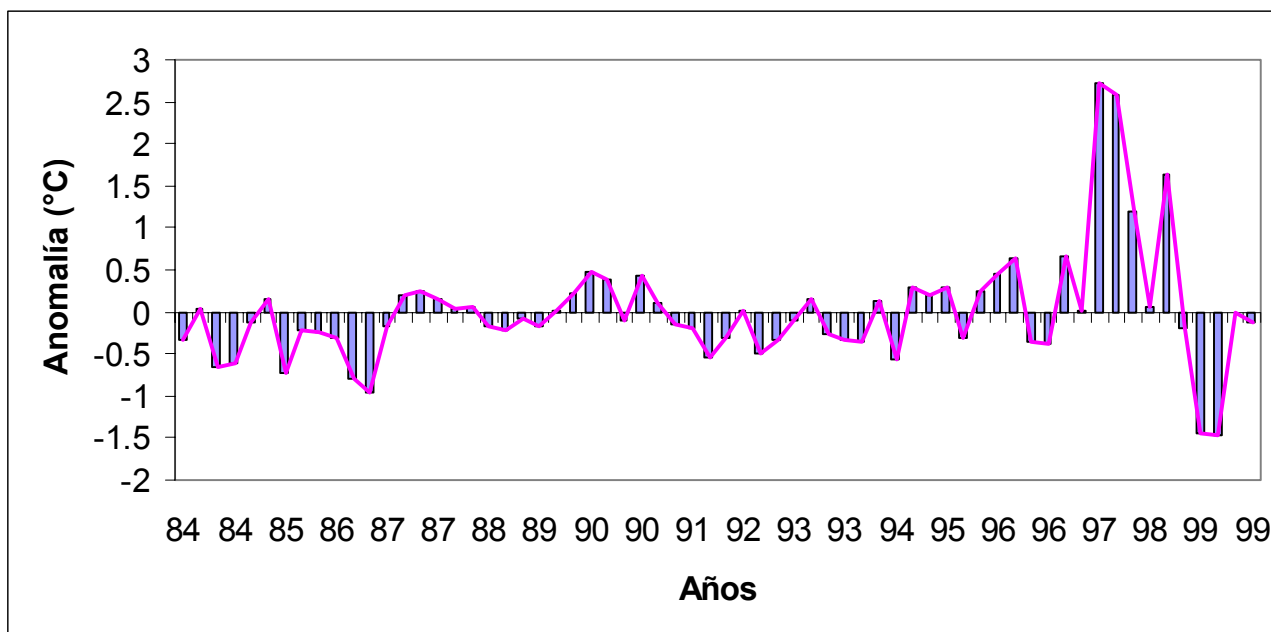


Figura 11.- Anomalías de la TSM promedio en el noroeste de México, durante 1984-1999.

**Relación de la temperatura con las capturas y el esfuerzo**

El intervalo de temperaturas en el que se obtuvieron capturas de atún aleta amarilla fue de los 15° a los 31°C, resaltando las temperaturas de 21° a 26°C, en las que se registraron en promedio capturas superiores a 1,500 t (fig. 12).

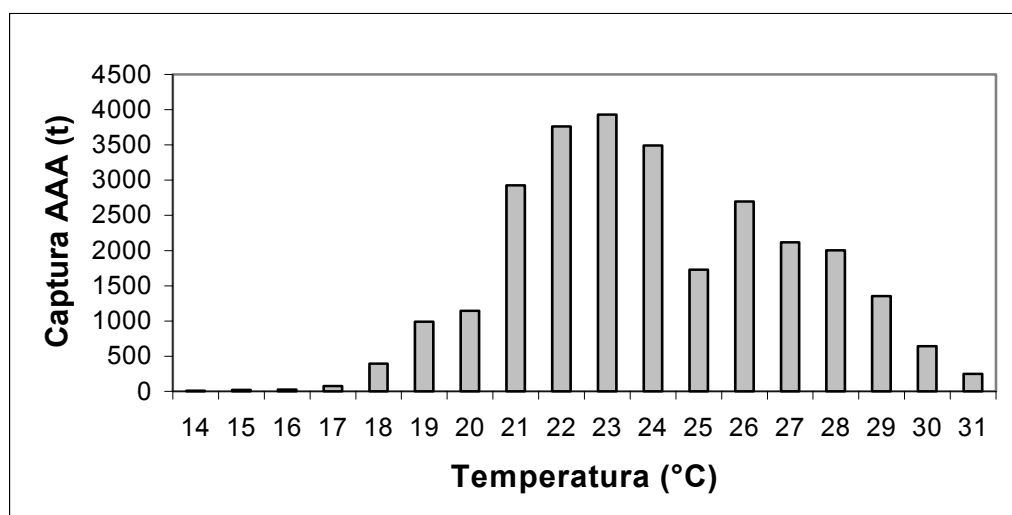


Figura 12.- Capturas de atún aleta amarilla, por intervalo de temperatura de 1° C.

La captura por lance estandarizado de atún aleta amarilla, fue mayor de los 21° a los 30°C, en la que se mantiene en promedio con capturas de 7 toneladas por lance, la abundancia relativa en temperaturas inferiores no sobrepasó los 5 t/l (fig 13).

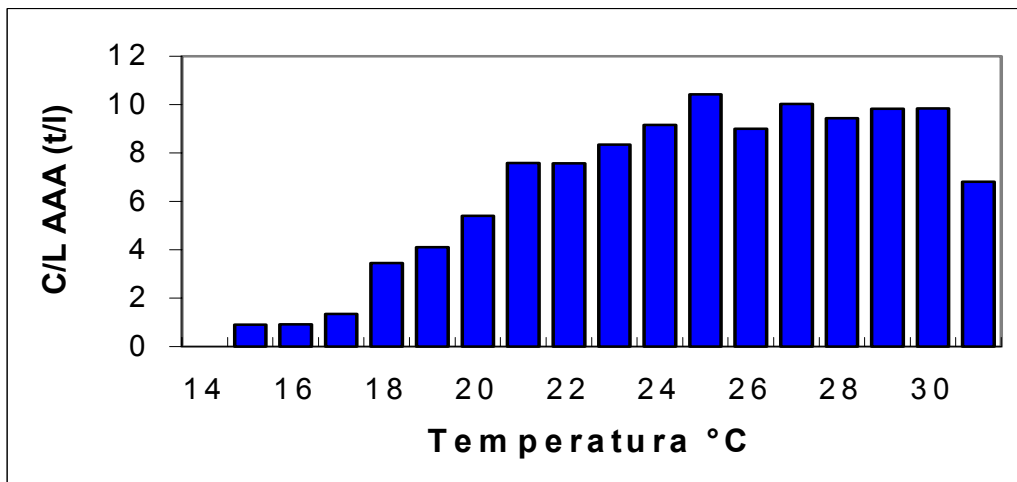


Figura 13.- Captura por lance de aleta amarilla por intervalo de 1°C.

Durante el periodo de 1984-1999, el intervalo de temperatura en el cual las capturas de atún fueron realizadas fue de 17-32°C, con una gran intensidad en el esfuerzo de pesca entre los 21-26°C, con excepción de 25°C,. Para el periodo total, el mayor porcentaje de los lances fueron realizados a los 23°C (14%) (fig. 14).

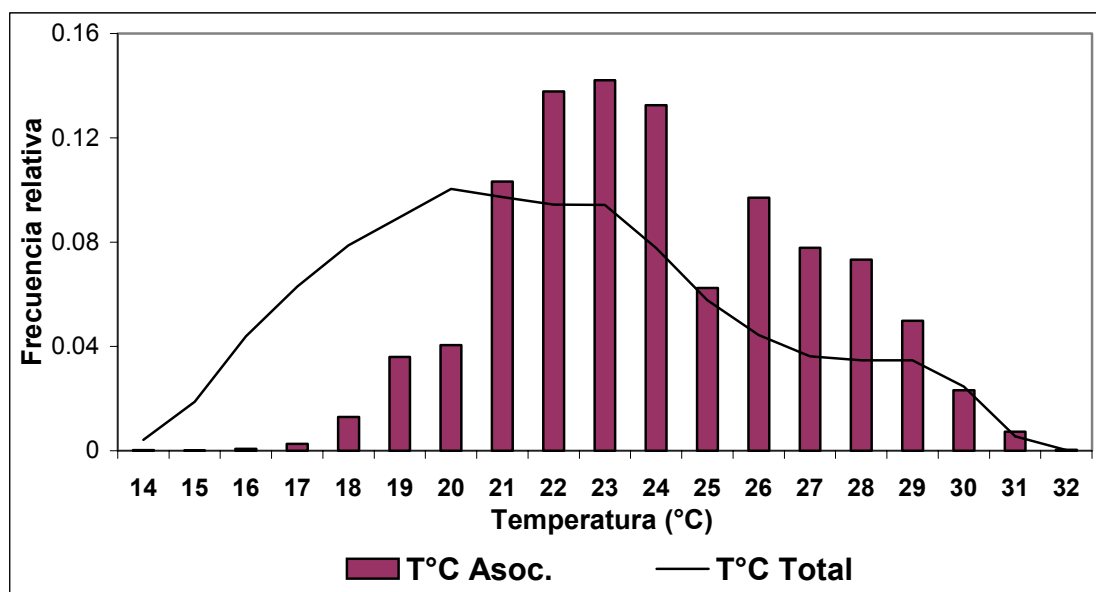


Figura 14. Frecuencia relativa promedio de las capturas por intervalo de TSM.

### Operación de la flota

Durante el periodo de 1984-1999 se determinó un valor de correlación significativo ( $r=0.58$ ) entre las latitudes máximas que llega a pescar la flota y la variación de las temperaturas estimadas en el área de estudio. Es decir, la flota llega a pescar más al norte cuando se presentan temperaturas superiores a 19°C a mayores latitudes (fig. 15).

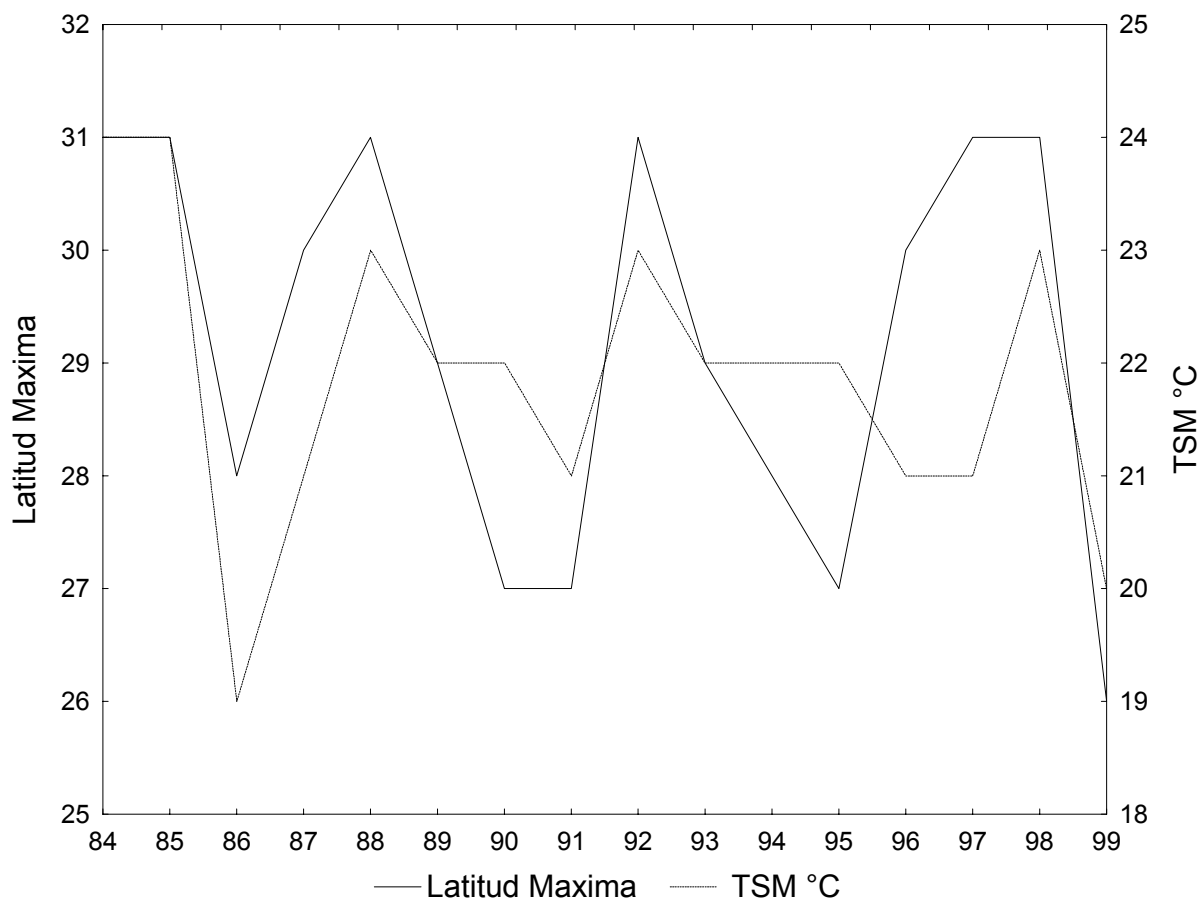


Figura 15.- Relación entre la latitud máxima de las operaciones de pesca de la flota y la TSM.

