INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

CICIMAR

VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS LANCES DE ATÚN ASOCIADOS A DELFINES Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA DEL MAR

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

P R E S E N T A

BIOL. ERIKA BISTRAIN MEZA

Dir. Dra. Sofía Ortega García

La Paz, B.C.S., México
2003

CGPI-14

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 11:00 horas del día 29 del mes de Octubre del 2003 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS LANCES DE ATÚN ASOCIADOS A DELFINES Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA DEL MAR"

Presentada por el alumno:

BISTRAIN	**MEZA**	**ERIKA**
Apellido paterno	materno	nombre(s)

Con registro: B 0 1 1 2 7 3

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron ***SU APROBACION DE LA TESIS***, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DRA. SOFIA ORTEGA GARCIA

PRESIDENTE

DR. DANIEL LLUCH BELDA

SECRETARIO

DR. VICTOR MANUEL GOMEZ MUÑOZ

SEGUNDO VOCAL

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

TERCER VOCAL

MC. JOSE LUIS CASTRO ORTIZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ

I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 3 del mes Noviembre del año 2003, el (la) que suscribe ERIKA BISTRAIN MEZA alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B011273 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo al dirección de: DRA. SOFÍA ORTEGA GARCÍA y cede los derechos del trabajo titulado: **"VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS LANCES DE ATÚN ASOCIADOS A DELFINES Y SU RELACIÓN CON LA TEMPERATURA DEL MAR"** al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ebistrain@hotmail.com
Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

ERIKA BISTRAÍN MEZA
nombre y firma

DEDICATORIA

A Tere y Raúl por su apoyo incondicional, por su amor y preocupación durante esta etapa. Porque que siempre serán parte de todo lo alcanzado. Siempre están presentes.

A Gaba por su amistad de toda la vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Sofía Ortega García por su confianza, apoyo y amistad brindados desde el primer momento. Gracias por darme la oportunidad de trabajar contigo, y por todos los momentos compartidos durante nuestras salidas.

Al Dr. Daniel Lluch Belda, al Dr. Victor Manuel Gómez Muñoz, al Dr. Felipe Galván Magaña y al M. en C. José Luis Castro Ortiz por aceptar ser parte de la Comisión Revisora de esta tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) por el apoyo económico brindado para concluir mis estudios de maestría.

Al Instituto Nacional de la Pesca (INP) por la información proporcionada para la realización de este trabajo.

A la familia Bistrain y a la familia Meza por su apoyo de siempre y por su preocupación durante las inclemencias climáticas.

A los amigos de toda la vida por continuar compartiendo y hacerme sentir que las distancias no existen.

A los compañeros de la maestría y del laboratorio de pesquerías por su invaluable amistad y apoyo.

Y a todos los altibajos vividos durante mi estancia en la Paz. Gracias totales e infinitas a todas aquellas personas que estuvieron en el momento preciso.

ÍNDICE

LISTA DE TABLAS III
LISTA DE FIGURAS IV

GLOSARIO VI

RESUMEN VII
ABSTRACT VIII

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 4
II.1. ÁREA DE ESTUDIO 7

III. OBJETIVOS 11

IV. METODOLOGÍA
IV.1. ORIGEN DE LA INFORMACIÓN 12
IV.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 12
IV.3. MAPAS DE DISTRIBUCIÓN 12
IV.4. VARIABILIDAD INTERANUAL Y TRIMESTRAL 13
IV.5. RELACIÓN CON LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR 14
IV.6. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TÉRMICA DEL MAR DURANTE 1998 14
IV.7. DETERMINACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DE LA TERMOCLINA 15

V. RESULTADOS 17
MAPAS DE DISTRIBUCIÓN
a. VARIABILIDAD ESPACIAL INTERANUAL 19
b. VARIABILIDAD ESPACIAL TRIMESTRAL 19

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS
a. VARIABILIDAD INTERANUAL 20
b. VARIABILIDAD TRIMESTRAL 22

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR
a. VARIABILIDAD INTERANUAL DE LA TSM 24
b. VARIABILIDAD TRIMESTRAL DE LA TSM 25

RELACIÓN DE LA CAPTURA CON LA TSM 27
ESTRUCTURA TÉRMICA DEL MAR 28
TOPOGRAFÍA DE LA TERMOCLINA 29

VI. DISCUSIÓN
VARIABILIDAD INTERANUAL 34
VARIACIÓN TRIMESTRAL 38
TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR 39
ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TÉRMICA DEL MAR PARA 1998 41

VII. CONCLUSIONES 42

VIII. LITERATURA CITADA 44

ANEXO I. MAPAS ANUALES DE LOS LANCES DE ATÚN ALETA AMARILLA ASOCIADOS A DELFÍN MANCHADO REALIZADOS POR EMBARCACIONES MENORES Y MAYORES O IGUALES A 1090 tm DE CAPACIDAD DE ACARREO 50

ANEXO II. DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LOS LANCES DE ATÚN ALETA AMARILLA ASOCIADOS A DELFÍN MANCHADO 56

ANEXO III. DISTRIBUCIÓN TRIMESTRAL DE LOS LANCES DE ATÚN ALETA AMARILLA ASOCIADOS A DELFÍN MANCHADO 62

ANEXO IV. MAPAS MENSUALES DE LA TOPOGRAFÍA DE LA TERMOCLINA DURANTE 1998..... 65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lances y captura estimada de atún aleta amarilla obtenida por la flota atunera mexicana de cerco de 1990 a 1999 17

Tabla 2. Lances y captura obtenida en asociación con delfín manchado de 1990 a 1999 por la flota atunera mexicana de cerco 17

Tabla 3. Captura por lance obtenida por la flota atunera mexicana de cerco de 1990 a 1999 18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. El Océano Pacífico Oriental (OPO) 7

Figura 2. Corrientes superficiales y masas de agua principales presentes en el OPT (Reproducido de Wyrtki 1966, 1967) 8

Figura 3. Porcentaje anual de lances asociados a delfín manchado respecto al total de lances sobre delfines (barras). Las líneas muestran el porcentaje anual de la captura obtenida en asociación con delfín manchado respecto al total de la captura obtenida en asociación con delfines 18

Figura 4. Porcentaje trimestral de lances asociados a delfín manchado respecto al total de lances sobre delfines (barras). Las líneas muestran el porcentaje trimestral de la captura obtenida en asociación con delfín manchado respecto al total de la captura obtenida en asociación con delfines 19

Figura 5. Variación interanual del número de lances (barras) y de la captura total (líneas) registrados de 1990 a 1999 21

Figura 6. Variación interanual de la captura por lance promedio anual registrada de 1990 a 1999 21

Figura 7. Número de lances de agua y lances exitosos de atún aleta amarilla asociados a delfín manchado de 1990 a 1999 22

Figura 8. Variación trimestral del número de lances (barras) y de la captura total (líneas) de un año tipo promedio de 1990 a 1999..... 22

Figura 9. Variación trimestral de la captura por lance promedio del año tipo promedio de 1990 a 1999 23

Figura 10. Número de lances de agua y lances exitosos trimestrales de atún aleta amarilla asociados a delfín manchado 23

Figura 11. TSM promedio anual asociada a los lances 24

Figura 12. Distribución del porcentaje de frecuencias de lances (barras) y de captura (líneas) con respecto a la TSM 25

Figura 13. TSM promedio trimestral asociada a los lances 26

Figura 14. Distribución del porcentaje de frecuencias de lances (barras) y de captura (líneas) con respecto a la TSM 27

Figura 15. Distribución del porcentaje de frecuencias de lances (barras) y de captura (líneas) con respecto a la TSM 27

Figura 16. Captura por lance promedio obtenida en cada TSM de 1990 a 1999 ... 28

Figura 17. Frecuencia relativa de los lances de atún asociados a delfín manchado durante 1998 29

Figura 18. Profundidad promedio mensual de la termoclina durante 1998 (Intervalos de confianza al 95%) 30

Figura 19. Profundidad promedio mensual de la termoclina asociada a los lances durante 1998 (Intervalos de confianza al 95%) 30

Figura 20. Captura por lance mensual 31

Figura 21. Relación de la profundidad de la termoclina con la TSM 31

Figura 22. Frecuencia de lances respecto a la profundidad de la termoclina 32

Figura 23. Distribución de la profundidad de la termoclina 33

GLOSARIO

Capa de mezcla superficial

Estrato o capa de la columna de agua donde la temperatura permanece casi uniforme debido a la mezcla provocada por los vientos superficiales.

Capacidad de acarreo

Capacidad de carga de una embarcación para almacenar la captura obtenida.

Cardumen

Banco o grupo numeroso de peces.

Divergencia

Zona donde dos masas de agua se separan, ó zona donde una masa de agua se aleja de la costa. El agua desplazada por lo general es remplazada por agua más profunda llevada a la superficie por medio de surgencias.

Estructura térmica del mar (Perfil térmico)

Estratificación de la columna de agua por los cambios registrados de la temperatura con la profundidad.

Frentes oceánicos

Líneas de convergencia caracterizadas por gradientes horizontales fuertes de temperatura, salinidad y densidad que separan diferentes sistemas de corrientes y masas de agua.

Indicador de pesca

Elemento que permite detectar a un cardumen de atún: objetos flotantes, brisa o delfín.

Isoterma

Línea que une puntos en un mapa de igual o constante temperatura.

Productividad primaria

Tasa a la cual se produce tejido vegetal por medio del proceso fotosintético.

Surgencia

Movimiento vertical de agua más profunda rica en nutrientes hacia la superficie.

Termoclina

Estrato o capa de la columna de agua cuya temperatura decrece rápidamente con la profundidad, por lo que el gradiente de temperatura en esta zona es muy fuerte (cambios de 1°C o más por metro). Separa masas de agua superficiales menos densas, y masas de agua más profundas de mayor densidad.

RESUMEN

Considerando que la presencia de una termoclina somera favorece la asociación atún-delfín, se analizan las capturas obtenidas en este tipo de pesca, y su relación con la estructura térmica del mar. La información utilizada procede de las bitácoras de pesca de la flota atunera mexicana de cerco que operó de 1990 a 1999. Tomando en cuenta que aproximadamente el 50% de los lances se realizan sobre atún asociado a manadas puras de delfín manchado, y con la finalidad de evitar sesgos debido al comportamiento de las diferentes especies de delfín involucradas en la asociación, se analizaron únicamente los lances asociados a delfín manchado. Los datos de temperatura superficial del mar (TSM) utilizados fueron los registrados en cada lance. Para 1998 se contó con la base de datos del World Ocean Atlas 1998 (WOA98), la cual contiene promedios mensuales de temperatura a diferentes profundidades (0-100 m) provenientes de áreas de un grado de latitud por un grado de longitud, y con datos de TSM inferida de imágenes de satélite (AVHRR). Para evitar sesgos en la unidad de esfuerzo como consecuencia de la diferencia en tamaño, y autonomía de las embarcaciones, se consideraron únicamente los lances realizados por barcos con capacidad de acarreo ≥1090 tm, las cuales presentan un mayor poder relativo de pesca, y realizan más lances sobre cardúmenes asociados a delfines. Con la información de latitud y longitud de cada lance se determinó la variabilidad temporal (anual y trimestral) y espacial. Tanto la variabilidad interanual como trimestral de la captura por lance fueron significativas. Aunque no se encontró un patrón anual bien definido en la distribución de los lances, la mayor concentración de éstos se registraron al norte del Ecuador y sobre la lengüeta de agua cálida hasta una longitud de los 140°O. La alta concentración de lances registrada al noroeste de los 20°N durante 1997 y 1998 se presentaron durante el tercer trimestre del año. El mayor número de lances y la mayor captura se obtuvieron principalmente a una TSM de 28°C, excepto para 1998, donde esta tendencia no fue tan evidente. El mayor número de lances se realizaron cuando ésta se encontró a profundidades entre 62 y 94 m.

ABSTRACT

Because the presence of a shallow thermocline favors the tuna – dolphin association, the capture of yellowfin tuna obtained using this fishing type and its relationship with the thermal structure of the sea were analyzed. The information used is from the logbook records of the Mexican tuna purse-seine fleet that operated during 1990 - 1999. Because approximately 50% of sets are made on tuna associated with spotted dolphin, and to avoid bias because of the behavior of the different dolphin species involved in the association, the analysis was focused on this species. The sea surface temperature (SST) used is from the logbook records. For the 1998 analysis, the database of the World Ocean Atlas 1998 (WOA98), which contains values of temperature at different depths (0-100 m) from one degree of latitude per one degree of longitude areas, and information of the SST inferred by use of satellite images (AVHRR) were used. Vessels with carrying capacity ≥1090 tons have the highest relative fishing power and made a large number of sets on schools associated with dolphins. For that reason and to avoid bias in the unit of effort because of the different size of the vessels, the information for this kind of boat was used. With the information of latitude and longitude of each set, we determined the temporal (annual and quarterly) and spatial variability. The interannual and quarterly variations of the catch per set were significant. Although a defined annual pattern was not found in the set distribution, the largest set concentration was recorded off northern Ecuador and along a warm tongue of water to a longitude of 140°W at the equator. The high set concentration in the northwest of 20°N during 1997 and 1998 was found in the third quarter of the year. The greatest number of yellowfin tuna sets and the highest catch were at SST 28 °C, except for 1998, where this tendency was not as evident. The greatest number of sets was made at thermocline depths between 62 m and 94 m.

I. INTRODUCCIÓN

El Océano Pacífico Tropical (OPT) es una de las provincias oceánicas más productivas del planeta, donde destaca la captura de especies pelágicas mayores como el atún (Badán, 1997). Los túnidos han sido el objeto de una de las pesquerías más importantes a nivel mundial en términos de volumen y valor comercial (Muhlia-Melo, 1987).

La captura de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico se desarrolla principalmente en el Océano Pacífico Oriental (OPO), y se lleva a cabo básicamente con dos artes de pesca de superficie: la vara y el cerco, siendo este último el más frecuente, y con el que se obtienen los mayores volúmenes de captura (Joseph, 1994). La flota atunera mexicana se conforma en más de un 80% por embarcaciones cerqueras, las cuales difieren en capacidad de carga, tamaño, antigüedad y poder de pesca (CIAT, 2002).

Las especies principales capturadas son: atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), barrilete (*Katsuwonus pelamis*), y patudo (*Thunnus obesus*). Otras especies capturadas son atún aleta azul (*Thunnus thynnus*), albacora (*Thunnus alalunga*), barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), bonito (*Sarda orientalis* y *Sarda chiliensis*) (CIAT, 2000). La pesca de atún aleta amarilla en el OPO representa alrededor del 25% de la producción mundial de esta especie (Joseph, 1994).

Los cardúmenes de túnidos en el OPO, principalmente de atún aleta amarilla y de barrilete, forman asociaciones con delfines y agregaciones con objetos flotantes, además de encontrarse en cardúmenes libres. Por tal motivo, las embarcaciones cerqueras utilizan tres tipos de indicadores para pescar atún (National Research Council, 1992). Desde 1985 hay un predominio de los lances cerqueros sobre cardúmenes de atún asociados a delfines, debido a que son mayores los volúmenes de captura (CIAT, 2002). De las especies de túnidos que se asocian con el delfín, el atún aleta amarilla es la especie más abundante y de mayor valor comercial que se captura en el OPO (SEMARNAP, 1998).

Más del 50% del atún aleta amarilla capturado en el OPO por la flota internacional se obtiene de cardúmenes asociados a delfines (CIAT, 2000). Las manadas de delfines asociados con atunes pueden ser uniespecíficas o multiespecíficas. La especie más frecuentemente asociada con este recurso es el delfín manchado (*Stenella attenuata*). Aunque la asociación con el delfín tornillo (*Stenella longirostris*) también es importante, en la mayoría de los casos se encuentra en manadas mixtas con el delfín manchado. En menor grado se asocia con el delfín común (*Delphinus delphis*), y de manera esporádica con el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*) (Allen, 1984; Hall *et al*., 1999).

No obstante las diversas especies de delfines y de atunes involucradas en esta asociación (Allen, 1984), la relación entre el delfín manchado y el atún aleta amarilla

parece ser fundamental, dado que comprende alrededor del 80% del total de las asociaciones (Hall *et al*., 1999), y es la única especie de delfín que se encuentra asociada con el atún en manadas puras (Edwards, 1992; SEMARNAP, 1998).

Para que la asociación atún-delfín se lleve a cabo es necesario que se satisfagan los requerimientos ambientales para ambas especies. A pesar de que se tienen registros de que esta asociación se presenta en diversas regiones oceánicas (Donahue & Edwards, 1996), ésta es más frecuente o más estable en el OPO que en otras zonas. En esta provincia oceánica, la asociación atún-delfín se presenta principalmente en una región triangular que se extiende a lo largo de la costa occidente del continente americano, desde aproximadamente los 20°N a los 20°S, y hasta la longitud de los 140°O (Edwards, 1992). Esta zona está caracterizada por aguas tropicales superficiales de baja salinidad que presentan pocas variaciones anuales de la TSM (Au & Perryman, 1985).

Los lances de atún asociados a delfines se realizan en casi toda el área donde opera la flota atunera internacional en el OPO, distinguiéndose dos áreas principales de explotación de este tipo de cardúmenes: una se extiende de la costa hasta el meridiano 112°O a lo largo de la latitud 10°N, y la otra se encuentra en la latitud 8°N y el meridiano 128°O. Otras áreas pequeñas de alta concentración se localizan cerca del Domo de Costa Rica, en la boca del Golfo de California, en las Islas Revillagigedo, suroeste de la península de Baja California, y desde las costas de Perú hasta la latitud 12°S (Hall *et al*., 1999; Bautista-Cortés, 1997).

Los atunes capturados en asociación con delfines son en un alto porcentaje individuos maduros de dos a tres años que ya alcanzaron la talla de su primera reproducción (95 cm). En promedio presentan una talla modal que oscila de 55 cm a 150 cm, y pesan entre 15 kg y 25 kg (Edwards, 1992; Edward & Perkins, 1998; Hall *et al*., 1999; CIAT, 2002). Por el contrario, los cardúmenes libres y agregados a objetos flotantes se componen de atunes sexualmente inmaduros con una longitud total entre 35 cm y 75 cm, y un peso que oscila de 7kg a 8kg (Edwards & Perkins, 1998; CIAT, 2002). Como consecuencia, en la pesca sobre estos dos últimos tipos de indicadores existe un mayor descarte de peces que no alcanzan el peso mínimo que el registrado en la pesca sobre atún asociado a delfines (Joseph, 1994).

Aunado a ésto, la captura incidental de otras especies tales como tiburones, y tortugas marinas, entre otras, es muy baja en los lances asociados a delfines, por lo que las capturas constan casi exclusivamente de atún aleta amarilla (Au, 1991; National Research Council, 1992; Joseph, 1994). Como consecuencia, esta asociación ha sido aprovechada desde hace décadas por los pescadores con red de cerco en el OPO para obtener capturas importantes de atún, lo que ha provocado que el esfuerzo de pesca sea más frecuente sobre este tipo de indicador (CIAT, 1995).

La asociación atún-delfín es muy fuerte, persistiendo aún durante las operaciones de pesca (Wahlen & Smith, 1985; Lo & Smith, 1986). Por tal motivo, desde finales de los sesenta se registró una mortalidad incidental de los delfines durante las maniobras de pesca con red de cerco (Perrin, 1969), dando origen a medidas regulatorias nacionales e internacionales para la protección del delfín, así como para mantener capturas óptimas de atún. Esto ha tenido como consecuencia una serie de problemas para la comercialización del recurso sobre todo para México, cuya flota atunera realiza alrededor del 70% de lances sobre este indicador (Bautista-Cortés, 1997).

No se conoce la razón por la cual el atún aleta amarilla se encuentra asociado a objetos flotantes y a delfines; sin embargo, es posible que los mecanismos involucrados en ambas asociaciones sean similares (Greenblatt, 1979; Hall *et al*., 1999). Aunque es poco probable que exista solamente un motivo para la asociación, se ha sugerido que una de las causas principales es la presencia de una termoclina somera, ya que facilita el encuentro de ambas especies, y disminuye la probabilidad de que éstas se separen (Hall *et al*., 1999). El entender esta asociación ayudaría a tener un mejor manejo tanto de las poblaciones de atún como de delfines.

II. ANTECEDENTES

Varios estudios realizados sobre la asociación atún – delfín han tratado de explicar la naturaleza de esta asociación. Entre ellos se encuentran el de Perrin *et al*. (1973), quienes encontraron una superposición considerable entre el contenido estomacal del delfín manchado y del atún aleta amarilla, siendo el calamar el alimento más común entre ambas especies. A pesar de que con los resultados obtenidos no quedó claro si el alimento en común era la causa o el resultado de la asociación, se sugirió de manera general que la agrupación de ambas especies podría estar basada parcialmente en éste.

Para tratar de entender la naturaleza del vínculo atún – delfín, de 1992 a 1994 se realizó un estudio sobre los hábitos alimenticios y dinámica trófica del atún aleta amarilla y delfines capturados por embarcaciones cerqueras en el OPO, en el que se analizó el contenido estomacal de estas especies asociadas en los mismos lances. A pesar de observarse un traslapamiento trófico entre el atún aleta amarilla y el delfín manchado en determinadas zonas geográficas, se encontró que estos animales presentan horas totalmente diferentes de alimentación, sugiriendo que se alimentaron antes de la asociación o en distintos lugares inclusive. Estos resultados han demostrado que los hábitos alimenticios de ambas especies difieren entre sí, por lo que la hipótesis basada en la alimentación ha sido descartada totalmente (CIAT 1994, 1995; Galván-Magaña, 1999).

Trabajos en los que se han analizado datos de frecuencia de longitud de atún aleta amarilla en los diferentes tipos de cardúmenes reportan diferencias en las tallas de atún, por lo que las mayores tallas y los mayores pesos corresponden a los cardúmenes asociados a delfines (Calkins, 1965; Wild, 1986; Aldana-Flores, 2002). Estos resultados indican que existe una mayor tendencia a la agrupación por tamaño que por especies, lo que ha sugerido que la asociación podría estar basada en la capacidad fisiológica y energética de ambas especies (Edwards, 1992).

Allen (1981) observó que los atunes de tallas entre 80 cm y 150 cm se encontraban asociados con delfines, sugiriendo que la asociación entre estas especies de tallas similares disminuye la probabilidad de un ataque de depredadores tales como tiburones y orcas, aumentando la posibilidad de escape y defensa. Por tanto, propuso que la razón de esta asociación podría ser la protección. No obstante, esta hipótesis no explica porqué la asociación con el delfín manchado es más fuerte que con otras especies de delfines, las cuales también podrían proporcionarle una protección similar.

Edwards (1992) estudió la asociación en términos de sus requerimientos energéticos. Encontró que los delfines nadan a mayor velocidad que los atunes, por lo que sus requerimientos alimenticios y energéticos son mayores. Los modelos bioenergéticos desarrollados en dicho trabajo sugieren que es más probable que los atunes sigan a los delfines que viceversa, siendo estos últimos el eje de la asociación. A pesar de que los

trabajos de Allen (1981) y Edwards (1992) proponen que son los atunes quienes siguen a los delfines, también existen propuestas alternas, las cuales mencionan que los delfines aparentemente dependen del atún para llevar a la presa desde el inicio de la termoclina hasta la superficie (Au & Pitman, 1986; Au, 1991; Fiedler, 2002a).

Son varios los trabajos que han descrito el hábitat del atún aleta amarilla con el fin de relacionar la distribución o éxito de este tipo de lances con parámetros ambientales.

Sharp (1978) encontró una estrecha relación entre la captura del atún y la profundidad de las isotermas de 15°C y 23°C, por lo que consideró que su distribución vertical se limita a los primeros 100 m en el OPO, y a regiones ligeramente más profundas en el resto de los océanos. Por su parte, Allen & Punsly (1984) concluyeron que a pesar de que la TSM no se correlaciona con la distribución y abundancia del atún, la estructura térmica del mar sí influye directamente con la captura. Ortega-García (1998) menciona que las mayores abundancias están relacionadas con un perfil térmico caracterizado por una TSM de 28°C, un gradiente térmico fuerte y una profundidad de la capa de mezcla de 40 m. Diversos estudios han demostrado además que el atún tiende a concentrarse en zonas de alta productividad biológica por lo que su distribución coincide con áreas de surgencias y frentes (Blackburn, 1965; Blackburn, 1969; Sund *et al*., 1981; Power & Nelson, 1991; Ortega-García *et al.,* en prensa).

El hábitat de los delfines ha sido descrito por varios autores (Reilly, 1990; Au & Perryman, 1985; Reilly & Fiedler, 1994), el cual parece estar delimitado por la profundidad de la termoclina, la TSM, salinidad, y biomasa de fitoplancton. En cuanto a la distribución de las principales especies de delfín asociadas a la pesca del atún, se ha determinado que los delfines manchado y tornillo presentan una distribución similar, por lo que es común que se entremezclen las manadas de estas especies (Perrin, 1975; Smith, 1983; Allen, 1984).

Se ha encontrado un patrón de distribución estacional de los principales delfines asociados a atunes (Reilly, 1990; Au & Perryman, 1985; Reilly & Fiedler, 1994). Au & Perryman (1985) estudiaron la distribución de los delfines durante el invierno boreal (de enero a marzo). Durante esta época del año, los delfines manchado y tornillo se encontraron al norte del Ecuador, extendiéndose fuera de la costa de México y Centroamérica, y al sur de las Islas Galápagos. Estos autores mencionan que el hábitat de estos delfines está caracterizado por aguas tropicales cálidas de baja salinidad donde las termoclinas son intermedias o poco profundas, y con relativamente pocas variaciones anuales de la temperatura superficial. La alta densidad se registró principalmente a lo largo de los 4°N, entre los 90°O y 120°O, lo cual coincide con la convergencia entre la Contracorriente Nor-Ecuatorial (CCNE) y la Corriente Sur-Ecuatorial (CSE).

Reilly (1990) menciona que durante el verano, la distribución de estas dos especies de delfín se extiende hacia el oeste a lo largo de los 10°N (similar a la distribución histórica de estos delfines), lo cual coincide con el movimiento hacia el norte de la Zona de

Convergencia Inter-Tropical (ZCIT), el incremento en el flujo de la Corriente Nor-Ecuatorial (CNE) y de la CCNE, así como con el hundimiento de la termoclina en esta divergencia.

A diferencia de los trabajos anteriores donde se estudia la relación entre el ambiente y la distribución de delfines y atunes, Hall *et al*. (1999) estudiaron el papel que juega el ambiente en el desarrollo y estabilidad de la asociación atún – delfín. Se ha propuesto que cuando las condiciones ambientales son favorables para ambas especies, éstas se agrupan, siendo la presencia de una termoclina somera uno de los factores que más influye en la asociación. Trabajos previos también han sugerido que una termoclina somera limita la distribución vertical de estas especies a una capa superficial, facilita el encuentro de éstas, y preserva su estabilidad una vez formada la asociación (Au & Perryman, 1985; Punsly & Fiedler, 1996). Se considera que debido a que la termoclina en el OPO es relativamente somera, la frecuencia de esta asociación es mayor en esta zona que en otras regiones oceánicas con termoclinas más profundas.

A pesar de estos resultados, Bautista-Cortés (1997) en un análisis de la pesca de atún en México, no encontró evidencias suficientes para afirmar que la estructura térmica vertical afecta de manera significativa la pesca de cardúmenes de atún asociados a delfines.

Sharp (1978) encontró una correlación significativa entre la profundidad de la isoterma de 23°C con la captura por día de pesca en los lances sobre cardúmenes no asociados, no obstante, ésta no fue significativa para los lances sobre cardúmenes asociados a delfines.

Gómez-Muñoz *et al*. (1992) señalaron una relación entre la temperatura superficial del mar y la frecuencia de lances realizados sobre atún asociado a delfines, siendo éstos más frecuentes a temperaturas superficiales de 28°C, en tanto que los lances sin delfín se realizan en su mayoría a 23°C. Los autores sugieren que tal asociación parece depender del gradiente y la profundidad de la termoclina, siendo la temperatura superficial del mar un buen indicador de estas dos variables.

II.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de operación de la flota atunera nacional se ubica dentro del OPO (Fig. 1), el cual abarca desde la Península de Baja California (30°N) hasta las costas de Perú (20°S), y desde la costa oeste del continente americano, hasta el meridiano 150°O (Hall *et al*., 1999).

