



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS
MARINAS**



**VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LAS TASAS DE
CAPTURA DEL MARLIN RAYADO (*Tetrapturus audax*) EN EL
NOROESTE DEL PACÍFICO MÉXICANO DE 1980-1990**

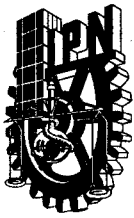
TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

SHELLEY SALCEDO BOJÓRQUEZ

LA PAZ, B.C.S., MARZO DE 2007



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 6 del mes de Marzo del 2007 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 LAS TASAS DE CAPTURA DEL MARLIN RAYADO
(*Tetrapturus audax*) EN EL NOROESTE DEL PACÍFICO MEXICANO DE 1980-1990”**

Presentada por el alumno:

SALCEDO

Apellido paterno

BOJORQUEZ

materno

SHELLEY

nombre(s)

Con registro:

A	0	5	0	1	1	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRA 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. SOFÍA ORTEGA GARCÍA

PRESIDENTE

DR. DANIEL LLUICH BELDA

SECRETARIO

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

SEGUNDO VOCAL

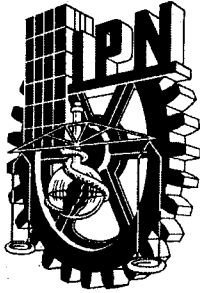
DR. VÍCTOR MANUEL GÓMEZ MUÑOZ
2º. Director de Tesis

TERCER VOCAL

DR. HERIBERTO SANTANA HERNÁNDEZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 6 del mes Marzo del año 2007, el (la) que suscribe SHELLEY SALCEDO BOJORQUEZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A050115 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DRA. SOFÍA ORTEGA GARCÍA y cede los derechos del trabajo titulado: "VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS TASAS DE CAPTURA DEL MARLIN RAYADO (Tetrapterus audax) EN EL NOROESTE DEL PACÍFICO MEXICANO DE 1980-1990" 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: shelley_sal79@hotmail.com - sortega@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


SHELLEY SALCEDO BOJORQUEZ
nombre y firma

DEDICATORIA

A mi nana Tencha †, Hortensia Martínez L. por ser un gran ejemplo de mujer, porque siempre está conmigo en cada paso y en cada momento de mi vida.

A mis padres: Manuel Salcedo Murillo y Ma. Hortensia Bojórquez Martinez, por ser el más grande ejemplo de integridad, coherencia, honestidad y respeto, porque me han dejado ser quien quiero ser, como quiero ser y lo que quiero ser, porque me han enseñado a ser honesta conmigo misma por sobre todas las cosas, por ser mi fuente de inspiración y por el simple hecho de ser mis padres.

A mis hermanos, Allan y Erwin, porque la vida con ellos a sido la mejor aventura. Por su paciencia.

A toda mi familia, por su gran amor.

A Gilberto Cota, por seguirme en esta aventura y apoyarme siempre, cuando eso significó que la distancia nos separara físicamente. Por todo tu cariño, amor y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marina por haberme permitido formar parte de esta institución y por el apoyo económico otorgado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) por los apoyos brindados para la realización de este trabajo.

A la Dra. Sofía Ortega García por la oportunidad de llevar acabo esta investigación, por la paciencia y permitirme desarrollar algunas inquietudes científicas.

A los integrantes de mi comité revisor: Dr. Víctor M. Gómez Muñoz, Dr. Heriberto Santana Hernández, Dr. Felipe Galván Magaña y al Dr. Daniel Lluch Belda, por el tiempo invertido en la revisión de este trabajo y por sus atinadas sugerencias para el mejoramiento del mismo.

A Martina, Juan y Tere por todas las atenciones brindadas durante este tiempo y por sus buenos deseos. A Don Humberto C. porque siempre estuvo dispuesto a resolver mis dudas. A mis amigos y compañero de CICIMAR; Damaris, Manuel, Manolo, Nelson, Skiol, a las Marianas, Jose Angel, Nicolas, Juanito, Natalia, Azucena, Arturo, Rosy, Luis, Rebeca, Chava, Victor P., Victor C., Antonio (CN), etc. por todas esas platicas tan amenas. A la familia Valdez y Contreras, por hacerme sentir como en casa, a la familia Cota y Barreras, por su amabilidad y buenos deseos.

A mis amigas (os) de toda la vida, que son parte importante en mi vida, son mi familia y claro, el mundo no seria igual sin ellas (os).

A mi gran familia, a los Bojórquez y a los Salcedo, porque son lo mejor que me pudo pasar, por darme ánimo, por apoyarme incondicionalmente, por estar siempre conmigo y por su gran amor.

INDICE

GLOSARIO	i
RELACION DE TABLAS Y FIGURAS	iii
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	5
IV. OBJETIVOS	6
V. ÁREA DE ESTUDIO.....	7
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	10
VI. 1 Origen de la información	10
VI.2 Análisis de la información.....	11
VI.2.1 Composición y variación de la flota	11
VI.2.2 Caracterización de la flota mediante Análisis de Componentes Principales (ACP).....	11
VI.2.3 Captura por unidad de esfuerzo nominal.....	12
VI.2.4 Estandarización de la <i>CPUE_n</i> con Modelos Lineales Generalizados (MLG).....	12
VI.2.4.1 Validación de los modelos.....	15
VI. 2.5 Variación espacio-temporal de la <i>CPUE_e</i>	16
VI.2.6 Relación de la <i>CPUE_e</i> con la TSM y con la concentración de pigmentos fotosintéticos (<i>Cl_a</i>).....	16
VII. RESULTADOS	18
VII.1 Catastro de las embarcaciones	18
VII.2 Caracterización de la flota	22
VII.3 Estandarización de la <i>CPUE_n</i>	26
VII.4 Variabilidad espacio-temporal de la <i>CPUE_e</i>	31
a) Variabilidad estacional de la <i>CPUE_e</i>	31
b) Variabilidad interanual de la <i>CPUE_e</i>	32
c) Variabilidad espacial por trimestre.....	33
d) Variabilidad espacial por año.....	35
VII.5 Relación de la <i>CPUE_e</i> con la concentración (<i>Cl_a</i>) y temperatura superficial del mar.....	38

VIII. DISCUSION	43
X. RECOMENDACIONES	56
XI. BIBLIOGRAFIA	57
ANEXOS.....	68

GLOSARIO

Ajuste o calibración de un modelo: En este trabajo se referirá al el ajuste de los índices de abundancia con datos de captura, empleando algún tipo de modelo y tiene por objetivo minimizar las diferencias entre los índices de abundancia observados y la abundancia predicha por el modelo.

Captura incidental (*By-catch*): Captura de especies que no son la especie objetivo de una pesquería.

Captura por unidad de esfuerzo nominal (CPUE_n): Valor que refleja el rendimiento obtenido en la pesca, resulta de dividir la captura entre el esfuerzo pesquero ejercido.

Devianza: Es una medida de discrepancia o de bondad de ajuste entre los datos observados y los valores ajustados generados por el modelo, es el logaritmo de la razón de verosimilitudes, llamada *desviación (deviance)*.

Fenómeno El Niño: Fenómeno oceánico-atmosférico, de intensidad variable, caracterizado por un calentamiento anómalo de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial provocando cambios en la temperatura y en los sistemas de presión en la región tropical del Océano Pacífico.

Fenómeno La Niña: Condición anómala en la temperatura del mar en el Océano Pacífico tropical caracterizada por temperaturas inusuales frías, en la misma región donde se presenta El Niño. El aumento de la diferencia de presión entre la costa de América del Sur y Oceanía hace que los vientos alisios se intensifiquen, lo cual a su vez aumenta la eficiencia del proceso de surgencia de aguas profundas relativamente más frías a lo largo del Pacífico ecuatorial.

Índice de abundancia: Medida cuantitativa de la densidad o abundancia de peces, normalmente como serie cronológica. Puede estar referida concretamente a una zona o a un segmento de la población, el índice puede reflejar la abundancia en números o en peso (biomasa). La mayor parte de los índices de abundancia usados actualmente se basa en datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estandarizada.

Modelo Lineal Generalizado (MLG ó GLM, por sus siglas en ingles): Procedimiento estadístico similar a un análisis de varianza o a una regresión múltiple, que se usa para estimar la magnitud de los efectos de diferentes factores sobre una variable de interés.

Surgencia: Ascenso hacia la superficie de agua profunda, generalmente más fría y rica en nutrientes, que sustituye al agua superficial, más pobre y cálida, que ha sido desplazada por efecto del viento.

Termoclina: Una zona de transición en el océano, entre la capa superior de agua templada y la capa inferior de agua fría. En esta zona la temperatura del mar tiene una rápida disminución asociado a la profundidad.

Productividad biológica: Capacidad de un organismo, organismos o comunidad biótica de producir materia orgánica. Velocidad de transformación de la energía química o solar en biomasa.