### Razón de lances positivos interanual y por tipo de pesca

El promedio anual de lances positivos y no positivos fue significativamente diferente ( $F_{(1,30)} = 106.77$ ;  $P < .05$ ). Los mayores porcentajes de lances positivos fueron realizados de 1988 a 1990 y 1999, con mas del 65% de lances positivos; mientras que los valores más bajos fueron observados en 1992 y 1998. El promedio de la razón de lances positivos durante el periodo de estudio fue de 63% (fig. 16).

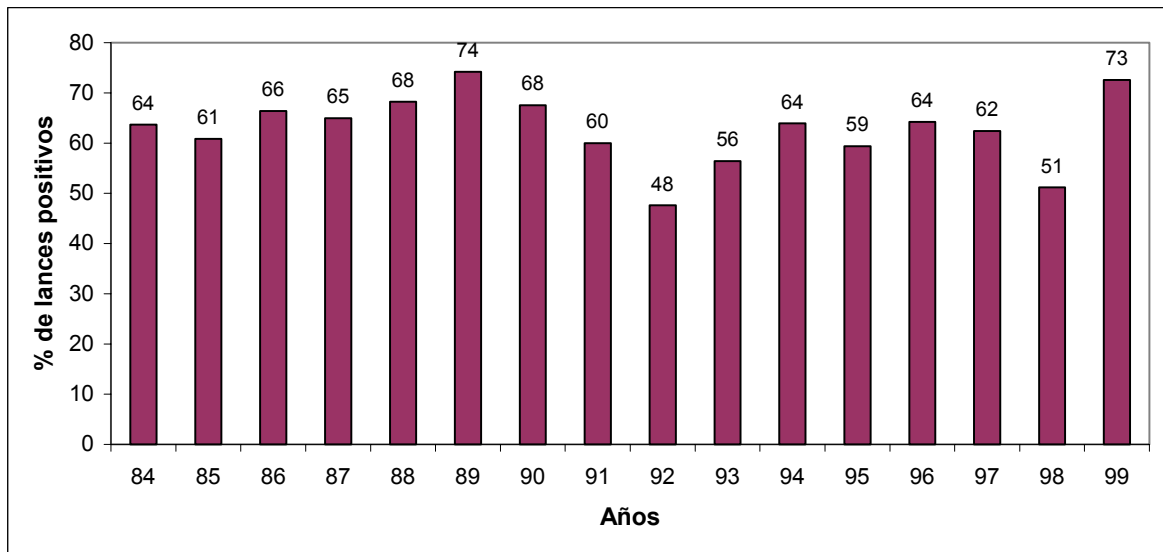
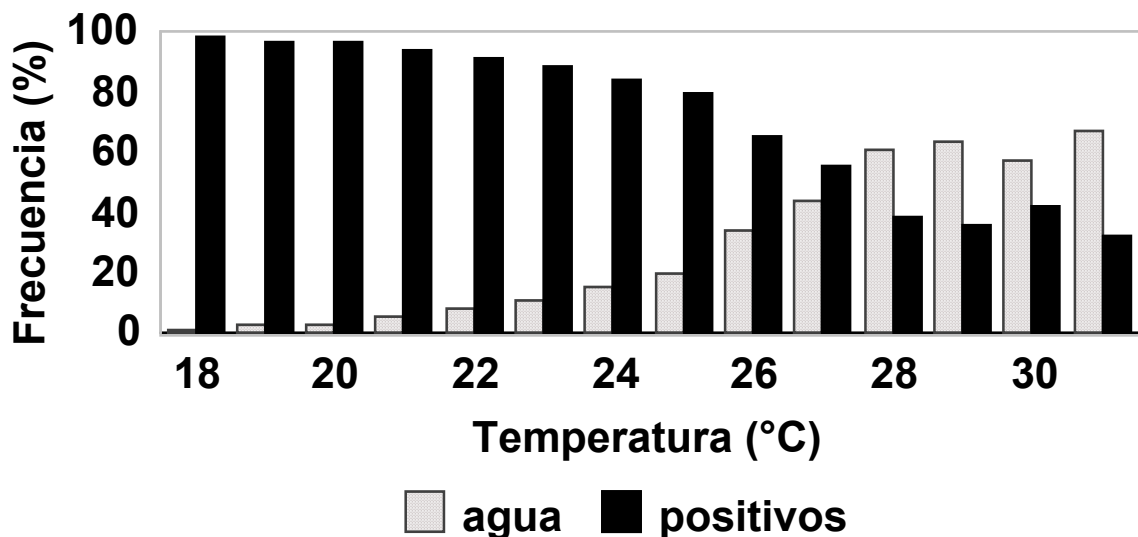
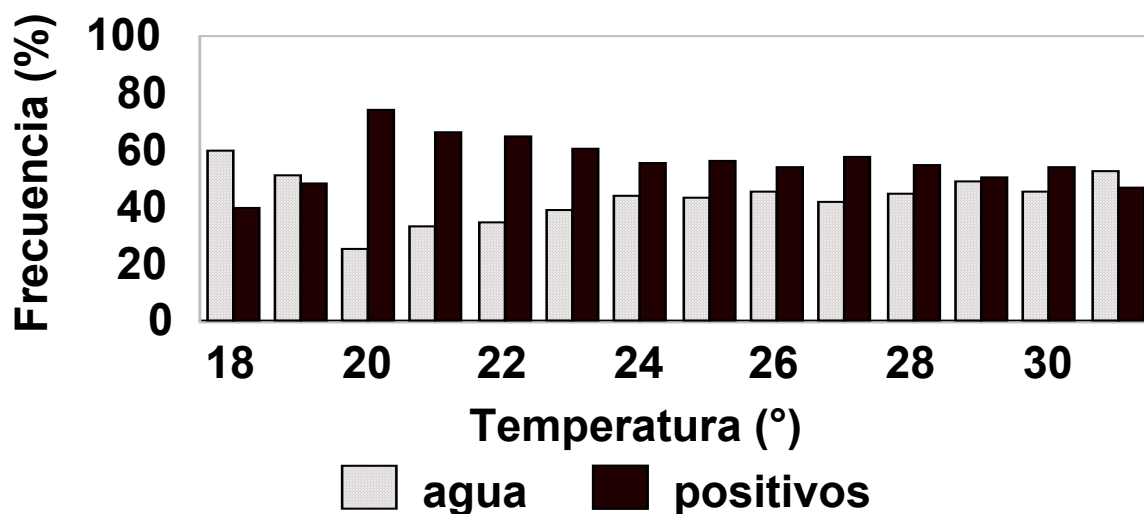


Figura 16.- Razón de lances positivos durante 1984-1990.

En los lances en cardúmenes sobre brisa, se observó una correlación negativa alta entre el porcentaje de lances positivos y la TSM ( $r = -0.95$ ), aumentando el número de lances de agua, con el incremento de la temperatura. En lances asociados a delfines, considerando los lances realizados a temperaturas mayores de  $19^{\circ}\text{C}$  (99.5% del total de lances), se observa el mismo comportamiento ( $r = -0.9$ ) (fig 17a y 17b).



a)



b)

Figura 17. Relación de lances positivos y negativos por tipo de pesca: a) sobre brisa y b) sobre delfín, con la TSM.

**Relación de los vientos**

Aunque predominaron condiciones de viento entre los 5.5 a 7.5 m/s y valores de rotacional de esfuerzo del viento negativos en la mayoría de las áreas del noroeste de México, se observa que se aplicó una gran cantidad de esfuerzo, así como también se obtuvieron las mayores capturas en áreas que presentaron velocidades promedio de viento de 5-6 m/s y valores de rotacional de esfuerzo del viento positivos (figs. 18 y 19).

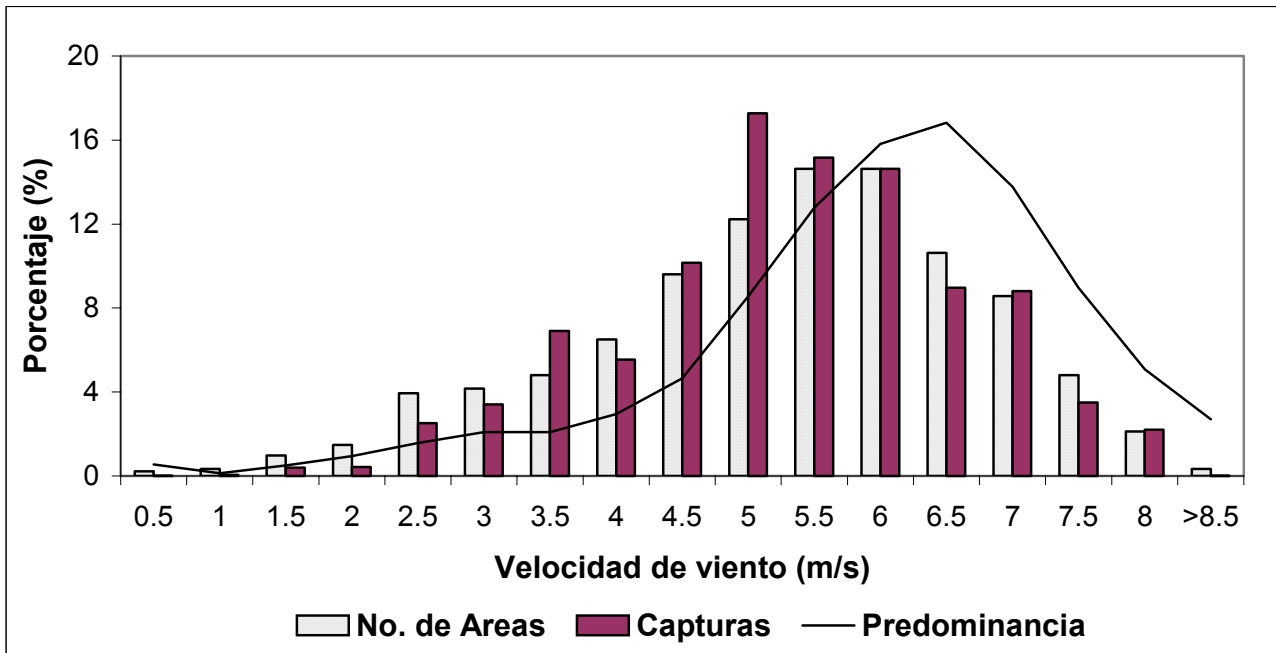


Figura 18.- Relación de la velocidad del viento con el numero de áreas en las que se aplicó esfuerzo (lances) y las capturas del aleta amarilla.

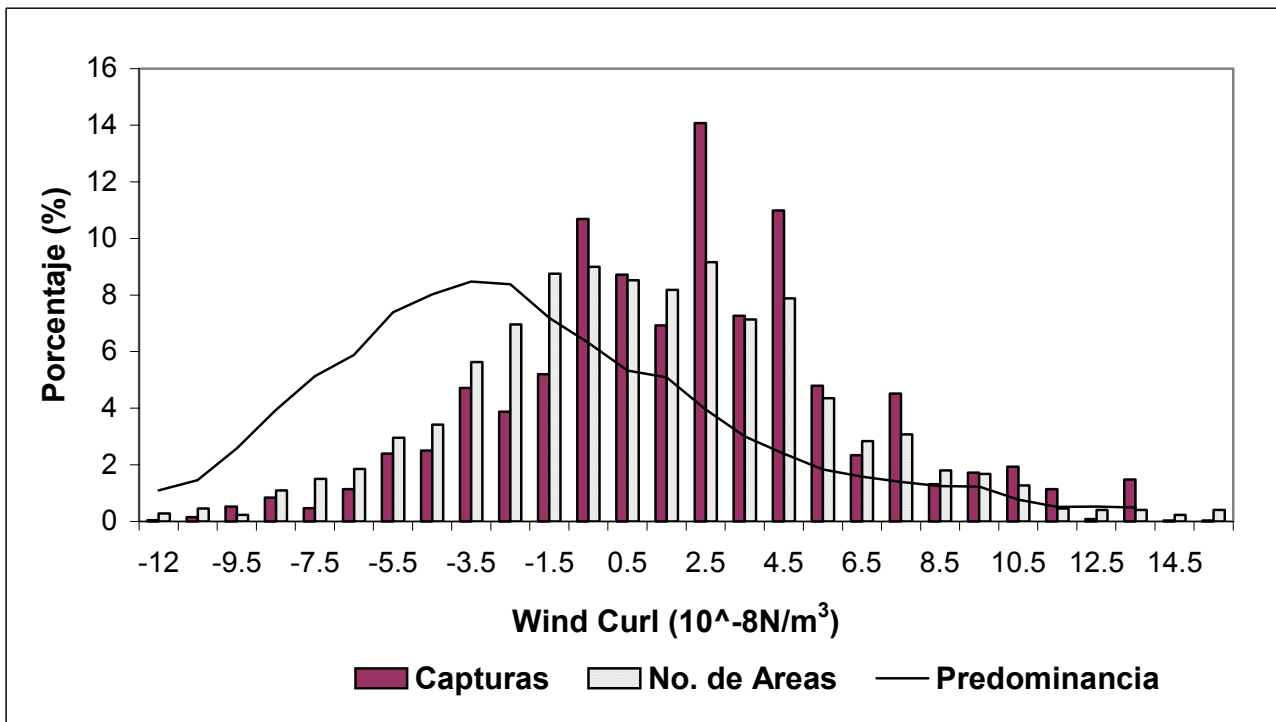


Figura 19.- Relación del forzamiento producido por el viento con el numero de áreas en las que se aplicó esfuerzo (lances) y las capturas del aleta amarilla.