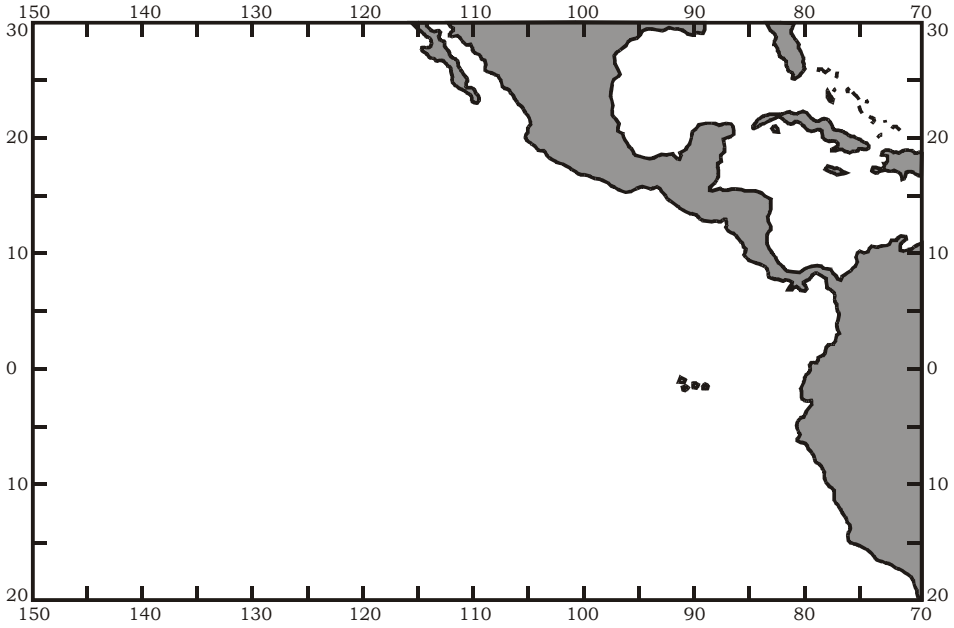


Figura 1. El Océano Pacífico Oriental (OPO).

El OPO se encuentra dentro del OPT, área que se caracteriza por presentar tres masas de agua predominantes: Agua Tropical Superficial, Agua Subtropical Subsuperficial y Agua Superficial Ecuatorial (Fig. 2) (Fiedler, 1992; Fiedler *et al*., 1992).

- **Agua Tropical Superficial**.- Se localiza en el centro del OPT a lo largo de los 10°N. Es la masa de agua más cálida, y con salinidad más baja debido a que la precipitación excede a la evaporación. Aunque es la masa de agua con menos variabilidad estacional (≤1°C), es más cálida de mayo a agosto (Fiedler, 1992; Fiedler *et al*., 1992). Esta masa de agua está delimitada por una termoclina intensa, donde se observa un máximo de salinidad, y cuya profundidad oscila entre 50 m y 150 m (Badan, 1997).

- **Agua Subtropical Superficial**.- Masa de agua fría ubicada en los giros subtropicales del Pacífico Norte y Sur, regiones donde la variabilidad estacional es mayor que en los trópicos. Presenta una alta salinidad debido a que la evaporación excede a la precipitación, por lo que en el centro de los giros subtropicales la

salinidad superficial es de mas 36 UPS. La temperatura superficial del mar (TSM) es mayor durante el verano de cada hemisferio (Fiedler, 1992; Fiedler *et al*., 1992).

- **Agua Ecuatorial Superficial**.- Se localiza entre las masas de agua superficiales tropicales y subtropicales de sur. Es una masa de agua anómalamente fría, la cual se extiende hacia el oeste a lo largo del ecuador desde la Costa de Perú. La salinidad de esta masa de agua es intermedia entre la baja salinidad del agua tropical superficial y la alta salinidad del agua subtropical superficial. Las temperaturas superficiales más bajas se registran durante el verano u otoño boreal, cuando los vientos alisios del SE son más fuertes (Fiedler, 1992; Fiedler *et al*., 1992).

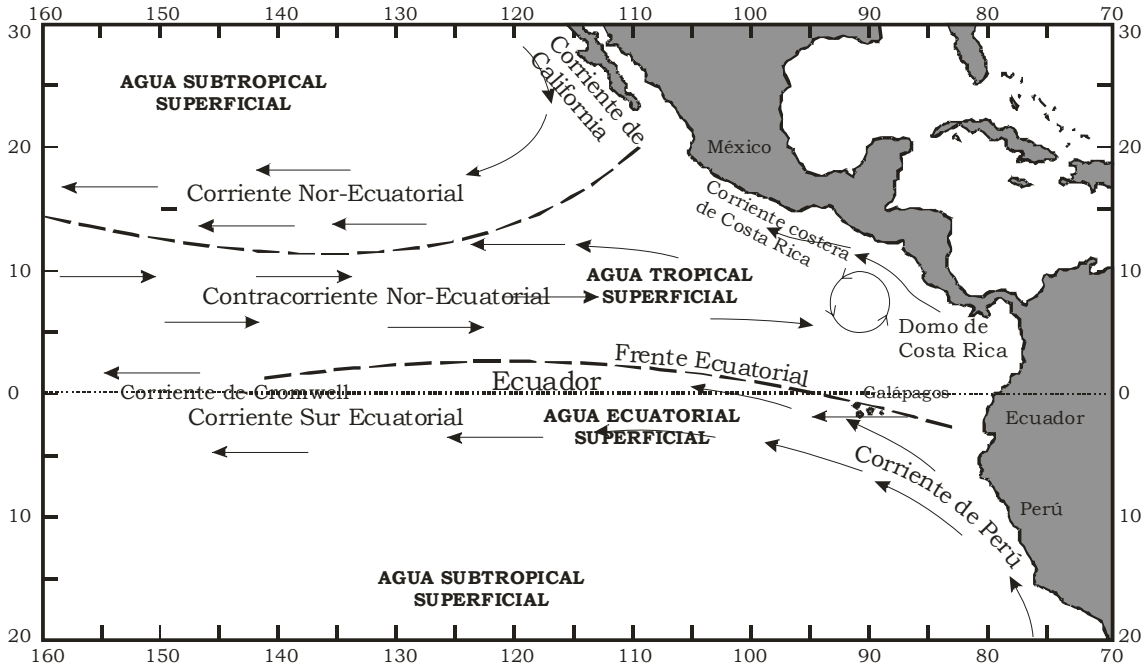


Figura 2. Corrientes superficiales y masas de agua principales presentes en el OPT (Reproducido de Wyrtki 1966, 1967).

Las principales celdas atmosféricas que determinan las condiciones del tiempo en el OPT son los centros de alta presión del Pacífico Norte y Sur, y los centros de baja presión de las Aleutianas y de Indonesia, cuya posición e intensidad determinan las fluctuaciones de las principales corrientes (Badan, 1997).

Son cuatro las principales corrientes presentes en el OPT: la Corriente Sur Ecuatorial (CSE) y la Corriente Nor-Ecuatorial (CNE), las cuales fluyen de este a oeste. Con dirección opuesta fluyen la Contracorriente Nor-Ecuatorial (CCNE) y subsuperficialmente la Corriente de Cromwell. A lo largo del margen oeste del continente americano fluyen hacia el Ecuador la Corriente de California (CC) (a lo largo de la costa de Norteamérica) y la Corriente de Perú (CP) (a lo largo de la costa de Sudamérica), las cuales

contribuyen con aguas frías y de bajas salinidades en el OPT. La CCNE transporta agua caliente al norte del Ecuador (Hall *et al*., 1999).

Las aguas y corrientes superficiales del OPT interactúan con los vientos alisios del NE y del SE (Fiedler, 1992), por lo que la circulación en esta zona fluctúa de manera estacional de acuerdo a este sistema de vientos (Wyrtki, 1967). Por tal motivo, se han descrito dos estaciones oceanográficas (Wyrtki 1966; 1974):

- Durante el primer semestre del año (invierno), los vientos alisios del NE son más fuertes y la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT) se encuentra en su posición más al sur. Debido a que estos vientos se localizan al sur de la CNE, actúan en contra de la CCNE, por lo que ambas corrientes se debilitan.

- Durante la segunda mitad del año (verano), los vientos alisios del NE se desplazan hacia el norte, fortaleciendo a la CNE. Como ya no hay oposición del viento hacia la CCNE, esta corriente también se fortalece, por lo que la divergencia de la CNE-CCNE es más fuerte, provocando que la termoclina cerca de los 10°N se encuentre a 40 m de profundidad. Los vientos alisios del SE, la Corriente de Perú y la CSE también se fortalecen durante esta época del año, produciendo grandes surgencias ecuatoriales y transporte horizontal desde la Corriente de Perú (Wyrtki 1967; 1974).

El OPT se caracteriza por presentar una capa de mezcla superficial somera, en la cual la temperatura del agua se encuentra entre 25°C y 30°C (Wyrtki 1966, 1967; Fiedler *et al*., 1992; Fiedler, 1992). Debido a que la isoterma de los 20°C se localiza a la mitad de la termoclina, su profundidad ha sido utilizada convencionalmente para representar la profundidad de la termoclina en el OPT (Donguy & Meyers, 1987, Kessler, 1990). A diferencia de otras áreas del Pacífico ecuatorial donde la profundidad de la termoclina oscila generalmente entre 150 m y 200 m (Kessler, 1990), la termoclina en el OPT es relativamente somera, extendiéndose a profundidades entre 50 m y 100 m. Las corrientes superficiales determinan la topografía de la termoclina, la cual está caracterizada por crestas (profundidad de la termoclina inferior a 100 m) y valles (profundidad de la termoclina superior a 100 m) (Hall *et al*., 1999). Las crestas se localizan debajo de las divergencias superficiales, en la CSE a lo largo del Ecuador, y entre la CNE y la CCNE a lo largo de los 10°N (Fiedler, 1992). Debido al transporte de agua superficial hacia el oeste por los vientos alisios del NE, la profundidad de la termoclina aumenta de este a oeste (Fiedler *et al*., 1992).

Otras características térmicas importantes son la lengüeta de agua superficial fría localizada en las costas de Perú, así como las masas de agua fría ubicadas a lo largo de la costa de Centroamérica, y en el Domo de Costa Rica (Wyrtki, 1964).

El OPT es una zona de alta productividad biológica debido principalmente a los vientos de oriente prevalecientes y a las corrientes impulsadas por el viento que causan afloramiento de aguas subsuperficiales más frías y más ricas en nutrientes (Fiedler, 1992). Este flujo de nutrientes mantiene concentraciones óptimas de nitrógeno en la superficie, y por ende, en niveles altos de productividad biológica. Esta productividad también es enriquecida por las surgencias en el Domo de Costa Rica, la costa de Perú y Ecuador (Reilly & Fiedler, 1994).

Aunque el ambiente oceánico en el OPT varía estacional e interanualmente, también presenta variaciones a una escala de tiempo mayor (decadales y el cambio climático). La variabilidad interanual registrada en el OPT es mayor que en cualquier otra provincia oceánica del mundo debido a que está dominada por El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Este ciclo natural e irregular del sistema océano-atmósfera afecta de manera periódica los vientos superficiales, la TSM, los gradientes de presión atmosféricos, el nivel medio del mar, la profundidad de la termoclina, la productividad biológica, y la intensidad de las corrientes superficiales (Philander, 1990; Fiedler *et al*., 1992; Fiedler, 2002b). Debido al cambio complejo en el clima del planeta durante estos episodios, las variaciones interanuales exceden por mucho las variaciones estacionales (Fiedler, 1992). Los efectos de un evento de El Niño son generalmente más aparentes en el OPT entre los 5°N y los 15°S, sin embargo, durante episodios fuertes, estos efectos se pueden extender entre las latitudes de los 40°N y de los 30°S (CIAT, 2002).

Los procesos oceanográficos presentes en el OPO influyen de manera directa en el hábitat del atún aleta amarilla y de los delfines, afectando sus patrones de distribución y su abundancia (Reilly & Fiedler, 1994).

III. OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la variabilidad interanual y estacional de los lances de atún asociados a delfines de 1990 a 1999, su relación con la captura de atún aleta amarilla y el efecto que la temperatura del mar tiene en esta asociación.

Objetivos Particulares

a)Determinar la distribución espacial de los lances de atún aleta amarilla asociados a delfines para el período de 1990 a 1999.

b)Analizar la variación espacio-temporal de la captura de atún aleta amarilla obtenida en los lances asociados a delfines.

c)Determinar la frecuencia de lances respecto a la TSM y a la profundidad de la termoclina.

d)Analizar la relación que la estructura térmica del mar tiene con la frecuencia de este tipo de lances y la captura de atún.

IV. METODOLOGÍA

IV.1. ORIGEN DE LA INFORMACIÓN

La información utilizada en este estudio corresponde a la base de datos del proyecto "ATÚN-CICIMAR", la cual contiene los datos de las bitácoras de pesca de la flota atunera mexicana de cerco recopilada en los puertos de Ensenada, B. C.; San Carlos, B. C. S.; La Paz, B. C. S. y Mazatlán, Sin. Para cada lance se registró la clave del barco, puerto de descarga, fecha, latitud, longitud, hora de inicio y término del lance, temperatura superficial del mar en grados centígrados (TSM), captura estimada en toneladas métricas (tm) de atún aleta amarilla, barrilete, y otras especies, y si recibieron o no ayuda aérea para la localización del cardumen. También se especificó el indicador de pesca (cardúmenes libres, asociados a objetos flotantes, ó a diferentes especies de delfín, señalando en este último la especie asociada).

Respecto a los datos de TSM, además de contar con la registrada en cada lance para todo el periodo de estudio, para 1998 se utilizó información de TSM de cada lance inferida a través de imágenes de satélite (AVHRR) con una resolución de 9 km. Estos datos fueron obtenidos por medio del programa Windows Image Manager (Versión 5.45). Para el análisis de la estructura térmica del mar, se contó con la base de datos del World Ocean Atlas 1998 (WOA98), la cual contiene valores de temperatura a diferentes profundidades: 0 m, 10 m, 20 m, 30 m, 50 m, 75 m, y 100 m. Esta base se conforma de promedios mensuales de temperatura en grados centígrados provenientes de áreas de un grado de latitud por un grado de longitud.

IV.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

De la base de datos "ATÚN-CICIMAR" se extrajo la información de los lances de atún asociados a delfines de 1990 a 1999. Con la finalidad de no introducir un sesgo debido a un posible comportamiento diferencial entre las diversas especies de delfín y considerando que más del 50% de los lances asociados se realizan sobre manadas puras de delfín manchado (Hall *et al*., 1999), se decidió enfocar el análisis a la asociación entre el atún aleta amarilla y el delfín manchado.

IV.3. MAPAS DE DISTRIBUCIÓN

La flota atunera mexicana opera en todo el OPO de acuerdo a patrones estacionales (Gómez-Muñoz *et al*., 1990), y se conforma en un 80% por embarcaciones cerqueras, las cuales difieren en tamaño, características, estrategias de pesca y zonas de captura. La capacidad de acarreo es la característica física que presenta mayor correlación con el éxito de la pesca, por lo que se ha categorizado a la flota con base en ella (Ortega-García &

Muhlia-Melo, 1992). Debido a que se ha determinado que las embarcaciones con una capacidad de acarreo mayor o igual a 1090 tm tienen un mayor poder relativo de pesca, y efectúan un mayor número de lances sobre cardúmenes asociados a delfines (Ortega-García, 1998; Ortega-García & Muhlia-Melo, 1992), en la distribución espacio-temporal de los lances, éstos se diferencian en dos categorías: los lances realizados por embarcaciones <1090 tm y ≥1090 tm de capacidad de acarreo. Considerando lo anterior, a partir de la información de latitud y longitud de cada lance, se elaboraron mapas anuales de distribución donde se referenciaron geográficamente de manera diferencial los lances realizados por estos dos tipos de embarcaciones a través del programa de computación Golden Software (1999) (Anexo I).

Con el objetivo de evitar sesgos en la unidad de esfuerzo como consecuencia de la diferencia en tamaño, y autonomía de las embarcaciones, para los análisis posteriores se consideraron únicamente los lances de atún aleta amarilla realizados por barcos mayores o iguales a 1,090 tm de capacidad de acarreo.

Con la posición geográfica de cada lance se elaboraron mapas anuales para observar su variación espacio-temporal. También se elaboraron mapas trimestrales a partir de un año tipo promedio de 1990 a 1999.

IV.4. VARIABILIDAD INTERANUAL Y TRIMESTRAL

Se realizó un análisis exploratorio para observar cambios y tendencias generales de los datos utilizados en este estudio por medio del programa estadístico StatSoft, Inc. (2003). Para ello se analizó de manera descriptiva el número de lances de atún asociados a delfín manchado y su captura estimada durante cada uno de los años de estudio, determinando además la captura por lance promedio anual.

$$CPUE_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{(i,j)}}{n}$$

donde:

n_j = número lances realizados en el año j
j = de 1990 a 1999
$C_{(i,j)}$ = captura del i-ésimo lance del año j
$CPUEj$ = captura por lance promedio del año j

A partir de un año tipo promedio de 1990 a 1999 se analizó trimestralmente los lances realizados y la captura obtenida de forma análoga al análisis descriptivo anual, estimando la captura por lance trimestral promedio.

Con el fin de determinar la variabilidad interanual y trimestral en la captura por lance promedio se realizaron análisis de variancia de una vía entre los nueve años de estudio y entre los cuatro trimestres del año tipo promedio.

IV.5. RELACIÓN CON LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

Se estimaron las temperaturas superficiales promedio anuales y trimestrales asociadas a los lances (estas últimas para el año promedio tipo de 1990 a 1999), aplicando análisis de variancia para comprobar si había una variabilidad estadísticamente significativa.

Para determinar la temperatura superficial a la cual se obtuvieron las mayores capturas y se realizaron el mayor número de lances, se calculó la frecuencia por grado centígrado tanto de manera anual como trimestral, elaborando los histogramas correspondientes.

Para todo el periodo analizado se estimó la captura obtenida y el número de lances realizados en cada valor de TSM, así como la captura por lance promedio obtenida en cada grado centígrado, aplicando un análisis de variancia para determinar si la variabilidad era significativa.

IV.6. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TÉRMICA DEL MAR DURANTE 1998

Para determinar la temperatura preferencial de los cardúmenes de atún asociados a delfín manchado durante 1998, con la información de TSM de cada lance y la de TSM total inferida a través de imágenes de satélite (AVHRR), se calculó la frecuencia relativa en la que se capturó atún aleta amarilla.

$$FR = \frac{FAasoc}{FT}$$

donde:

FR= Frecuencia relativa
FAasoc= Frecuencia de TSM asociada a las capturas de atún aleta amarilla
FT= Frecuencia de temperatura superficial total en el POT

IV.7. DETERMINACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DE LA TERMOCLINA

Se analizó la relación entre la estructura térmica del mar y los lances de atún asociados a delfín manchado realizados únicamente durante 1998, ya que sólo se contó con información de la temperatura del mar a diferentes profundidades para este año.

Se utilizó la profundidad de la isoterma de los 20°C como un indicador de la profundidad de la termoclina (Donguy & Meyers, 1987, Kessler, 1990), la cual fue calculada a partir de los valores de profundidad de la isoterma de los 20°C extraídos de la base de datos del WOA 98.

El área a partir de la cual se extrajeron los datos de temperatura estuvo comprendida entre los 35°N a los 25°S, y de los 150°O a los 75°O, con el fin de abarcar toda la zona de distribución de los lances. Con la información de latitud, longitud y profundidad de la isoterma de 20°C, se elaboraron mapas mensuales de la topografía de la termoclina, los cuales fueron generados por medio del programa Golden Software (1999). A partir de las interpolaciones generadas por este programa de computación, se obtuvieron los datos de la profundidad de la isoterma de 20°C de toda el área de distribución de los lances. Con esta información, se calculó la profundidad promedio mensual de la termoclina para toda esta zona, con lo cual se pudieron observar cambios y tendencias generales de la misma a lo largo del año. También se determinó profundidad de la termoclina más frecuente para toda el área de estudio, para lo cual se elaboraron histogramas de frecuencia.

Con el fin de determinar la profundidad promedio mensual de la termoclina asociada a los lances de atún, se estimó la profundidad a la que se encontró la termoclina durante los lances realizados durante 1998. Para ello, se agruparon los lances mensuales en áreas de un grado de latitud por un grado de longitud para obtener su perfil térmico, y de esta manera, ubicar la profundidad a la cual se encontró la isoterma de 20°C. A partir de las dos profundidades entre las cuales se encontró dicha isoterma, se realizó una regresión lineal con el fin de estimar la profundidad de ésta.

$$y = a + bx$$

donde:

y = Profundidad de la isoterma de 20°C
x = 20°C

A todos los lances agrupados en la misma área, se les asignó la misma profundidad. Con estos datos, se elaboraron histogramas de frecuencia por profundidad para 1998 para conocer la profundidad de la termoclina a la cual se realizaron un mayor número de lances de atún.

La variabilidad mensual de la TSM asociada a los lances durante este año se analizó a partir del valor de temperatura a 0m de las áreas donde se registraron lances, el cual fue extraído de la base de datos del WOA 98.

A partir de las estimaciones de la TSM promedio mensual, de la profundidad promedio mensual de la termoclina y de la captura promedio mensual, se determinó si la variabilidad registrada fue significativa por medio de análisis de variancia de una vía. Por último, se relacionó la profundidad promedio de la termoclina con la TSM registrada en cada lance y con la captura por lance mensual.

V. RESULTADOS

De 1990 a 1999 se registraron un total de 53,075 lances de atún realizados por la flota atunera mexicana de cerco, obteniendo una captura estimada de atún aleta amarilla de 728,608 toneladas. Durante este período, la flota estuvo integrada por 77 embarcaciones con capacidad de acarreo entre 76 tm y 1,350 tm.

Los barcos con capacidad de acarreo ≥1090 tm representaron alrededor del 43% del total de embarcaciones, las cuales realizaron alrededor del 60% del total de lances registrados en el período de estudio y obteniendo el 80% de la captura total estimada. Aproximadamente el 80% de los lances efectuados por estos barcos fueron sobre cardúmenes de atún asociados a delfines (Tabla 1).

Tabla 1. Lances y captura estimada de atún aleta amarilla obtenida por la flota atunera mexicana de cerco de 1990 a 1999.

	Embarcaciones ≥ 1090 tm	**Embarcaciones < 1090 tm**	**Total**
Lances no asociados a delfines	7,642	13,651	**21,293**
Lances asociados a delfines	25,337	6,445	**31,782**
Captura no asociada a delfines (t)	112,303.355	93,798	**206,101.355**
Captura asociada a delfines (t)	466,572.65	55,934.36	**522,507.01**

Del total de lances asociados a delfines (25,337), más de la mitad estuvieron asociados a manadas puras de delfín manchado. En cuanto a la captura total asociada a delfines (466,572), más del 50% se capturó en asociación con delfín manchado (Tabla 1 y 2).

Tabla 2. Lances y captura obtenida en asociación con delfín manchado de 1990 a 1999 por la flota atunera mexicana de cerco.

	Embarcaciones ≥ 1090 tm	**Embarcaciones < 1090 tm**	**Total**
Lances asociados a delfín manchado	13,468	2,928	**16,396**
Captura asociada a delfín manchado (t)	250,277.65	29,389.9	**279,667.55**

La captura por lance registrada en los lances sobre cardúmenes de atún asociados a delfines, en especial a delfín manchado, es mayor que la obtenida sobre cardúmenes no asociados (Tabla 3).

Tabla 3. Captura por lance obtenida por la flota atunera mexicana de cerco de 1990 a 1999.

	Embarcaciones mayores a 1090	**Embarcaciones menores a 1090**
Captura por lance no asociada a delfín	14.7	6.9
Captura por lance asociada a delfín	18.4	8.7
Captura por lance asociada a delfín manchado	18.6	10

La proporción anual de lances asociados a delfín manchado respecto al total de lances sobre delfines presentó de manera general una disminución, siendo más evidente de 1990 a 1994 (Fig. 3). De 1995 a 1999 ésta proporción no presentó grandes variaciones, oscilando alrededor del 48%. En cuanto a la proporción anual que la captura obtenida en asociación con delfín manchado representa del total de la captura obtenida en asociación con delfines, presentó una tendencia similar a la registrada en la serie anterior, lo que muestra una correlación entre ambas proporciones.

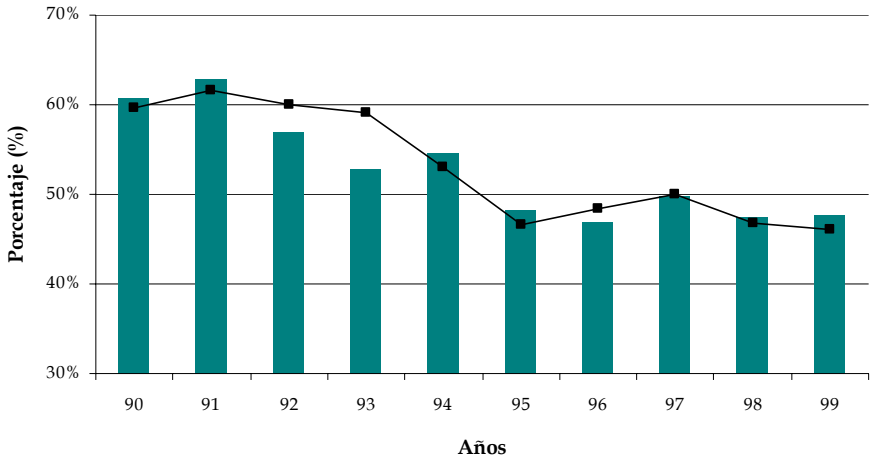


Figura 3. Porcentaje anual de lances asociados a delfín manchado respecto al total de lances sobre delfines (barras). Las líneas muestran el porcentaje anual de la captura obtenida en asociación con delfín manchado respecto al total de la captura obtenida en asociación con delfines.

El análisis trimestral de estas series muestra también de manera general una tendencia decreciente (Fig. 4), disminuyendo a menos del 50% durante el tercer trimestre.

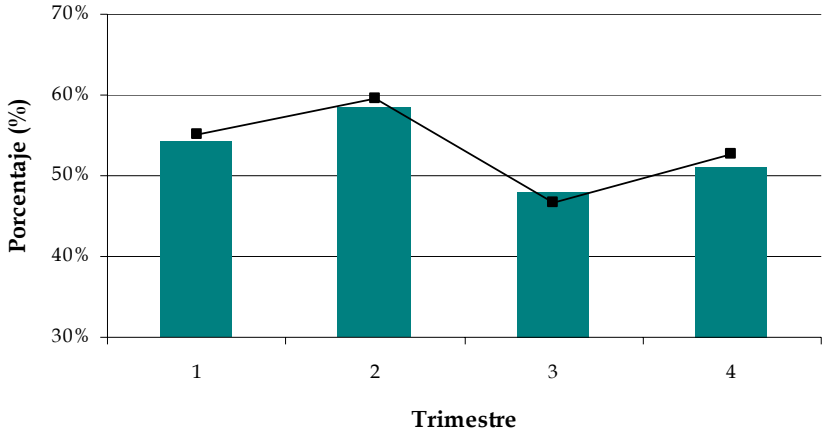


Figura 4. Porcentaje trimestral de lances asociados a delfín manchado respecto al total de lances sobre delfines (barras). Las líneas muestran el porcentaje trimestral de la captura obtenida en asociación con delfín manchado respecto al total de la captura obtenida en asociación con delfines.

MAPAS DE DISTRIBUCIÓN

a. VARIABILIDAD ESPACIAL INTERANUAL

En el apéndice II se muestra la distribución anual de los lances de atún aleta amarilla asociados a delfín manchado de 1990 a 1999. Aunque no se encontró un patrón de distribución anual definido durante el período estudiado, la mayor concentración de éstos se registraron al norte del Ecuador, y sobre la lengüeta de agua cálida hasta una longitud de los 140°O. Otra área que presentó una gran densidad de lances comprendió entre los 8°N y los 15°N, y entre los 90°O y los 120°O aproximadamente. A pesar de que la flota atunera mexicana de cerco operó principalmente al norte de los 0°, durante 1993, 1994, y 1997 se registró un desplazamiento de la flota hacia el sur del ecuador, hasta la latitud de los 15°S. También es importante destacar que de 1991 a 1994 se realizaron un gran número de lances a lo largo de las costas mexicanas, desde la boca del Golfo de California hasta el Golfo de Tehuantepec. A pesar que de 1995 a 1997 esta distribución no fue tan evidente, a partir de 1998 se volvió a presentar una distribución costera de los lances. Durante 1997 y 1998 fue notoria la alta concentración de lances registrados al noroeste de los 20°N.

b. VARIABILIDAD ESPACIAL TRIMESTRAL

Al agrupar los lances de manera trimestral, se observó básicamente dos patrones de distribución (apéndice III). De manera general tanto el primero como el cuarto trimestre del año tipo promedio presentaron patrones similares de distribución, mientras que el área donde se realizaron los lances durante el segundo y tercer trimestre fue semejante.

Durante el primer y cuarto trimestre del año tipo promedio, los lances se distribuyen principalmente hasta la longitud de los 125°O, registrándose un desplazamiento de la flota hacia el sur del ecuador, hasta la latitud de los 15°S. Cabe destacar que durante el primer trimestre se realizaron lances desde la boca del Golfo de California hasta el Golfo de Tehuantepec, mientras que durante el cuarto trimestre, hubo un gran número de lances dentro del Golfo de California y en la boca de éste.