Productividad primaria: Producción que ocurre mediante la fotosíntesis, por medio de la cual las plantas verdes convierten energía solar, dióxido de carbón, y agua en glucosa y tejido vegetal. Se refiere a la cantidad de material producido por unidad de tiempo. La productividad, o el valor de producción, es afectada por diversos factores ambientales, incluyendo la cantidad de radiación solar, la disponibilidad de agua y alimentos minerales, y temperatura.

RELACIÓN DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Flotas que operaron de 1982-1989.....	18
Tabla 2. Matriz de Correlación.....	22
Tabla 3. Eigenvalores, porcentaje de variancia explicada y variancia acumulada de los componentes principales.	24
Tabla 4. Eigenvectores de los tres primeros componentes principales	24
Tabla 5. Análisis de la devianza del logaritmo de la <i>CPUEe</i> según el modelo ajustado para el periodo de 1982-1989 (términos ingresados secuencialmente)	27
Figura 1. Área de estudio.....	7
Figura 2. Corrientes que tienen influencia en el área de estudio (Kessler, 2006).....	9
Figura 3. Variabilidad interanual del número de embarcaciones que operaron en el Noroeste del Pacífico Mexicano durante el periodo 1982-1989.	19
Figura 4. Distribución de frecuencias de la capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones.	20
Figura 5. Variación interanual del número de lances (barras) y de la captura total (líneas) para el periodo de 1982 a 1989.	21
Figura 6. Variación trimestral del número de lances (barras) y la captura total (líneas) para el periodo de 1982 a 1989.	21
Figura 7. Representación gráfica de los grupos de embarcaciones definidas por el valor de los eigenvectores; a) componente 1 vs. componente 2, b) componente 1 vs componente 3.	25
Figura 8. Gráficos de los residuos de la devianza frente a los valores ajustados (a) y los valores predeterminados (b), la variable respuesta frente a los valores ajustados (c) y grafico de probabilidad normal de los residuos de Pearson.	29
Figura 9. Variación de la <i>CPUEe</i> por categoría de embarcación.....	30
Figura 10. Variación estacional de la <i>CPUEe</i> de Marlin rayado (1982-1989).....	30
Figura 11. Variación anual de la <i>CPUEe</i> y <i>CPUEn</i> con intervalo del 95% de confianza.	31

Figura 12. Variación estacional la <i>CPUEe</i> (organismos/1000 anzuelos) para el periodo de 1982 a 1989.....	32
Figura 13. Variación interanual de la <i>CPUEe</i> (organismos/1000 anzuelos) para el periodo de 1982 a 1989.....	33
Figura 14. Distribución de la <i>CPUEe</i> promedio trimestral en cuadrantes de 1° x 1° para un año tipo.....	34
Figura 15. Distribución de la <i>CPUEe</i> promedio anual en cuadrantes de 1° x 1° para el periodo 1982 a 1989.....	36
Continuación Figura 16. Distribución de la <i>CPUEe</i> promedio anual en cuadrantes de 1° x 1° para el periodo 1982 a 1989.....	37
Figura 17. Variabilidad estacional de la concentración <i>Cla</i> (1982-1989).....	38
Figura 18. Variabilidad interanual de la concentración de <i>Cla</i> durante de 1982-1989.....	39
Figura 19. Relación de la concentración de <i>Cla</i> con la <i>CPUEe</i> promedio mensual (1982-1989).....	39
Figura 20. Variabilidad estacional de TSM promedio trimestral (1982-1989).....	40
Figura 21. Variabilidad interanual de la TSM promedio anual (1982-1989).....	41
Figura 22. Relación de la TSM con la <i>CPUEe</i> promedio mensual (1982-1989).....	41
Figura 23. Relación de la concentración de <i>Cla</i> con la TSM promedio mensual (1982-1989).....	42

**VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LAS TASAS DE CAPTURA DEL MARLIN
RAYADO (*Tetrapturus audax*) EN EL NOROESTE DEL PACÍFICO MÉXICANO DE
1980-1990**

RESUMEN

El marlin rayado es una de las especies más importantes en la pesca deportiva y comercial. Se analiza la relación de la temperatura superficial del mar y la concentración de pigmentos fotosintéticos sobre las tasas de captura del marlin rayado. La información de capturas analizada es la base de datos integrada por el Comité Técnico Consultivo de Peces Picudos y Especies Afines; mientras que la información ambiental corresponde a cuadrantes de un grado promedio trimestral de temperatura superficial del mar y de concentración de pigmentos fotosintéticos (Cla), inferidos a través de imágenes de satélite AVHRR y del Coastal Zone Color Scanner respectivamente. Se ejerció un esfuerzo total de más de 8,000,000 anzuelos con un esfuerzo anual promedio mayor de 1,000,000, en un total de 4,195 lances y fueron capturados 95,831 organismos. Para caracterizar la flota se aplicó un análisis de componentes principales, dando como resultado 4 estratos homogéneos de embarcaciones. Para estandarizar la captura por unidad de esfuerzo (CPUEe) se empleó un modelo lineal generalizado (MLG), el cual explicó un 63% de la varianza, siendo las variables más importantes la longitud (posición geográfica), el año y el grupo de embarcación. La CPUEe promedio para el periodo fue de 7.5 organismos/1000 anzuelos. Se encontró una variación estacional significativa, el tercer y cuarto trimestre registraron los valores más altos con 9 organismos. También se encontró una variación interanual significativa registrándose las mayores tasas de captura en 1982 con 15 organismos. La costa occidental de Baja California Sur y las cercanías de las Islas Revillagigedo presentaron abundancias importantes. La zona vestibular del Golfo de California se mantuvo como una zona importante de capturas en la mayor parte del periodo analizado. La CPUEe presentó una correlación inversa con la Cla ($r = -0.80$), mientras que con la temperatura fue directa ($r = 0.79$).

SPATIO-TEMPORAL VARIATION OF THE STRIPED MARLIN CATCH (*Tetrapturus audax*) IN THE NORTHWESTERN MEXICAN PACIFIC 1980-1990

ABSTRACT

The striped marlin is one of the most important species for sport and commercial fishing in México. We analyzed the relation of the sea surface temperature and the photosynthetic pigment concentration to the rates of capture of striped marlin. The capture data analyzed is from the data base integrated by the Consultative Technical Committee of Billfish and Related Species (CTPPEA), and the environmental information corresponds to quarterly averages of 1° x 1° quadrants of the sea surface temperature (AVHRR) and the photosynthetic pigment concentration (Chl-*a*) inferred from satellite images of the Coastal Zone Color Scanner. The total effort exerted was almost 8,000,000 hooks with an annual effort average of 1,000,000. There were a total of 4,195 sets and 95,831 captured organisms. A principal component analysis was used to characterize the fleet yielding 4 homogenous groups of vessels. To standardize the capture per unit effort (*CPUEe*) we used a generalized linear model (GLM) to explain 63% of the variance, with the most important variables: length, year and vessel group. The *CPUEe* average for the period was of 7.5 fish/1000 hooks. A significant seasonal variation was found with the highest value recorded during the third and fourth quarter with an average of 9 fish/ 1000 hooks. There was also a significant interannual variation recording a highly catch rate in 1982 with 15 organisms/ 1000 hooks. The western coast of the southern Baja California Peninsula and near Revillagigedo Island had important relative abundances. The mouth of the Gulf of California also was a zone of important captures during the analyzed period. An inverse correlation between the Chl-*a* and the *CPUEe* ($r = -0.80$) was found, whereas the *CPUEe* with the sea surface temperature had a high positive correlation ($r = 0.79$).

I. INTRODUCCIÓN

El marlin rayado (*Tetrapturus audax* Phillipi, 1887) es una especie oceánica altamente migratoria, que se distribuye en aguas tropicales y subtropicales de los océanos Pacífico e Índico encontrándose las mayores concentraciones en el Océano Pacífico entre 40° N y 40° S (INP, 2000).

En el Océano Pacífico Oriental el marlin rayado se encuentra desde Chile hasta el sur de California, siendo en las costas mexicanas donde se encuentra la mayor densidad de esta especie (Nakamura, 1974).

La captura del marlin rayado en el Océano Pacífico se obtiene principalmente por pesquerías comerciales que usan como arte de pesca el palangre, y de países como de Corea, Indonesia, Japón, Filipinas y Taiwán. También es capturado como pesca incidental por barcos cerqueros que se dedican a la captura de atún (CIAT, 2002) así como por la flota deportiva que opera en diversos puntos turísticos a lo largo de las costas del Pacífico Oriental (de Sylva, 1974; Talbot & Wares, 1975; Holts, 2001).