### Relación de las surgencias

En las dos graficas siguientes se puede observar la tendencia a incrementarse la abundancia relativa del atún aleta amarilla a mayores valores de surgencias para el área de frente a Bahía Magdalena (24°N y 113°W) ( $r=0.24$ ) y para el área de la boca del Golfo de California (21°N 107W) ( $r=0.55$ ) (figs 20 y 21).

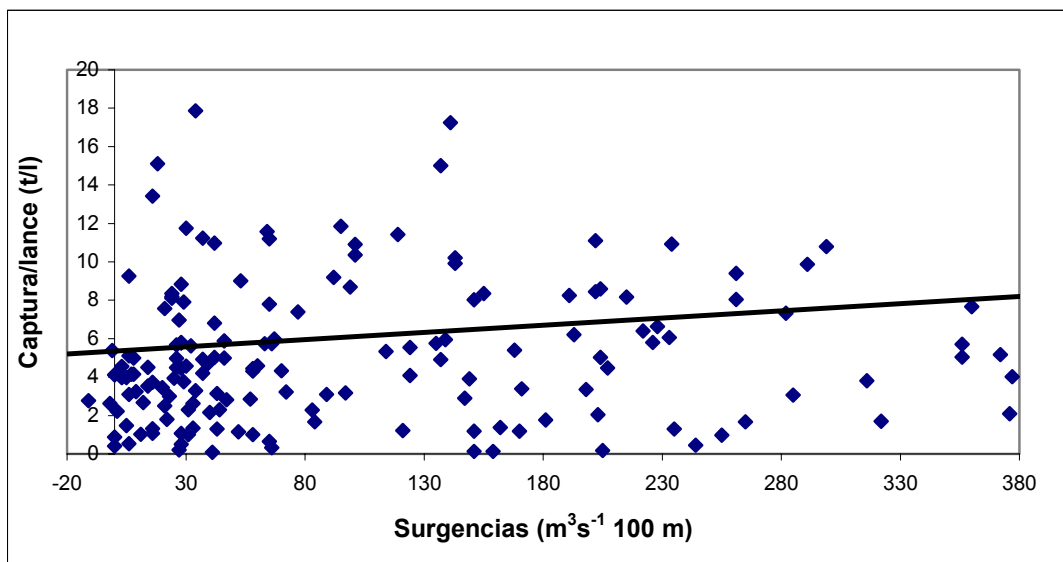


Figura 20.- Relación de Surgencias- CPLE del aleta amarilla en el área 21°N 107°W.

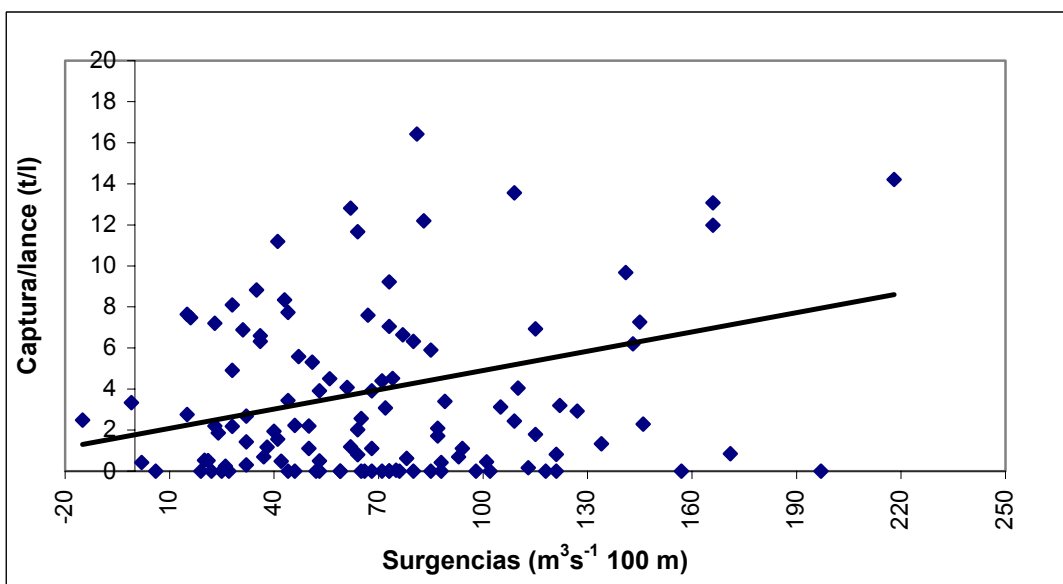


Figura 21.- Relación de Surgencias- CPLE del aleta amarilla en el área 24°N 113°W.

### **Relación de la CPLE con la clorofila *a***

De acuerdo a los mapas de distribución de la clorofila *a* (mapas siguientes) y su relación con la CPLE, se puede observar que durante 1997 se presentaron los menores valores de este pigmento clorofílico, ocurriendo lo contrario durante 1998 y 1999. Se puede observar también que la mayoría de los lances son realizados en lugares cercanos a áreas de mayor concentración de este pigmento (fig. 22).



**Concentración de clorofila *a*-captura**

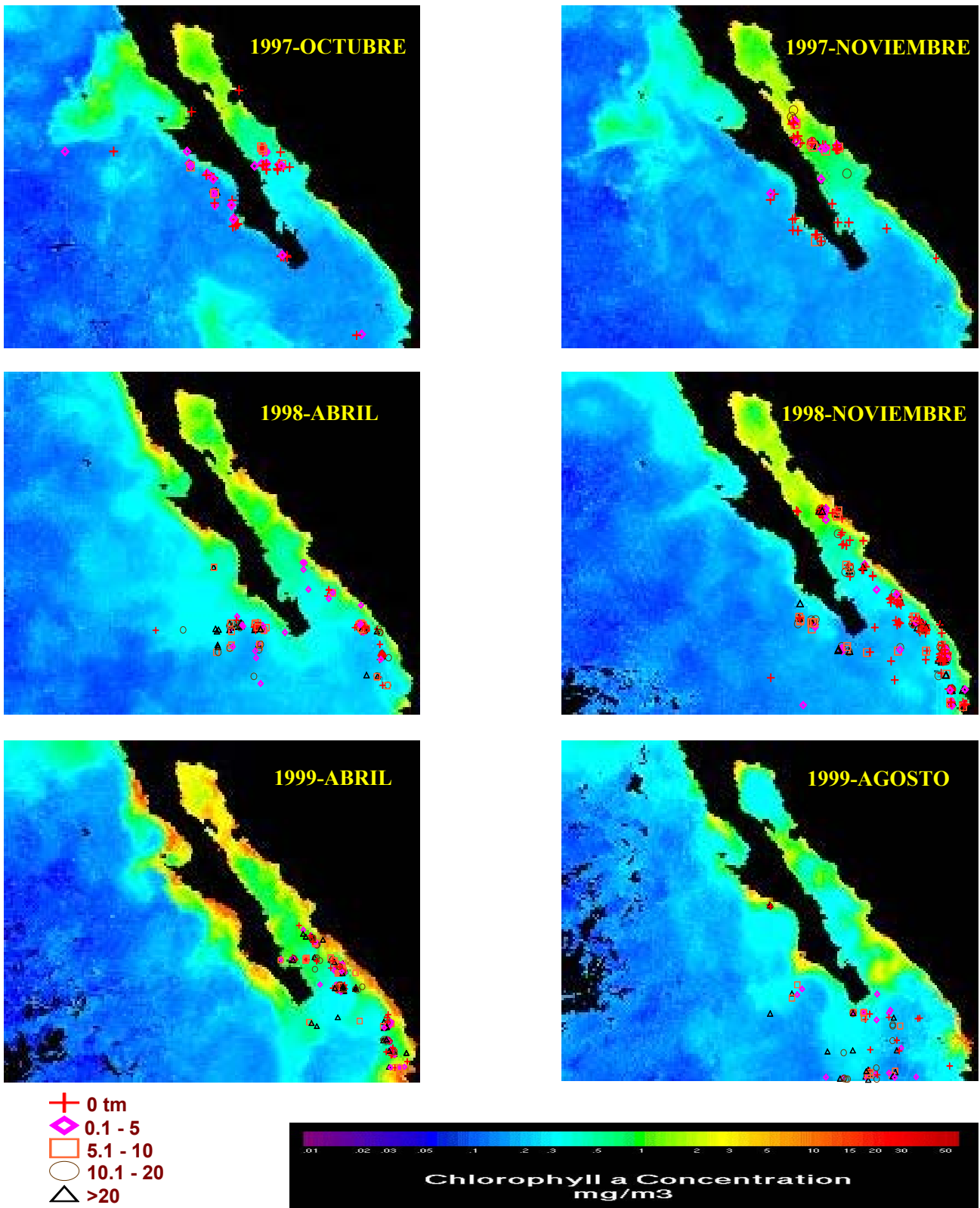


Figura 22.- Distribución de los lances con respecto a la concentración de clorofila *a*.

De acuerdo a la figura siguiente se puede observar la clara correlación significativa entre la concentración de clorofila *a* y la CPLE, con un coeficiente de 0.67 (fig. 23) .

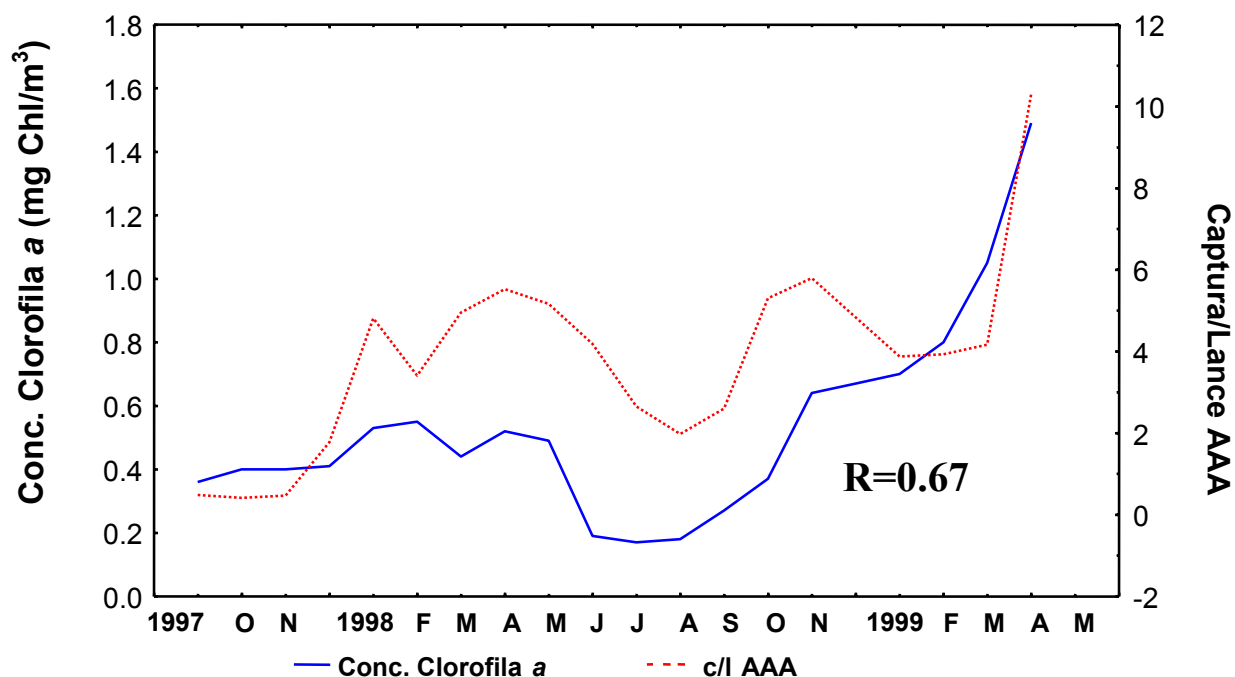


Figura 23.- Relación de la concentración de clorofila *a* y la CPLE del atún aleta amarilla.

**Relación de la abundancia relativa y las imágenes de TSM**

Se observó en forma general que una gran cantidad de esfuerzo de pesca y las mayores abundancias relativas del aleta amarilla se obtienen en áreas en donde se encontraron frentes y gradientes de TSM, así como lengüetas de agua fría. Es de mencionarse que estos lances fueron realizados en la parte cálida de los frentes o gradientes de temperatura; así como también la alta correspondencia de las áreas de menor temperatura con altas concentraciones de clorofila *a* (fig. 24).