A partir del segundo trimestre del año tipo promedio, los lances se concentraron al norte del ecuador, observándose un desplazamiento de la flota atunera hasta una longitud de los 140°O. La distribución de los lances costeros realizados durante este periodo es similar a la registrada durante el primer trimestre. A pesar de que de manera general, la distribución de los lances registrados durante el segundo y tercer trimestre es semejante, las operaciones de pesca a partir de julio se concentraron aún más al norte, en una franja estrecha que abarca de los 7°N a los 15°N. Al igual que durante el cuarto trimestre, los lances costeros se realizaron principalmente en el Golfo de California. En este periodo, sobresale la alta concentración de lances que se registró al noroeste de los 20° N durante 1997 y 1998.

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS

a. VARIABILIDAD INTERANUAL

La variación interanual registrada en el número de lances y en la captura estimada durante el período analizado presentó en general una disminución (Fig. 5).

Se observa que las tendencias que presentaron tanto la captura estimada como el número de lances fueron similares a lo largo del período estudiado, alcanzando sus niveles más altos en 1992. A partir de este año, se observa un decremento en ambas series, registrándose el menor número de lances y la menor captura estimada durante 1995.

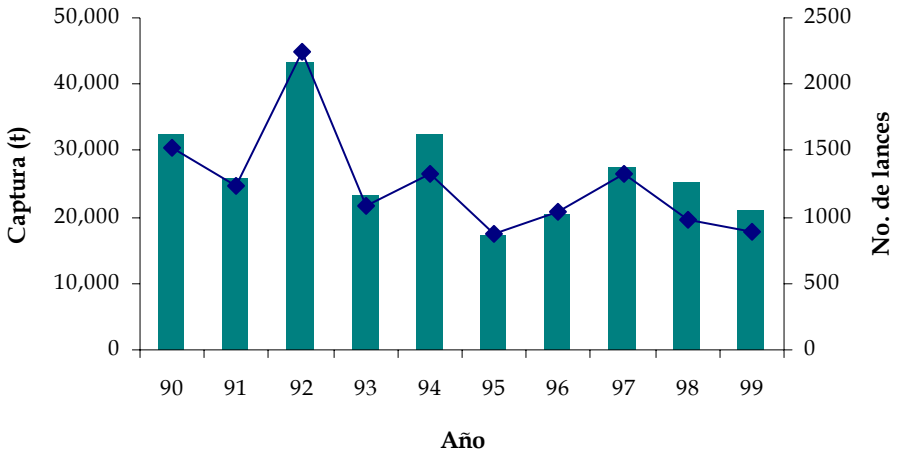


Figura 5. Variación interanual del número de lances (barras) y de la captura total (líneas) registrados de 1990 a 1999.

La variabilidad interanual de la captura por lance fue significativa ($F_{(9,13458)}$=12.696 P<0.05) (Fig. 6). A diferencia de las dos series anteriores, la captura por lance no presentó una tendencia clara en cuanto a los cambios registrados en el período estudiado.

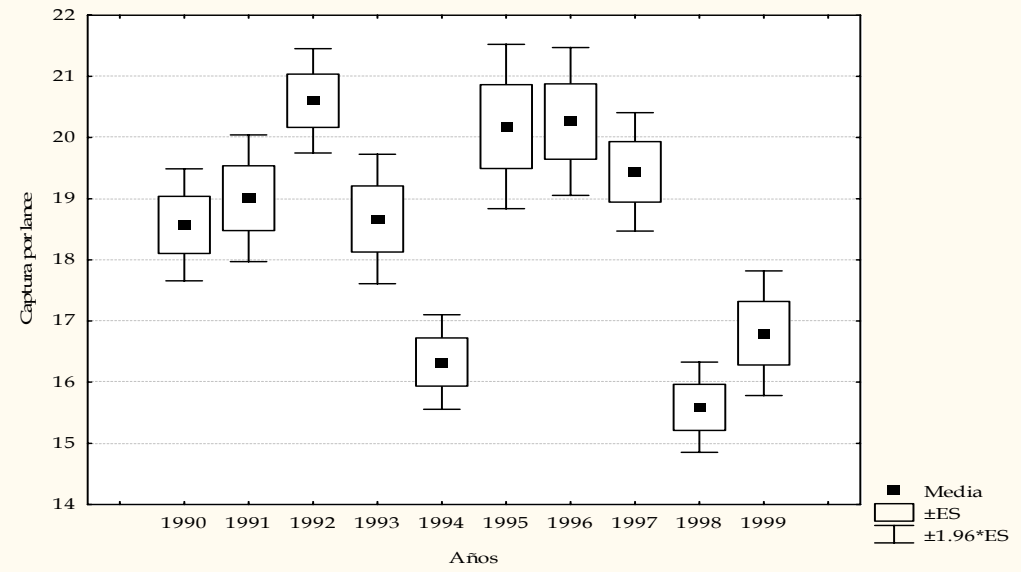


Figura 6. Variación interanual de la captura por lance promedio anual registrada de 1990 a 1999.

En promedio, el 4.5% de los lances de atún asociados a delfín manchado no registraron captura (lances de agua) (Fig. 7).

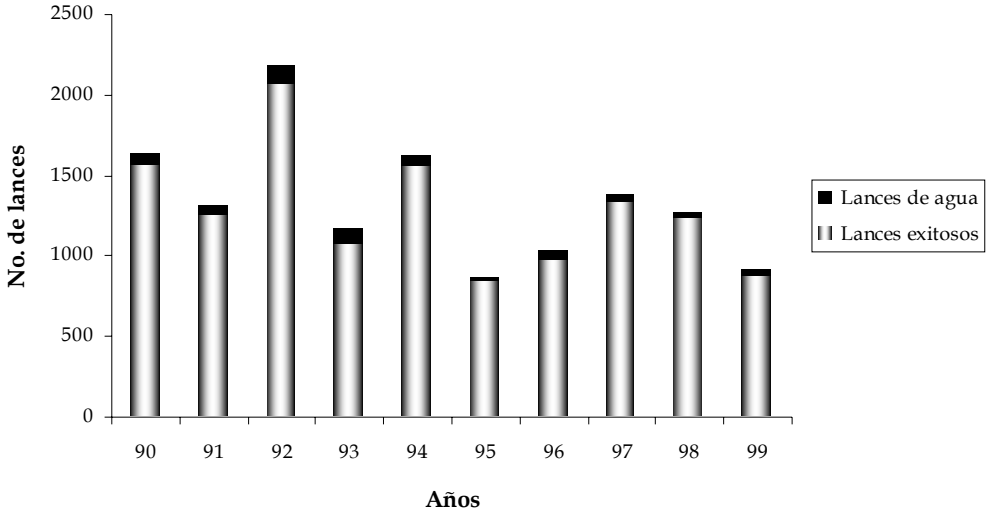


Figura 7. Número de lances de agua y lances exitosos de atún aleta amarilla asociados a delfín manchado de 1990 a 1999.

b. VARIABILIDAD TRIMESTRAL

El análisis trimestral muestra que el mayor número de lances y volumen de captura se registró durante el primer y segundo trimestre del año tipo promedio, es decir principalmente durante el invierno boreal (Wyrtki 1966, 1974) (Fig. 8).

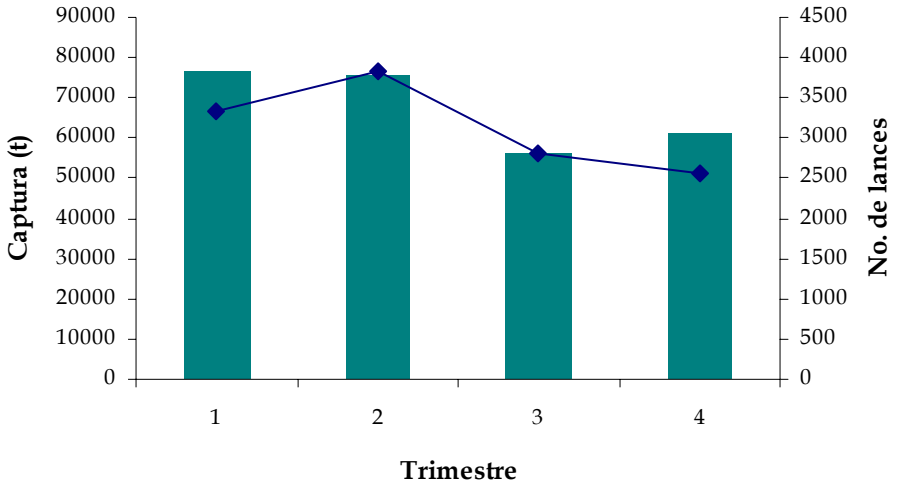


Figura 8. Variación trimestral del número de lances (barras) y de la captura total (líneas) de un año tipo promedio de 1990 a 1999.

A diferencia de lo anterior, la captura por lance fue máxima durante el segundo y tercer trimestre (Tabla 5; Fig. 9). La variabilidad trimestral fue estadísticamente significativa ($F_{(3,13464)}$= 30.043 P<0.05).

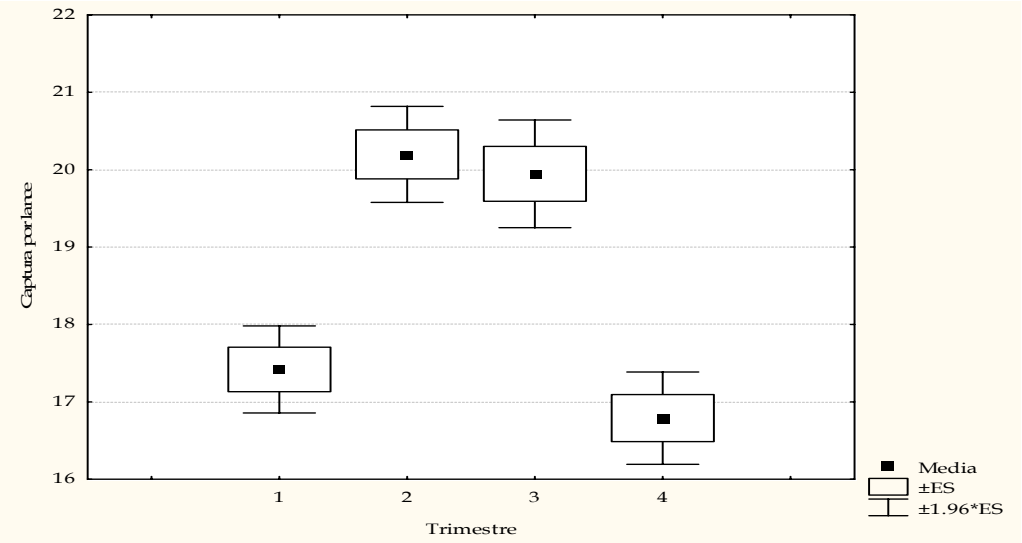


Figura 9. Variación trimestral de la captura por lance promedio del año tipo promedio de 1990 a 1999.

En la figura 10 se muestran los lances de agua registrados por trimestre. Este tipo de lances representaron entre el 3% y el 5% del total de lances de atún asociados a delfín manchado.

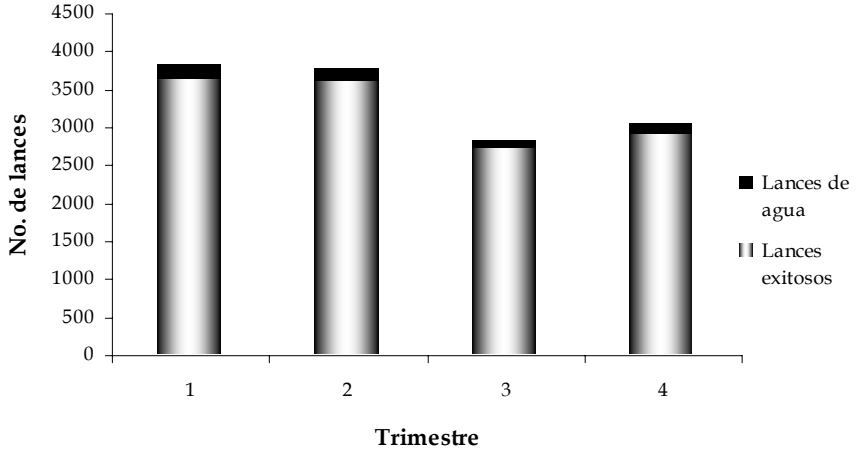


Figura 10. Número de lances de agua y lances exitosos trimestrales de atún aleta amarilla asociados a delfín manchado.

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

a. VARIABILIDAD INTERANUAL DE LA TSM

La TSM promedio anual asociada a los lances alcanzó sus valores máximos durante 1990 y 1991 (Fig. 11). En los años posteriores se observó un decremento de ésta, alcanzando su mínimo valor promedio durante 1998. De 1998 a 1999 la TSM promedio asociada a los lances se incrementó de 26.2°C a 27.5°C, registrándose la mayor variación de temperatura del período estudiado en tan sólo un año (1.3°C). La variación anual de la TSM promedio registrada en los lances realizados de 1990 a 1999 fue significativa ($F_{(9,12632)}$=99.047 P<0.05).

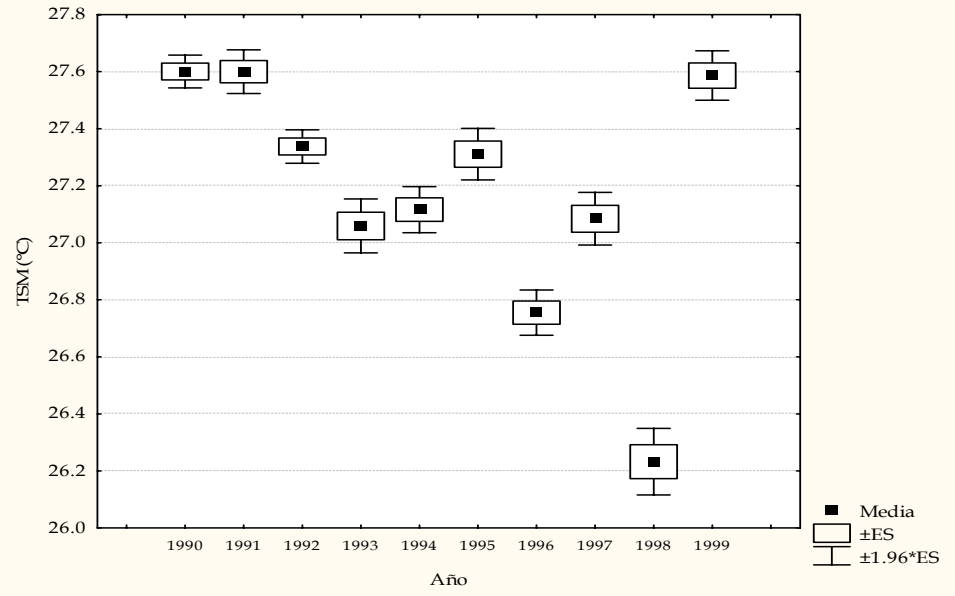


Figura 11. TSM promedio anual asociada a los lances.

A lo largo del período analizado la mayor proporción de los lances se realizó principalmente a TSM de 28°C, excepto durante 1992 y 1996, cuando la mayor frecuencia de estos se registró a TSM de 27°C (Fig. 12). Durante 1998 esta tendencia no fue tan evidente, ya que la proporción de lances a TSM entre 26°C y 28°C osciló del 10% al 12%, por lo que no se observa una TSM predominante como en el resto de los años estudiados. Además, durante este año se registró una gran proporción de lances a TSM entre 22°C y 24°C.

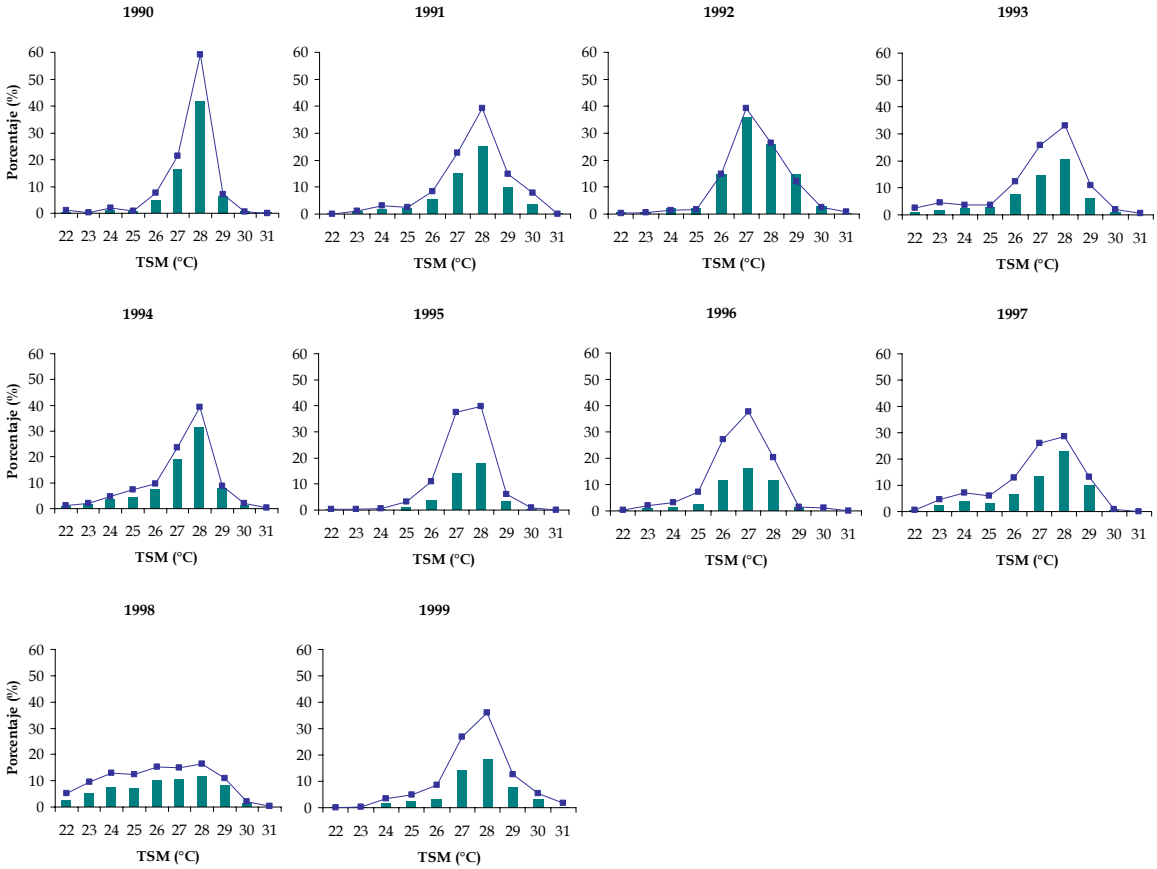


Figura 12. Distribución del porcentaje de frecuencias de lances (barras) y de captura (líneas) con respecto a la TSM.

b. VARIABILIDAD TRIMESTRAL DE LA TSM

El análisis trimestral del año promedio tipo muestra que durante el primer trimestre del año las temperaturas superficiales asociadas a los lances fueron las más bajas (Fig. 13).

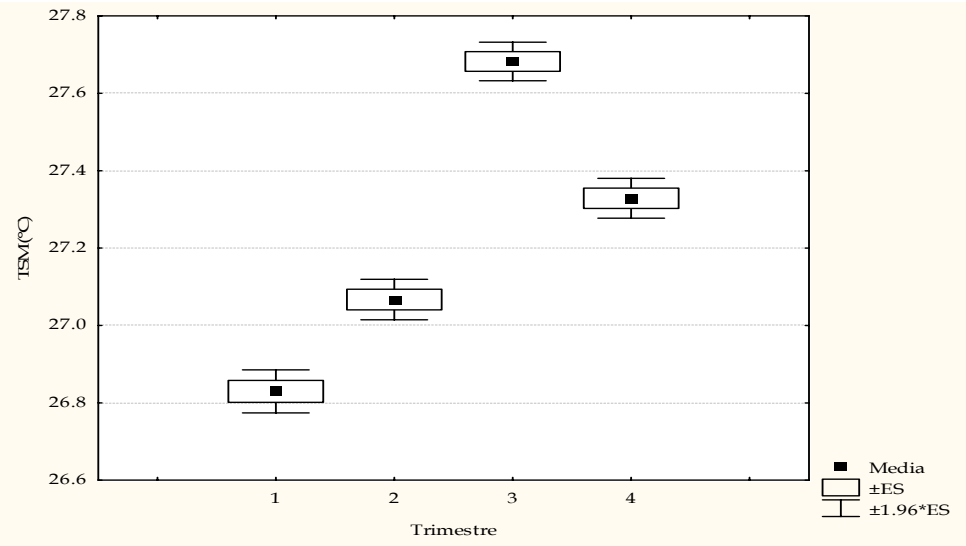


Figura 13. TSM promedio trimestral asociada a los lances.

Posteriormente se observa un incremento en la temperatura registrada durante los lances, alcanzando sus valores más altos durante el tercer trimestre, período en el cual inicia el verano (Wyrtki 1966, 1974). Esta variabilidad fue significativa ($F_{(3,12638)}$= 172.69 P<0.05).

Una tendencia similar a la registrada en el análisis anual de la temperatura superficial asociada a los lances se observó en el análisis trimestral. Durante los cuatro trimestres del año tipo promedio, el mayor porcentaje de lances se realizaron a TSM de 28°C (Fig. 14), no obstante, durante el primer y segundo trimestre también se realizaron un número importante de lances a TSM de 27°C.

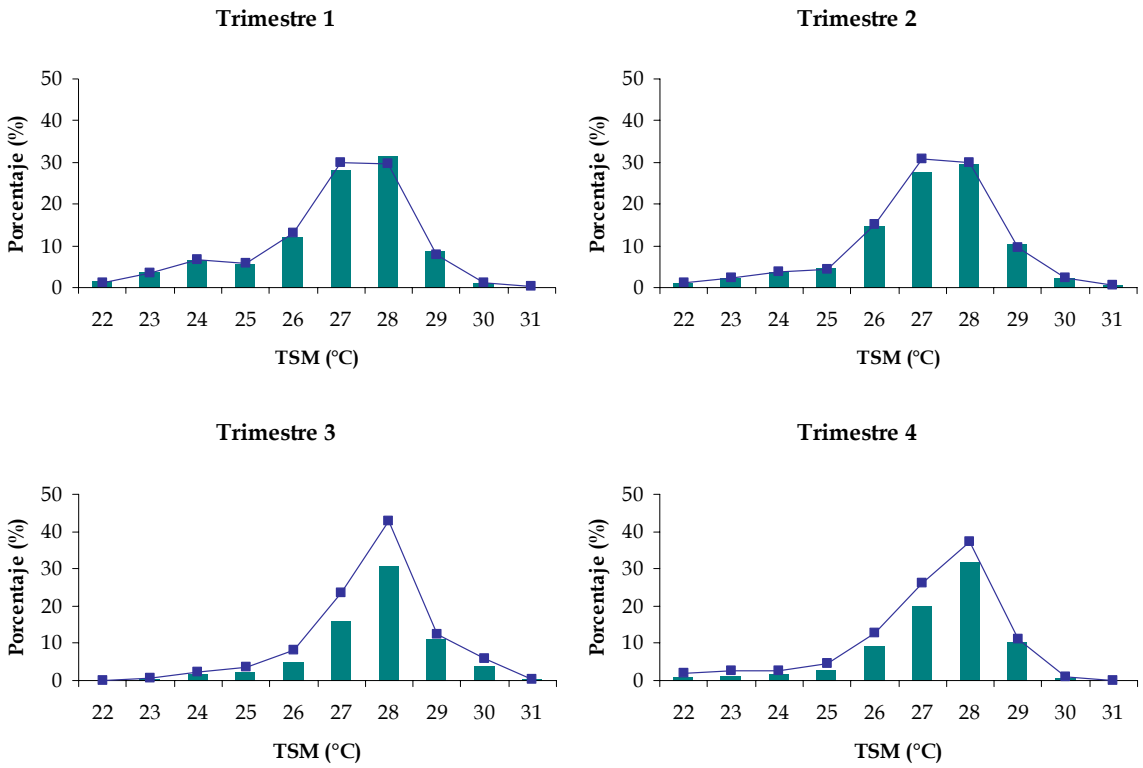


Figura 14. Distribución del porcentaje de frecuencias de lances (barras) y de captura (líneas) con respecto a la TSM.

RELACIÓN DE LA CAPTURA CON LA TSM

Al analizar la captura estimada y lances en relación con la TSM asociada a los lances, se observó un comportamiento similar al registrado en el análisis anual y trimestral de la TSM (Fig. 13 y 14). De esta manera hay una tendencia al incremento de la captura obtenida y de lances conforme aumenta la TSM, alcanzando un máximo a TSM de 28°C (Fig. 15).

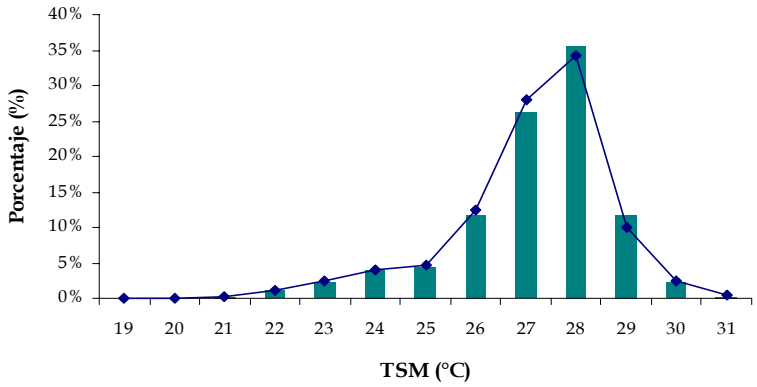


Figura 15. Distribución del porcentaje de frecuencias de lances (barras) y de captura (líneas) con respecto a la TSM.

El análisis de la captura por lance obtenida en cada intervalo de TSM (Fig. 16) muestra que entre 19°C y 20°C se obtienen las menores capturas por lance (4.5 y 4.6 respectivamente). Aunque en el comportamiento general la captura por lance promedio fue estadísticamente diferente ($F_{(12,12607)}$=5.895 P<0.05), esta diferencia no fue significativa entre 22°C y 27°C, fluctuando entre 15.38 y 20.038. La mayor captura por lance se obtuvo a TSM de 31°C (25.187).

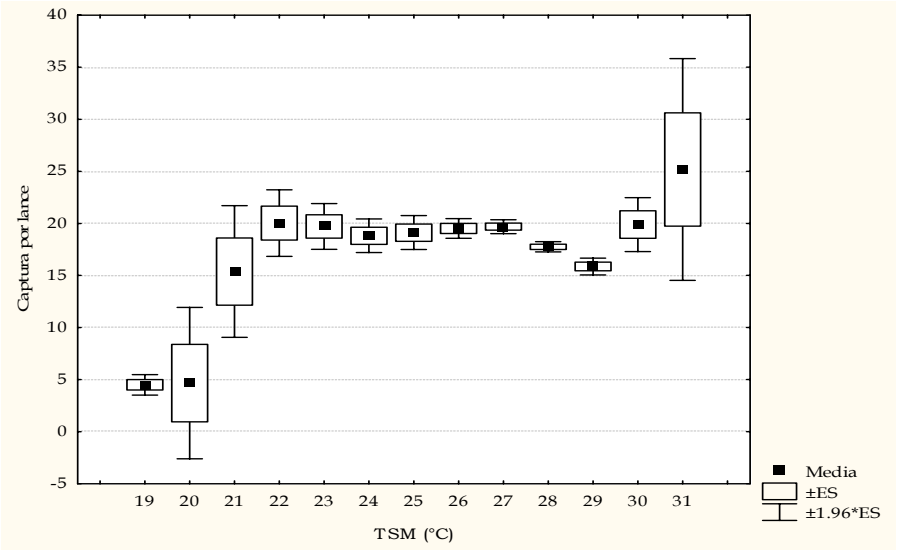


Figura 16. Captura por lance promedio obtenida en cada TSM de 1990 a 1999.

ESTRUCTURA TÉRMICA DEL MAR

La frecuencia relativa de la TSM registrada en los lances de atún asociados a delfín manchado durante 1998 mostró que de enero a abril, la temperatura preferencial a la que se realizaron este tipo de lances fue menor o igual a 26°C, por lo que la TSM promedio fue la más baja del año. A pesar de que durante mayo la TSM promedio fue de 26°C, se registró una distribución bimodal de la frecuencia relativa de los lances, realizándose un alto número de ellos a TSM de 24°C y 31°C. De junio a noviembre la TSM más frecuente fue de 28°C y 29°C (Fig. 17), período en el cual la TSM promedio fue de 27°C.