La pesca comercial del marlin rayado se realizó con palangre de deriva. El palangre fue desarrollado por los japoneses para capturar atunes, picudos y tiburones que están distribuidos en un intervalo de profundidad comprendido aproximadamente entre 50 y 150 m. El palangre consiste de la línea principal, un cierto número de reinales, cada uno con un anzuelo, la línea del flotador y su boya. La profundidad en la que se encuentra suspendido el anzuelo desde la línea principal puede ser ajustada por la longitud de la línea de flotación y de la velocidad de salida de la línea principal o "línea madre" (Santana-Hernández, 1997).

Existen algunas condiciones y características que influyen directa o indirectamente sobre los organismos que habitan en el medio ambiente marino, desde las propiedades oceánicas (la temperatura, la transparencia, la salinidad, etc.), los procesos oceánicos (las corrientes, surgencias, masas de aguas, etc.) hasta las relaciones bio-ecológicas (el

alimento, las migraciones, áreas de reproducción, etc) que de alguna u otra manera determinan su distribución y abundancia (Fuentes e Irazoqui, 1999).

Durante muchos años se han realizado estudios en los que se ha demostrado que la distribución de las especies capturadas con palangre presentan un grado de estratificación espacial y temporal, en función de las condiciones oceanográficas en el área del Pacífico mexicano, caracterizadas por las altas concentraciones de picudos y tiburones (Kume & Joseph, 1969; Joseph *et al.*, 1974; Miyabe & Byliff, 1987; Polanco *et al.*, 1987; Santana-Hernández, 1989 y 1997). Sin embargo la información disponible en la actualidad permite profundizar en este tipo de estudios con la finalidad de entender el comportamiento del recurso con respecto a las variantes condiciones del medio en que habita.

Desarrollo histórico de la pesquería

La pesca comercial del marlin rayado en la Zona Económica Exclusiva Mexicana (ZEEM), inició en el año de 1956, como resultado de la expansión en la operación de la flota palangrera de Japón y en 1963 ya estaban operando en aguas tropicales y subtropicales de la zona (Squire & Au, 1988).

A finales de 1979, la pesquería se reactivó por una flota integrada por empresas de coinversión México-Japón. Las operaciones de estos barcos iniciaron en respuesta a los compromisos contraídos por el establecimiento de la ZEEM en 1976. De 1980 a 1990 las embarcaciones que operaron contaban con más de 200 toneladas de capacidad de acarreo y durante ese tiempo se presentaron variaciones en la captura y el esfuerzo (Polanco *et al.*, 1988; Macías-Zamora *et al.*, 1994).

Durante el periodo de 1980-1990 la captura desembarcada por la flota palangrera mexicana estuvo compuesta por el 65.3 % de picudos; 31.5 % de tiburones; 2.5 % por túnidos y el 0.7 % por otras especies (Polanco *et al.*, 1988).

En 1987 el Comité Técnico Consultivo de Peces Picudos y Especies Afines, con base en los estudios realizados, recomendó limitar el esfuerzo pesquero estableciendo dos zonas

de protección determinadas en base a las áreas de reproducción (Golfo de Tehuantepec y al Sur de la Península de Baja California). En ese mismo año, el Diario Oficial de la Federación publicó el acuerdo que regula el aprovechamiento de las especies de marlin, pez vela y pez espada en la Zona Económica Exclusiva del Litoral del Océano Pacífico. En 1990 la Secretaría de Pesca (SEPESCA) canceló los permisos de pesca con palangre enfocados a la pesca de picudos, con una suspensión indefinida de la pesquería comercial del marlin rayado (INP, 2000).

Durante 1992 entró en vigor una ley de pesca que establece que se reserva una franja de 50 millas náuticas a lo largo de los litorales para la pesca deportiva, a partir de la línea base desde la cual se mide el mar territorial (INP, 1996).

II. ANTECEDENTES

Aunque se han realizado diversos estudios que involucran el análisis de las capturas de picudos en el Pacífico Central y Oriental, en la mayoría de ellos se ha tenido como base la información de la flota japonesa.

Kume y Joseph (1969) hacen un análisis de la pesquería palangrera en el Océano Pacífico Oriental durante el periodo 1964-1966, examinando estadísticas de captura y esfuerzo para estudiar la distribución geográfica del marlin rayado. Reportan la presencia de peces maduros al Este de los 120° O, entre los 5° S y 20° N, con concentraciones máximas de diciembre a marzo alrededor del extremo meridional de la Península de Baja California.

Miyabe y Bayliff (1987) y Uosaki y Bayliff (1999) analizaron la distribución espacio-temporal de la captura, esfuerzo y tasas de captura de atunes y picudos capturados por la flota palangrera japonesa que operó durante 1971-1980 y 1988-1992 respectivamente, encontrando similitudes entre los dos periodos, con tasas de captura máximas frente a Baja California, en la boca del Golfo de California y al sur de Baja California hasta los 15° N.

Entre los estudios que han abordado la relación de la distribución y abundancia del marlin rayado con factores ambientales destacan los de:

Hanamoto (1974), con información de palangreros japoneses encontró que frente a Baja California las tasas de captura de marlin rayado eran mayores cuando la profundidad de la termoclina era baja, lo cual atribuyó a una mayor abundancia de alimento durante estas condiciones.

Squire (1985) menciona que las capturas frente al Sur de California fueron máximas cuando se presentaron isotermas de 22.2 °C. Squire (1987), también reporta que las capturas se distribuyeron más al norte durante el evento de El Niño de 1983 que durante los años normales (en los que no se presenta).

Brill *et al.* (1993), mediante experimentos de marcado registraron el comportamiento de seis marlines rayados cerca de Hawai, los cuales pasaron un 80% del tiempo en aguas entre 25 °C y 27 °C y la profundidad máxima a la que descendieron fue de hasta 170 m.

Ortega-García *et al.*, (2003) relacionan las tasas de captura de marlin rayado capturado por la flota deportiva con la temperatura superficial del mar encontrando una relación significativa inversa, con mayores capturas durante los meses de invierno.

Estudios en la que se relaciona la distribución o tasas de captura de picudos con la concentración de pigmentos son escasos, siendo con atún los que en mayor medida se han realizado (Ortega-García & Lluch-Cota, 1996; López-Medina, 2006). En estos estudios se ha reportado un desfase temporal y espacial entre la ocurrencia de altas concentraciones de pigmentos con la presencia del recurso. Lo cual se ha atribuido al tiempo en que los nutrientes en forma de alimento pasan de un nivel trófico a otro. Un comportamiento similar ocurre en la costa Oeste de la Península de Baja California, donde las surgencias anuales que ocurren durante marzo y abril, presentan un incremento en la ocurrencia de altas concentraciones de especies pelágicas durante julio y agosto (Fuentes e Irazoqui, 1999).

III. JUSTIFICACIÓN

El marlin rayado ha sido objeto de gran importancia para la investigación científica por la importancia comercial que representa su captura así como por su extensa distribución geográfica y naturaleza migratoria.

En las estrategias de manejo de una pesquería es evidente la importancia de los estudios de los efectos de la pesca y de los factores independientes de la pesquería sobre la abundancia y la distribución del recurso. El noroeste de México se ha caracterizado por ser un área de gran importancia para el stock de marlin rayado, por lo que profundizar en su conocimiento permitirá adquirir elementos que sirvan de base para una explotación sustentable del recurso en México.

En la actualidad se cuenta con información de variables ambientales que permiten realizar el análisis del efecto que éstas tienen en la distribución y abundancia del recurso. Con lo cual se pretende establecer la relación entre el comportamiento de las tasas de capturas con las variables ambientales como la temperatura superficial del mar y la concentración pigmentaria.

IV. OBJETIVOS

Determinar la variación espacio-temporal de la *CPUE* del marlin rayado (*Tetrapturus audax*) por la flota palangrera que operó en el noroeste del Pacífico mexicano durante 1980-1990, así como el efecto que sobre ésta tienen la temperatura superficial del mar y la concentración de pigmentos fotosintéticos.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar la composición y variación de la flota que operó durante 1980-1990.
2. Caracterizar la flota mediante análisis de componentes principales (ACP).
3. Determinar un modelo de estandarización de la *CPUE nominal*.
4. Determinar la variación-espacio temporal de la *CPUE estandarizada*.
5. Relación de la *CPUEe* con la TSM y la concentración de pigmentos (clorofila *a*)

V. ÁREA DE ESTUDIO

México destaca entre los países del mundo por la extensión de sus litorales, que es de 11, 592.77 km. de litoral y una Zona Económica Exclusiva total de 2' 946, 825 km. con aproximadamente 1,500,000 ha de lagunas costeras, esteros y bahías (Anónimo, 1994).

El área de estudio se localiza en el Pacífico mexicano ubicado entre los 16° N a los 33° N, y desde los 104° O a los 120° O. De acuerdo a la definición geográfica propuesta por Miyabe y Bayliff (1987), el área de estudio queda comprendida en el área 7-1 (Fig. 1).