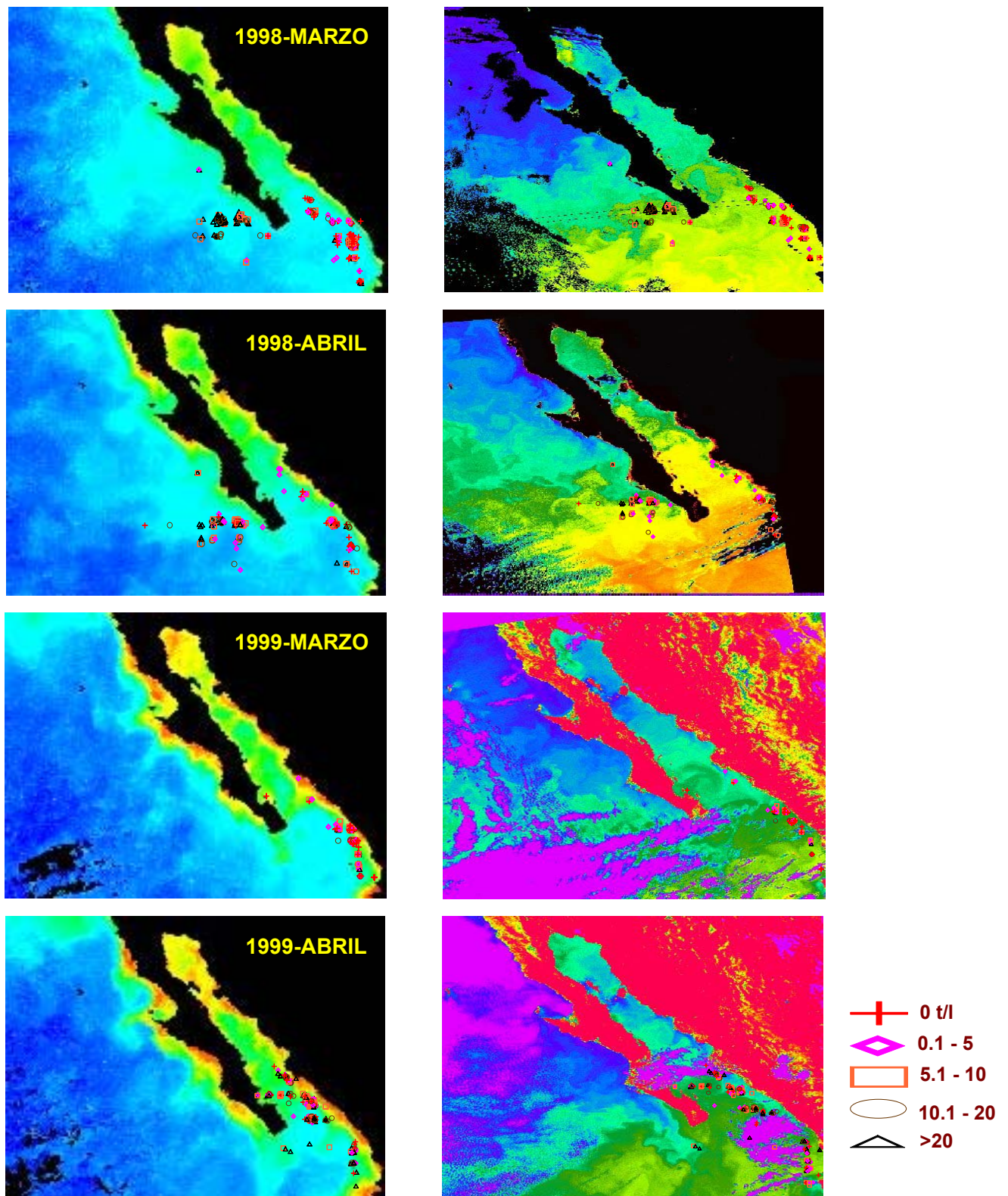


Figura 24. Relación de la TSM con la abundancia relativa del aleta amarilla. Las imágenes de la columna izquierda representa la distribución de los lances con la concentración de clorofila *a*, y la columna de imágenes de la derecha la distribución de los lances con la TSM.

### Relación de las capturas y la CPLE con los perfiles térmicos

Se encontró que en su mayoría las capturas y la abundancia relativa del aleta amarilla estuvieron en áreas en donde la isoterma de los 20°C se observó a profundidades inferiores a 70 m (figs. 25 y 26).

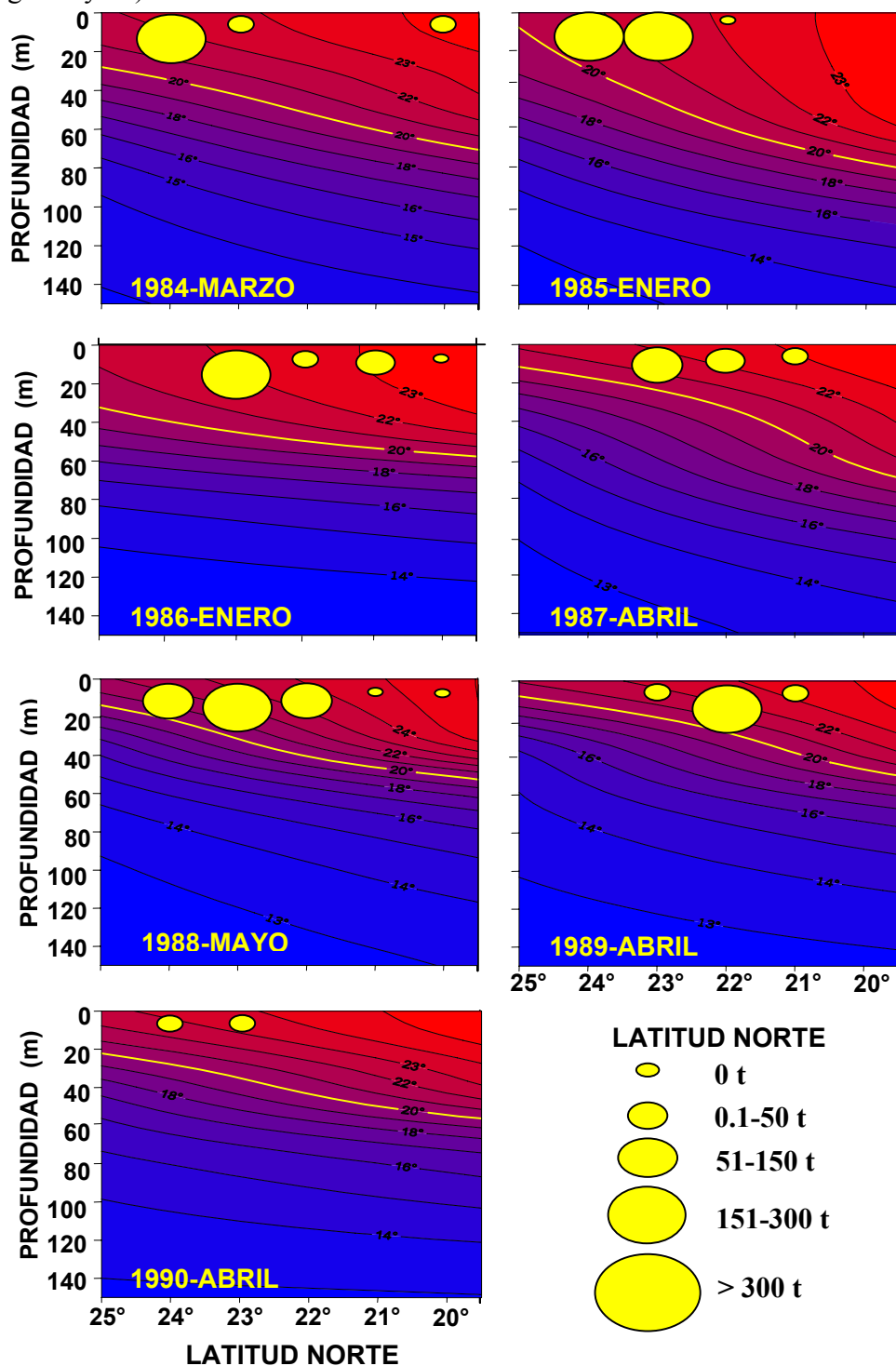


Figura 25.- Relación de la captura de aleta amarilla y el perfil térmico.

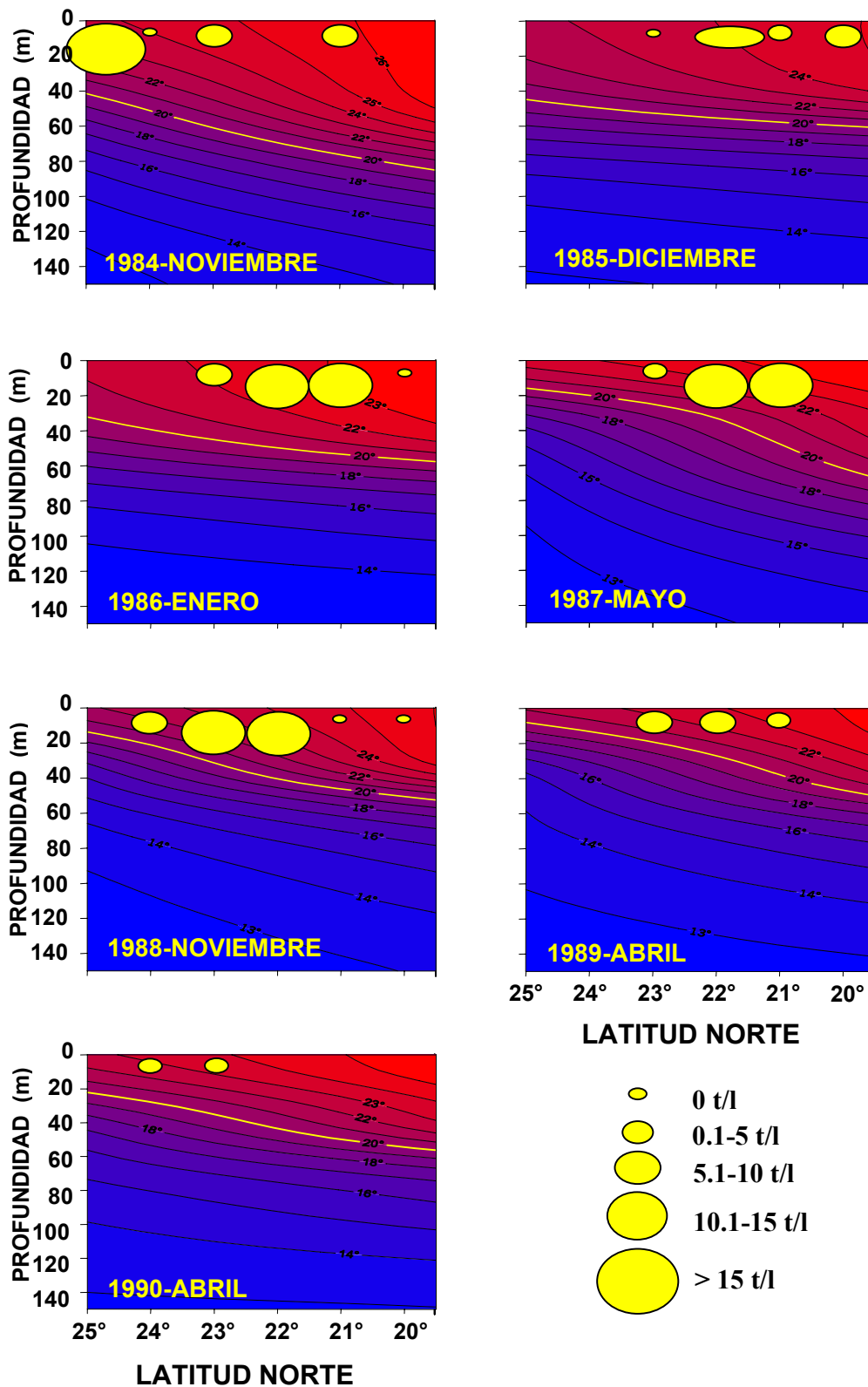


Figura 26.- Relación de la abundancia relativa (CPL) de aleta amarilla y el perfil térmico.