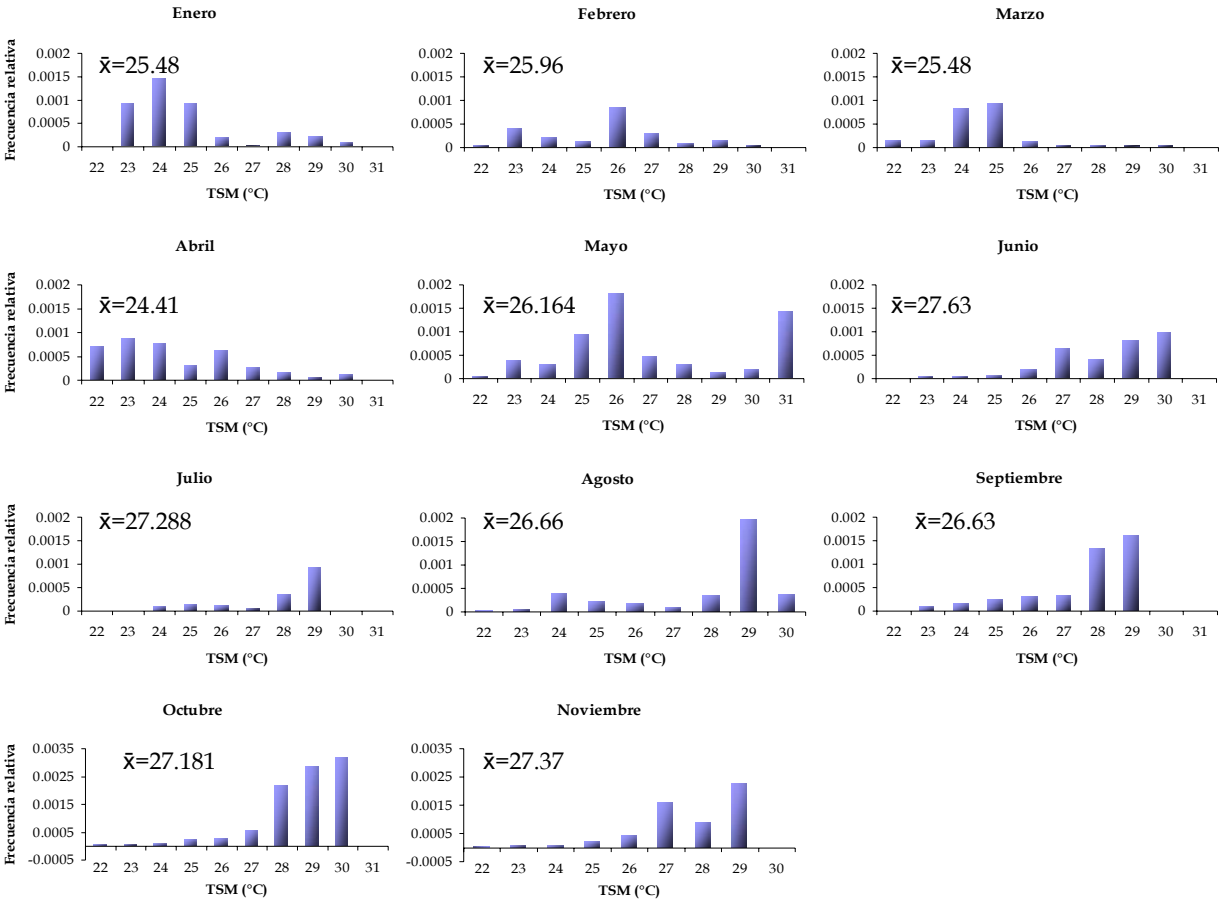


Figura 17. Frecuencia relativa de los lances de atún asociados a delfín manchado durante 1998.

TOPOGRAFÍA DE LA TERMOCLINA

Para la zona de estudio, en promedio, la profundidad de la termoclina fue de 84 m durante 1998, alcanzando su máxima profundidad en agosto (89 m). Durante Marzo se registró la mínima profundidad promedio de la termoclina a los 79 m (Fig. 18).

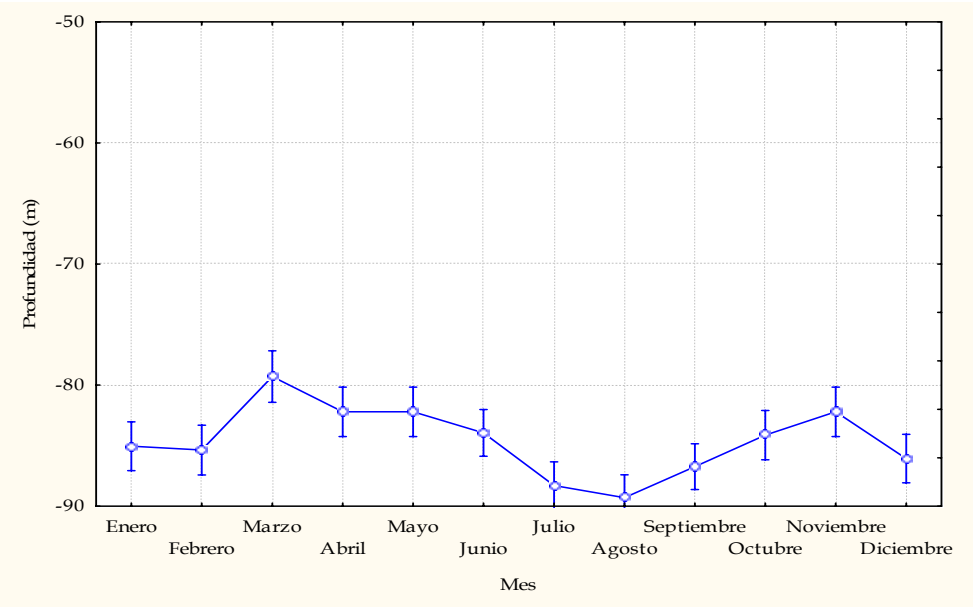


Figura 18. Profundidad promedio mensual de la termoclina durante 1998 (Intervalos de confianza al 95%).

Durante 1998, el promedio de la profundidad de la termoclina asociada a los lances fue de 81 m. En mayo se registró el valor más profundo (86 m), mientras que en octubre el más somero (56 m) (Figura 19). En el apéndice IV se muestra la topografía de la termoclina, mostrando los lances realizados durante 1998.

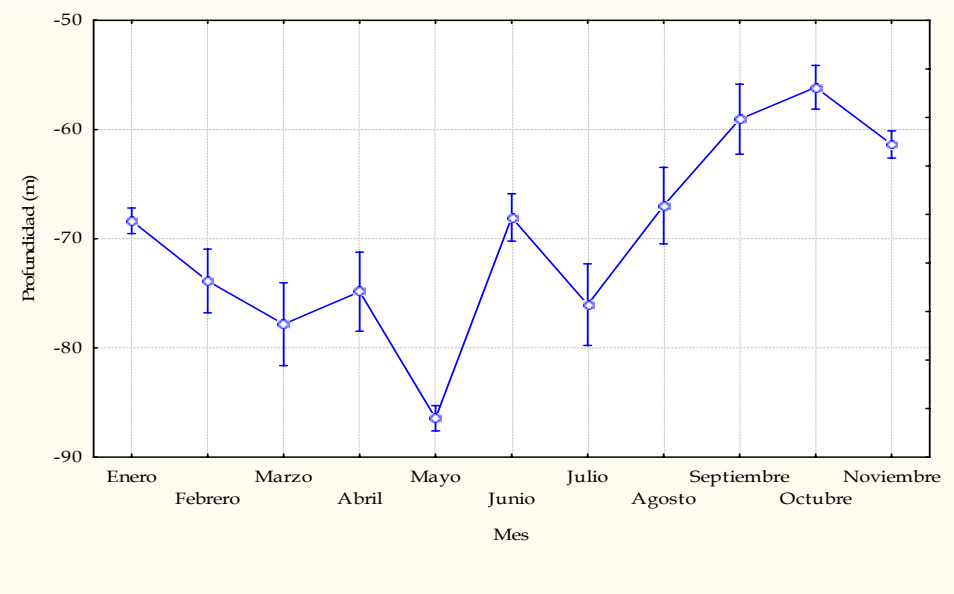


Figura 19. Profundidad promedio mensual de la termoclina asociada a los lances durante 1998 (Intervalos de confianza al 95%).

La captura por lance mensual varió de manera significativa a lo largo de 1998 ($F_{(10,1231)}$=4.708 P<0.05) (Fig. 20). Las mayores capturas por lance se registraron en abril y en agosto. Por el contrario, la menor captura por lance se obtuvo en febrero y marzo.

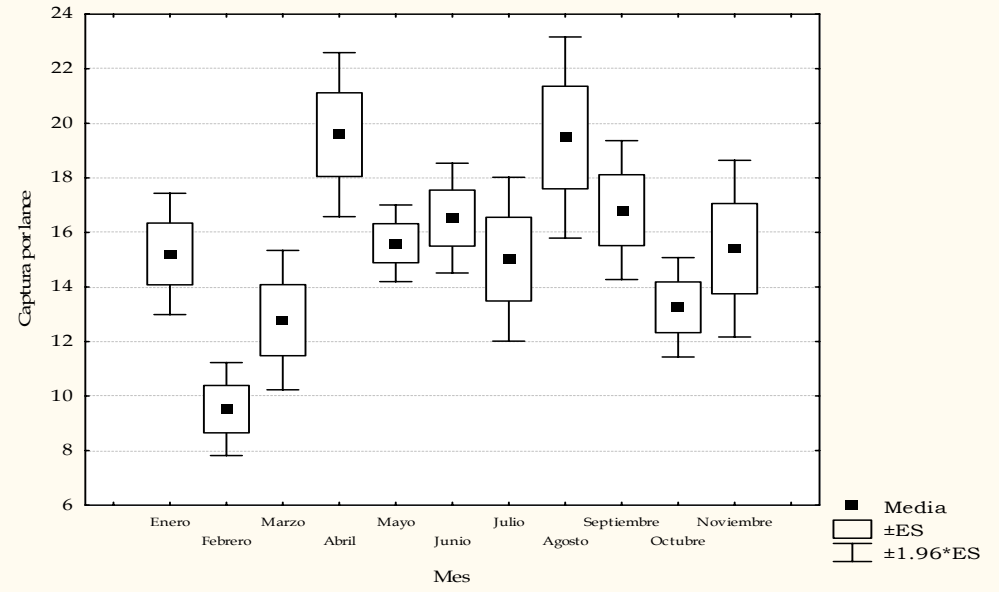


Figura 20. Captura por lance mensual.

Al relacionar la TSM con la profundidad de la termoclina, se observa de manera general un incremento de ésta última conforme aumenta la TSM (Fig. 21), sin embargo, a temperaturas entre 25°C y 29°C, la profundidad registrada se mantuvo alrededor de los 70 m.

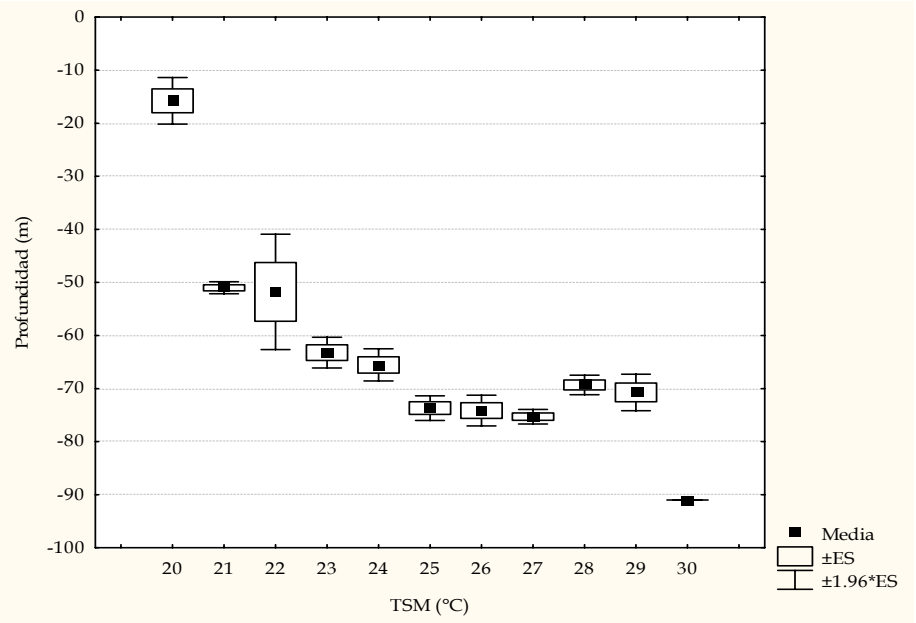


Figura 21. Relación de la profundidad de la termoclina con la TSM.

Al analizar la profundidad de la termoclina asociada a los lances para 1998, más del 75% del total de lances se realizaron cuando la termoclina se encontró a una profundidad entre 62 m a 94 m (Figura 22). El 22% de los lances se registraron a profundidades entre 61 m a 8 m, mientras que el 3% restante se ubico cuando la profundidad de la termoclina osciló de 95 m a 100 m.

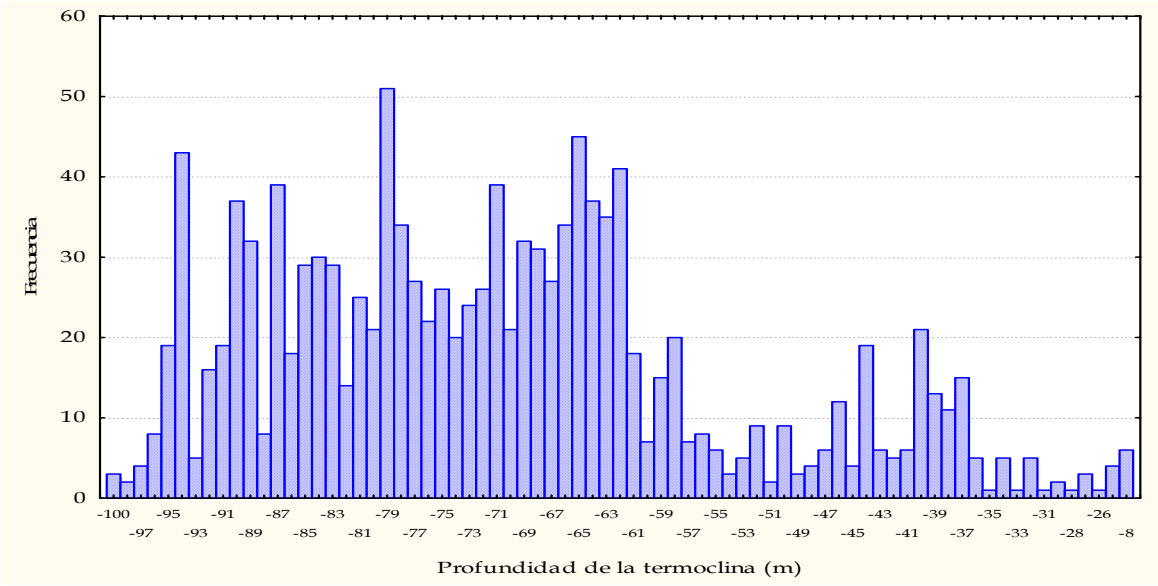


Figura 22. Frecuencia de lances respecto a la profundidad de la termoclina.

Las profundidades más frecuentes que se registraron para 1998 fueron a 50 m, 75 m y 150 m (Fig. 23). Estos valores más que expresar la profundidad exacta de la termoclina, reflejan el redondeo resultado de las interpolaciones generadas por el programa de computación Golden Software (1999). No obstante, proporcionan una aproximación general del comportamiento de la profundidad de la termoclina.

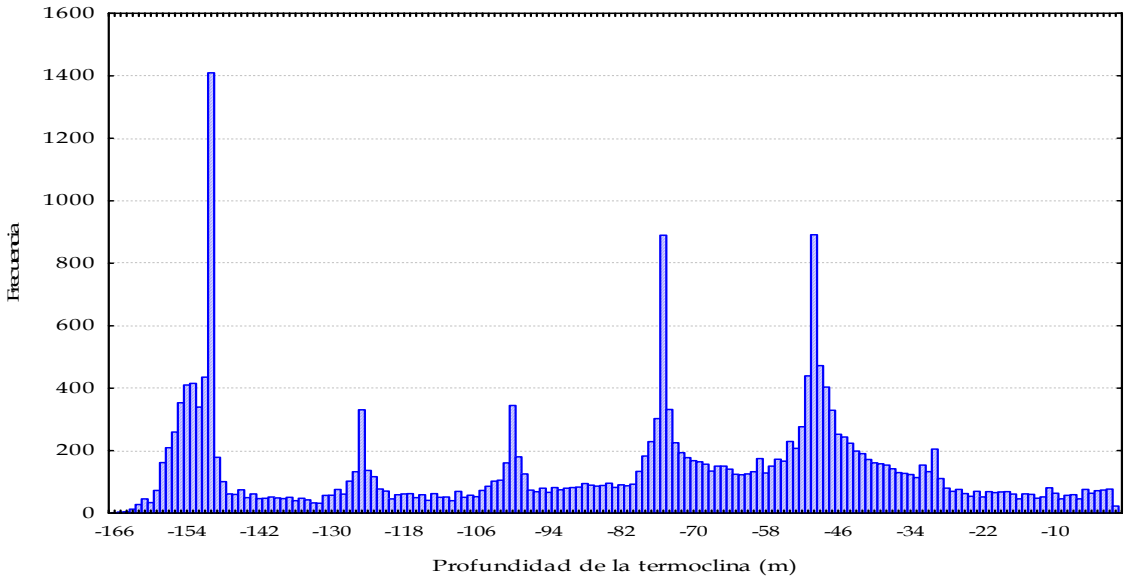


Figura 23. Distribución de la profundidad de la termoclina.

VI. DISCUSIÓN

VARIABILIDAD INTERANUAL

La gran variabilidad ambiental registrada en el OPT provoca que organismos sensibles a los cambios en el medio, tales como atunes y delfines sean altamente migratorios, por lo que su distribución y abundancia varían de manera estacional e interanual a lo largo del tiempo. Por tal motivo, los patrones de distribución de los cardúmenes de atún asociados a delfín varían de acuerdo a los diferentes requerimientos ambientales de cada una de las especies involucradas en la asociación.

La variabilidad espacio – temporal de los cardúmenes de atún y los procesos que la causan han sido estudiados principalmente a través de la actividad de la flota pesquera, por lo que se ha considerado que la distribución espacio – temporal del esfuerzo de pesca es un reflejo de la dinámica del atún aleta amarilla. A pesar de que es difícil distinguir entre los cambios en la abundancia y los cambios en la distribuciones relativas de los peces (CIAT, 1995), es importante identificar tanto zonas como épocas de máxima disponibilidad del recurso, para que las operaciones de pesca sean más eficientes (Gómez-Muñoz *et al*., 1990).

Al igual que los patrones de distribución, la variabilidad de la abundancia relativa del atún aleta amarilla a lo largo del tiempo se ha estimado principalmente sobre la base de datos de captura y esfuerzo de la flota pesquera. Debido a las diferencias en las características físicas de las embarcaciones, así como en los métodos y equipos de pesca empleados, es necesario estandarizar el esfuerzo de pesca para eliminar las tendencias en las proporciones de captura atribuibles a estas diferencias y poder comparar su eficiencia. Por tal motivo, la captura por unidad de esfuerzo ha sido utilizada frecuentemente como un índice de la abundancia relativa del recurso. No obstante, se ha cuestionado los métodos empleados para estimar las proporciones de captura, así como si en realidad la captura por unidad de esfuerzo de una pesca comercial refleja la abundancia de la población al tratar de mantener un índice elevado de captura.

A pesar de lo anterior, estos métodos se han seguido utilizando, debido principalmente a la incertidumbre para determinar la edad de los peces en los métodos basados en la estructura de edad (Allen & Punsly, 1984; CIAT, 2002). Particularmente la captura por lance ha sido utilizada en varios estudios como un indicador de la abundancia relativa del recurso (Allen & Punsly, 1984; Bautista-Cortés, 1997; Vilchis-Ramírez, 1997; Sosa-López, 1999). A pesar de que en este estudio no se estandarizó el esfuerzo, el utilizar en el análisis las embarcaciones de 1,090 tm a 1,350 tm de capacidad de acarreo, con tamaños de red y autonomía similares y que realizan en su mayoría, lances sobre cardúmenes asociados a delfines (Ortega-García, 1988; Ortega-García & Muhlia-Melo, 1992) se considera que la diferencia por eficiencia no es significativa.

De manera general se observa que la variabilidad interanual de la captura estimada y del número de lances observada en este trabajo coincide con la registrada por la flota internacional durante el mismo período (CIAT, 2001). En cuanto a los patrones de distribución registrados en este estudio, la amplia zona tanto oceánica como costera cubierta por la flota atunera mexicana demuestra el gran esfuerzo que ésta realiza sobre lances de atún asociados a delfines, cubriendo una extensa área de operación debido principalmente a los grandes volúmenes de atún que se obtienen a partir de éstos. También se puede observar que las áreas de mayor concentración de lances registradas en este trabajo coinciden con zonas importantes para la captura de atún aleta amarilla descritas anteriormente (Gómez-Muñoz *et al*., 1990; Ortega-García, 1998).

Una de las áreas que presentó una mayor concentración de lances asociados a delfín manchado ha sido descrita en estudios previos, en los cuales resaltan el gran número de lances asociados a delfines realizados a lo largo de los 10°N, entre los 115°O y los 130°O aproximadamente (Gómez-Gallardo Unzueta, 1995; Bautista-Cortés, 1997; Vilchis-Ramírez, 1997; Hall *et al*., 1999). A pesar de que en estos estudios no se especifica la especie de delfín asociada al cardumen de atún, el hecho de que el delfín manchado participe en el 80% de los lances de este tipo (CIAT, 1995), provoca que la distribución de estos lances esté influenciada en gran medida por la distribución de esta especie, pudiendo ser comparables con los resultados obtenidos en este trabajo.

Esta zona de alta concentración de lances coincide con la divergencia tropical entre la CCNE y la CNE, donde el efecto del viento y de las principales corrientes provoca un flujo vertical de nutrientes hacia la zona eufótica, enriqueciéndose la productividad biológica (Au & Perryman, 1985; Reilly, 1990). Esta zona también se caracteriza por presentar termoclinas someras (entre 50m y 150m) y fuertes, así como poca variabilidad estacional en cuanto a la TSM, lo que favorece la agregación tanto de delfines como de atunes (Fiedler, 1992; Fiedler *et al*., 1992). Debido a las características oceanográficas de esta área, Reilly (1990) la describió como una zona importante de agregación del delfín manchado durante el verano boreal.

Por el contrario, destaca la casi nula actividad de la flota atunera mexicana a lo largo del ecuador, patrón de distribución también reportado anteriormente (Gómez-Gallardo Unzueta, 1995; Bautista-Cortés, 1997; Vilchis-Ramírez, 1997). Aunque la surgencia ecuatorial enriquece las aguas en esta zona, la productividad biológica permanece baja, incrementándose conforme se aleja del Ecuador. El desarrollo y crecimiento de consumidores terciarios alcanza su nivel máximo a lo largo de la convergencia entre la CSE y la CCNE, área donde atunes y delfines se congregan para alimentarse de los productos de este sistema de surgencias (Mann & Lazier, 1996). Esta zona de alta productividad biológica se ubica a lo largo de los 4°N, entre los 90°O y los 120°O aproximadamente, y ha sido descrita como zona importante de distribución del delfín manchado durante el invierno boreal (Au & Perryman, 1985).

Al norte de este sistema de gran productividad biológica se ubica otra zona de alta concentración de lances asociados a delfines, la cual se localiza alrededor de los 8°N, entre los 90°O y los 120°O. Este patrón de distribución también ha sido descrito en trabajos previos sobre la pesca de atún (Gómez-Gallardo Unzueta, 1995; Bautista-Cortés, 1997; Vilchis-Ramírez, 1997).

Durante el periodo considerado en este estudio se desarrollaron eventos oceanográficos y atmosféricos que afectaron de manera directa la distribución del recurso, así como su abundancia y vulnerabilidad, lo cual se vio reflejado en el éxito de la pesca. De 1990 a 1999 se registraron dos eventos El Niño, uno de los cuales ha sido considerado como uno de los más largos de las últimas décadas (de 1991 a 1993), y de intensidad moderada. El otro evento se desarrolló de 1997 a 1998, que junto con el episodio de 1982-1983, han sido considerados como los más devastadores del siglo pasado (Glantz, 2001; Fiedler, 2002). Aunque prevalecieron condiciones cálidas en estos años, no se encontró similitud entre el éxito de la pesca ni en la distribución de los lances realizados durante los dos eventos El Niño, ya que los efectos de éstos dependieron de la intensidad y duración de cada uno.

De acuerdo con los estudios realizados por la CIAT (1992b, 1993), los efectos causados por los incrementos en la TSM registrados durante el primer episodio se limitaron a la región ecuatorial (entre los 5°N y los 5°S) del OPO, y a la región costera de Ecuador y Perú, por lo que la pesca en el Pacífico occidental y oriental al norte de los 5°N fue normal. Como consecuencia, no hubo modificaciones importantes en los patrones de distribución de los lances, ni en el éxito de la pesca durante estos años.

La máxima actividad de la flota atunera mexicana se llevó a cabo durante 1992, año en el que se registró el mayor número de lances del periodo estudiado, y se obtuvo la mayor captura estimada, lo que indica la mayor abundancia del recurso durante el periodo estudiado. A pesar de que el éxito obtenido durante este año fue el más alto, es contrario a lo esperado durante eventos El Niño, ya que por lo general, los efectos de estos episodios, tales como el hundimiento de la termoclina y la disminución en la productividad biológica, provocan una disminución de la captura de atún por artes de pesca de superficie. Una tendencia similar se registró durante 1986, comportamiento que fue explicado debido a un incremento en el reclutamiento del recurso (de Anda-Montañez, 2001), y a un aumento en la captura de atunes más grandes (Ortega-García, 1998; Ortega-García *et al*., en prensa). Debido a la baja intensidad de estos eventos, sus efectos se limitaron a la zona ecuatorial, por lo que las tasas de captura en estos años no se afectaron de manera significativa. Sin embargo, a pesar de lo anterior, durante 1992 y 1993 se registró la mayor proporción de lances de agua del periodo estudiado (5% y 8% respectivamente), lo que sugiere que ciertas áreas donde se realizaron los lances fueron afectadas más intensamente por este evento.

El éxito de pesca registró grandes variaciones en años posteriores, lo que se vio reflejado en el número de lances realizados, captura obtenida y en las fluctuaciones que presentó la captura por lance.

Los efectos del segundo evento El Niño no fueron muy evidentes a lo largo de la costa entre el ecuador y los 20°N, por lo que la TSM permaneció casi sin ningún incremento en esta área. A pesar de que se registraron aumentos en la TSM al norte de los 10°N, ésto se debió principalmente al debilitamiento de los vientos y a la reducción en la mezcla de las aguas superficiales (CIAT 1999, 2002).

Aunque por lo general, el área de operación de la flota internacional incluye las costas de Perú, las embarcaciones mexicanas raramente se desplazan hacia el sur del ecuador, por lo que es importante mencionar que durante 1993, 1994, y 1997 se registró un desplazamiento de la flota atunera hacia esta zona. Cabe resaltar que durante estos años, los registros internacionales señalan un mayor número de lances en esta región (CIAT 1994, 1997). Durante 1993 y 1997 se presentaron anomalías positivas de TSM frente a las costas de Perú, por lo que probablemente el debilitamiento de la CSE y de la CP durante El Niño, permitió el transporte de agua cálida hacia regiones más hacia el sur (Philander, 1990; Reilly, 1990). Estas condiciones de temperatura posiblemente favorecieron tanto la asociación atún - delfín, como el desplazamiento de la flota nacional. Aunque el incremento de la TSM en la región ecuatorial aparentemente favoreció los lances en esta zona, este patrón de distribución no fue registrado durante El Niño de 1986-1987 por la flota mexicana (Gómez-Gallardo Unzueta, 1995). Durante 1994, las condiciones de temperatura fueron casi normales para la mayor parte del año, por lo que es posible que las causas de este desplazamiento estén relacionadas con otras condiciones oceanográficas.

La alta y anómala concentración de lances registrada al NE de los 20°N durante 1997 y 1998 también fue registrada por la flota internacional (CIAT 1999, 2000). Las condiciones cálidas prevalecientes durante estos eventos irregulares pudieron haber provocado una ampliación del hábitat tropical, favoreciendo la extensión de ambas especies hacia esta zona. Durante El Niño de 1991-1993 aunque también se registraron anomalías positivas de TSM en esta área no se registró esta extensión en el patrón de distribución. Estos resultados sugieren que no sólo el incremento de TSM influenció esta ampliación de distribución de los lances, sino que se conjugaron una serie de condiciones que permitieron que la asociación atún – delfín se desplazara a otras regiones oceánicas.

La captura por lance durante 1998 fue la más baja de todo el periodo estudiado, coincidiendo con el comportamiento que se tuvo durante El Niño de 1982-1983 en el cual, también se presentó un decremento en el éxito de la pesca debido a las condiciones derivadas de estos episodios, prolongándose esta tendencia hasta 1984 (Hall *et al*., 1999).