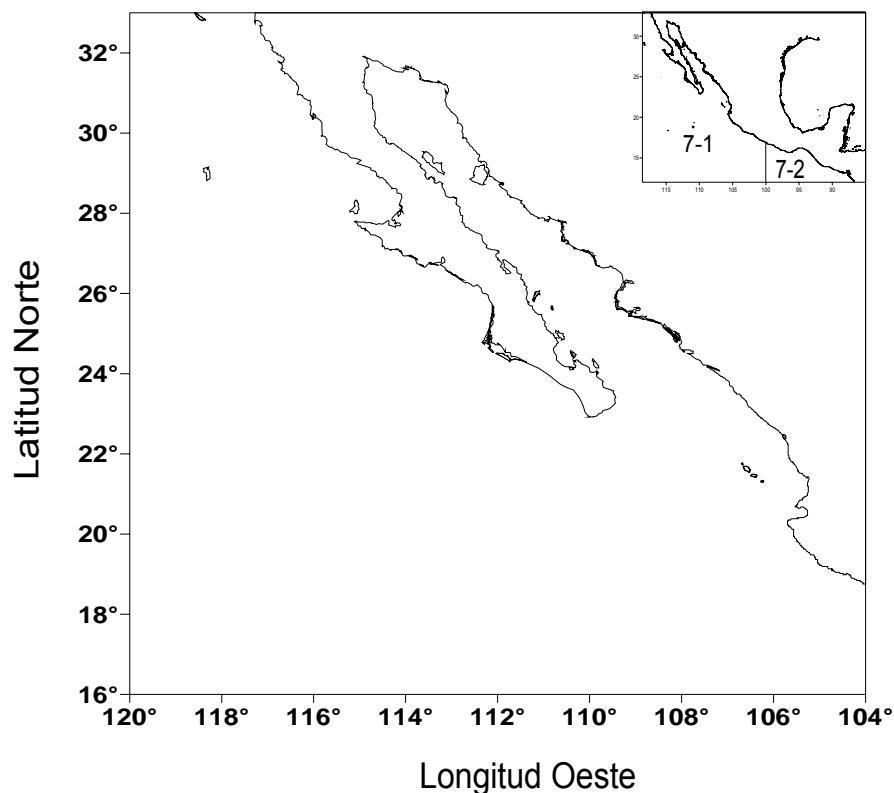


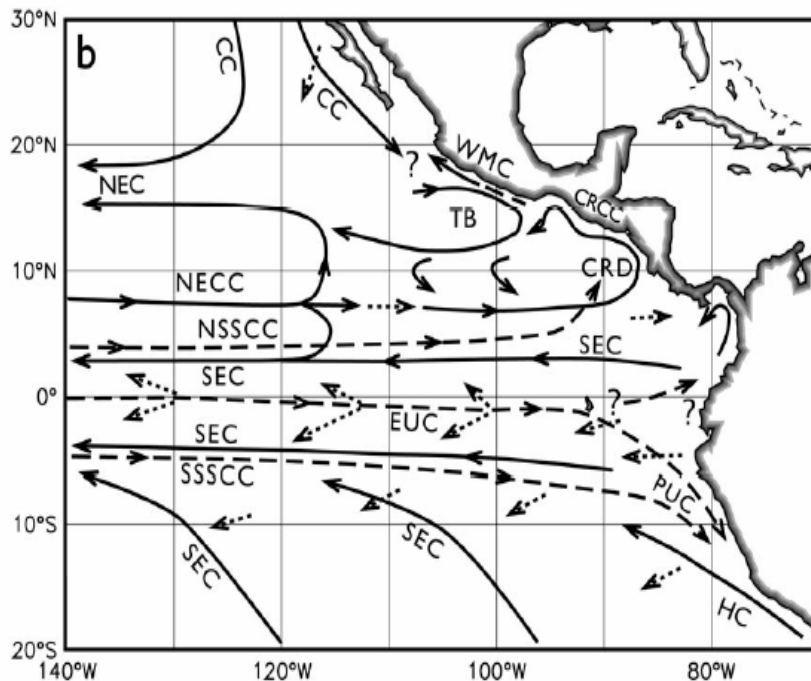
Figura 1. Área de estudio

El Pacífico mexicano se caracteriza por presentar diversas corrientes oceánicas y diferentes regiones climáticas, que influyen en la presencia y distribución de las especies marinas (De la Lanza, 1991). Las corrientes de mayor influencia son: la Corriente de California que tiene presencia durante todo el año y sobresale en las cercanías de

California, presenta una circulación de Sur a Norte, en los meses de agosto a diciembre su flujo no sobrepasa los 20° N, y de enero a julio su influencia es más sureña hasta los 18° N y una parte de su flujo es divergente hacia el Oeste. Otra corriente de circulación importante en el área de estudio es la Corriente Norecuatorial (CNE) (sector oriental) abastecida por dos corrientes, la Corriente de California y el agua del Pacífico Oriental Tropical. En los meses de marzo a julio la CNE está conformada principalmente por la Corriente de California que es cuando ésta tiene su máxima influencia hacia el Sur y durante el resto del año está abastecida casi en su totalidad por el agua del Pacífico Oriental Tropical, sus límites de influencia hacia al norte o sur depende por estas dos corrientes, hacia el este de los 110° O su eje varia de 11.5° N en noviembre a 10.5° N en marzo y mayo, al oeste de los 110° O tiene una componente del Norte (De la Lanza, 1991) (Fig. 2).

En trabajos recientes acerca de la oceanografía del Pacífico Oriental Tropical y Subtropical se han tenido importantes aportaciones. En el hemisferio norte, la oceanografía del Pacífico Oriental Subtropical está fuertemente influenciada por el giro subtropical del Pacífico Norte (cuando la Corriente de California fluye hacia el Sur a lo largo de la costa de Baja California y dando un giro hacia el Oeste) y la Corriente Norecuatorial, presentando variaciones estacionales (Bernal, *et. al.*, 2001; Kessler, 2006). La Corriente de California superficial continúa hacia el sureste a lo largo de la costa mexicana, pero por debajo de la termoclina fluye hacia el Oeste. La Corriente mexicana del Oeste presenta un flujo costero hacia el Norte con mayor velocidad que la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR), hoy separadas, ya que antes se mencionaba como una extensión de la CCCR, el flujo costero es hacia los polos a principios de verano (Lavín *et al.*, 2006). Al Noroeste de la cuenca de Tehuantepec, existe una débil circulación ciclónica concentrada entre los 19° N y 109° O, que alimenta con las aguas de la Corriente de California a la corriente costera (Kessler, 2006).

Las interconexiones entre la Corriente Mexicana del Oeste, la cuenca de Tehuantepec y la Corriente de California aun no han sido estudiadas, por lo que esta área aún es muy compleja.



Circulación en el Pacífico Oriental Tropical

- CC = Corriente de California
- NEC = Corriente Norecuatorial
- NEEC = Contracorriente Norecuatorial
- SEC = Corriente Surecuatorial
- CRCC = Corriente Costera de Costa Rica
- WMC = Corriente Mexicana del Oeste
- TB = Cuenca de Tehuantepec
- CRD = Domo de Costa Rica

Figura 2. Corrientes que tienen influencia en el área de estudio (Kessler, 2006).

En el área de estudio se distinguen varios tipos de masas de agua:

Agua superficial de la Corriente de California: de origen en latitudes altas con aguas frías de 20° C y salinidades bajas de 34.6‰ aproximadamente. Su flujo es hacia el Sur y pasa a formar parte de la Corriente Norecuatorial.

Agua superficial de la Corriente Norecuatorial: debido a que esta formada por el agua de la Corriente de California y el agua Superficial Tropical del Pacífico Oriental no presenta límites y por lo tanto presenta una transición gradual en sus propiedades.

Agua subsuperficial subtropical: se desarrolla en el Pacífico Sur pero puede alcanzar altas latitudes hasta los 20° N en el Pacífico Tropical a un nivel subsuperficial. En aguas mexicanas se encuentra por debajo del agua superficial de baja salinidad y se puede llegar a mezclar con ésta a una profundidad de 100 a 150 m (Wyrtyk, 1965).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI. 1 Origen de la información

La información de captura y esfuerzo analizada proviene de las bitácoras de pesca de la flota palangrera que operó en el Noroeste del Pacífico mexicano de 1980 a 1989, la cual estuvo integrada por 7 flotas (Alianza, Copemapro-Chidori, Tiburón, Pesca Múltiple, Típico Palangrero y Gran Palangrero). Esta base fue elaborada por el Comité Técnico Consultivo de Peces Picudos y Especies Afines (CTPPEA) y contiene la siguiente información: clave del barco, fecha del lance, número de lance, posición geográfica (latitud y longitud inicial), número de anzuelos utilizados y número de organismos capturados.