### Análisis de la topografía

En la figura siguiente se puede observar que los bajos se localizan mayormente en la parte suroccidental de la Península de Baja California (fig. 27). Asimismo, en este análisis no se notaron diferencias significativas entre la CPLE del aleta amarilla obtenida en los bajos y la de sus alrededores ( $F_{(1,21)}=0.5526$ ,  $P=0.4654$ )

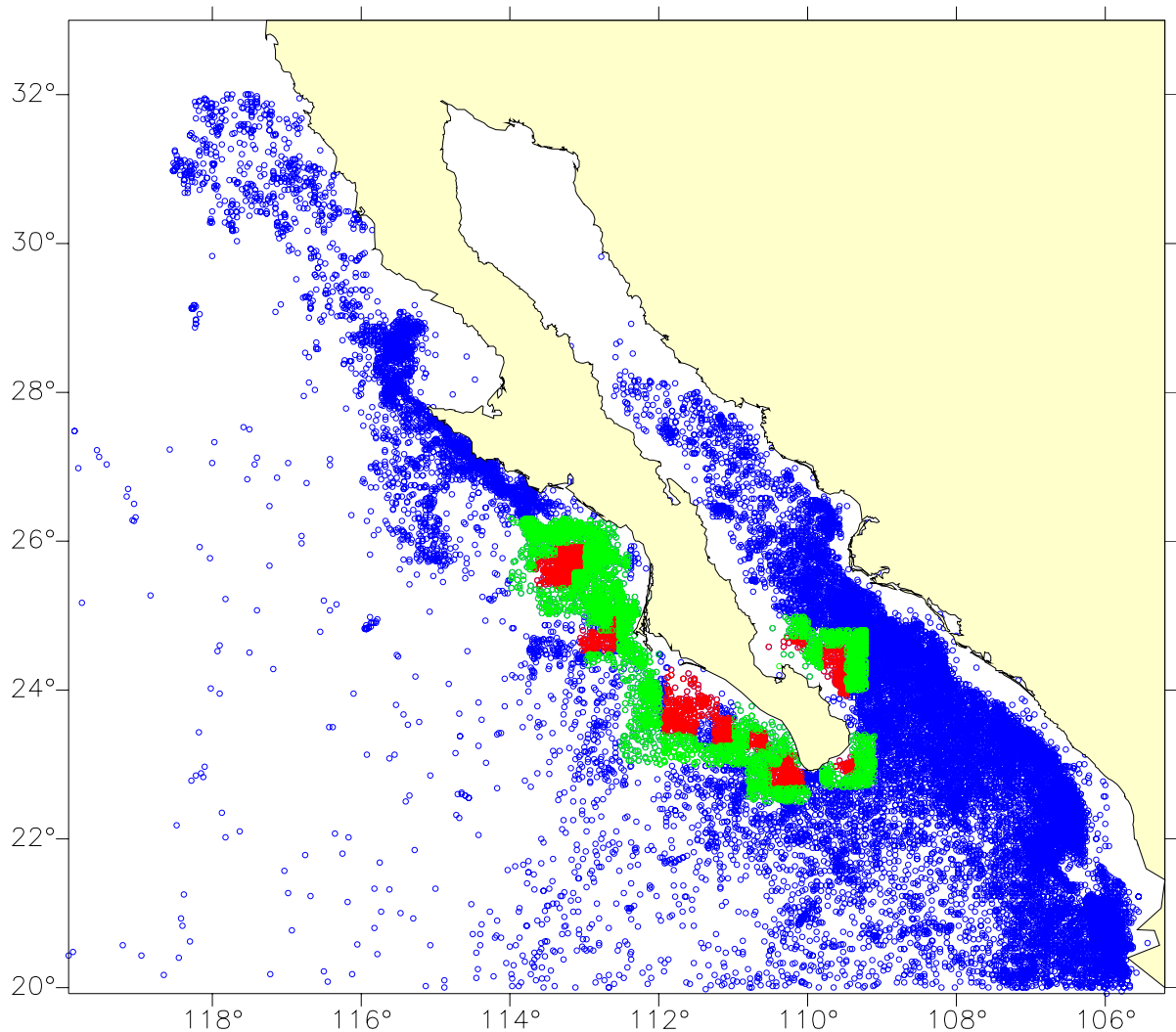


Figura 27.- Distribución del total de lances en el noroeste de México. a) En Azul lances en área de no bajos, b) rojos lances en áreas de bajos y c) verdes lances en alrededores de los bajos.

El área de bajos que presentó mayor cantidad de esfuerzo, en los que se obtuvieron las mayores capturas y abundancias relativas del aleta amarilla fueron los bajos Cerralvo, Morgan, Tio Sam y bajo Moore, y en los que se aplicó menor fue en Espíritu Santo, Gorda, Golden Gate y Thetis (Tabla 1).

**Tabla 1.-** Esfuerzo, capturas y CPLE en los bajos.

<b>Bajo</b>	<b>Numero de lances</b>	<b>Captura AAA</b>	<b>Captura BA</b>	<b>Captura Total</b>	<b>Esfuerzo Estandarizado</b>	<b>Capt/lance AAA</b>
<b>Cerralvo</b>	246	2947	34	2984.34	390.73	7.5
<b>E. Santo</b>	26	505	0	506.67	37.55	13.4
<b>Gorda</b>	56	768	0	771.34	100.4	7.6
<b>Jaime</b>	227	2051	70	2129.35	383.09	5.4
<b>G. Gate</b>	37	244	0	244	58.01	4.2
<b>Dedo</b>	119	1382	27	1409	189.1	7.3
<b>Morgan</b>	287	2879	122	3006.01	528.72	5.4
<b>Lusitania</b>	230	2481	70	2551	378.5	6.6
<b>Petrel</b>	208	1810	15	1830.67	367.49	4.9
<b>Thetis</b>	77	982	24	1112.67	140	7.0
<b>Pinaculo</b>	3	35	0	35	3.67	9.5
<b>Tio Sam</b>	340	4373	327	4815.67	641.96	6.8
<b>Moore</b>	395	4395	372	5342.67	767.78	5.7
<b>Petrel</b>	118	913	47	1074.7	209.03	4.4

De igual forma que en la tabla anterior, se observa que los alrededores de los bajos que resultaron más importantes por el esfuerzo de pesca, las capturas obtenidas y la abundancia relativa del aleta amarilla presente fueron los alrededores de los bajos Cerralvo, Lusitania, Thetis y Tio Sam (Tabla 2).

**Tabla 2.-** Esfuerzo, capturas y CPLE en los alrededores de los bajos.

<b>Bajo</b>	<b>Numero de lances</b>	<b>Esfuerzo Estandar.</b>	<b>Captura AAA</b>	<b>Captura BA</b>	<b>Captura Total</b>	<b>Capt/lance AAA</b>
<b>Espíritu</b>	94	160.37	752	0	752	4.69
<b>Cerralvo</b>	640	982.74	6879	22	6904	7.00
<b>Gorda</b>	297	431.53	3204	15	3226	7.42
<b>San Jaime</b>	208	315.03	2061	70	2136	6.54
<b>Dedo</b>	285	446.27	2531	31	2562	5.67
<b>Morgan</b>	123	189.27	1291	34	1325	6.82
<b>Lusitania</b>	438	676.81	5472	186	5691	8.08
<b>Thetis</b>	656	1182.98	6235	437	6685	5.27
<b>Tio Sam</b>	866	1568.85	6613	662	7278	4.21

## DISCUSIÓN

La alta eficacia de las embarcaciones mayores, la velocidad de sus motores, mayor tamaño de redes, su constancia y tiempo de participación en la pesquería se vio reflejado en el poder de pesca obtenido, ya que resultaron ser más potentes que las embarcaciones menores, como pudo observarse en los poderes de pesca.

Al parecer las mayores abundancias relativas obtenidas durante el periodo de estudio ( $>7.0$  t/l), fueron consecuencia de un incremento en el reclutamiento de peces jóvenes a la pesquería durante 1984-1988 y 1993, estos aumentos en el reclutamiento aparentan deberse al incremento de la sobrevivencia de los peces jóvenes y a la retención mayor de huevos y larvas en el OPO durante los eventos ENOS (CIAT, 1989; Wild, 1994), mientras que los menores ( $<3$  t/l) pudieran deberse al aumento del número de lances negativos o lances de agua por el escape de los cardúmenes del aleta amarilla. Sin embargo se reconoce la falta de correlaciones de variables o datos que confirmen claramente estas últimas consideraciones.

La variabilidad espacial en el esfuerzo de pesca en la boca del Golfo de California y la parte occidental de la Península de Baja California, al parecer se debe al corrimiento latitudinal de la isoterma de los  $21^{\circ}\text{C}$  (Cole, 1980, Sund *et al.*, 1981); es decir, presentan una relación directa, como fue observado en el análisis correspondiente; este corrimiento también ha sido observado para el barrilete durante los últimos 26 años (Trigueros-Salmerón, 1999).

De acuerdo a las temperaturas asociadas a las capturas se confirma como intervalo de capturas comerciales para el atún aleta amarilla de  $21^{\circ}$  a  $28^{\circ}\text{C}$ , ya que en él se aplicó la mayor cantidad de esfuerzo y se obtuvieron las capturas mayores del periodo de estudio, resaltando la moda de  $22^{\circ}$ - $24^{\circ}\text{C}$ ; este resultado coincide con lo reportado por Laevastu y Rosa (1963) y Broadhead y Barret (1964), quienes propusieron el intervalo de  $20^{\circ}$ - $28^{\circ}\text{C}$ , y con Blackburn (1969) quien determinó que el atún prefiere áreas con una temperatura superior a  $20^{\circ}\text{C}$  y con altas concentraciones de alimento, contraponiéndose con lo observado por Blackburn (1965), quien concluyó que el límite máximo de capturas comerciales se encuentra en los  $30^{\circ}\text{C}$ .

La variabilidad estacional de las temperaturas observadas en el área de estudio son consecuencia de la influencia de la Corriente de California (CC) que transporta aguas frías ( $15^{\circ}$ - $20^{\circ}\text{C}$ ) y de la Contracorriente Ecuatorial del Norte (CCEN) que transporta aguas cálidas por medio de la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR), y la cual es más fuerte durante eventos de El Niño (Reid y Schwartzlose, 1962; Wyrtsky, 1966; Lynn y Simpson, 1987).

Las características de estas corrientes se reflejaron en las temperaturas medias a lo largo de la costa oeste y en el interior del Golfo de California. Coincidiendo con el patrón descrito por Ortega-



García *et al.* (*en prensa*), durante el primer trimestre del año el atún se concentra principalmente en la boca del Golfo de California. En el segundo trimestre, cuando la influencia de la Corriente de California es más débil, el recurso se mueve hacia el norte a lo largo de la costa occidental de la Península de Baja California, alcanzando su latitud máxima durante el tercer trimestre y concentrándose durante el cuarto trimestre en la parte vestibular del Golfo de California. Este movimiento está asociado con 1) la TSM, como fue demostrado en la clara relación entre la TSM y la extensión de las operaciones de pesca y 2) al proceso de surgencias, que producen áreas de alimentación donde los atunes encuentran su alimento, lo cual fue observado en las grandes concentraciones de atún a lo largo de la costa occidental después de meses de las máximas surgencias, asociado a la presencia de la langostilla *Pleuroncodes planipes*, principal alimento de los atunes en esta área (Galván-Magaña, 1988, 1999). Estos movimientos concuerdan con los resultados de Blackburn, (1969) y Ortega-García *et al.*, (*en prensa*), en la costa occidental de la Península de Baja California, los cuales han sido comprobados por experimentos de marcado (Schaefer *et al.*, 1961; Fink y Baylif, 1970).

Respecto a los indicadores de pesca, se confirma que la brisa sigue siendo el principal indicador de acuerdo con lo reportado por Gómez-Gallardo (1995), Bautista-Cortes (1997), Trigueros-Salmerón (1999) y Hall *et al.*, (1999), lo cual al parecer se podría relacionar con áreas de alta productividad generadas por los procesos de surgencias, como se ha visto en otras áreas como el Golfo de Tehuantepec, uno de los sistemas principales de surgencias costeras en el OPO y en el que se obtienen importantes capturas de atún aleta amarilla de tallas pequeñas operando con este tipo de indicador (Allen y Punsly, 1984; Punsly y Fiedler, 1996 y CIAT, 1998). Las temperaturas a las que se realizaron la mayoría de estos lances se encontraron entre 22° y 24°C, coincidiendo con lo reportado por Gómez-Muñoz *et al.*, (1992).

La preferencia de la asociación atún-delfín por aguas cálidas y más oceánicas (Gómez-Muñoz *et al.*, 1992; Au y Perryman 1985; Reilly y Fiedler (1994), y Fiedler y Reilly 1994), se reflejó en que este tipo de lances fue más frecuente en el Golfo de California y a lo largo de la costa suroeste de Baja California Sur. Registros de alta incidencia de lances asociados a delfín manchado *Stenella attenuata* se han reportado en esta área (Au y Perryman, 1985, Heckel 1997; Bistrain-Meza y Ortega-García, 2002), ya que este mamífero parece preferir aguas superficiales tropicales con una termoclina poco profunda y una variación anual relativamente menor de TSM, las cuales son características de esta región.

Los lances sobre objetos flotantes son mínimos en esta área (Hall *et al.*, 1992; Zarate-Villafranco, 1998).