Cabe destacar que durante el El Niño 92-93 se incrementó el número de lances a lo largo de las costas mexicanas, patrón que continúo hasta 1994. Por lo general, esta zona

presenta condiciones oceanográficas adecuadas para atunes y delfines, ya que es bañada por aguas provenientes de la CCNE a través de la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) (Badan, 1997). Aunado a esto, hay zonas importantes de actividad biológica que enriquecen la costa (Blackburn 1962, 1963, 1966; Ortega-García & Lluch-Cota, 1996), por lo que se han identificado regiones importantes de captura de atún a lo largo del litoral mexicano (Gómez-Muñoz *et al*., 1990; Ortega-García, 1998; Hall *et al*., 1999), así como zonas de agregación del delfín manchado (Au & Perryman, 1985; Reilly, 1990). Aunque estas características hacen factible la asociación de atunes y delfines en la región, es probable que el incremento de los lances registrados de 1991 a 1994 se haya dado como consecuencia de un transporte de aguas cálidas por la CCCR, intensificándose las condiciones oceanográficas favorables para que ambas especies se asocien. A pesar de ésto, durante 1997 se registraron pocos lances a lo largo de la zona costera, ya que posiblemente las anomalías positivas de temperatura registradas durante la primera parte de este evento provocaron el hundimiento de la termoclina, así como la disminución de la productividad biológica, y por tanto, del alimento disponible, limitando la presencia de ambas especies. A partir de 1998, las anomalías de temperatura fueron inferiores a las registradas durante el año anterior, por lo que se intensificó nuevamente el esfuerzo de pesca en esta región, sin embargo, la concentración de éste fue inferior a la registrada durante el evento anterior.

Posteriormente, durante 1995 y 1996 se desarrolló el único episodio de La Niña significativo de la década, registrándose TSM bajas especialmente entre los 5°N hasta los 5°S, así como a lo largo del litoral occidental de Baja California (CIAT, 1998). A pesar de que la profundidad de la termoclina disminuye durante estos eventos favoreciendo la captura de atún, en este periodo se registró una disminución de lances a lo largo de las costas mexicanas, distribuyéndose principalmente en un área triangular que va desde los 20°N hasta los 7°N, y hasta la longitud de los 130°O. Este patrón de distribución al parecer estuvo influenciado por la intensificación de la CSE, y la disminución de la CCNE, factores que incrementaron el transporte de agua fría a las costas mexicanas. Lo anterior se vio reflejado por la presencia de anomalía de TSM negativas en esta área (CIAT, 1997), lo que pudo haber limitando la distribución de estas especies en la zona costera, más por alguna disminución en el alimento que por la temperatura. Esta distribución posiblemente favoreció la captura de organismos más grandes, registrándose el mayor peso promedio de organismos capturados durante el periodo estudiado (13.5kg) (CIAT, 2000), por lo que a pesar de que en estos años se registraron valores bajos de captura estimada y número de lances, la captura por lance fue alta (20.2 y 20.3 respectivamente).

VARIABILIDAD TRIMESTRAL

La distribución del delfín manchado, y por tanto, la de los lances de atún asociados a esta especie de delfín esta afectada principalmente por la intensidad de la divergencia tropical entre la CCNE y la CNE (Au & Perryman, 1985; Reilly, 1990), la cual depende del

movimiento estacional de la ZCIT a lo largo del año (Wyrtki 1966;1974). La distribución de los lances durante el primer y cuarto trimestre del año tipo promedio coincide con la reportada por Au & Perryman (1985) para el delfín manchado durante el invierno boreal. Estos autores señalan que las zonas de alta concentración para esta especie de delfín se encontraron principalmente a lo largo de los 4°N, entre los 90°O y 120°O. Durante este trimestre se registró el desplazamiento de la flota hacia el sur del ecuador durante 1993, 1994 y 1997.

La similitud entre las áreas de captura durante el primer y cuarto trimestre provoca que el éxito de pesca sea similar, siendo las más bajas del año tipo promedio. Durante estos meses, los lances se limitan hasta los 125°O, zona donde predominan organismos cuyo peso promedio es menor que los oceánicos (CIAT 1993, 1994, 1995, 1996). Estas tendencias concuerdan con las reportadas por Bautista Cortés (1997).

La alta concentración de lances a lo largo de los 10°N hasta una longitud de los 140°O durante el segundo y tercer trimestre coincide con la distribución del delfín manchado durante el verano boreal reportada por Reilly (1990). Esta extensión en la distribución de los lances corresponde con el movimiento hacia el norte de la ZCIT (alrededor de los 12°N), y por el consiguiente aumento en el flujo de la CNE y de la CCNE. Por tal motivo, durante esta época del año, la divergencia entre estas dos corrientes se fortalece, favoreciendo la productividad biológica de la zona (Fiedler 1992; Fiedler *et al*., 1992). La distribución de los lances en esta época también concuerda con la disminución de la profundidad de la termoclina en esta divergencia, haciendo más vulnerable al atún a la captura. Tanto el cambio estacional registrado durante el tercer trimestre del año, como las condiciones anómalamente cálidas presentes durante 1997 y 1998, pudieron haber trasladado los bancos de pesca productivos hacia el norte, realizando lances al noroeste de los 20° N, zona que, como ya se mencionó, no es comúnmente explotada por la flota atunera mexicana.

El análisis trimestral del año promedio tipo mostró que durante el segundo y tercer trimestre hubo una mayor eficiencia en las operaciones de pesca, por lo que la captura por lance fue máxima. Debido a que durante este periodo las condiciones ambientales descritas anteriormente permiten la extensión de la flota hacia regiones más oceánicas (hasta la longitud de los 140°O), se favorece la captura de organismos cuyo peso promedio es mayor que los costeros (CIAT, 1994).

TEMPERATURA SUPERFICIAL ASOCIADA A LOS LANCES

Estudios anteriores han comprobado que uno de los factores que limitan la distribución del atún aleta amarilla es la TSM, y se ha determinado que los límites dentro de los que se desarrolla se encuentran entre los 18°C y 31°C (Laevastu & Rosa, 1963; Blackburn 1965, 1969; National Research Council, 1992). Dentro de este intervalo de TSM

se realizaron los lances registrados en este trabajo, observándose una tendencia al incremento de la captura por lance respecto a la TSM asociada a los lances. Aunque se registró una mayor captura por lance a TSM de 31°C, tanto la proporción de lances como la de captura fue mínima, lo que sugiere una poca abundancia de atunes asociados a delfines a esta TSM. Es importante destacar que a pesar de que la captura por lance a TSM de 28°C fue menor que la registrada en condiciones más frías, esta diferencia no fue significativa, además a esta temperatura la proporción de lances y de captura fue alta, lo que indica una preferencia de los cardúmenes de atún asociados a delfines a esta temperatura.

Una tendencia similar fue reportada previamente por Gómez-Muñoz *et al*. (1992) quienes señalaron una mayor frecuencia de lances asociados a delfines a TSM de 28°C. Con base en el análisis de la proporción de lances y de captura, se observa que en menor grado, los cardúmenes de atún asociados a delfines también prefieren TSM de 26°C, 27°C y 29°C. Este intervalo de TSM se encuentra dentro del descrito por Blackburn (1965), quien menciona que las concentraciones comerciales de atún se congregan generalmente entre los 20°C y 28°C. De esta manera se observa que para determinar la abundancia del recurso, no sólo debe tomarse en cuenta el valor de la captura por lance, sino la proporción de lances, y la de captura (Harley *et al*., 2001).

No obstante, la temperatura no es el único factor que determina la distribución del atún, ya que la disponibilidad de alimento limita la distribución de éste dentro del intervalo de temperatura que soporta (Blackburn, 1965). Como consecuencia es probable que las condiciones prevalecientes a TSM de 28°C mantengan niveles altos de alimento, favoreciendo altas concentraciones de atún o la presencia de organismos más grandes.

A pesar que a lo largo del período estudiado se observa una clara preferencia de los cardúmenes de atunes asociados a delfines a TSM de 28°C, las condiciones oceanográficas presentes durante 1998 posiblemente provocaron una gran dispersión del recurso, ya que durante este año la distribución de la TSM asociada no presentó una moda. Estos resultados sugieren que en este año, probablemente el alimento se encontró en un intervalo de temperatura más amplio, permitiendo que el atún también ampliara su distribución a regiones más frías de lo habitual.

Esta dispersión del recurso observada durante 1998 se ve reflejado en el valor promedio tan bajo de la TSM registrada durante este año, lo cual hace sugerir que los atunes prefirieron condiciones menos cálidas que en el resto de los años considerados en este estudio, lo cual pudo haber estado determinado por la disponibilidad de alimento.

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TÉRMICA DEL MAR PARA 1998

La estructura térmica del mar influye de manera directa en la distribución vertical del atún aleta amarilla (Cole, 1980). Varios autores han señalado que la pesca con red de cerco en el OPO está restringida a áreas donde la capa de mezcla es somera (Brock, 1959; Green, 1967; Sharp, 1978; Hall *et al*., 1999). Sin embargo, a pesar de que en octubre se registró la mínima profundidad de la termoclina asociada a los lances, la captura por lance registrada fue una de las más bajas del periodo estudiado. El mayor éxito de pesca se presentó durante abril y agosto, meses en los cuales, la profundidad de la termoclina asociada fue en promedio de 75 m y 67 m respectivamente.

A pesar de que estudios previos han encontrado una relación entre altas abundancias de atún aleta amarilla y profundidades de la capa de mezcla de 40 m (Ortega-García, 1998), los resultados obtenidos en este trabajo indican que la profundidad de la termoclina que favorece el éxito de la pesca oscila entre 60 m y 80 m, por lo que esta diferencia pudiera explicarse porque en este trabajo solo se analizaron los lances asociados a delfines. Estudios previos han determinado que durante el verano boreal el delfín manchado se encuentra más frecuentemente en aguas con termoclinas cuya profundidad promedio es de 68 m (Reilly, 1990), por lo que es probable que los delfines sean los que determinen la profundidad a la cual se encuentran las mayores concentraciones de cardúmenes asociados a delfines. De acuerdo con los resultados obtenidos de la hipótesis de que una termoclina somera sea determinante en la asociación atún-delfín parece no ser del todo cierta, aunque habría que considerar que el año analizado ha sido considerado como anómalamente cálido durante los dos primeros trimestres (CIAT, 2000).

Aunque éste es uno de los primeros estudios en el que se realiza un análisis de la topografía de la termoclina con una mayor amplitud, tanto espacial como temporalmente, al inicio de este trabajo sólo se pudo contar con información durante 1998. La información ambiental disponible es cada día mayor, por lo que valdría la pena analizar la topografía de la termoclina y su relación con los lances sobre delfines en un año normal y con condiciones La Niña, con lo cual se podrían obtener mejores resultados, y de esta manera comparar el comportamiento de ésta a lo largo del tiempo.

VII. CONCLUSIONES

- La distribución anual de los lances sobre atún asociados a delfines muestra de manera general que se realizan principalmente al norte del Ecuador, distinguiéndose dos áreas de alta concentración: una ubicada a lo largo de la divergencia tropical entre la CCNE y la CNE (a lo largo de los 10°N, entre los 115°O y los 130°O), y la otra ubicada alrededor de los 8°N, entre los 90°O y los 120°O.

- Durante 1997 y 1998 se observó una alta y anómala concentración de lances registrada al NE de los 20°N, patrón de distribución que se presentó durante el tercer trimestre.

- Los mapas de distribución trimestral muestran dos patrones de distribución definidos, por lo que se observa una similitud entre la distribución de los lances realizados durante el primer y cuarto trimestre, y entre los registrados durante el segundo y tercer trimestre del año promedio tipo.

- A pesar de que a lo largo del período de estudio se presentaron dos eventos El Niño, no se encontró una similitud entre el éxito de pesca ni en la distribución de los lances realizados durante estos episodios, lo cual pudo haber sido consecuencia de la intensidad y duración de los mismos.

- La mayor abundancia de cardúmenes de atún asociados a delfines se encontró durante 1992, año en el que se realizaron el mayor número de lances y se obtuvo la mayor captura, hecho que pudo haber estado causado por un incremento en el reclutamiento del recurso en años previos, así como en un aumento en la captura de atunes más grandes.

- El mayor número de lances asociados a delfines, así como la mayor captura se obtuvieron principalmente a TSM de 28°C, excepto para 1998, donde el recurso estuvo más disperso, y por tanto, se observó una proporción importante de lances y captura a TSM entre 26°C y 29°C.

- El mayor éxito de pesca se reportó cuando la profundidad de la termoclina osciló entre 60 y 80m.

RECOMENDACIONES

- Considerando que el análisis de la termoclina se realizó durante un año anómalamente cálido, es importante ampliar este análisis en períodos de condiciones normales y anómalamente fríos que permitan comparar su variabilidad y su relación en el éxito de pesca.

VIII. LITERATURA CITADA

Aldana-Flores, G. 2000. Análisis por tipo de lance de las frecuencias de longitudes del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*, Bonaterre, 1865), obtenidas mediante un diseño de muestreo probabilística a bordo de barcos cerqueros mexicanos. Tesis de Maestría, Fac. de Ciencias Biológicas, UANL, Nuevo León. 84 pp.

Allen, R. L. 1981. Dolphins and the purse-seine fishery for yellowfin tuna. *Inter-AmerTrop. Tuna-Comm. Int. Rep*. 16:23 p.

Allen, R. L. 1984. Los delfines y la pesca con cerco de atún aleta amarilla 1/. Rev. *Com. Perm. Pacífico Sur*. (14):3-18.

Allen, R. L. & R. G. Punsly. 1984. Proporciones de captura como índices de abundancia del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, en el Océano Pacífico Oriental. *Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical*. 18(4):303-379.

Au, D. W. K. 1991. Polyspecific nature of tuna schools: shark, dolphin, and seabird associates. *Fish. Bull*., U.S. 89:343-354.

Au, D. W. K. & W. L. Perryman. 1985. Dolphin habitats in the eastern tropical pacific. *Fish. Bull*. 83(4):623-643.

Au, D. W. K. & R. L. Pitman. 1986. Seabird interactions with dolphins and tuna in the eastern tropical Pacific. *Condor*. 88(3):304-317.

Badan, A. 1997. La corriente costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. (3):99-112.

Bautista-Cortés, L. F. 1997. Análisis de la pesquería mexicana de atún, con énfasis en tres tipos de indicadores de cardúmenes. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S., México. 69 pp.

Blackburn, M. 1962. An oceanographic study of the Gulf of Tehuantepec. *U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish*. 404, 28p.

Blackburn, M. 1963. Distribution and abundance of tuna related to wind and ocean conditions in the Gulf of Tehuantepec, México. *FAO Fish Rep*. 6(3):15557-1582.

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

Blackburn, M. 1966. Biological oceanography of the Eastern Tropical Pacific: Summary of existing information. *U.S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish*.540, 18p.

Blackburn, M. 1969. Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. *Fish. Bull*. 68(1):147-176.

Brock, V. 1959. The tuna resource in relation to oceanographic features. *U.S. Fish. Wild. Serv*. 65:1-11.

Calkins, T. P. 1965. Variaciones en el tamaño del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) de los lances individuales de los barcos cerqueros. *Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical*. 10(8):463-524.

CIAT. 1992a. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1990. Annu. Rep. I-ATTC. 261 p.

CIAT. 1992b. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1991. Annu. Rep. I-ATTC. 271 p.

CIAT. 1993. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1992. Annu. Rep. I-ATTC. 315 p.

CIAT. 1994. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1994. Annu. Rep. I-ATTC. 316 p.

CIAT. 1995. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1994. Annu. Rep. I-ATTC. 296 p.

CIAT. 1997. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1995. Annu. Rep. I-ATTC. 296 p.

CIAT. 1998. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1996. Annu. Rep. I-ATTC. 306 p.

CIAT. 1999. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1997. Annu. Rep. I-ATTC. 310 p.

CIAT. 2000. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1998. Annu. Rep. I-ATTC, 357 p.

CIAT. 2001. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1999. Annu. Rep. I-ATTC, 183 p.

CIAT. 2002. Informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 2001. Annu. Rep. I-ATTC. 148 p.

Cole, J. S. 1980. Synopsis of biological data on the yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, (Bonaterre, 1788), in the Pacific Ocean. 71-150. *In*: Bayliff, W. H. (ed). Synopsis of biological data on eight species of Scombroids. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Spec. Rep*. 2. 530pp.

De Anda-Montañez, A. 2001. Análisis bioeconómico de la pesquería de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) del Pacífico Oriental Tropical. Tesis de Doctorado, Fac. de Ciencias, UNAM, México. 163pp.

Donahue, M. A. & E. F. Edwards. 1996. An annotated bibliography of available literature regarding cetacean interactions with tuna purse-seine fisheries outside of the eastern tropical Pacific Ocean. NMFS. SFSC. Admin. Rept. LJ-96-20. 46 pp.

Donguy, J. R. & G. Meyers. 1987. Observed and modelled topography of the 20°C isotherm in the tropical Pacific. *Oceanologica Acta*. 10:41-48.

Edwards, E. F. 1992. Energetics of associated tunas and dolphins in the eastern tropical Pacific Ocean: A basis for the bond. *Fish. Bull*., U. S. 90:678-690.

Edwards, E. F. & P. C. Perkins. 1998. Estimated tuna discard from dolphin, school, and log sets in the eastern tropical Pacific Ocean, 1989-1992. *Fish. Bull*. 96:210-222.

Fiedler, P. C. 1992. Seasonal climatologies and variability of eastern tropical Pacific surface waters. NOAA Tech. Rep. NMFS 109, 65 pp.

Fiedler, P. C. 2002a. The annual cycle and biological effects of the Costa Rica Dome. *Deep Sea Res. I*. 49:321-338.

Fiedler, P. C. 2002b. Environmental change in the eastern tropical Pacific Ocean: review of ENSO and decadal variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. 244:265-283.

Fiedler, P. C. & B. Reilly. 1994. Interannual variability of dolphins habitats in the eastern tropical Pacific. II: Effects on abundances estimated from tuna vessel sightings, 1975-1990. *Fish. Bull*. 92:451-463.

Fiedler, P. C., F. P. Chavez, D. W. Behringer & S. B. Reilly. 1992. Physical and biological effects of Los Niños in the eastern tropical Pacific, 1986-1989. *Deep Sea Res*. 39(2):199-219.

Fiedler, P. C., J. Barlow & T. Gerrodette. 1998. Dolphin prey abundance determined from acoustic backscatter data in the eastern Pacific surveys. Fish. Bull., U. S. 96:237-247.

Galván-Magaña, F. 1988. Composición y análisis de la dieta de atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el Océano Pacífico Mexicano durante el período 1984-1985. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S., México. 85 pp.

Galván-Magaña, F. 1999. Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Océano Pacífico Oriental. Tesis de Doctorado, CICESE, Ensenada, B.C., México. 212 pp.

Glantz, M. H. 2001. Currents of change. Impacts of El Niño and La Niña on climate and society. 2nd ed. Cambridge University Press. United Kingdom. 252 p.

Golden Software. 1999. SURFER (Surface Mapping System), version 7. Golden Software, Inc., Colorado.

Gómez- Gallardo Unzueta, E. A. 1995. Distribución espacio-temporal de las operaciones de pesca sobre atún asociado a delfines, realizadas por la flota atunera mexicana que opera con red de cerco en el Pacífico Oriental Tropical: 1985-1987. Tesis Profesional, UABCS, La Paz. 105 pp.

Gómez-Muñoz, V. M., A. Tripp-Quezada & C. Quiñónez-Velázquez. 1990. Áreas y épocas más importantes para la flota atunera mexicana en el Pacífico Oriental de 1975 a 1986. Inv. Mar. CICIMAR. 5(1):47-54.

Gómez-Muñoz, V. M., S. Ortega-García & A. Gómez-Gallardo. 1992. Relationship between sea surface temperatures and dolphin-associated fishing activities by the mexican tuna fleet. *NAGA-ICLARM*. 15(1):24-25.

Green, R. E. 1967. Relationship of the thermocline to success of tropical tuna vessels based in California. *Fish. Ind. Res*. 3(1):29-45.

Greenblatt, P. R. 1979. Associations of tuna with flotsam in the eastern tropical Pacific. *Fish. Bull.* 77(1):147-155.

Hall, M. A., M. García, C. Lennert, P. Arenas & M. Forrest. 1999. The association of tunas with floating objects and dolphins in the eastern Pacific Ocean: A review of the current purse-seine fishery. 87-194. *In*: Scott, M. D., W. H. Bayliff, C. E. Lennert-Cody & K. M. Schaefer (eds). Proceedings of the workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. Inter-American Tropical Tuna Commission. Special Report 11. La Jolla, California. 479 pp.

Harley, S. J., R. S. Myers & A. Dunn. 2001. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance ?. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 58:1760-1772.

Joseph, J. 1994. The tuna-dolphin controversy in the eastern Pacific Ocean: biological, economic, and political impacts. *Ocean Development and International Law*. 25:1-30.

Kessler, W. S. 1990. Observations of long Rossby waves in the northern tropical Pacific. *J. Geophys. Res*. 95:5183-5217.

Laevastu, T. & H. Rosa. 1963. Distribution and relative abundance of tunas in relation to their environment. *FAO, Fish. Rep.* 6(3):1835-1851.

Lo, N. C. H & T. D. Smith. 1986. Incidental mortality of dolphins in the eastern tropical Pacific, 1959-72. *Fish. Bull*. 84(1):27-33.

Mann, K. H. & J. R. N. Lazier. 1996. Dynamics of marine ecosystems. Biological – Physical interactions in the oceans. 2nd ed. Blackwell Science, Inc. 394 p.

Muhlia-Melo, A. 1987. The Mexican tuna fishery. *CalCOFI Rep*. XXVIII:37-42.

National Research Council. 1992. Dolphins and the tuna industry. National Academic Press. Washington, D. C. 176 pp.

Ortega-García, S. 1998. Análisis de las fluctuaciones espacio temporales en la abundancia de atún en el Océano Pacífico Oriental. Tesis de Doctorado, Fac. de Ciencias, UNAM, México. 67 pp.

Ortega-García, S. & A. Muhlia-Melo. 1992. Análisis del poder relativo de pesca de la flota atunera mexicana de cerco que opera en el Pacífico Oriental. *Cienc. Mar*. 18(1):55-78.

Ortega-García, S. & S. Lluch-Cota. 1996. Distribución de la abundancia de 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 núm. Especial (4):85-93.

Ortega-García, S., D. Lluch-Belda & P. Arenas-Fuentes. En prensa. Spatial, seasonal, and annual fluctuations in relative abundante of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean during 1984-1990 based on fishery CPUE análisis. Bull. Mar. Sci.

Perrin, W. F. 1969. Using porpoise to catch tuna. *Wld. Fish*. 18(6):42-45.

Perrin, W. F. 1975. Distribution and differentiation of populations of dolphins of the genus *Stenella* in the eastern tropical Pacific. *J. Fish. Res. Board Can*. 32:1059-1067.

Perrin, W. F., R.R. Warner, C. H. Fiscus & D. B. Holts. 1973. Stomach contents of porpoise *Stenella spp* and yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in mixed species aggregations. *Fish. Bull. U.S.*, 71:1077-1092.

Philander, S. G. H. 1990. El Niño, La Niña, and the southern oscillation. Academic Press. New Jersey. 293 pp.

Power H.J. & M.L. Nelson. 1991. Satellite observed sea-surface temperatures and yellowfin tuna catch and effort in the Gulf of Mexico. *Fish. Bull*. 89:429-439.

Punsly, R. G. 1983. Estimación del número de lances realizados por embarcaciones cerqueras sobre atunes asociados con delfines en el Pacífico Tropical en 1959-1980. *Boletín de la comisión Interamericana del Atún Tropical*. 18(3):229-299.

Punsly, R. G., and P. C. Fiedler. (submitted, ICES Journal for Marine Science). Purse-seiner catch rates of yellowfin tuna >7.5 kg, with and without dolphins, in the eastern Pacific Ocean.

Reilly, S. B. 1990. Seasonal changes in distribution and habitat differences among dolphins in the eastern tropical Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. 66:1-11.

Reilly, S. B. & P. C. Fiedler. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. I: Research vessel surveys, 1986-1990. *Fish. Bull*. 92:434-450.

SEMARNAP. 1998. Pesca del atún y protección del delfín. México. 61 pp.

Sharp, G. D. 1978. Behavioral and physiological properties of tuna and their effects on vulnerability to fishing gear. 397-449. *In*: Sharp, G. D. & A. E. Dizon (eds). The Physiological Ecology of Tunas. Academic Press, Inc. 485 p.

Smith, T. D. 1983. Changes in size of three dolphin (*Stenella* spp.) populations in the eastern tropical Pacific. *Fish. Bull*. 81(1):1-13.

Sosa-López, A. 1999. Patrones de estratificación espacio-temporal de la pesquería de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el océano pacifico oriental durante 1992-1996: Efectos en la relación CPUE-abundancia. Tesis de Maestría, Fac. de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C., México. 90 pp.

StatSoft, Inc. 2003. STATISTICA (data analysis software system), version 6.1. www.statsoft.com.

Sund, P. N., M. Blackburn & F. Williams. 1981. Tunas and their environment in the Pacific Ocean: A review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev*. 19:443-512.

Vilchis-Ramírez, L. P. 1997. Análisis de la pesca de atún aleta amarilla *Thunnus albacares* (Bonaterre, 1788), de la flota atunera mexicana del Pacífico oriental, durante el período de 1992 a 1995. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada. 104 pp.

Wahlen, B. E. & T. D. Smith. 1985. Observer effect on incidental dolphin mortality in the eastern tropical Pacific tuna fishery. *Fish. Bull*. 83(4):521-530.

Wild, A. 1986. Crecimiento del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares)*, en el Océano Pacífico Oriental, basada en los incrementos de los otolitos. *Boletín de la comisión Interamericana del Atún Tropical*. 18(6):423-482.

Wyrtki, K. 1966. Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev*. 4:33-68.

Wyrtki, K. 1967. Circulation and water masses in the eastern equatorial Pacific Ocean. *Int. J. Oceanol. Limnol.* 1(2):117-147.

Wyrtki, K. 1974. Sea level and the seasonal fluctuations of the equatorial currents in the western Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanogr*. 4:91-103.