Para medir la concentración de clorofila se utilizaron imágenes provenientes del sensor Coastal Zone Color Scanner (CZCS) ubicado en el satélite NIMBUS 7 que estuvo operando de noviembre de 1978 a junio de 1986. Es un radiómetro de escaneo multi-espectral constituido por 6 bandas, las primeras 4 para hacer mediciones del color del océano, la banda 5 para medir la radianza solar reflejada y la banda seis para medir la radianza termal emitida. Estas concentraciones proveen una medida de la abundancia de fitoplancton y su variabilidad en el espacio y tiempo sobre grandes regiones oceánicas. Los datos se obtuvieron de la base MCSST/Pigment Concentration PODAAC VI (Tran *et al.*, 1993) y fueron procesados en el paquete comercial Windows Imagen Manager Versión 6. Para estimar la concentración de clorofila (mg/m^3) el valor del píxel es escalado como la concentración real de la clorofila "a" mediante la fórmula ($\text{Pigmento} = 10^{**}(0.012 \times \text{Pix_Value} - 1.4)$) implícita en el programa. Sólo se analizó la información para el periodo de estudio.

La base de datos de temperatura superficial del mar (TSM) proviene del sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), a bordo de la serie de satélites NOAA, este sensor proporciona imágenes en diferentes canales, los dos primeros miden la radiación solar reflejada por el suelo en longitudes de onda visible (canal 1) e infrarrojo cercano (canal 2) y los otros tres miden la radiación emitida por la superficie en el infrarrojo

medio (canal 3) y térmico (canales 4 y 5) (Kidwell *et al.*, 1995). Para los años de 1982 a 1984 se trabajó con una resolución de 18 km la cual fue calculada mediante el algoritmo MCSST (Multi-Channel Sea Surface Temperature, por sus siglas en inglés) con la siguiente fórmula: $SST (^{\circ}C) = 0.15 * Valor_pixel - 2.1$; para los años de 1985 a 1989 la resolución fue de 9 km. se utilizó SST-PATHF (Pathfinder Sea Surface Temperature, por sus siglas en inglés) y fue calculada mediante la formula: $SST (^{\circ}C) = 0.15 * Valor_pixel - 3.0$. Las imágenes fueron procesadas usando el paquete comercial Windows Imagen Manager Versión 6. Con la información derivada de las imágenes se obtuvieron los promedios trimestrales por cuadrantes de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ del área de estudio.

VI.2 Análisis de la información

VI.2.1 Composición y variación de la flota

Para la conformación del catastro se consultaron las siguientes fuentes:

- Comité Técnico Consultivo de Especies Afines y peces Picudos (CTPPEA)
- Instituto Nacional de la Pesca.

La información que presenta el catastro de las embarcaciones es la siguiente: Año de construcción, eslora, manga, puntal, tonelaje neto, tonelaje bruto, capacidad de bodega y potencia del motor.

VI.2.2 Caracterización de la flota mediante Análisis de Componentes Principales (ACP).

Con la información del catastro de las embarcaciones que operaron en el periodo de estudio, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP), a través del cual se definieron los grupos con características similares. El ACP se realizó sobre una matriz de correlación; este análisis se aplicó con la ayuda de un software estadístico comercial (StatSoft V. 6.0).

Las agrupaciones identificadas se utilizaron como variables categóricas en el modelo para estandarizar la CPUE.

VI.2.3 Captura por unidad de esfuerzo nominal

La captura por unidad de esfuerzo nominal (*CPUE_n*) fue definida como el número de organismos capturados por cada 1000 anzuelos; para su análisis posterior se estimó el promedio trimestral en cuadrantes de 1°x1° por grupo de embarcación. Los datos de la posición geográfica (latitud y longitud) se encuentran referidos al centro de cada cuadrante.

Debido a que los años 1980 y 1981 no presentaban la información completa, es decir, no contenían el número de organismos capturados ni número de anzuelos utilizados, no fueron considerados en el análisis, quedando de 1982 a 1989 el periodo analizado.

El desglose de la *CPUE_n* para el trimestre *i*, año *j* y posición geográfica *k*, se define mediante la expresión:

$$CPUE_{i,j,k} = \frac{\sum C_{i,j,k}}{\sum E_{i,j,k}}$$

donde:

$$C = \text{Captura}_{i,j,k}$$

$$E = \text{Esfuerzo}_{i,j,k}$$

VI.2.4 Estandarización de la *CPUE_n* con Modelos Lineales Generalizados (MLG)

La metodología de los modelos lineales generalizados fue desarrollada por Nelder y Wedderburn (1972) y se considera como una extensión del modelo lineal clásico que permite hacer inferencia solamente bajo el supuesto de la normalidad de los errores aleatorios.

Los GLM actualmente constituyen el método más utilizado en la estandarización de la *CPUE*n (Punt *et al.*, 2000), ya que es posible incorporar características físicas de las embarcaciones que representen cambios del poder relativo de pesca y variables oceanográficas, como la temperatura superficial del mar para caracterizar la zona de pesca y la condición de la captura (Allen & Punsly, 1984; Yáñez *et al.*, 1999).

Los GLM están conformados por tres componentes: la aleatoria, la sistemática y la función de enlace.

La componente aleatoria identifica la probabilidad de distribución de la variable de respuesta *Y*, en este caso se asumió que la componente aleatoria sigue una distribución normal.

La componente sistemática está formada por la combinación lineal de los predictores *X*, que constituyen el predictor lineal del modelo:

$$\eta = \beta_o + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

donde $\beta_o + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$ es el componente sistemático, β_o es la ordenada al origen, y $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_k$ son parámetros o constantes estimados por los datos observados y las X_1, X_2, \dots, X_k son variables explicativas (grupo de embarcaciones, variables ambientales, etc) (Crawley, 1993).

La función de enlace describe la relación funcional entre la componente sistemática y el valor esperado de la componente aleatoria (Agresti, 1990; Crawley, 1993; McCullagh y Nelder, 1989). Para la *CPUE*n se usó como función de enlace la "identidad", debido a que presenta un error normal con varianza μ .

Suponiendo que la *CPUE* estandarizada (*CPUEe*), como un índice de abundancia relativa, es el producto de los efectos multiplicativos de la abundancia y de propiedades categóricas y cuantitativas de las embarcaciones, así como de variables de tipo ambiental se tiene que:

$$CPUEe = \alpha (Q)$$

Donde α es una función que representa el efecto de la variación anual de la abundancia y el conjunto Q de efectos derivados de las características de las embarcaciones y de las variables de tipo ambiental involucradas con el éxito de pesca. Para obtener estos coeficientes es necesario modelar la *CPUE_n*, para ello se utilizó un modelo multiplicativo que explica la relación entre la *CPUE_n* y las distintas variables que la afectan, de la forma:

$$\ln(CPUE_{i,j,k} + cons) = \mu + A_i + T_j + G_k + Lat_{i,j,k} + Lon_{i,j,k} + TSM_{i,j,k} + Clo_{i,j,k} + Interacciones + \varepsilon_{i,j,k}$$

Debido a la presencia de capturas nulas, se adicionó una constante a dicho valor (10% de la media de la variable respuesta) para poder aplicar una transformación logarítmica (logaritmo natural), para corregir la asimetría y aproximarlas así a una distribución lognormal.

Los GLM modelan variables respuestas continuas cuantitativas y factores cualitativos. De las variables explicatorias consideradas para predecir la *CPUE_n*, la TSM, la concentración de clorofila (Cla, en mg/m³), latitud y longitud se consideraron como variables continuas mientras que el trimestre, año y grupo de embarcación como factores, con sus respectivos niveles.

Debido a que los datos de clorofila sólo están disponibles hasta junio del año 1986, se aplicó un modelo considerando esta variable (1982-1986) para probar su significación y al no serla se eliminó. Las observaciones con captura nula son consideradas en este estudio, aunque representan un porcentaje bajo.

Las variables consideradas para la determinación de la *CPUE* fueron aquellas que de alguna forma pueden tener un efecto sobre la abundancia del marlin rayado. Las variables que están íntimamente relacionadas con la abundancia suelen ser el año, el trimestre (estacionalidad), el área de pesca y los que están asociados a la capturabilidad son las características de las embarcaciones y las condiciones oceanográficas.