La relación observada entre las capturas, la abundancia relativa y la profundidad de la isoterma de los 20°C confirma lo reportado por Green (1967) y Sharp (1978), quienes encontraron una mayor razón de lances exitosos (RLP) y una mayor vulnerabilidad del recurso cuando la profundidad de la capa de mezcla fue menor a 18.4 m y la isoterma de los 23°C se encontró a profundidades menores de 45 m, lo cual se explica por el hecho que durante los años anómalamente fríos la profundidad de la capa de mezcla y la termoclina son más someras, reduciendo el área de distribución vertical del atún aleta amarilla y de los delfines (Au y Perryman, 1985) y aumentándose la vulnerabilidad de los atunes, y por lo tanto la RLP; mientras que durante años anómalamente cálidos, la termoclina y la capa de mezcla se profundizan, aumentando el área de distribución vertical del aleta amarilla e incrementándose la oportunidad de escape a las redes de pesca, tal como fue observado en los valores altos obtenidos durante 1989 y 1999, y bajos en 1992 y 1998, años en los que se presentó el evento ENOS (Lehodey, 1997; CIAT, 2001).

Según la CIAT (1984), un incremento de la RLP también es consecuencia del aumento en la potencia o velocidad de los barcos, por innovaciones de las redes y artes de pesca, y la pericia de los pescadores, así como de los cambios interanuales provocados principalmente en el ambiente, posiblemente en la profundidad de la termoclina o de la oxiclina. De ser cierto esto, los resultados encontrados en este trabajo sugieren que la profundidad del hábitat del aleta amarilla puede ser determinada por la estructura vertical de la temperatura, o propiedades relacionadas como el contenido de oxígeno disuelto. Al respecto, Green (1967) observó que en la capa de mezcla se encuentran concentraciones de 4-6 ml/l de oxígeno, mientras que debajo de la termoclina se encuentran valores de 1 ml/l. Bushnell *et al.*, (1990) encontró que el aleta amarilla responde significativamente en términos del ritmo cardiaco a niveles de oxígeno en el agua de 2.7-3.3 ml/l; mientras que para el barrilete, que es una especie de hábitos similares al aleta amarilla, se ha observado en cautiverio que no se encuentra en profundidades con valores inferiores de 2.5 ml/l (Barkley *et al.*, 1978). De acuerdo con esto, el atún aleta amarilla sólo puede estar sobre la termoclina y en algunos casos muy esporádicos sobrepasarla (Blackburn y Williams, 1975), lo cual ha sido observado por estudios de marcado acústico (Carey y Olson 1982; Holland *et al.*, 1990; Lehodey *et al.*, 1997, 1998; Brill, 1998) y comprobado por la introducción de palangres a profundidades mayores de 160 m que atravesaron la termoclina y en los cuales las mayores capturas fueron de atún patudo *Thunnus obesus* y mínimas de aleta amarilla (Hanamoto, 1974; Suzuky *et al.*, 1977).

Sin embargo, coincidiendo con Wild (1994), con lo que se tiene de conocimiento, no es claro si la permanencia del atún aleta amarilla sobre la termoclina se deba a una mayor preferencia sobre la

temperatura presente, o si ésta representa la máxima profundidad a la cual una mínima cantidad de oxígeno está constantemente disponible.

En el análisis por tipo de indicador, la relación inversa encontrada entre la TSM y la razón de lances positivos sobre cardúmenes libres puede estar relacionada a que éstos últimos tienen una velocidad de natación mayor (20,46 m/s) (Magnunson, 1978) que los asociados a delfines (10,83 m/s) (Lang y Pryor, 1966); por tal motivo el escape del cardumen es mayor, como pudo notarse en los porcentajes de lances de agua. Este escape ocurre durante las etapas del lance (en la persecución, al formar el cerco y durante el cierre de la red), evadiendo más el lance de esta manera que nadando bajo la red (Heckel, 1997). Los técnicos de pesca (encargados de realizar la maniobra de pesca) consideran que basta encerrar a los delfines para obtener buenas capturas (Bautista-Cortés, 1997).

Los valores de velocidad de vientos y de *Wind Curl* encontrados en el área de estudio concuerdan con los reportados por Nelson (1977). Según el autor, la existencia de valores altos del efecto del viento fuera de la costa produce una línea paralela a la misma de valores de cero de rotacional de esfuerzo del viento en la superficie del mar. Los valores negativos de esta variable encontrados en la parte oceánica al parecer están asociados con la circulación atmosférica de tipo anticiclónica, mientras que los valores positivos cerca de la costa se relacionan con la topografía y las características locales del efecto que tiene el viento en la superficie del mar. La alternancia de valores positivos y negativos del *Wind Curl* implica condiciones favorables para la formación de frentes y parches convergentes de agua recientemente surgida en los que se congregan organismos como los atunes (Blackburn, 1969; Sund *et al.*, 1981; Fiedler y Bernard, 1987).

En estudios anteriores sobre el efecto que tiene el viento se ha observado que la captura por lance disminuye con el incremento de la velocidad del viento (Arenas *et al.*, 1992); sin embargo, los resultados encontrados en el presente análisis muestran que la mayoría de los lances son realizados en el intervalo de 5-6 m/s, con distribución normal. Blackburn (1963), al relacionar la abundancia del aleta amarilla con las condiciones de viento en el Golfo de Tehuantepec, encontró un retraso de tres meses entre la acción del viento de invierno y la cosecha de micronecton en primavera, no observando diferencias significativas entre años, a pesar de encontrar mucha variabilidad en la TSM; sin embargo, no menciona a qué velocidades de viento se realiza más esfuerzo de pesca o se obtienen altas capturas.

En un estudio del atún blanco *Thunnus alalunga* y del atún rojo *Thunnus thynnus* en el Atlántico, AZTI (2003), encontró que para ambas poblaciones, las relaciones de la Oscilación del Atlántico Norte (North Atlantic Oscillation-NAO) y el reclutamiento son altamente significativas. La NAO explica un porcentaje alto de la variabilidad del reclutamiento del atún blanco del Atlántico norte y un 38% del reclutamiento del atún rojo oriental, siendo esta relación directa en el caso del atún rojo e

inversa en el caso del atún blanco; sin embargo, de igual manera no menciona a qué velocidades de viento se realiza más esfuerzo de pesca o se obtienen altas capturas.

Los resultados de la ocurrencia de las mayores surgencias en el área de estudio son similares a los reportados por Bakun y Nelson (1977 y 1991), las cuales influyen en las variaciones de la productividad biológica del área y afectan la distribución de los organismos espacio-temporalmente, asumiéndose que son las responsables de la permanencia de las poblaciones de peces pelágicos de importancia comercial. Al respecto, en este estudio se encontró que las altas abundancias del aleta amarilla coinciden con áreas de surgencias, como pudo observarse en los mapas de distribución espacial de los lances. Resultados similares fueron encontrados por Blackburn (1969), notando que el aleta amarilla se encuentra asociado a áreas de frentes de temperatura que son producidos por el agua subsuperficial y el agua circundante en la Península de Baja California. Laurs *et al.*, (1977) encontraron que la albacora presenta una tendencia a agregarse en las vecindades de los frentes costeros de surgencias en las aguas de California para alimentarse, correspondiendo sus movimientos a la distribución de la TSM del área de este frente de surgencia.

Se encontró una relación directa no significativa entre la surgencia y la abundancia del aleta amarilla, concordando con los resultados de Blackburn, (1969), en la costa occidental de la Península de B.C. En particular el área del noroeste de México, se encontró que es una zona de alta productividad de fitoplancton en áreas consideradas tradicionales de surgencias, tal como la parte occidental de la península de B.C. y en el Golfo de California, en los que es muy abundante la langostilla (Blackburn, 1969; Aurióles-Gamboa, 1995; Robinson y Gómez-Gutiérrez, 1998), la cual es el principal alimento del aleta amarilla (Alverson, 1963; y Galván-Magaña, 1988 y 1999).

Bennett y Schaefer (1960), en un estudio en la Isla Clarión, encontraron que la concentración de clorofila *a* se incrementa en sus inmediaciones y que los volúmenes del zooplancton fueron bajos, sugiriendo que el aleta amarilla y el barrilete se alimentan de organismos que no dependen directamente del zooplancton en su alimentación; es decir, de organismos que se alimentan del fitoplancton disponible, lo cual fue comprobado posteriormente al encontrar que estos atunes se alimentan principalmente de langostilla. En la costa occidental de la Península de Baja California se ha observado que la distribución de las altas abundancias de langostilla ( $>40$  ml/1000 m<sup>3</sup>), coinciden con los valores altos de concentración de la clorofila *a* ( $>1.0$  mg/m<sup>3</sup>), lo cual también se asocia a la mayor abundancia relativa del aleta amarilla (Blackburn, 1969).

Los resultados encontrados en relación a la concentración de clorofila *a* y la abundancia del aleta amarilla difieren a los encontrados por Ortega-García (1998) para la costa occidental de la Península de B.C. y el Golfo de Tehuantepec y con los de Blackburn (1963), ya que en este estudio se

encontró una relación significativa positiva entre la concentración de clorofila *a* y la abundancia relativa del aleta amarilla, no observándose retraso alguno entre ellas. De acuerdo con Bakun y Nelson (1977, 1991), al incrementarse el efecto y el forzamiento producido por el viento, se incrementan las surgencias costeras; una vez que el flujo del agua subsuperficial pone los nutrientes en la superficie, éstos son asimilados por el fitoplancton, para posteriormente en un periodo de 2.5 a 4 días observarse los incrementos en las biomásas poblacionales de la microalgas (Cushing, 1975), las cuales sirven de alimento a las poblaciones formadoras del zooplancton y a la langostilla.

El incremento de las biomásas zooplantónicas ocurre al mismo tiempo o con un pequeño retraso no mayor de 10 días (Palomares-García y Funes-Rodríguez, *com. pers.*), por lo que al existir alimento disponible y en altas concentraciones para la langostilla, produce que se incremente su biomasa poblacional en un periodo no mayor de 8 días, principalmente de las tallas menores de 32 mm, ya que presentan altas tasas de crecimiento individual (Blackburn, 1977) y son las que se encuentran mayormente en la parte superficial de la columna de agua (consumidas por el aleta amarilla).

Una vez incrementada la biomasa poblacional de la langostilla, se considera que en un periodo no mayor de 5-7 días se puedan presentar altos índices de abundancia relativa del aleta amarilla y otros atunes como el barrilete, ya que pueden llegar a estas áreas pronto por las altas velocidades de natación que pueden alcanzar, como ha sido demostrado por estudios de marcado (Brill *et al.*, 1998). Con estas consideraciones es posible suponer que dentro del mismo mes se presenten las concentraciones altas de clorofila *a* y atún del aleta amarilla.

En esta área la cadena alimenticia del aleta amarilla es muy simple y es la más corta del Pacífico Oriental (Blackburn, 1969), a diferencia de la del Pacífico Oriental Tropical y Central, que es más larga porque consume una gran variedad de peces, crustáceos y cefalópodos, la mayoría de los cuales son carnívoros (Alverson, 1963; Galván-Magaña, 1988, 1999). Sin embargo, se debe mencionar que este análisis fue realizado con promedios mensuales de la concentración de clorofila *a* y CPLE de aleta amarilla para toda el área de estudio, incorporándose valores de clorofila *a* de áreas en las que no existen datos de capturas en sus alrededores; es decir, en algunos meses del análisis se consideraron datos de concentración de clorofila *a* de la costa occidental con datos de captura del Golfo de California, reconociendo la posibilidad de un sesgo.

Se considero realizar así el análisis porque el objetivo es resaltar la correspondencia de la concentración de clorofila *a* y la abundancia relativa del atún aleta amarilla en toda el área de estudio y no por áreas particulares de la misma; así como también, debido al conocimiento previo que se tiene sobre la alta variabilidad oceanográfica del área de estudio, determinada por imágenes de satélite de TSM utilizadas en este trabajo y por imágenes de clorofila *a* de alta resolución en las que se observa

transporte de altas concentraciones de este pigmento de la costa Sonora-Sinaloa a la Península de B.C, y de la costa occidental de la misma, hacia lugares más oceánicos en un periodo no mayor de 7 días, por la variación hidrodinámica del área (Morales-Sánchez, 2003)

Un análisis por áreas de pesca más detallado, como podría ser el caso para la boca del Golfo de California o la costa occidental de la Península de B.C. no sería posible con los datos existentes, ya que se desconoce claramente este patrón de transporte de clorofila *a* dentro del Golfo de California y en la costa occidental de la Península de B.C. Para hacerlo con mayor precisión, sería necesario contar con información de clorofila *a* al momento de realizar el lance, o bien realizar el análisis en una escala menor de tiempo y área, siempre y cuando existan datos de esfuerzo suficientes.

La asociación del aleta amarilla a frentes térmicos y a áreas de mayor concentración de clorofila *a* concuerda con lo reportado por Blackburn (1965, 1969), Sund *et al.*, (1981), Fiedler y Bernard (1987), Wild, (1994), quienes mencionan que los atunes se pueden agregar en los frentes de temperatura en respuesta a las agregaciones de los organismos presas; también con lo reportado por Laurs y Lynn (1991) y Laurs *et al.* (1984) para el atún albacora, con De Metrio *et al.*, (2002), en un estudio de la distribución del atún rojo *Thunnus thynnus* en el Atlántico Este y en el Mar Mediterráneo, y con Arrizabalaga *et al.* (2002) para *T. thynnus* en la Bahía de Vizcaya, utilizando de igual manera información de concentración de clorofila *a* del SeaWiFS. Contrastando con lo reportado por Power y May (1991), quienes no encontraron relación alguna en el Golfo de México, atribuyendo esta falta de relación a que las condiciones atmosféricas locales hacen cambiar muy rápidamente las oceanográficas, debilitando los frentes observados en el área, así como a la velocidad alta de natación de los atunes que pueden atravesar rápidamente los frentes y a la inapropiada profundidad y tiempo de puesta del palangre utilizado en la captura del aleta amarilla.