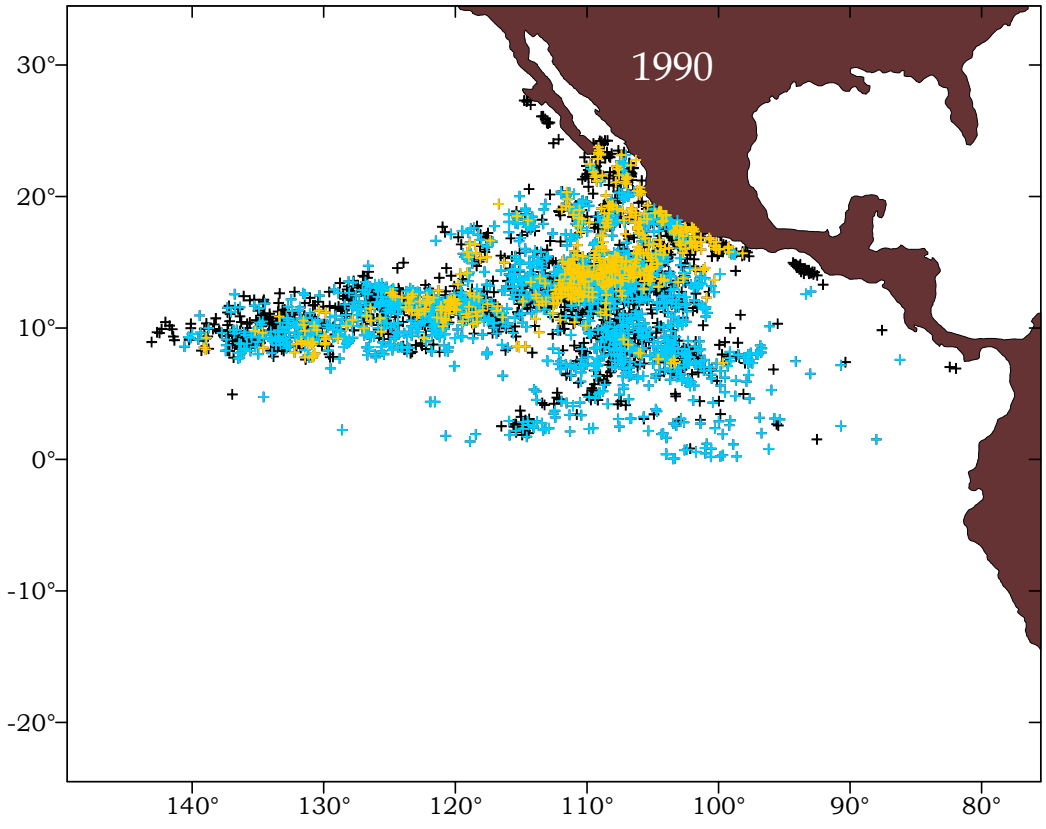
ANEXO I

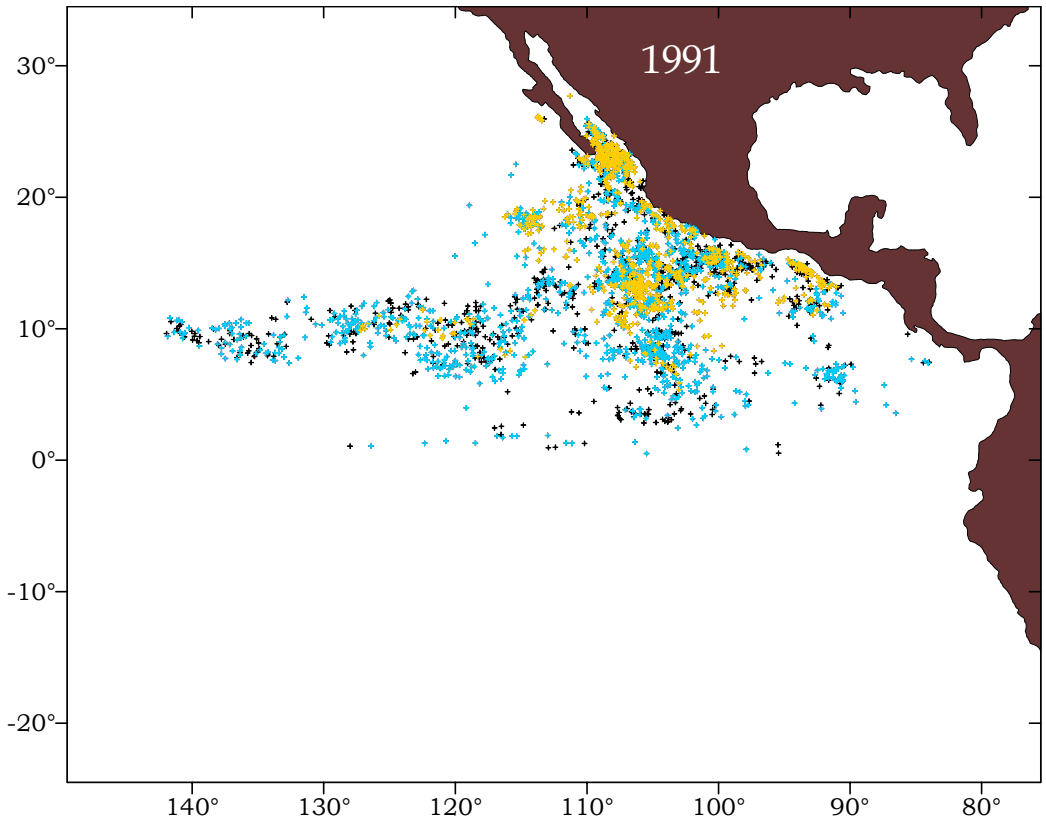
MAPAS ANUALES DE LOS LANCES DE ATÚN ALETA AMARILLA ASOCIADOS A DELFÍN MANCHADO REALIZADOS POR EMBARCACIONES MENORES Y MAYORES O IGUALES A 1090 tm DE CAPACIDAD DE ACARREO

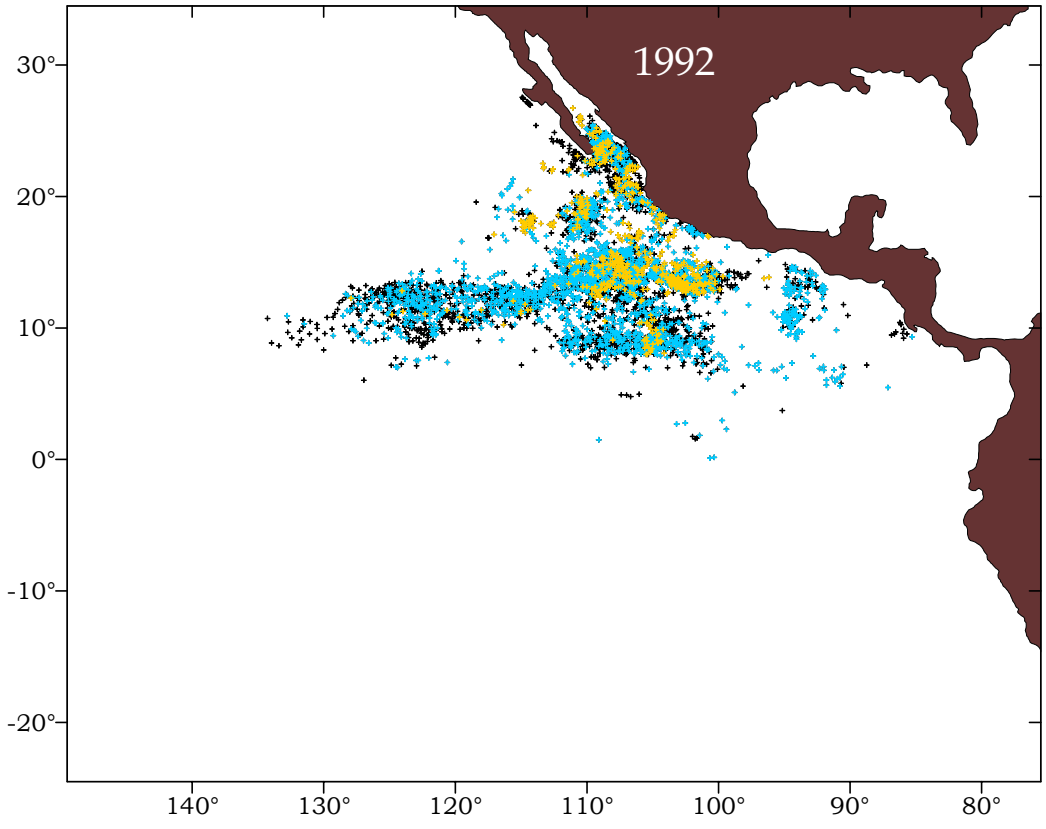
+ LANCES ASOCIADOS A DELFINES

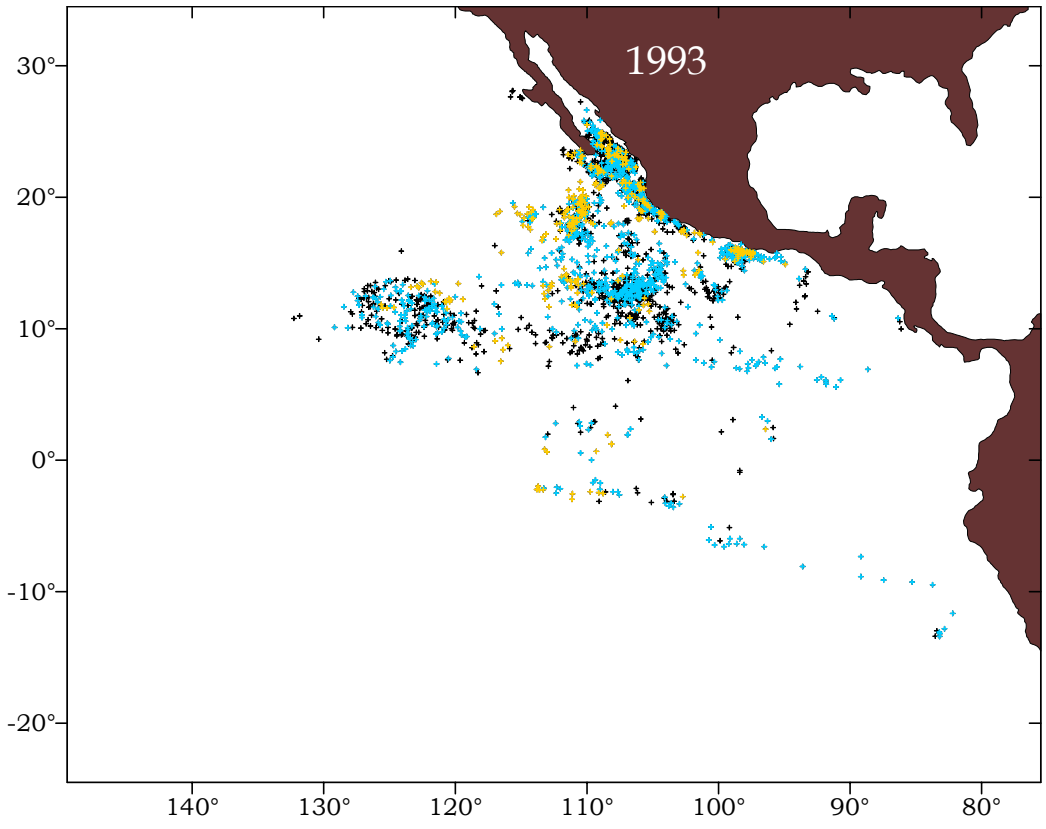
+ LANCES ASOCIADOS A DELFÍN MANCHADO REALIZADOS POR EMBARCACIONES MAYORES A 1090 tm DE CAPACIDAD DE ACARREO

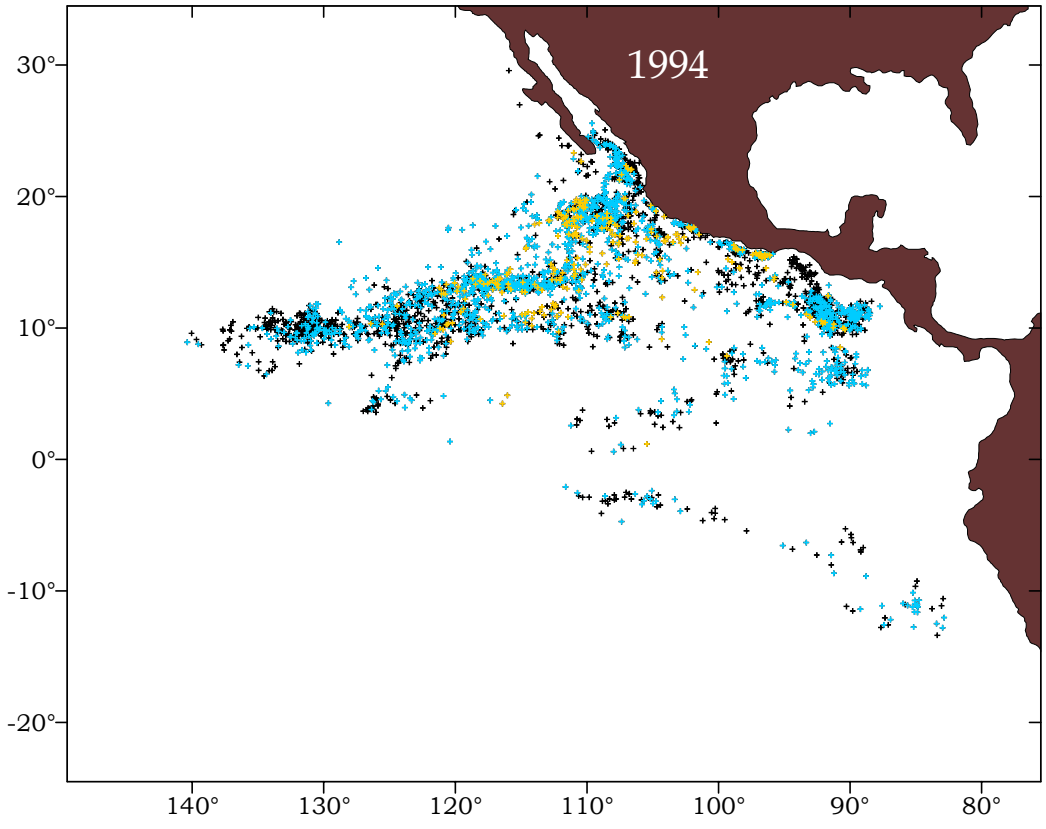
+ LANCES ASOCIADOS A DELFÍN MANCHADO REALIZADOS POR EMBARCACIONES MENORES A 1090 tm DE CAPACIDAD DE ACARREO