El algoritmo de ajuste de un modelo lineal generalizado es el de mínimos cuadrados ponderados iterativamente (iteratively reweighted least-squares IRLS, por sus siglas en inglés), mediante el cual se obtienen los estimadores de máxima verosimilitud de los parámetros β del predictor lineal η . El proceso de ajuste del modelo se hizo mediante la función de la desviación (devianza) que trata la discrepancia entre los valores reales y los valores ajustados por el modelo. La selección de las variables se hizo mediante una tabla de desviaciones, este método permite distintas secuencias de modelos cambiando el orden de introducción de las variables y se examina las distintas tablas de desviación que producen cada uno de los órdenes. Así dependiendo de la significación de cada variable en el modelo a través del estadístico F ($p < 0.05$) la variable era incluida en el modelo final. Otro método utilizado para seleccionar las variables fue la función del estadístico de Akaike (1974) que realiza una selección automática de las variables dando como resultado final el mejor modelo según este criterio, el cual contrasta la contribución de cada variable, en donde un valor pequeño corresponde al mejor modelo, en el sentido de que tendrá una menor desviación residual penalizada por el número de parámetros del modelo.

VI.2.4.1 Validación de los modelos

Una vez realizadas las pruebas estadísticas se llevó a cabo un análisis gráfico del comportamiento de los residuales para contrastar *a posteriori* las hipótesis del modelo. Los residuos que se utilizaron en estos gráficos son los de las desviaciones (devianza) y los gráficos consisten en representar los residuos frente a los valores ajustados y frente a los valores predichos.

Una vez aceptado el modelo como válido, la *CPUE_n* se sustituye por la *CPUE_e* estimada y se hacen mapas predictivos. El procedimiento de modelado se realizó con el programa S-Plus (Venables y Ripley, 1994).

VI. 2.5 Variación espacio-temporal de la *CPUE_e*

Considerando la posición geográfica (latitud y longitud) se elaboraron mapas anuales y trimestrales de la distribución de la *CPUE_e* promedio por cuadrantes de 1° x 1° del marlin rayado, para lo cual se determinaron 5 niveles de intensidad para cada cuadrante: 1) $Norg \leq 5$, 2) $5 < Norg \leq 10$, 3) $10 < Norg \leq 15$, 4) $15 < Norg \leq 20$ y 5) $Norg > 20$; donde $Norg$ = número de organismos por cada 1000 anzuelos. Para la elaboración de estos mapas se utilizó un software comercial (Surfer V 8.0).

Para determinar si los valores de captura por unidad de esfuerzo varían significativamente, tanto estacional como interanualmente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA).

VI.2.6 Relación de la *CPUE_e* con la TSM y con la concentración de pigmentos fotosintéticos (*Cla*)

A los valores de *Cla* y de temperatura superficial del mar promedio trimestral se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas por estación y por año.

Una vez obtenida la serie de *CPUE_e* se aplicó un análisis de correlación para determinar si existía relación con la TSM (año tipo) y con la concentración de *Cla* (año tipo), y entre la TSM y la *Cla*.

La *CPUE_e* para el año tipo se determinó mediante el cálculo de los valores trimestrales de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\overline{CPUEe}_{i(1982-1989)} = \frac{\sum_{i=1}^t \overline{CPUEe}_{i,j}}{t}$$

donde:

$\overline{CPUEe}_{i(1982-1989)}$: $CPUEe$ promedio del trimestre i , en un año tipo

$\overline{CPUEe}_{i,j}$: $CPUEe$ promedio del trimestre i , del año j

t : 8 (número de años del periodo 1982-1989)

De igual forma se determinó el año tipo para la concentración de Cl_a y la TSM.

VII. RESULTADOS

VII.1 Catastro de las embarcaciones

El catastro estuvo conformado por 23 embarcaciones pertenecientes a diferentes flotas (Tabla 1) que no operaron simultáneamente durante el periodo de estudio. Los años con mayor número de embarcaciones activas fueron 1983, 1986 y 1988 con 10, 10 y 13 embarcaciones respectivamente y el año con menor número de embarcaciones en la pesquería fue 1984 con 3 embarcaciones (Fig. 3). El catastro de las embarcaciones se presenta en Anexo I.

Tabla 1. Flotas que operaron de 1982-1989.

Flota	No. de barcos	No. Total de anzuelos
Alianza	6	1,370,217
Copemapro-Chidori	7	5,305,983
Tiburón	4	934,072
Pesca múltiple	2	24,610
Típico palangrero	2	797,993
Gran palangrero	1	149,275
Otros	1	15,892
Total	23	8,598,042

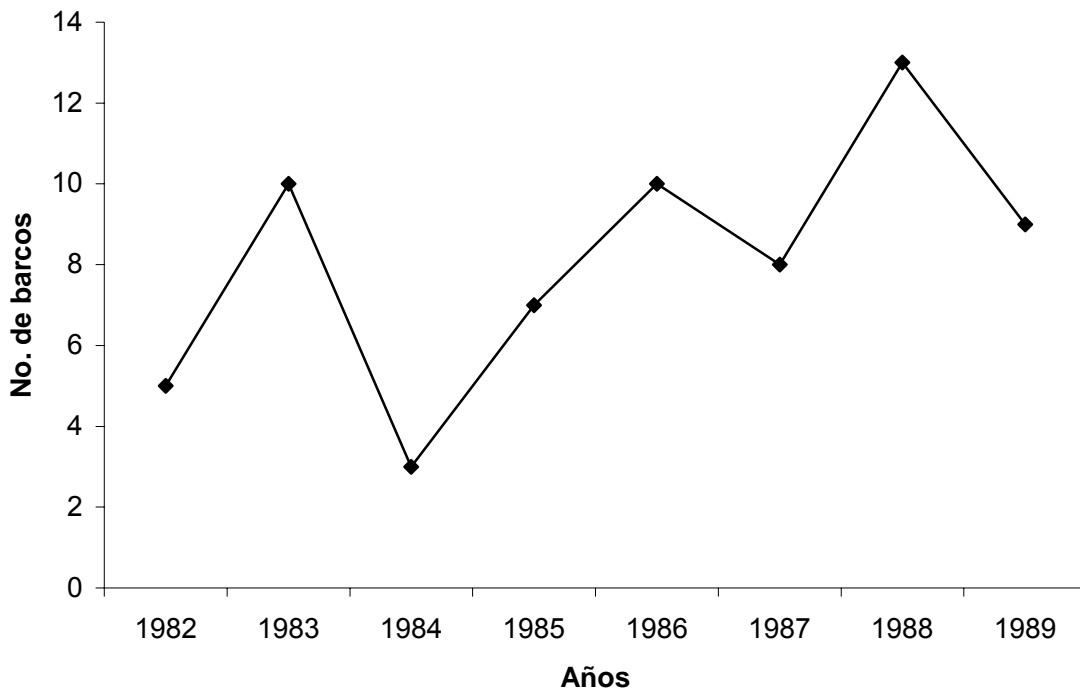


Figura 3. Variabilidad interanual del número de embarcaciones que operaron en el Noroeste del Pacífico Mexicano durante el periodo 1982-1989.

La capacidad de bodega osciló entre las 50 y 470 toneladas. Los barcos con 120, 170 y 290 t representaron el 43% con 4, 3 y 3 embarcaciones respectivamente. El promedio fue de 190 t y la capacidad de bodega total de las embarcaciones de 4,363 toneladas (Fig. 4). Se observó una ligera tendencia en la capacidad de bodega, tendiendo a ser más pequeña de acuerdo a su año de construcción, es decir, la tendencia en el tiempo fue de construir embarcaciones un poco más pequeñas.

De 1982 a 1989 se registraron un total de 4,195 lances con 95,831 organismos capturados y un esfuerzo total de 8,598,042 anzuelos. La tendencia de las capturas fue inferior al promedio anual registrado, estimado en 12,169 organismos; sólo los años 1982 y 1988 registraron capturas muy superiores al promedio con 26,166 y 36,761 organismos respectivamente en tanto que el registro mínimo se tuvo en el año 1984 con 988. Un Comportamiento similar se observó en el número de lances con un promedio anual de 525 con máximos en los años 1982 con 725 y en el año 1988 con 1,506 lances (Fig. 5).