Con los resultados encontrados y los estudios mencionados anteriormente con excepción de Power y May (1991), se confirma que el atún aleta amarilla se asocia a estructuras de mesoescala tal como los frentes de temperatura y de surgencias de la costa occidental de la Península de B.C., Cabo San Lucas y los formados en la costa de Sonora y Sinaloa, en donde es mas probable que encuentre mayores cantidades de alimento.

Los resultados encontrados en el análisis del efecto de los bajos en la abundancia del aleta amarilla, difieren a los trabajos de Fonteneau (1991), Merlín-Pérez y Ortega García (1998), ya que no se encontró relación alguna de la abundancia de los bajos y sus alrededores. Esto posiblemente se deba a que en esta área el efecto del bajo pudiera ser menor al producido por las surgencias costeras, ya que como se puede ver en las imágenes de satélite de TSM, el agua subsuperficial elevada (surgencias), se extiende mas allá del área que se consideró como área de los bajos. Al respecto Blackburn (1969),

menciona que en la costa occidental de la Península de B.C. esta aseveración pudiera ser cierta, ya que se llevan a cabo en forma importante las surgencias; por lo que de acuerdo con el autor, se considera que un análisis más detallado pudiera ser realizado en periodos en los que las surgencias hayan terminado o sean mínimas para que no introduzcan sesgos en los análisis, o bien que estos análisis se realicen en bajos en los que no se lleva a cabo de manera importante las surgencias, por ejemplo aquellos al sur de la Península de B.C.. También se considera que pudieran notarse algunas diferencias importantes entre las abundancia de los bajos y sus alrededores si se analizan los datos en intervalos de tiempo más pequeños en cada uno de los bajos y sus alrededores y no con los datos totales registrados en los bajos, como fue el caso de este estudio. Un ejemplo podría ser el Bajo Espíritu Santo, en el que se registran altos valores de abundancia relativa del atún aleta amarilla en el bajo y menores valores en su parte circundante. Muhlia *et al.* (2002) describieron dos tipos de patrones de residencia del atún aleta amarilla, los peces residentes y los que visitan el bajo por periodos cortos de tiempo tras una larga ausencia. Al respecto Holland *et al.*, (1999), es más preciso al determinar que los tiempos de residencia del atún patudo *Thunnus obesus* y del aleta amarilla en los alrededores de la montaña submarina Cross, ubicada al suroeste de Hawai, son de 31 y 14 días respectivamente.

## CONCLUSIONES

- 1.-En el noroeste de México el mayor número de lances de atún aleta amarilla y las mayores capturas se registran entre los 22-26°C de temperatura superficial del mar.
- 2.- La razón de lances positivos es mayor en años anómalamente fríos (1984,1999) que en años El Niño (1992 y 1998).
- 3.- La mayoría de las capturas y de los lances registrados se llevan a cabo en la boca del Golfo de California y el sur de la península de Baja California.
- 4.- La mayoría de los lances sobre brisa son realizados en lugares cercanos a la costa, mientras que los realizados sobre delfín se ubican más lejos de ésta.
- 5.- En promedio las capturas y la abundancia relativa fueron mayores en áreas con un perfil térmico estratificado.
- 6.- En su mayoría se obtuvieron las capturas y abundancia relativa más altas así como el mayor número de lances exitosos cuando la isoterma de los 20°C se encuentra a profundidades menores de 70 m.
- 7.- Las mayores capturas se observaron en áreas con predominancia de velocidades de viento de 5-6 m/s y forzamiento positivo producido por el viento.
- 8.- Al aumentar las surgencias se incrementa la abundancia relativa del atún aleta amarilla.
- 9.- El mayor número de lances se realizó en áreas cercanas a las de mayor concentración de clorofila *a*. No se encontró ningún desfaseamiento entre la CPLE con la concentración de clorofila *a*
- 10.- En forma preliminar, los lances se realizan en áreas cercanas a los frentes de temperatura; sin embargo, no todas las estructuras oceanográficas se relacionan con capturas de atún.
- 11.- En adición a los resultados del trabajo, se observa una importante correlación entre las aguas de menor temperatura superficial y la concentración de clorofila “a”.
- 12.- No se observaron diferencias significativas entre la CPLE de los bajos y sus alrededores.



**BIBLIOGRAFÍA**

- Allen R. and R.G 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 p.
- Alverson F.G. 1963. The food of yellowfin and skipjack tunas in the eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull* 7:293-396 p
- Arenas P., M. Hall and M. Garcia. 1992. The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean. VI. Association of fauna with floating objects in the EPO. CIAT. La Jolla Cal. U.S.A. 40 p.
- Arrizabalaga H., I. Sankristobal, X. Moreno-Ventas, G. Moreno, E. Rodríguez-Marín, L.T. Kell, C. Rodríguez-Cabello and M. Ortiz. 2002. Preliminary study on the environmental effects on bluefin tuna catch rates in the spanish baitboat fishery of the bay of Biscay. *ICCAT. Col. Vol. Sci. Pap.* 54(2):620-640 p.
- Au D.W.K. and W.L. Perryman. 1985. Dolphin habitats in the eastern tropical pacific. *Fish. Bull.* 83(4): 623-642 p.
- Aurióles- Gamboa D. y E.F. Balart. 1995. La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento. CIBNOR. La Paz B.C.S. 233 p.
- AZTI. 2003. <http://www.azti.es/castellano/caste/boletin8/not12.htm>
- Barkley R.A., H.N. William and R.M. Gooding. 1978. Skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, habitat based on temperature and oxygen requirements. *Fish. Bull.* Vol. 76. No. 3. 653-662 p.
- Bautista-Cortés F. 1997. Análisis de la pesquería mexicana de atún, con énfasis en tres tipos de indicadores de cardúmenes. Tesis de Maestría en Ciencias Pesqueras. CICIMAR-IPN, La Paz B.C.S. México, 74 p.
- Bakun A. and C. S. Nelson. 1977. Climatology of upwelling related processes off Baja California. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 19:107-127 p.
- Bakun A. and C. S. Nelson. 1991. The Seasonal Cycle of Wind-Stress Curl in Subtropical Eastern Boundary Current Regions. *J. Phys. Ocean.* Vol. 21:1815-1834 p
- Bennett E.B. and M.B. Schaefer. 1960. Studies of physical, chemical and biological oceanography in the vicinity of the Revillagigedo Islands during the "Island Current Survey" of 1957. *Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.* 4: 217-317 p.
- Bigelow, K.A., C.H. Boggs and X. He. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the US North Pacific longline fishery. *Fish. Ocean.* 8:3, 178-198 p.

- Bistrain-Meza E. y S. Ortega-García. 2002. Variación espacio-temporal de los lances de atún asociados a delfines y su relación con la temperatura del mar. V Foro nacional del Atún. 4-6 de diciembre de 2002. Mazatlán Sin Méx. 45 p.
- Blackburn M. 1963. Distribution and abundance of tuna related to wind and ocean conditions in the Gulf of Tehuantepec, México. *FAO. Fisheries Technical Report*. 6(3):1,557-1,583 p.
- Blackburn M. 1965. Oceanography and the Ecology of Tunas. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev*:3, 299-322 p.
- Blackburn M. 1969. Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. *Fish. Bull.* 68(1): 147-176 p.
- Blackburn M. and F. Williams. 1975. Distribution and Ecology of Skipjack Tuna, *Katsuwonus pelamis*, in an offshore area of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Fish. Bull*: Vol.73, No; 2: 382-411 p.
- Blackburn M. 1977. Temporal Changes in pelagic biomass of *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Decapoda Anomura Galatheidae) off Baja California México. *Crustaceana*. 32(2). 178-184 p.
- Brill R. 1996. Selective advantages conferred by the high performance physiology of tunas, billfishes, and dolphin fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 113A, No. 1, pp. 3-15 p.
- Brill R.W., T.E. Lowe and K.L. Cousins. 1998. How water temperature really limits the vertical movements of tunas and billfishes - It's the heart stupid. Abstract from the *American Fisheries Society, International Congress on Biology of Fish, July 26-20, 1998*, Towson University, Baltimore, MD.
- Brill R.W., B.A. Block, C.H. Boggs, K.A. Bigelow, E.V. Freund and D.J. Marcinek, 1999. Horizontal and depth distribution of large adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, recorded using ultrasonic telemetry: implications for the physiological ecology of pelagic fishes. *Marine Biology*. 133: 395-408 p.
- Brill R.W. and M.E. Lutcavage, 2001. Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments. *American Fisheries Society Symposium*, 25: 179-198 p.
- Brill, R., M. Lutcavage, G. Metzger, P. Bushnell, M. Arendt, J. Lucy, C. Watson and D. Foley. 2002. Horizontal and vertical movements of juvenile bluefin tuna (*Thunnus thynnus*), in relation to oceanographic conditions of the western North Atlantic, determined with ultrasonic telemetry. *Fish. Bull.* 100: 155-167 p.
- Broadhead G.C. and I. Barrett. 1964. Some factors affecting the distribution and apparent abundance of

- yellowfin and skipjack tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.* 8(8):417-473 p.
- Bushnell P.G., R.W. Brill and R.E. Bourke. 1990. Cardiorespiratory responses of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*; yellowfin tuna, *Thunnus albacares*; and bigeye tuna *T. obesus*, to acute reductions in ambient oxygen. *Can. J. Zool.* 68: 1857-1865 p.
- Carey F.G. and R.J. Olson. 1982. Sonic tracking experiments with tunas. *Coll. Vol. Sci. Pap. ICCAT.* 17(2):458-466 p.
- CIAT. 1984. Informe anual de la Comisión Interamericana del atún Tropical de 1983. La Jolla Calif. E.U.A. 272 p.
- CIAT. 1989. Informe anual de la Comisión Interamericana del atún Tropical de 1988. La Jolla Calif. E.U.A. 288 p.
- CIAT. 1998. Informe anual de la Comisión Inter-Americana del Atún Tropical, 1996. CIAT. La Jolla California, EUA. 306 p.
- CIAT. 1999. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1997. CIAT. La Jolla California, EUA. 310 p.
- CIAT. 2000. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1998. CIAT. La Jolla California, EUA. 318 p.
- CIAT. 2001. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1999. CIAT. La Jolla California, EUA. 357 p.
- CIAT. 2002a. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 2000. CIAT. La Jolla California, EUA. 316 p.
- CIAT. 2002b. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 2001. La Jolla Calif. E.U.A. 148 p.
- Cole J.S. 1980. Synopsis of biological data on the yellowfin tuna, *Tunnus albacares* (Bonaterre, 1788), in the Pacific Ocean. *Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. Spec. Rep.* 2:71-150 p.
- Collette B.B. and 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. *Fish. Synop*; 2(125):137 p.
- Cushing D.H. 1975. Marine Ecology and Fisheries. Cambridge University Press. 278 p.
- De la lanza-Espino G. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT Editor. D.F. México. 569 p.
- De Metrio G, G.P. Arnold, B.A. Block, J.M. de la Serna, M. Deflorio, M. Cataldo, C. Yannopoulos, P. Megalofonou<sup>6</sup>, S. Beemer, C. Farwell and A. Seitz. 2002. Behaviour of post-spawning atlantic bluefin tuna tagged with pop-up satellite tags in the mediterranean and eastern