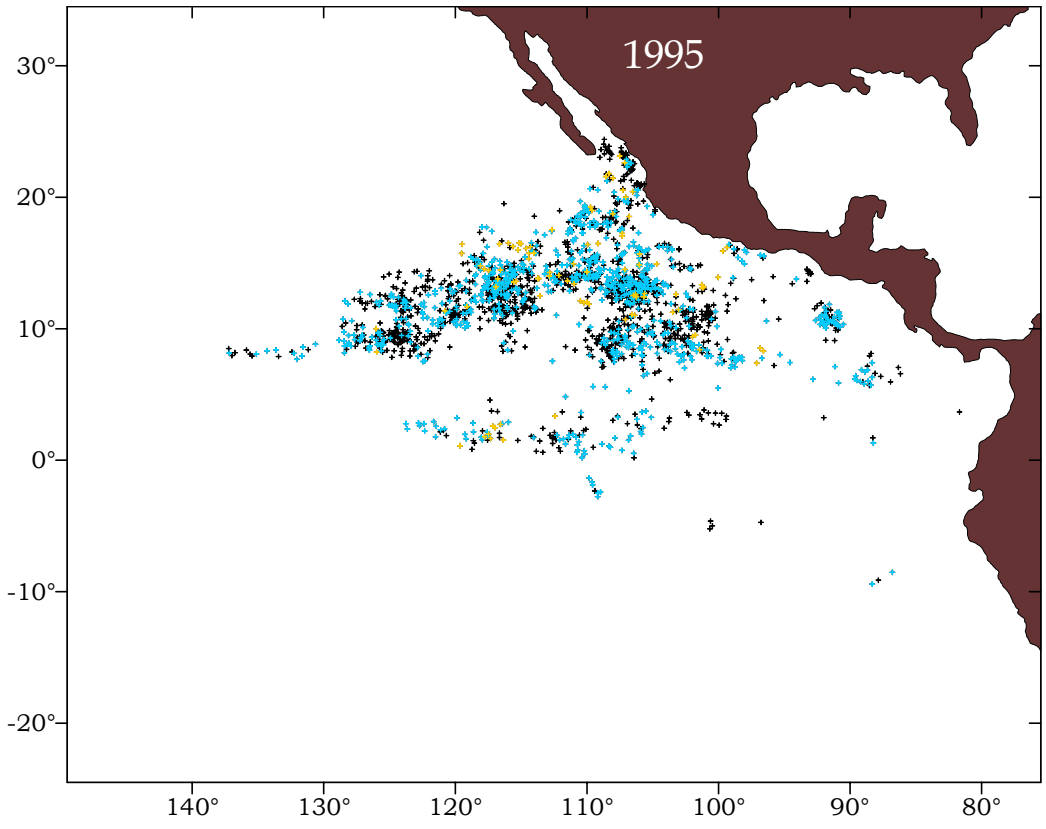

1990
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

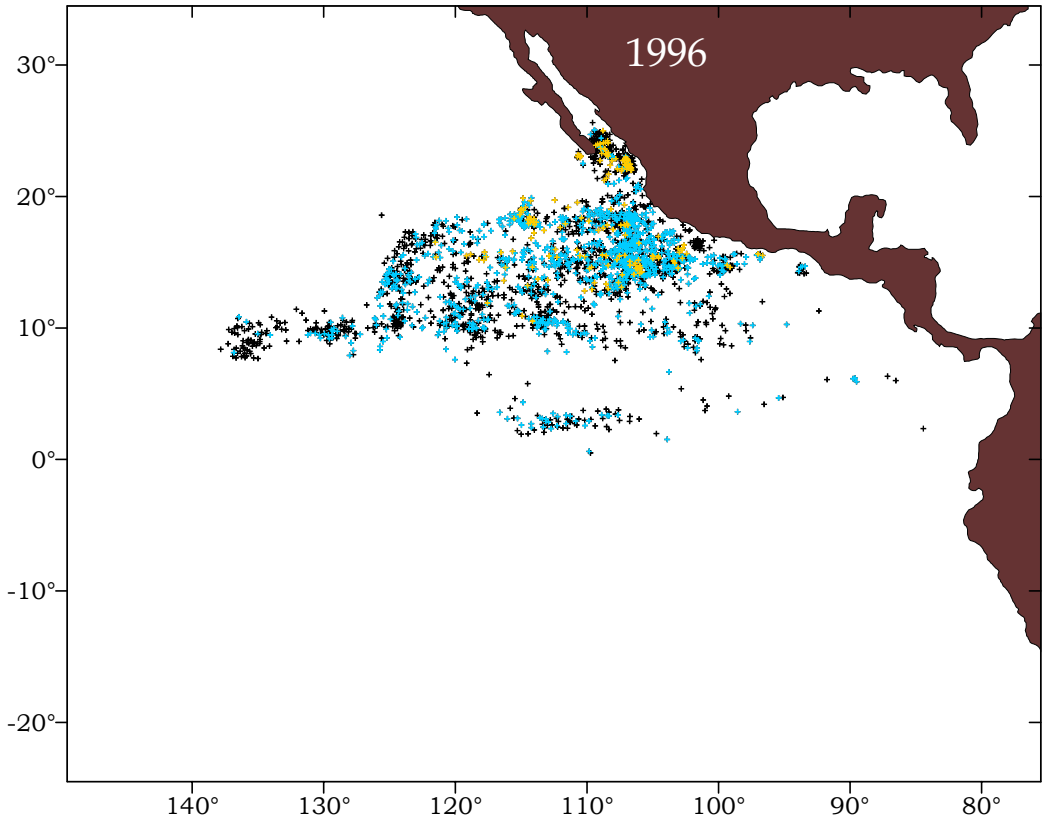

1991
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

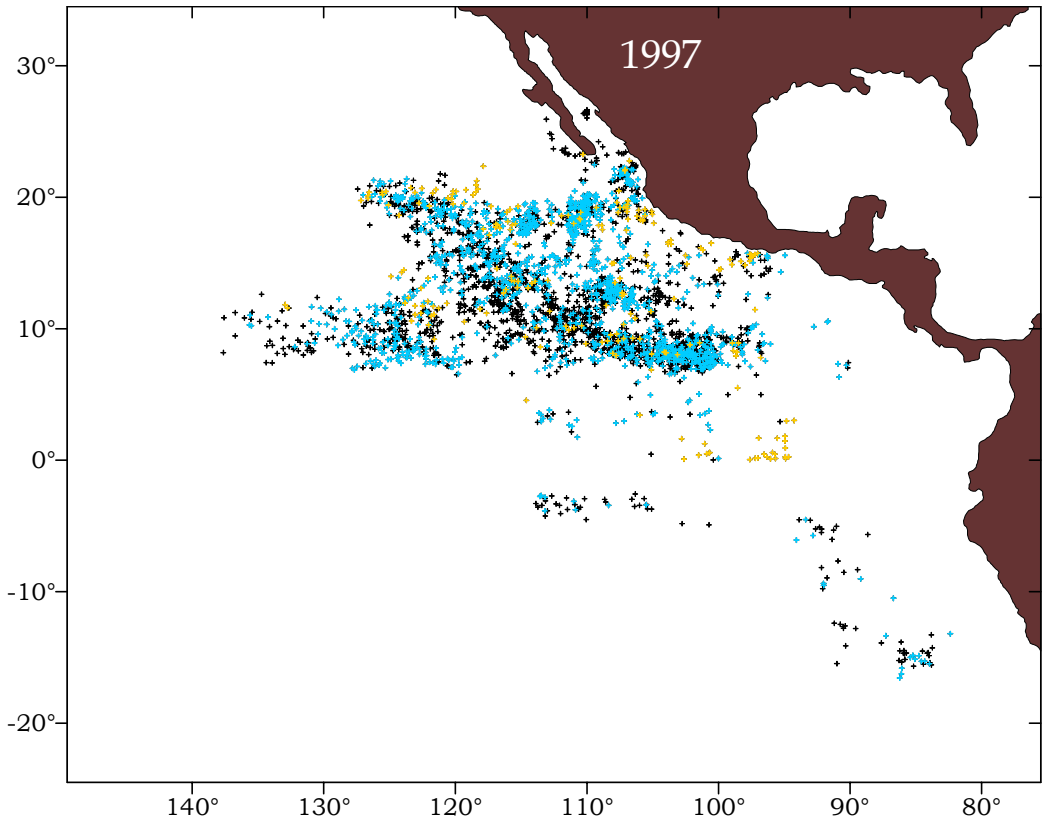

1992
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

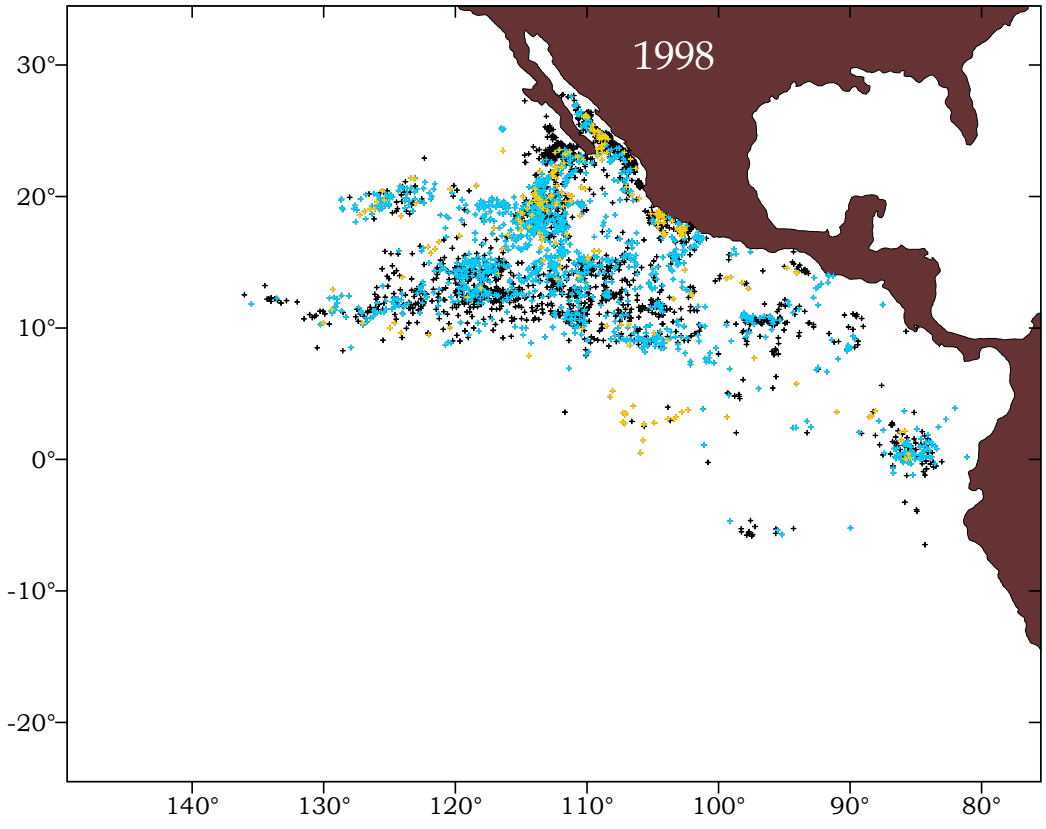

1993
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

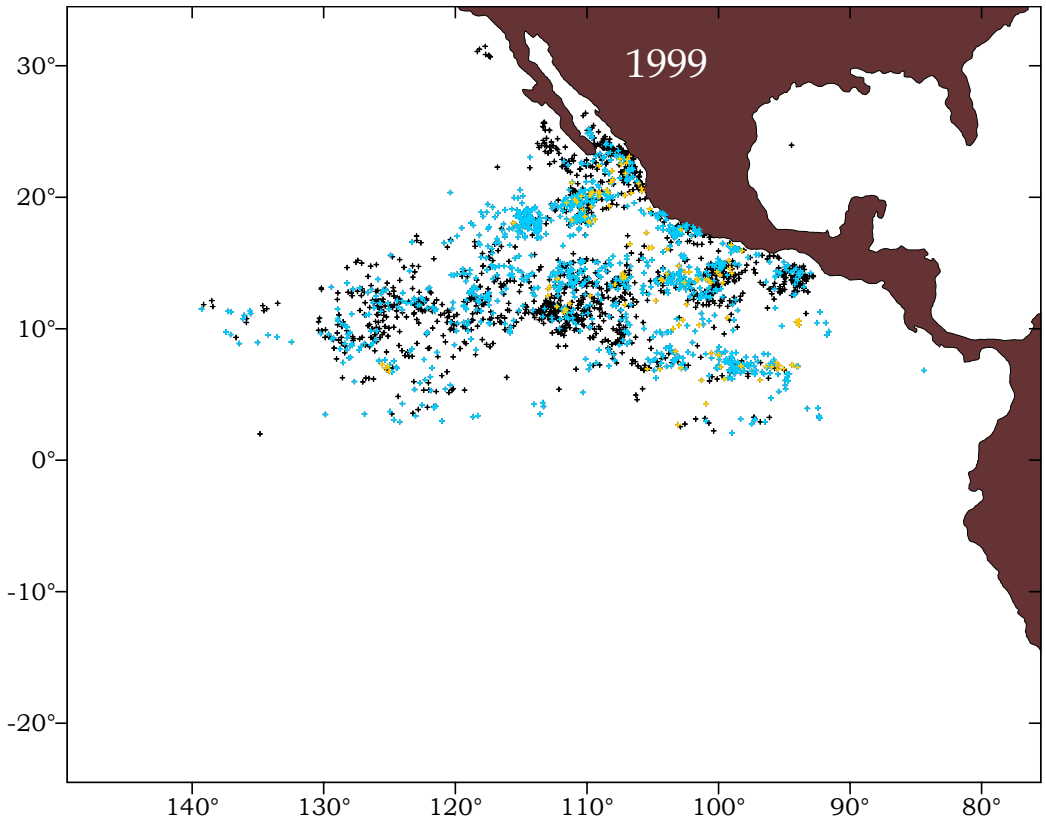

1994
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°


1995
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°


1996
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

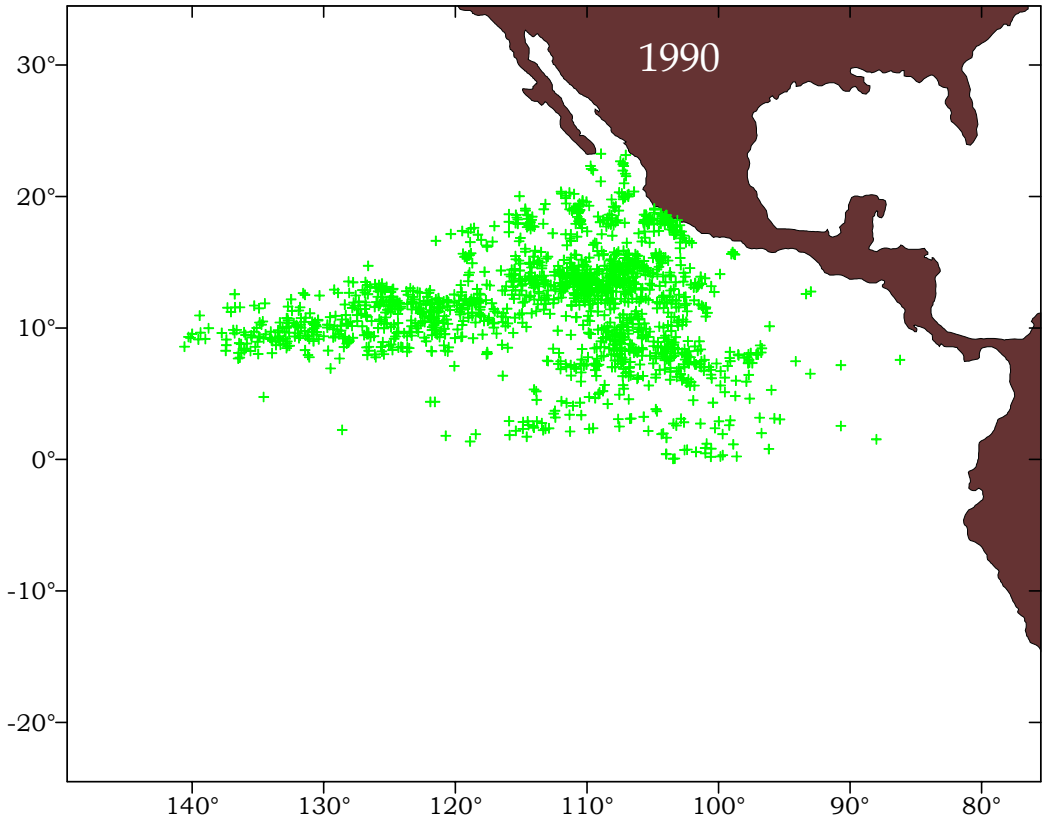

1997
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

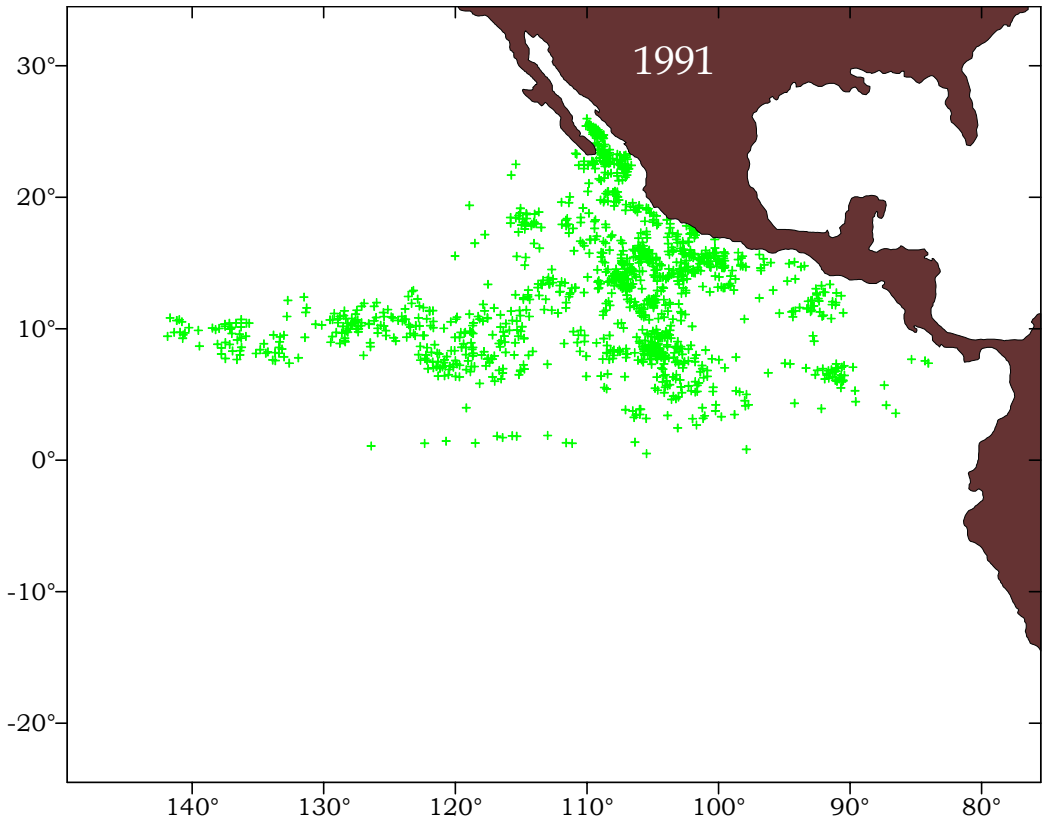

1998
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

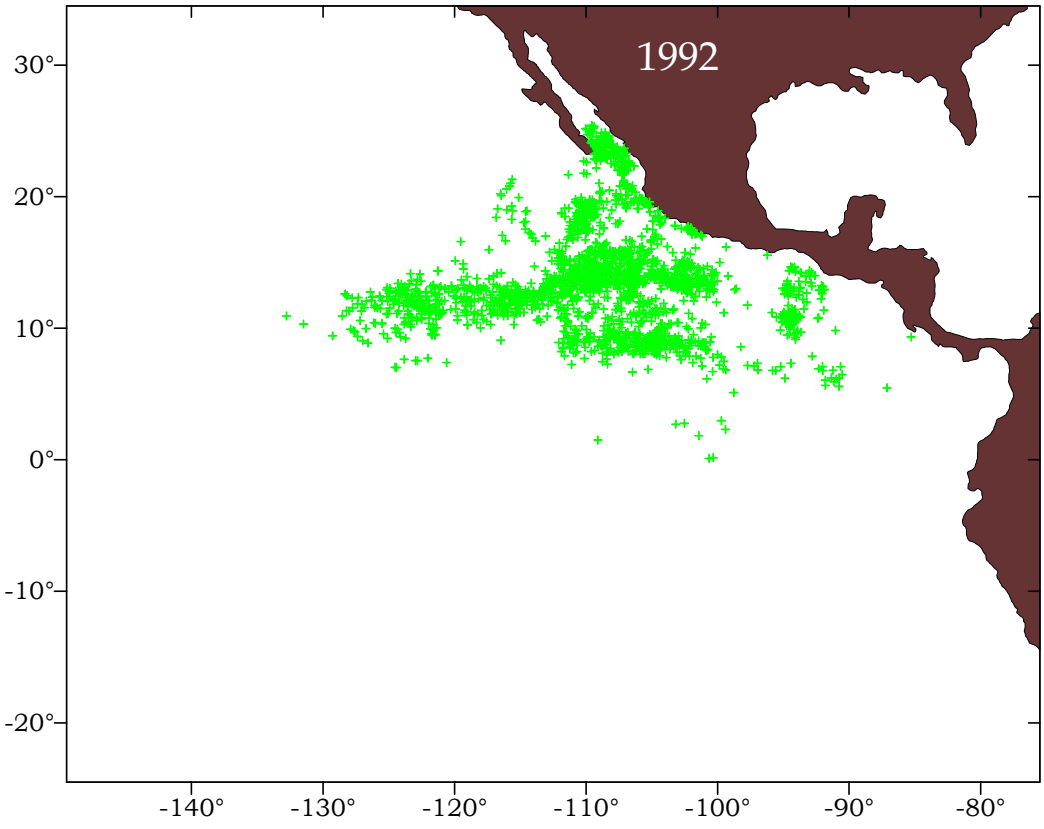

1999
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

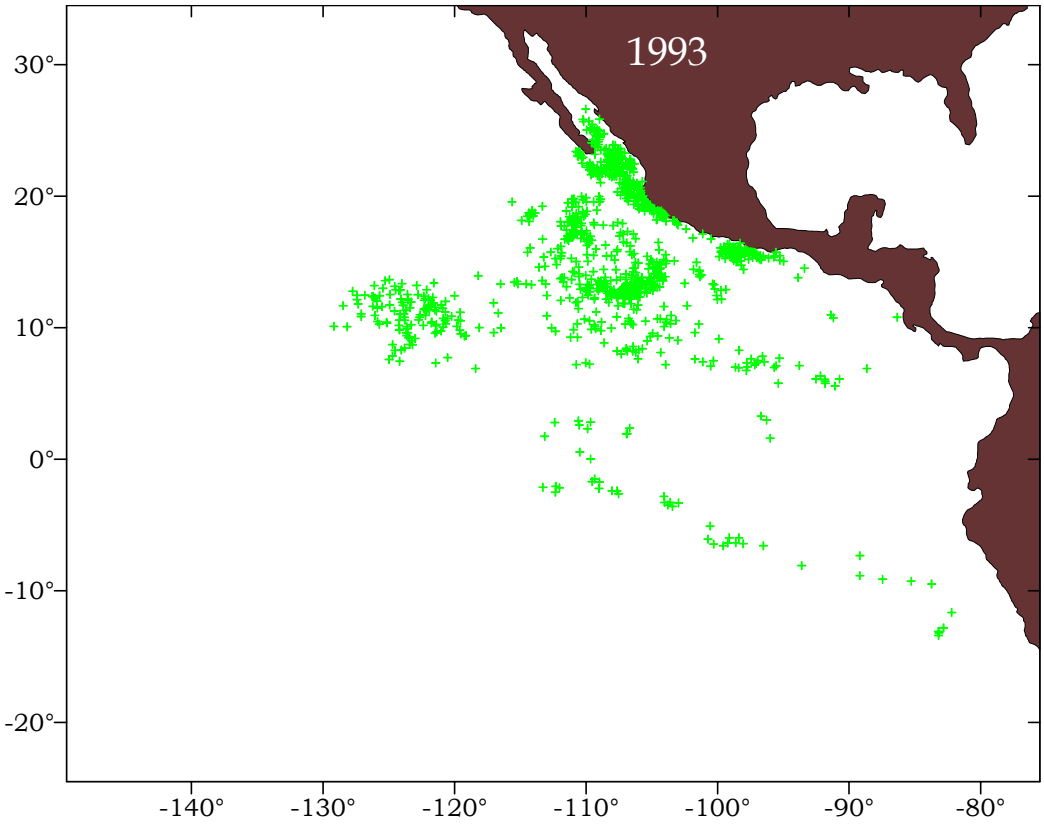
ANEXO II

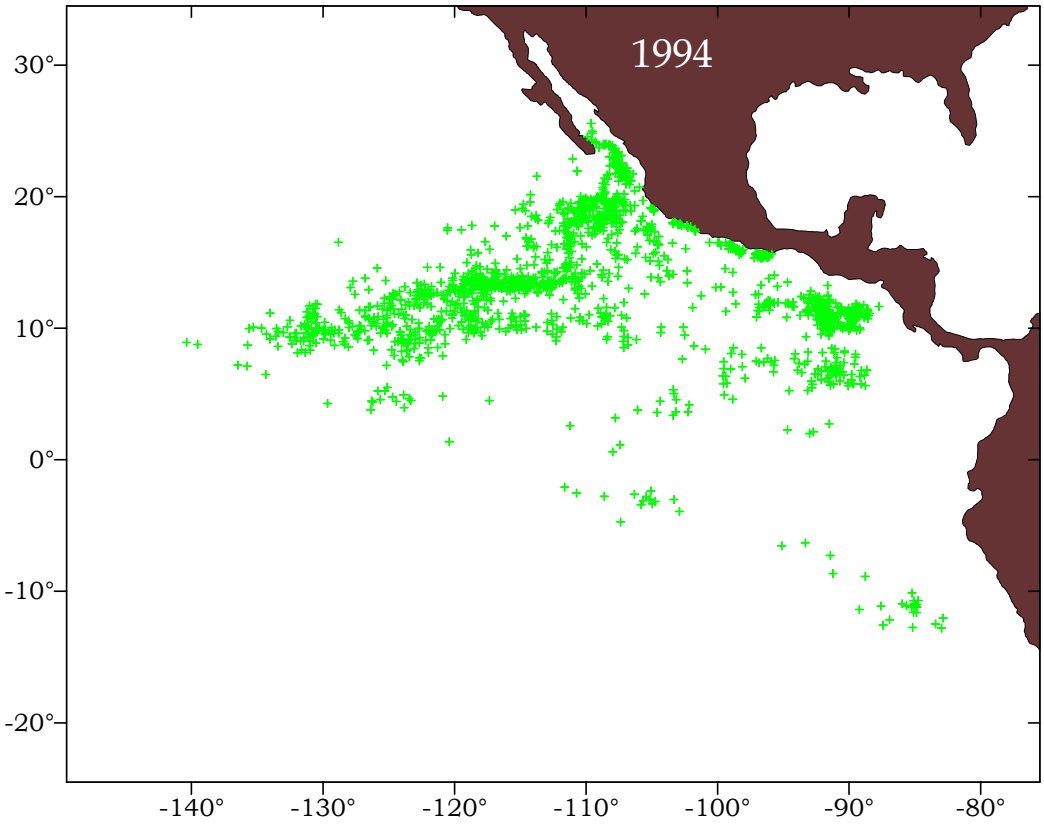
DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LOS LANCES DE ATÚN ALETA AMARILLA ASOCIADOS A DELFÍN MANCHADO

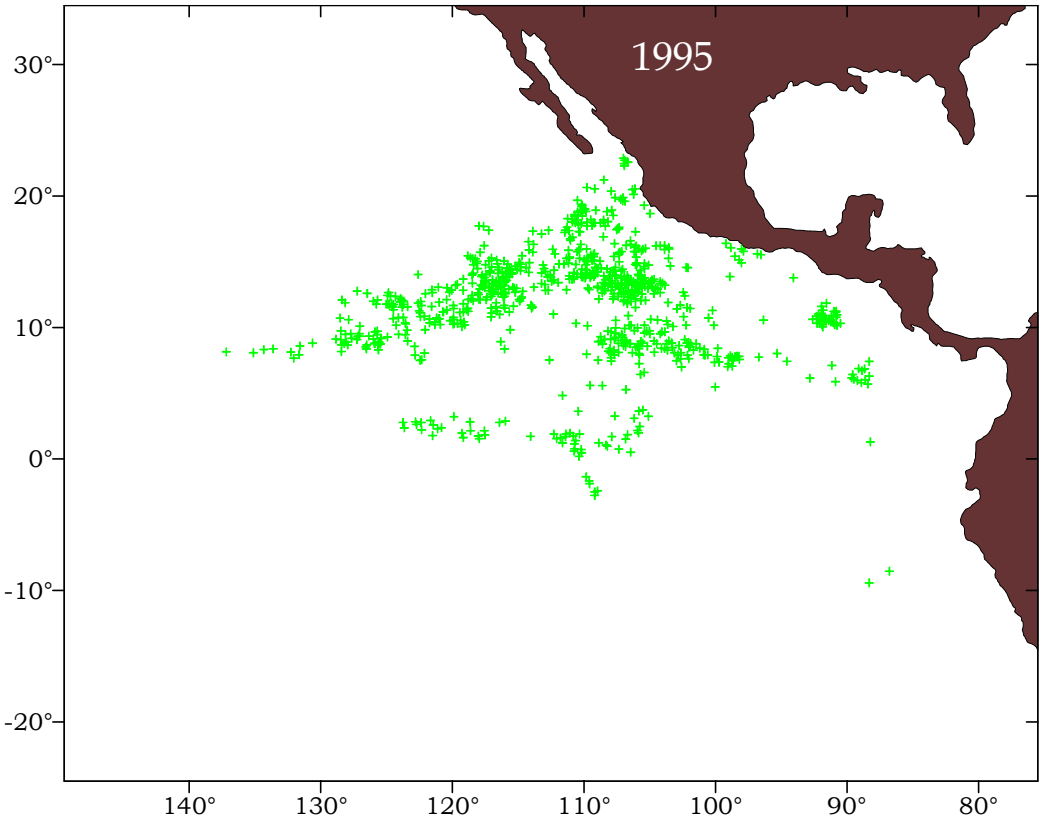

1990
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

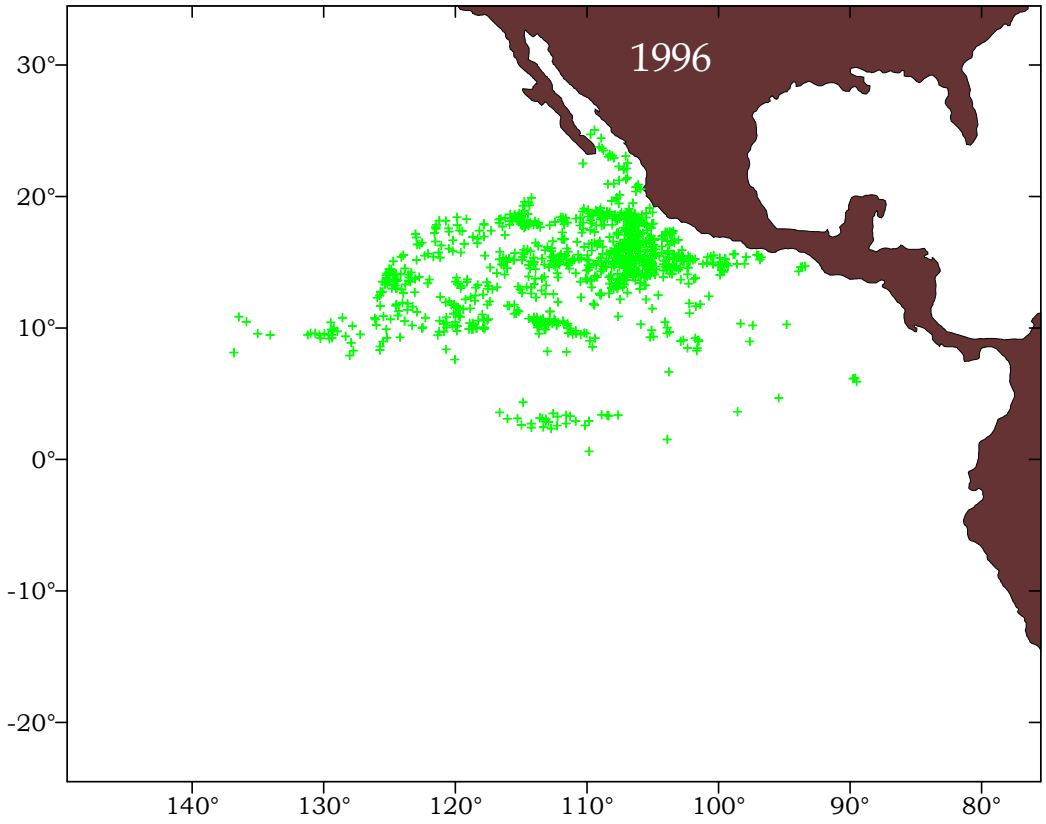

1991
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

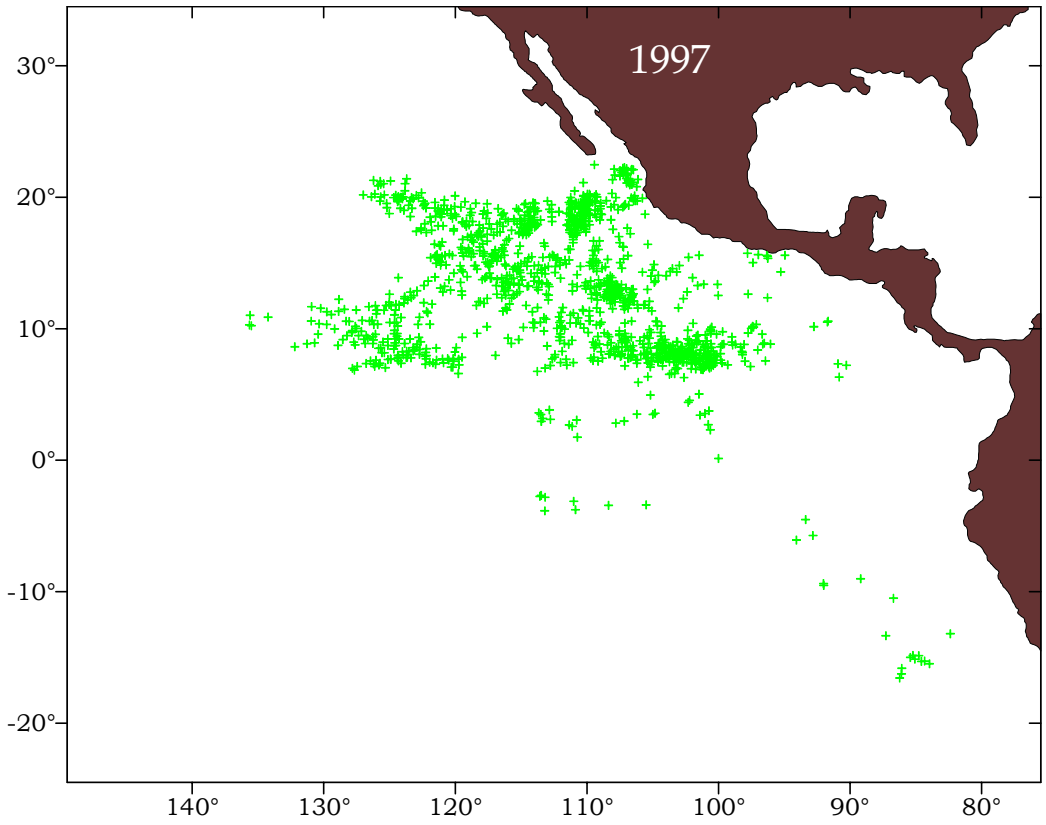

1992
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
-140°
-130°
-120°
-110°
-100°
-90°
-80°

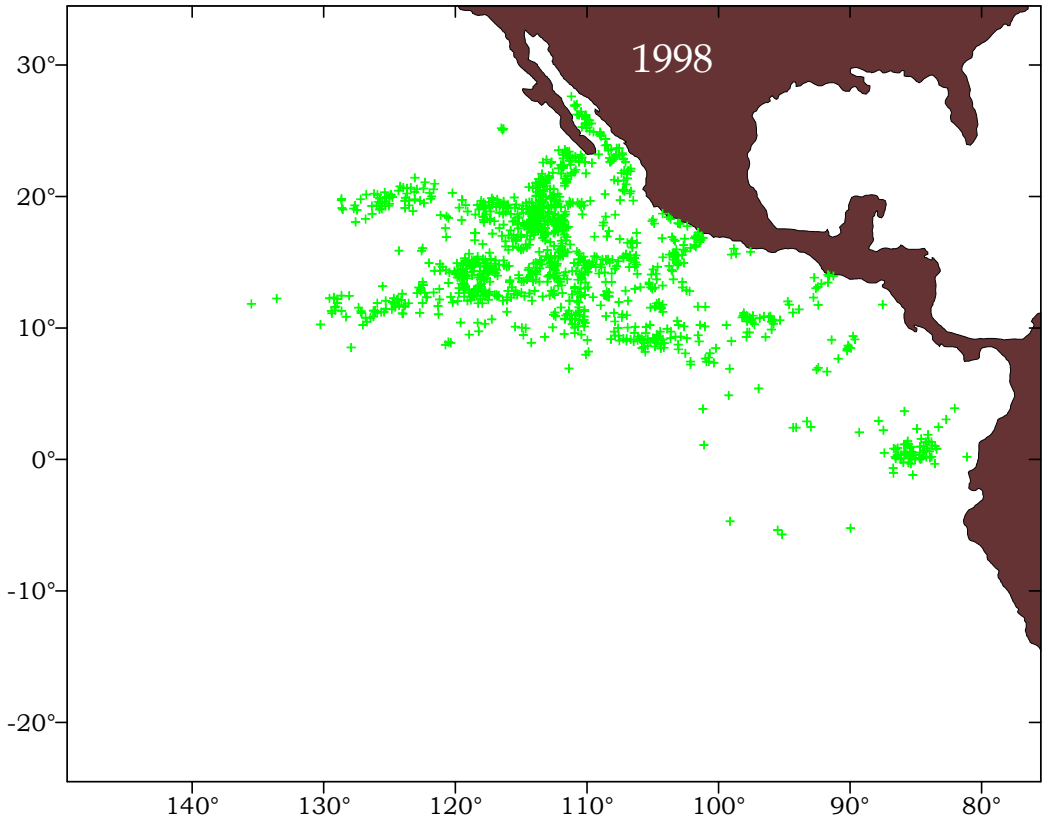

1993
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
-140°
-130°
-120°
-110°
-100°
-90°
-80°

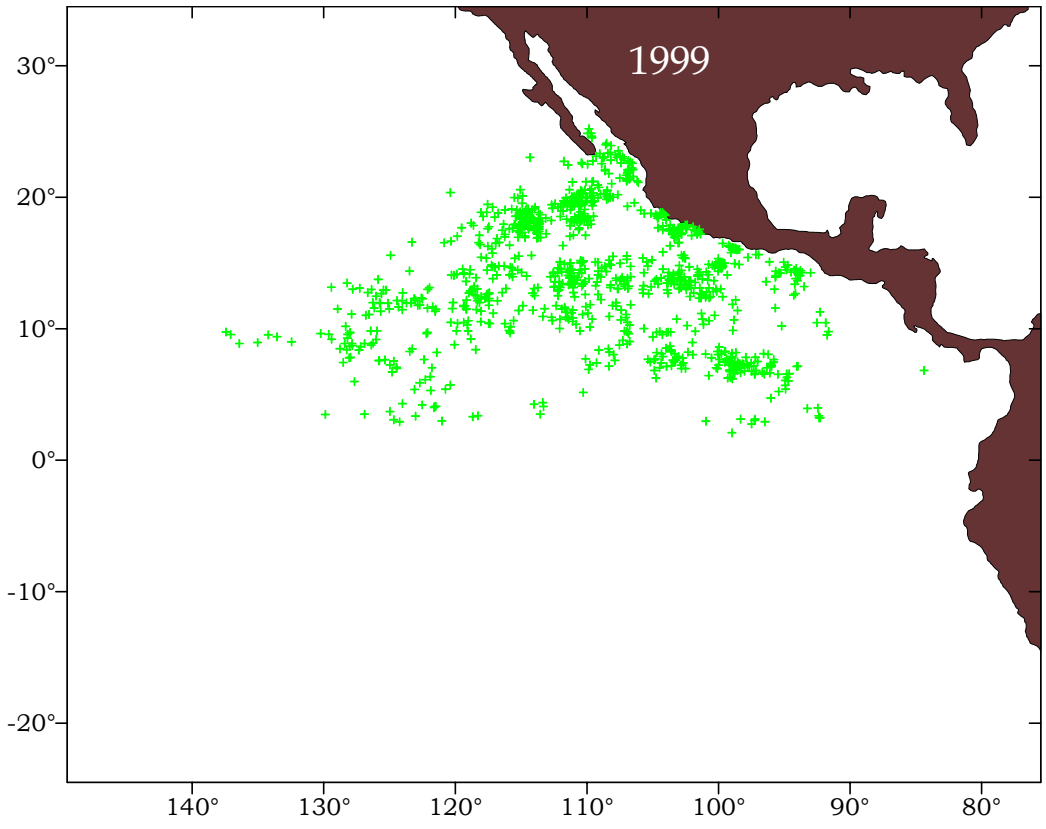

1994
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
-140°
-130°
-120°
-110°
-100°
-90°
-80°