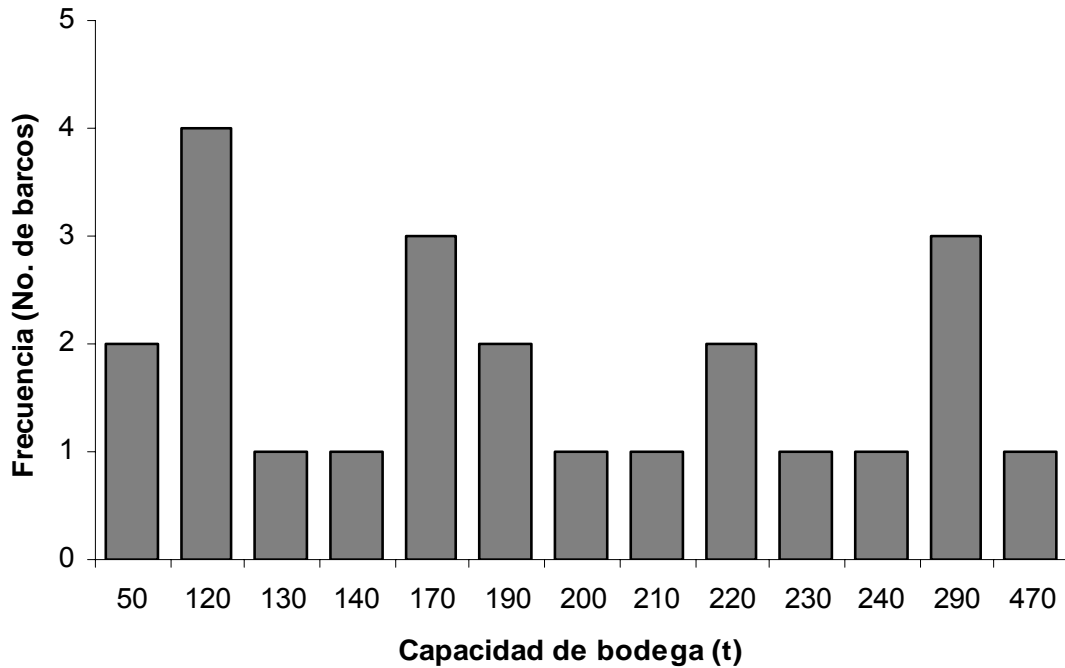


Figura 4. Distribución de frecuencias de la capacidad de bodega (CB) de las embarcaciones.

En el análisis trimestral para un año tipo, se determinó una captura promedio de 24,338 organismos siendo el tercer y cuarto trimestre los que presentaron las capturas más altas con 31,125 y 33,994 individuos respectivamente. (Fig. 6).

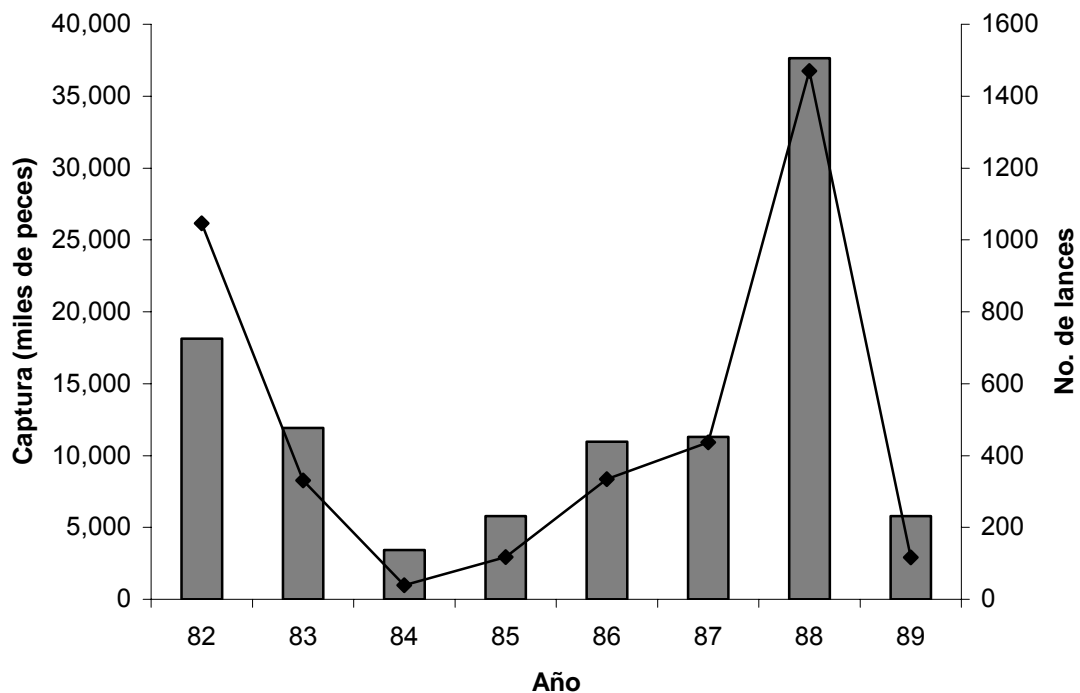


Figura 5. Variación interanual del número de lances (barras) y de la captura total (líneas) para el periodo de 1982 a 1989.

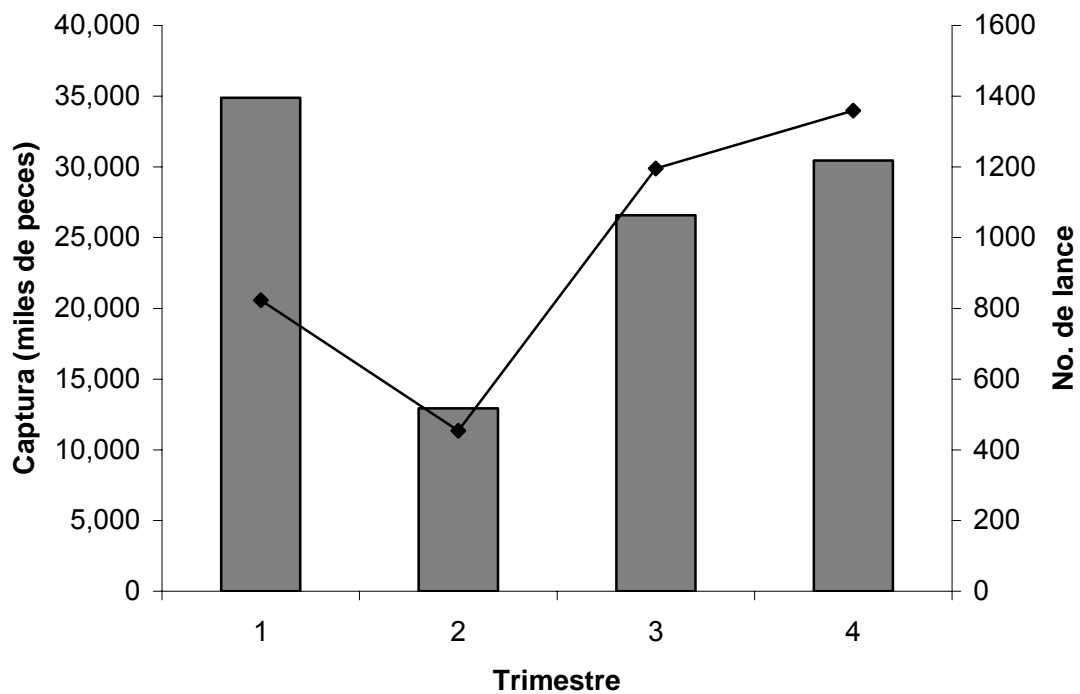


Figura 6. Variación trimestral del número de lances (barras) y la captura total (líneas) para el periodo de 1982 a 1989.

VII.2 Caracterización de la flota

La matriz de correlación nos permite ver como es la relación entre las variables, se puede observar que las que presentan una correlación positiva mayor, son manga y la eslora, que se refieren al tamaño de la embarcación, en tanto que el TN y el puntal así como el TB y la CB presentaron un valor de correlación mayor de 0.8, estas variables se refieren al peso de la embarcación a excepción del puntal pero muy ligada con éstas ya que le da la estabilidad al barco.

Tabla 2. Matriz de Correlación

	Año	Eslora	Manga	Puntal	T. N.	T.B.	C.B.	H.P.
Año	1.000	-0.357	-0.374	-0.694	-0.747	-0.346	-0.267	-0.160
Eslora	-0.357	1.000	0.971	0.596	0.525	0.702	0.479	0.490
Manga	-0.374	0.971	1.000	0.605	0.502	0.695	0.431	0.487
Puntal	-0.694	0.596	0.605	1.000	0.845	0.545	0.512	0.257
T.N.	-0.747	0.525	0.502	0.845	1.000	0.623	0.546	0.170
T.B.	-0.346	0.702	0.695	0.545	0.623	1.000	0.801	0.131
C.B	-0.267	0.479	0.431	0.512	0.546	0.801	1.000	0.006
H.P.	-0.160	0.490	0.487	0.257	0.170	0.131	0.006	1.000

A partir de los resultados obtenidos en la aplicación de la técnica de componentes principales, se determinaron cuatro grupos. El porcentaje de varianza explicada y la acumulada para cada uno de los componentes se presenta en la tabla 2. Los tres primeros

componentes explicaron el 88% de la variancia, participando como variables más importantes la eslora, la potencia del motor y el año de construcción (Tabla 3).

Los grupos quedaron integrados de la siguiente manera: Grupo 1: Los Alianza (2, 6, 8, 10 y 5), Copemapro-Chidori (1, 2, 3, 4, 5, 6 y 9), Calomex 1, Hosyo 21 y Soichi 1; grupo 2: Tiburón (1, 2, 3 y 4), grupo 3: Alianza 4 y Sta. Eikyu 2 y grupo 4: Sn. Pedrito 2 y Jurel V.