- atlantic. *ICCAT. Col. Vol. Sci. Pap.* 54(2):415-424 p.
- Ehrhardt M.N. 1981. Métodos de análisis de las estadísticas de captura y esfuerzo de pesca y su aplicación en los modelos globales de pesquerías. Curso sobre biología pesquera. CICIMAR, La Paz B.C.S. Octubre de 1981 p.
- Fiedler P.C. and H.J. Bernard. 1987. Tuna aggregation and feeding near fronts observed in satellite imagery. *Cont. Shelf. Res.* 7(8): 871-881 p.
- Fiedler P.C. and S.B. Reilly. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the Eastern Tropical Pacific II: effects on abundance estimated from tuna vessels sightings, 1975-1990. *Fish. Bull.* 92:451-463 p.
- Fink B.D. and W. H. Bayliff. 1970. Migrations of yellowfin and skipjack tuna in the eastern pacific ocean as determined by tagging experiments, 1952-1964. *CIAT. Bull.* 15 (1): 1-227 p.
- Fontaneau, A. 1991. Seamounts and tuna in the tropical Easter Atlantic. *Aquatic, living-resour.* Vol, 4 No 1, pp. 13-25.
- Galván-Magaña F. 1988. Composición y análisis de la dieta del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el océano pacífico mexicano durante el periodo de 1984-1985. Tesis de maestría. CICIMAR. La Paz B.C.S. Méx. 80 p.
- Galván-Magaña F. 1999. Relaciones tróficas Interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos en el Océano Pacífico Oriental. Tesis de doctorado. CICESE. Ensenada B.C. Méx. 212 p.
- Golden Software Inc. 1995. Surfer (Win32). V. 6.01. Surface Mapping Sistem. Colorado U.S.A.
- Gómez-Gallardo E. A. 1995. Distribución espacio-temporal de las operaciones de pesca sobre atún asociado a delfines realizado por la flota atunera mexicana que opera con red de cerco en el pacífico oriental tropical: 1985-1987. Tesis de maestría. UABCS. La Paz B.C.S. Méx. 105 p.
- Gómez-Muñoz V.M, S. Ortega-García, and Gómez-Gallardo E.A. 1992. Relationship between the fishing operations associated with dolphins of the Mexican tuna fleet and the sea surface temperature. *NAGA*, January, 1992. 24-25 p.
- González-Ramírez P. G. 1988. Zonas de reproducción del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S. Méx. 51 p.
- Granados-Alcantar S. 2002. Ciclo reproductivo del barrilete *Katsuwonus pelamis* en el Océano Pacífico Oriental. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S. Méx. 57 p.
- Green R.E. 1967. Relationship of the thermocline to success of tropical tuna vessels based in California. *Fish Ind. Res.* 3(1)29-45 p.
- Hall M., M. Garcia, C.E. Lennert-Cody, P. Arenas, and F. Miller. 1992. The association of tunas with

- floating objects. Part I in the Eastern Pacific Ocean: a review of the current purse-seine fishery. In: *Proceedings of the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects*. Scott D.M., Bayliff H.W. Lennert-Cody C.E. and K.M. Schaefer (eds). *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Spec. Rep.* 11, pp. 87-121 p.
- Hall M., M. Garcia, C.E. Lennert-Cody, P. Arenas, and F. Miller. 1999. The association of tunas with floating objects and dolphins in the Eastern Pacific Ocean: a review of the current purse-seine fishery. In: *Proceedings of the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects*. Scott D.M., Bayliff H.W. Lennert-Cody C.E. and K.M. Schaefer (eds). *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Spec. Rep.* 11, pp. 87-121 p.
- Hanamoto E. 1974. Fishery oceanography of bigeye tuna-I. *La Mer (Bulletin de la Société Franco-Japonaise d'Océanographie)*. 12(3):128-136 p.
- Heckel G. 1997. Comportamiento de evasión de delfines durante la pesca de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental. *El Vigía Abril-Junio /1997*. 6-10 p.
- Holland, K. N., R. W. Brill, and R. K. C. Chang. 1990. Horizontal and vertical movements of tunas (*Thunnus spp.*) associated with fish aggregating devices. *Fish. Bull.* 88:493–507 p.
- Holland, K.N., P. Kleiber and S.M. Kajiura, 1999. Different residence times of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, and bigeye tuna, *Thunnus obesus*, found in mixed aggregations over a seamount. *Fish. Bull.* 97:392-395 p.
- Joseph J. and T. Calkins 1969. Populations dynamics of the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) of the Eastern Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.* 13(1): 273 p.
- Laevastu T. and H. Rosa. 1963. Distribution and relative abundance of tunas in relation to their environment. *FAO. Fish.Tech.Rep.* 6(3):1835-1851 p.
- Lang P. and J. Pryor. 1966. Hydrodynamic performance of porpoise (*Stenella attenuata*). *Science* 152: 531-3 p.
- Laurs R. M., H.S.H Yuen and J.H. Johnson. 1977. Small-Scale movements of albacore, *Thunnus alalunga*, in relation to ocean features as indicated by ultrasonic tracking and oceanographic sampling. *Fish. Bull.* 75(2): 347-355 p.
- Laurs R.M., P.C. Fiedler and D.R. Montgomery. 1984. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. *Deep-Sea Res.* 31:1,085-1,099 p.
- Laurs, R.M. and R.J. Lynn. 1991. North Pacific albacore ecology and oceanography. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., *NOAA Tech. Rep.* NMFS 105: 69-87 p.
- Lehodey P., M. Bertignac, J. Hampton, A. Lewis and J. Picaut. 1997. El Niño Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature* (389):715-718 p

- Lynn R. J. and J. J. Simpson. 1987. The California Current System: The Seasonal variability of its physical characteristics. *J. Geophys. Res.* 92(12):12,947-12,966 p.
- Magnuson, J.J. 1978. Locomotion by Scombridae fishes : hydrodynamics, morphology, and behavior. *Fish Phys.* 7:239-313 p.
- Merlín Pérez P. y S. Ortega-García. 1998. Principales estructuras topográficas en el noroeste de México y su influencia en la pesquería del atún aleta amarilla. En Primer Foro Nacional sobre Investigación del atún. Editores S. Ortega García y A. Zarate Villafranco. La Paz B.C.S. Méx. 4-6 Noviembre de 1998.
- Morales-Sánchez C. R. Cervantes-Duarte, P. Scott y A. Trasviña Castro. 2003. Variación de algunos parámetros oceanográficos en la boca del Golfo de California utilizando un trasbordador comercial. *IX Congreso de la AIMAC, y III Simp. Int. Sobre el Mar de Cortés.* La Paz B.C.S. Mayo de 2003.
- Mori, K. 1972. Geographical Distribution and relative apparent abundance of some scombrid fishes based on the occurrences in the stomachs of apex predators caught on tuna longline-I. Juvenile and young of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*(6):111-157 p.
- Muhlia-Melo A., P. Klimley, R. González-Armas, A. Trasviña-Castro, J. Rodríguez-Romero y A. Amador Buenrostro. 2002. Cambios en la estructura de las comunidades de peces pelágicos de las montañas submarina Bajo Espíritu Santo al sur del Golfo de California como consecuencia del fenómeno de el niño 1997-1998. En internet: [http://www.conacyt.mx/daic/proyectos/congresos/simposium\\_fenomeno\\_del\\_nino/archivos/HTML/Muhlia.htm](http://www.conacyt.mx/daic/proyectos/congresos/simposium_fenomeno_del_nino/archivos/HTML/Muhlia.htm)
- Nelson C.S. 1977. Wind stress and wind stress curl over the California current. NOAA. *Tech. Rep. NMFS.* U.S.A. 714:87 p.
- NOAA. 1990. Geophysical of North America. National Oceanographic data Center (NOAA-NODC). CD1-Topography. U.S.A.
- NOAA. 2001. Banco de datos sobre surgencias del Pacífico Oriental. H.N. 1946-2001 del Pacific Fisheries Environmental Group (PFEG) del SWFSC, NOAA, Monterey California.
- Olson B.D. 1994. Life on th edge: marine life and fronts. *Oceanography.* 7:52-60 p.
- Ortega-García S. y S. Lluch-Cota. 1996. Distribución y abundancia del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y su relación con la concentración de pigmentos fotosintéticos medidos por satélite en aguas al sur de México. *Investigaciones Geográficas.* Boletín Num. Especial. (4):85-93 p.
- Ortega-García S. 1998. Análisis de las fluctuaciones espacio temporal en la abundancia de atún en el

- Océano Pacífico Oriental. Tesis de Doctorado en Biología. UNAM. México D.F. 66 p.
- Ortega-García S., D. Lluch-Belda and P. Arenas-Fuentes (in press). Spatial and seasonal fluctuations of the relative abundance of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean during 1984-1990. *Bull. Mar. Sci.*
- Pella J.J. and C.T. Psaropulos. 1975. Measures of tuna abundance from purse seiner operations in the eastern Pacific Ocean, adjusted for fleet-wide evolution of fishing power, 1960-1971. *Inter-American Trop. Tuna Comm. Bull.* 16(4):281-400 p.
- Podesta G.P., J.A. Browder and J.J. Hoey. 1993. Exploring the association between swordfish catch and thermal fronts on the U.S. longline grounds in the western North Atlantic. *Cont. Shelf Res.* 13:252-277 p.
- Power H.J. and N. May. 1991. Satellite observed sea-surface temperatures and yellowfin tuna catch and effort in the Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 89:429-439 p.
- Punsly R.G. and P.C. Fiedler. 1996. Purse-seine catch rates of yellowfin tuna >7.5 kg, with and without dolphins, in the eastern pacific ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Int. Rep.* 25. La Jolla Calif. USA. 13 p.
- Reid J.L. jr. and R. A. Schwartzlose. 1992. Direct measurements of the Davison Current off Central California. *J. Geophys. Res.* 67:2491-2497 p.
- Reilly S. B. and P.C. Fiedler. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical pacific: Research vessel surveys, 1986-1990. *Fish. Bull.* 92: 434-450 p.
- Reynolds, R. W. & Smith, T. M. 1994. Improved global sea surface temperature analyses using optimum interpolation. *J. Climate*, 7, 929-948 p.
- Robinson C.J. and J. Gomez-Gutierrez. 1998. The red crab bloom of the west coast of Baja California, Mexico. *J. Plankt. Res.* 20(10):2009-2016 p.
- Roden G. I. 1984. Aspects of oceanic flow and thermohaline structure in the vicinity of seamounts. NOAA-Tech. Rep. NMFS. 43. *Proceedings of Workshop, March 21-23, 1984.* Japan. 3-12 p.
- Schaefer M.B., B.M. Chatwin and G.C. Broadhead. 1961. Tagging and recovery of tropical tunas, 1955-1959. *Inter-American Trop. Tuna Comm. Bull.* 5:341-455 p.
- Schaefer K. M. 2001. Assessment of Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) spawning activity in the eastern Pacific Ocean. *Fish. Bull.* 99: 343-350 p.
- Secretaria de Marina. 1975. Carta topográfica O.S.M. 602 (No. 21120). Punta Eugenia a Cabo San Lázaro B.C.S. Méx. D.F.
- Secretary of the Navy. 1961. Topographic chart H.O 1664 of Magdalena Bay to la Paz B.C.S. 24<sup>th</sup> Ed. U.S.A

- Sharp, G. D. 1978. Behavioral and physiological properties of tuna and their effects on vulnerability to fishing gear. In: *The Physiological Ecology of Tunas*. G.D. Sharp and A.E. Dizon (eds) New York: Academic Press. 397-449 p.
- Shimada, B.M. and M.B. Schaefer. 1956. A study of changes in the fishing effort, abundance, and yield of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean. *Inter-American. Trop. Tuna Comm. Bull.* 1 (17):351-469 p.
- StatSoft, Inc. 2001. STATISTICA for Windows (Computer program manual). Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 23000 East 14 th Street, Tulsa, OK 74101, Phone: (918) 749-2217, email: [Info@StatSoft.com](mailto:Info@StatSoft.com), WEB: <http://www.statsoft.com>
- Sund P.N., M. Blackburn and F. Williams. 1981. Tunas and their environment in the Pacific Ocean: *A review Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*; 19, 443-512 p.
- Suzuky Z, Y. Warashina and M. Kishida. 1977. The comparison of catches by regular and deep tuna longline gears in the western and central equatorial Pacific. *Bull. Far. Seas. Fish. Res. Lab.* (15):51-73 p
- Trigueros-Salmerón J.A. Variación espacio-temporal de la abundancia relativa del barrilete *katsuwonus pelamis* (linnaeus, 1758) en el Océano Pacífico Oriental, durante 1970-1995. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S. 122 p.
- Trigueros-Salmerón J.A. and S. Ortega-García, 2001. Spatial and seasonal variation of relative abundance of the skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) in the Eastern Pacific Ocean (EPO) during 1970-1995. *Fish. Res.* 49:227-232 p.
- Ueyanagi S. 1969. Observations on the distributions of tuna in the Indo-Pacific Ocean with emphasis on the delineation of the spawning areas of albacore, *Thunnus alalunga*. *Bull. Far. Seas Fish. Res. Lab.*(2): 177-256 p.
- Wild A. 1994. A review of the biology and fisheries for yellowfin tuna *Thunnus albacares*, in the Eastern Pacific Ocean. In *Interactions of Pacific Tuna Fisheries Vol 2. Papers on Biology and fisheries*. FAO. *Fisheries Technical Paper*. 336/2. 52-107 p.
- Wild A. and J. Hampton. 1994. A review of the biology and fisheries for skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* in the ocean pacific. Interactions of Pacific tuna fisheries. FAO. *Fisheries Technical Paper*. Vol 2, 36/2. 1-51 p.
- Wyrtki K. 1965. Circulation and water masses in the eastern equatorial pacific ocean. *J. Int. Oceanol. Limnol.*; 1(2): 117-147 p.
- Wyrtki K. 1966. Oceanography of the eastern equatorial pacific ocean. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 4:33-68 p.



Zarate-Villafranco A. 1998. Estudios de la asociación de objetos flotantes naturales y/o artificiales (FAD's) con la captura de atún. Tesis de maestría. CICIMAR. La Paz. B.C.S. Méx. 114 p.

La Paz B.C.S. Junio de 2003.