1995
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°


1996
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

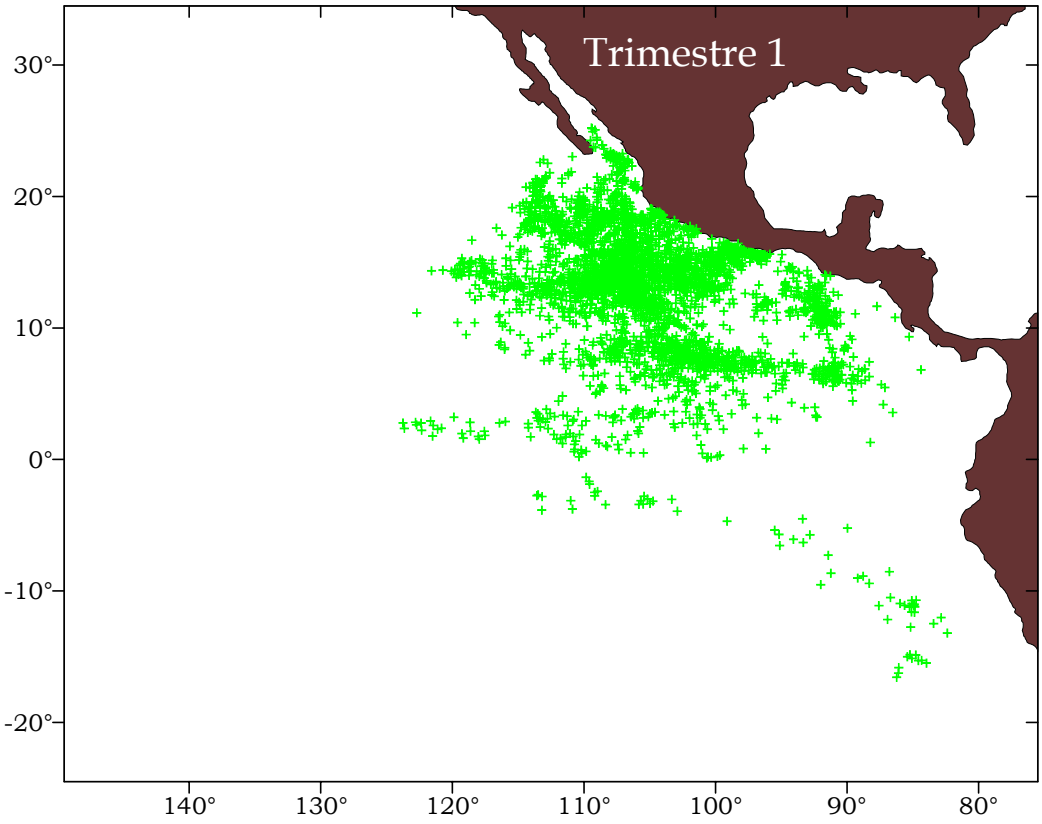

1997
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

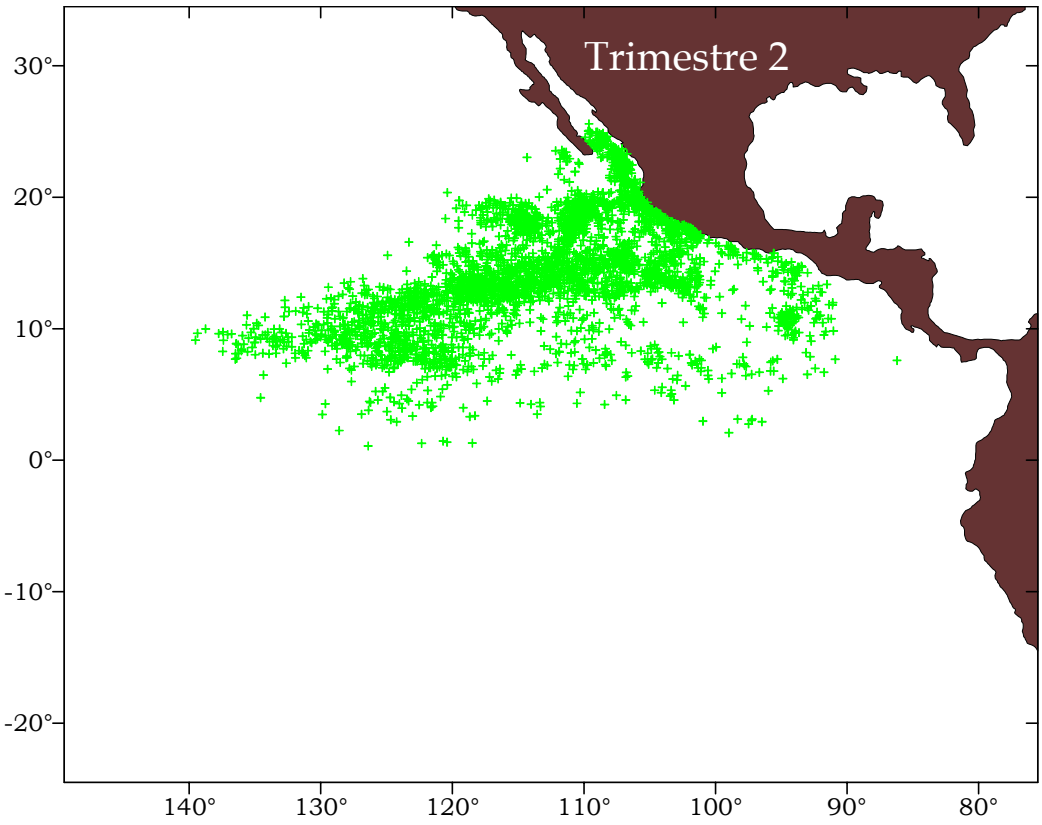

1998
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

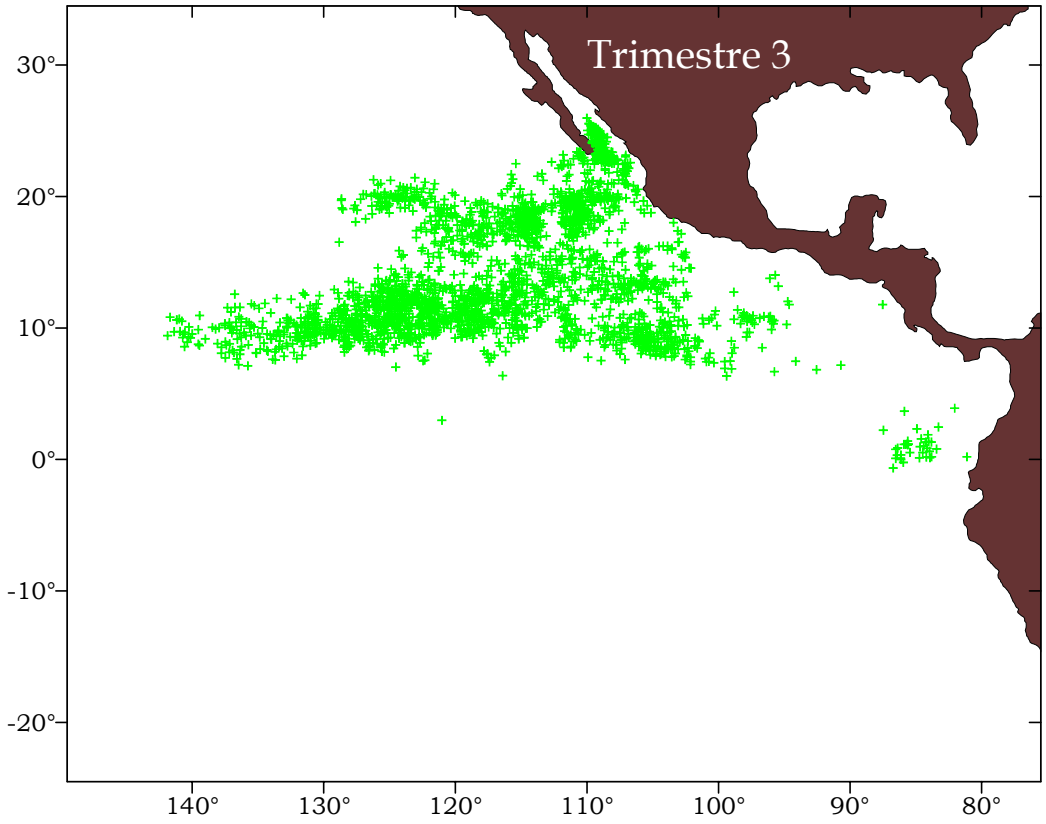

1999
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

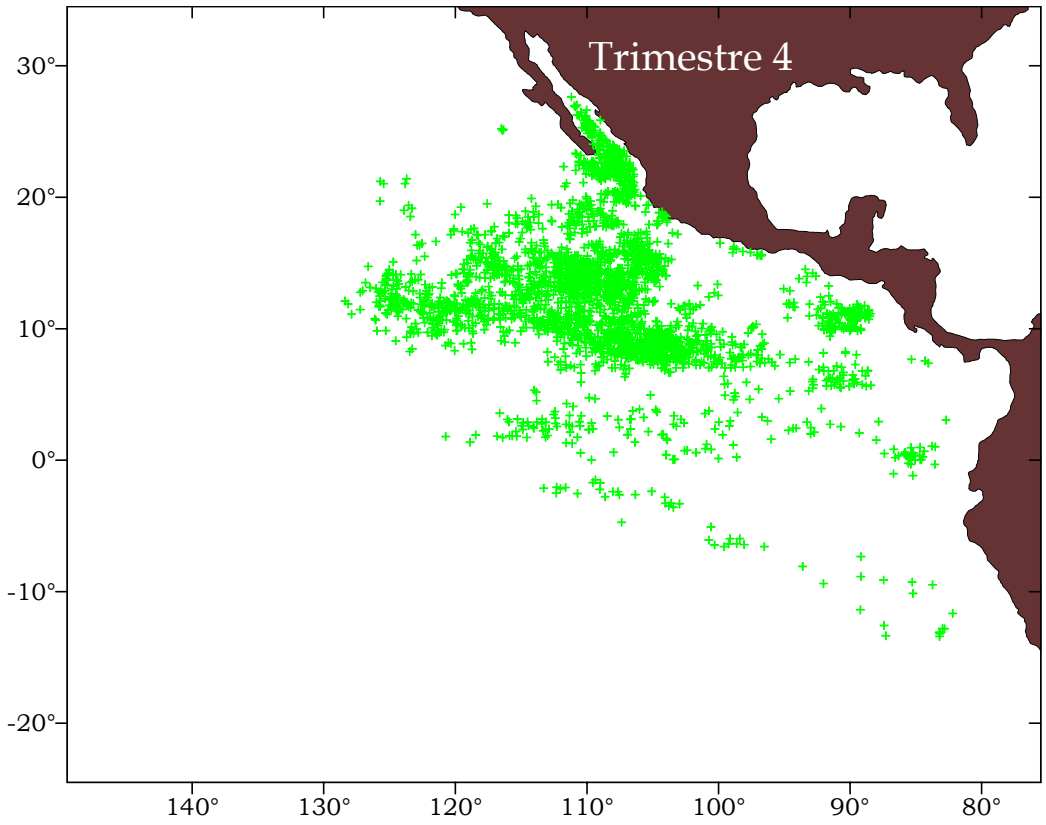
ANEXO III

DISTRIBUCIÓN TRIMESTRAL DE LOS LANCES DE ATÚN ALETA AMARILLA ASOCIADOS A DELFÍN MANCHADO


Trimestre 1
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

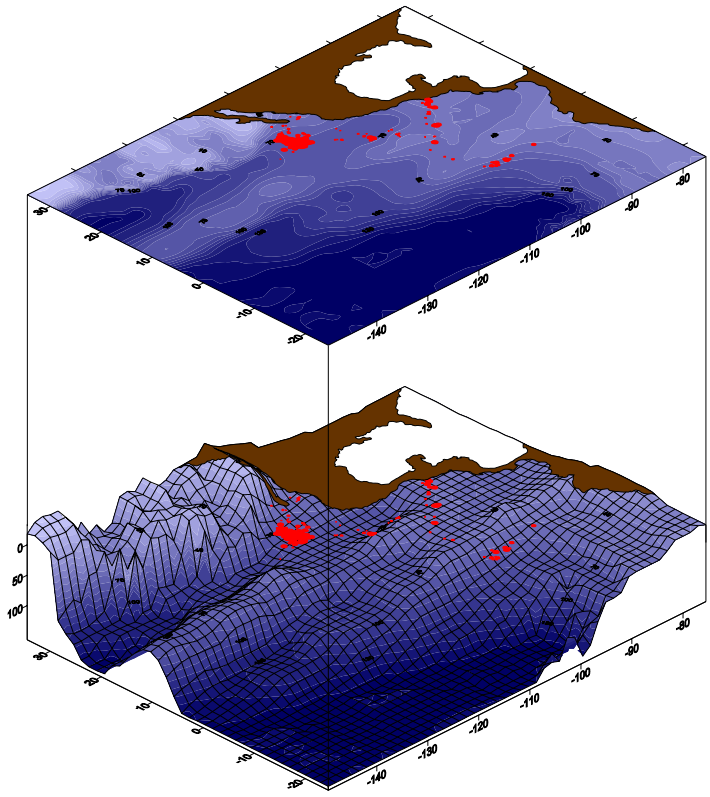

Trimestre 2
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°


Trimestre 3
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

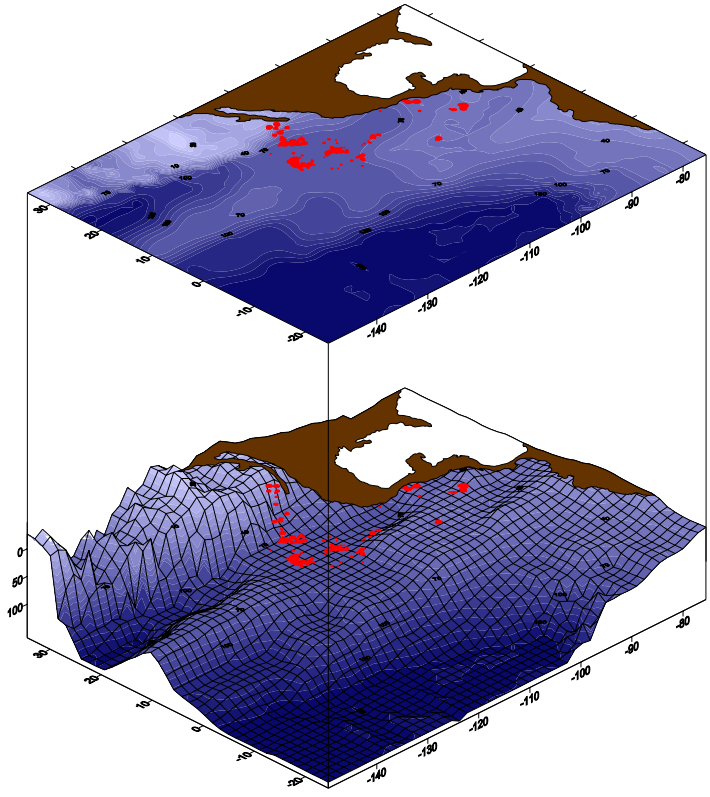

Trimestre 4
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
140°
130°
120°
110°
100°
90°
80°

ANEXO IV

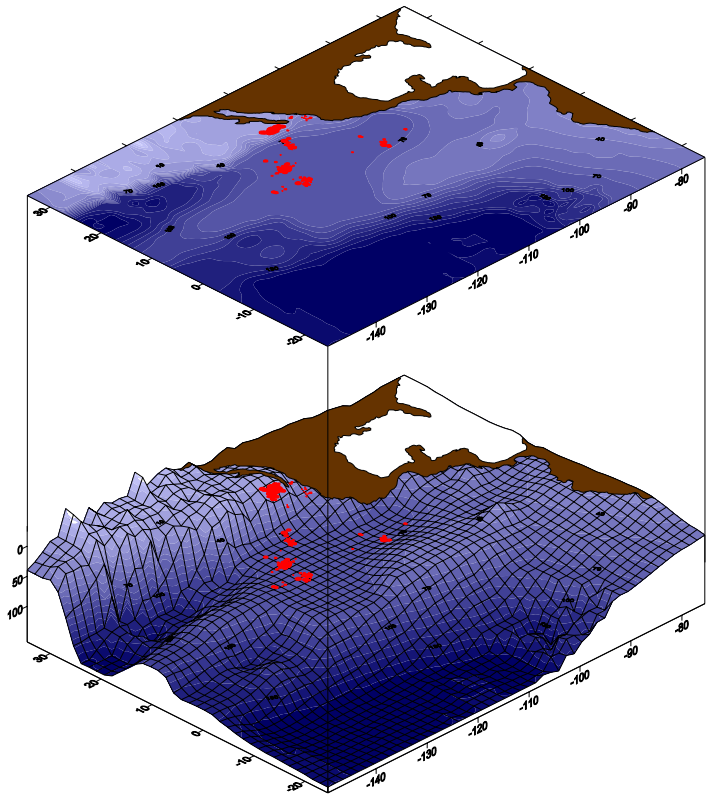
MAPAS MENSUALES DE LA TOPOGRAFÍA DE LA TERMOCLINA DURANTE 1998



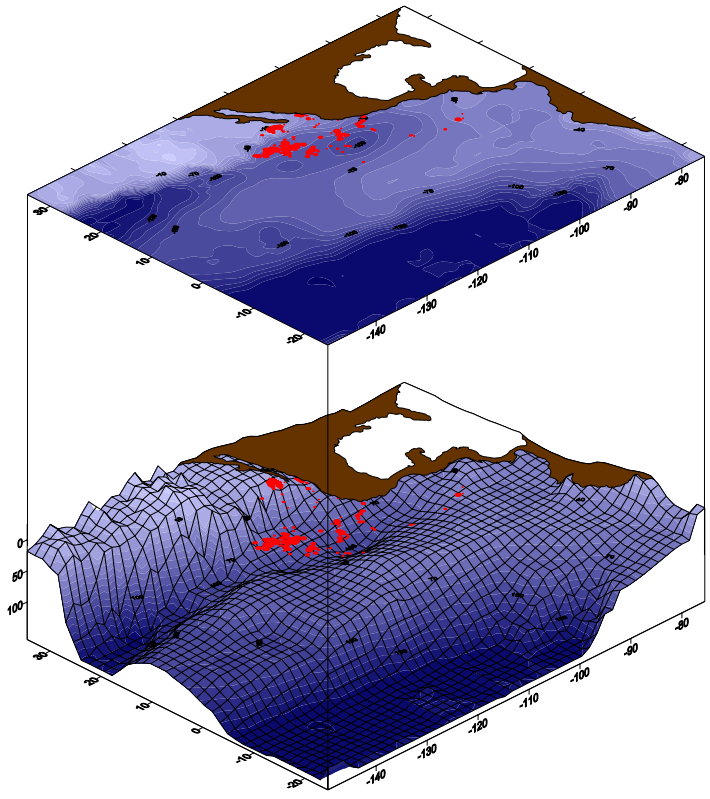
Enero



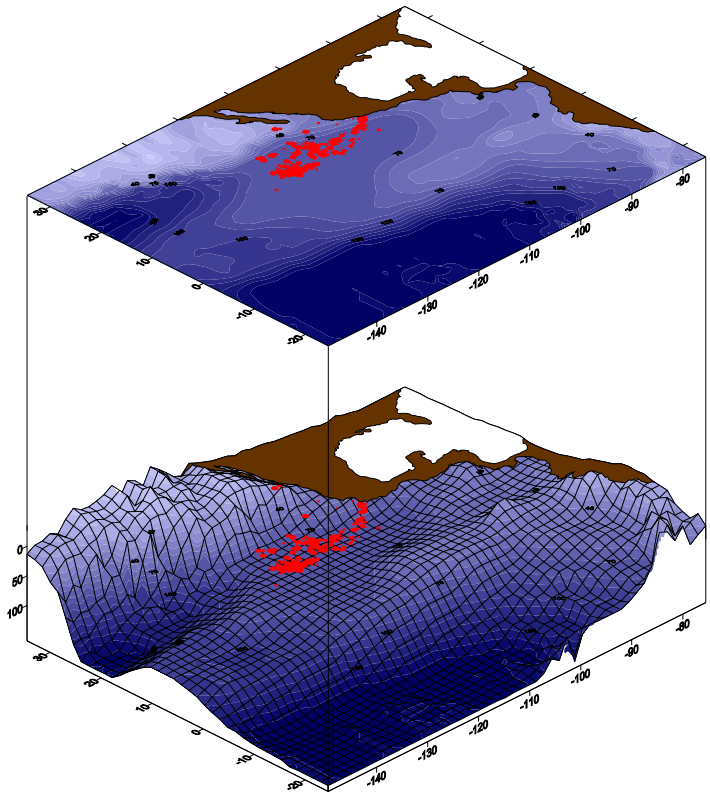
Febrero



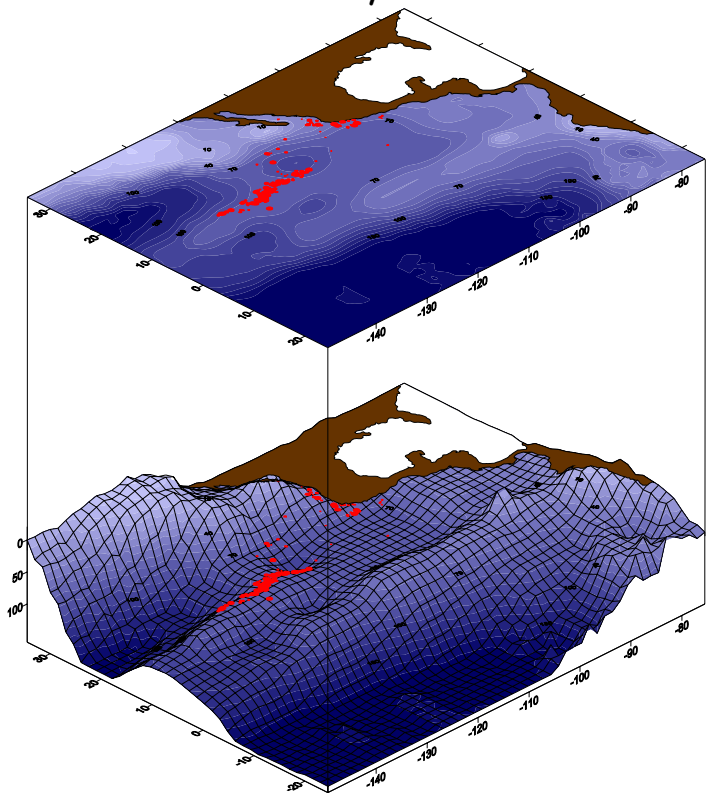
Marzo



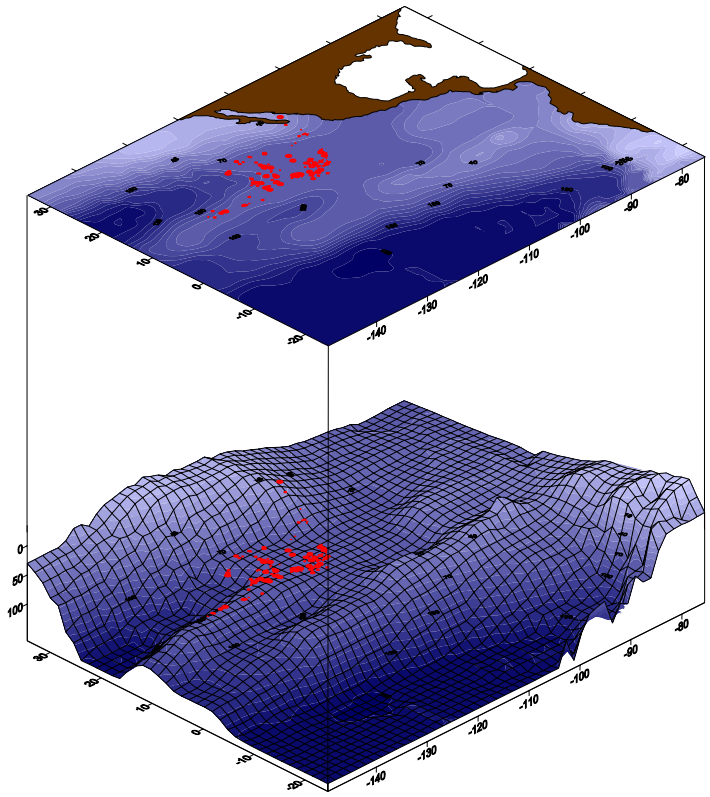
Abril



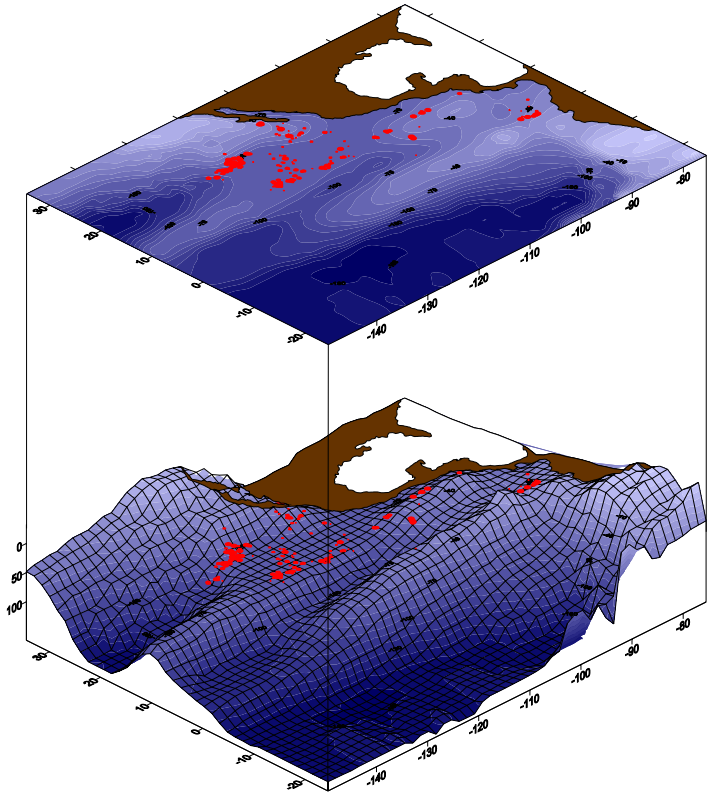
Mayo



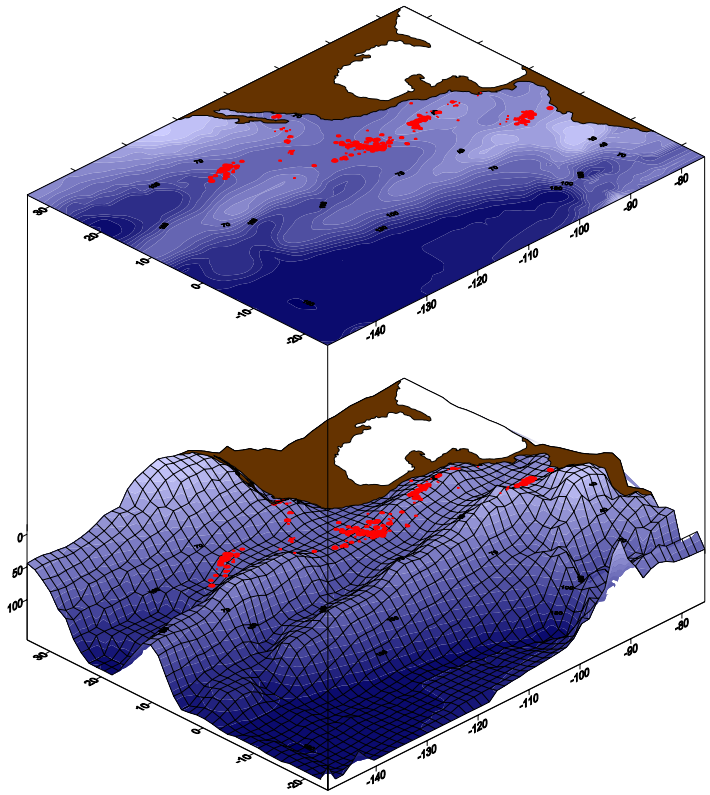
Junio



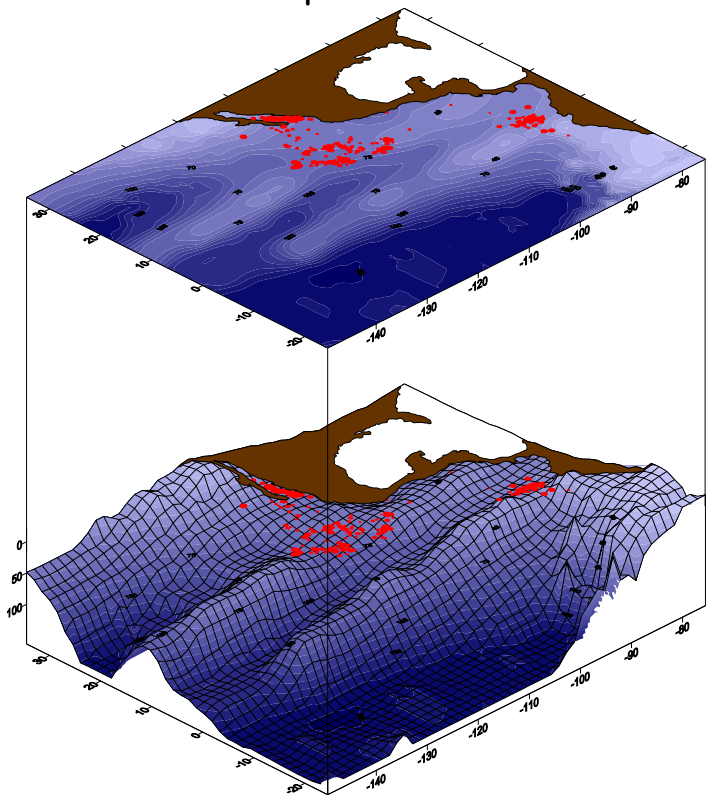
Julio



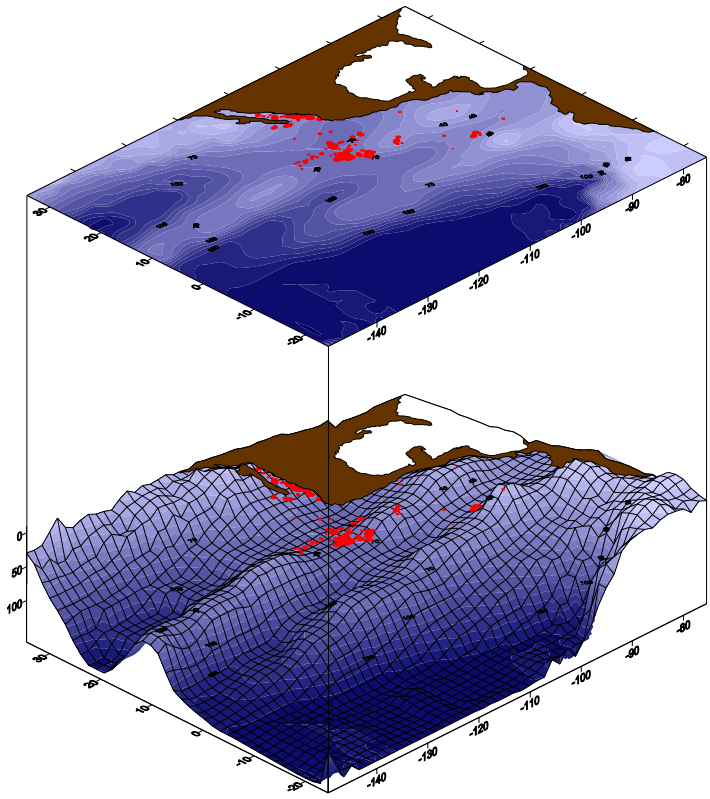
Agosto



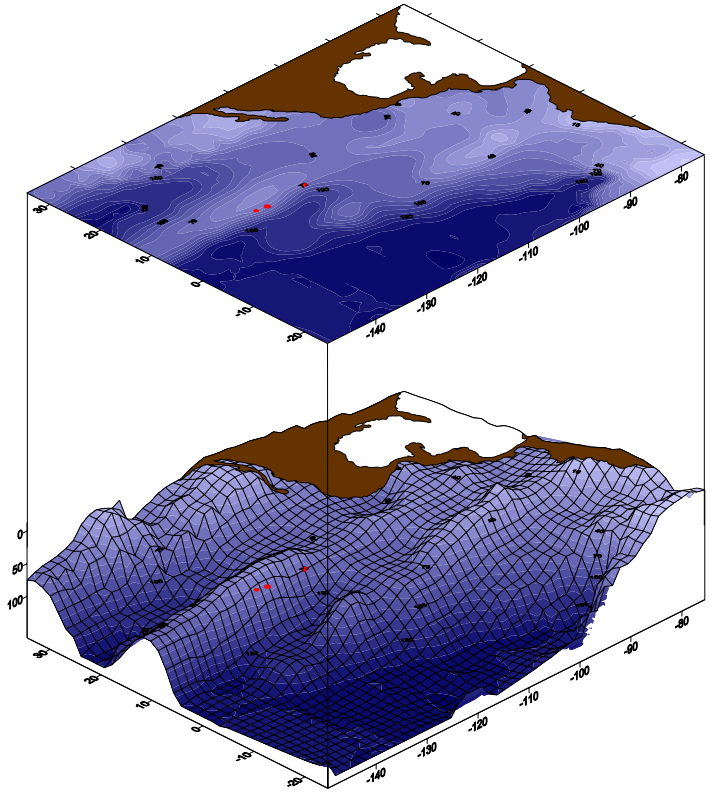
Septiembre



Octubre



Noviembre



Diciembre