En la figura 7a se observa la asociación entre la primer y segunda componente, donde las características físicas referentes al peso y tamaño de la embarcaciones, son importantes para la formación del grupo 1. En la fig. 7b se sigue formando la agrupación 1 pero con más proximidad a los otros grupos. El grupo 2, son embarcaciones muy parecidas en sus características, la variable que las agrupó fue el año de construcción en la fig. 7a y 7b. Las variables que influyeron en el grupo 3 fueron el TB, CB y TN en la fig. 7a, mientras que en la fig. 7b las embarcaciones quedan un poco separadas porque la CB y TB se van hacia valores positivos en ambos ejes, mientras que el TN se va hacia valores negativos. En el Grupo 4, las variables referentes al peso de las embarcaciones (TB, CB, TB) y el año de construcción fueron las que permitieron que se agruparan en los tres componentes (Fig. 7a y b).

Tabla 3. Eigenvalores, porcentaje de variancia explicada y variancia acumulada de los componentes principales.

Componente	Eigenvalor	Porcentaje de varianza	Variancia acumulada
1	4.629	57.87	57.87
2	1.298	16.23	74.10
3	1.085	13.56	87.66
4	0.438	5.48	93.14
5	0.263	3.28	96.42
6	0.171	2.13	98.55
7	0.094	1.18	99.73
8	0.022	0.267	100.00

Tabla 4. Eigenvectores de los tres primeros componentes principales

	EIGENVECTORES		
	C1	C2	C3
Año de Construcción	-0.304	0.314	0.539
Eslora	0.398	0.362	0.125
Manga	0.394	0.371	0.094
Puntal	0.396	-0.188	-0.270
Tonelaje neto	0.390	-0.321	-0.235
Tonelaje bruto	0.385	-0.075	0.443
Capacidad de bodega	0.322	-0.261	0.507
Potencia del motor	0.181	0.649	-0.323

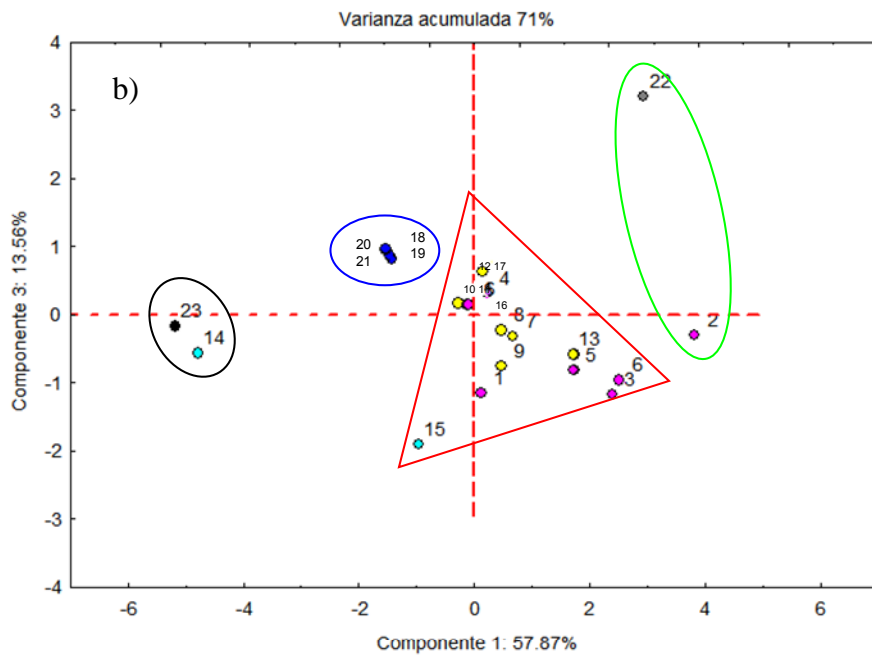
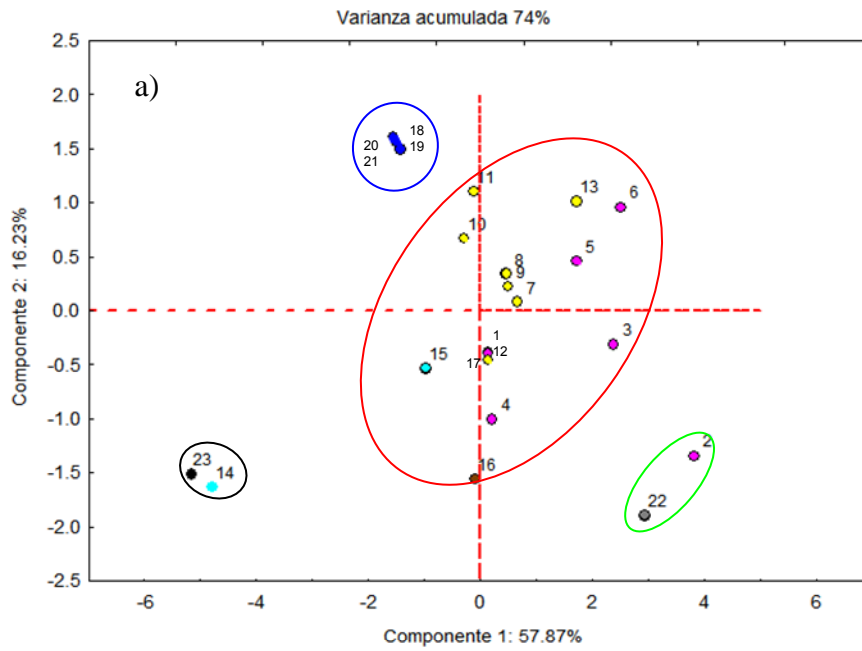


Figura 7. Representación gráfica de los grupos de embarcaciones definidas por el valor de los eigenvectores; a) componente 1 vs. componente 2, b) componente 1 vs componente 3.

VII.3 Estandarización de la *CPUE_n*

La aplicación del modelo GLM se realizó probando la inclusión y combinación de diferentes variables hasta tener el mejor ajuste de acuerdo al valor de la devianza. Los resultados de los GLM que se presentan corresponden a los mejores ajustes con base en las distintas combinaciones de las variables; es decir, existen variables e interacciones que no se incluyeron debido a que no fueron significativas o su aporte para explicar la variable respuesta fue bajo en la reducción de la devianza. En cuanto al criterio del estadístico de Akaike (1973) las variables incluidas en el modelo final coincide con las seleccionas según el estadístico F.

Serie *CPUE_n*

El modelo final quedó de la siguiente forma:

$$\text{Log}(CPUE_n + \text{const}) = \beta_o + TSM + LON + A + T + G + LAT + GLAT + ALAT + GLON + TA + ATSM + TLAT + \varepsilon$$

Log = Logaritmo natural

CPUE_n = *CPUE* nominal (Captura en número de organismos por 1000 anzuelos)

Constante = 10 % de valor de la media = $(0.1)(\overline{CPUE_n}) = 0.77$

β_o = Intercepto o media total

TSM = Efecto de la temperatura superficial del mar

LON = Efecto de la longitud

A = Efecto del año

T = Efecto del trimestre

G = Efecto del grupo

LAT = Efecto de la latitud

GLAT = Efecto de la interacción G y Lat.

ALAT = Efecto de la interacción A y Lat.

GLON = Efecto de la interacción de G y LON

TA = Efecto de la interacción T y A

ATSM = Efecto de la interacción A y TSM

TLAT = Efecto de la interacción T y Lat.

ε = Término de error con distribución N (0, σ).

El modelo explicó un 63 % de la variabilidad de la *CPUE_n*. Las variables más significativas fueron la longitud, año y grupo de embarcación, explicando por sí solas el

23%, 21% y 15% respectivamente, y en su conjunto más del 50% de la variación total (Tabla 4).

Tabla 5. Análisis de la devianza del logaritmo de la *CPUE* según el modelo ajustado para el periodo de 1982-1989 (términos ingresados secuencialmente)

	G.L	DESVIACION	RESIDUAL DE LA DESVIACION	Devianza total explicada (%)	p
NULO			561.26		
TSM	1	20.31	540.95	6	<0.05
LON	1	83.60	457.35	23	<0.05
A	7	75.04	382.30	21	<0.05
T	3	35.21	347.10	10	<0.05
G	3	54.95	292.15	15	<0.05
LAT	1	3.78	288.37	1	<0.05
G:LAT	3	6.76	281.61	2	<0.05
A:LAT	7	10.07	271.54	3	<0.05
G:LON	3	7.82	263.72	2	<0.05
T:A	13	39.80	223.92	11	<0.05
A:TSM	7	19.71	204.21	5	<0.05
T:LAT	3	7.75	196.46	2	<0.05

Para validar el modelo se presenta gráficamente el análisis de los residuales (Fig. 8). En la figura 8a se muestran los residuos de la devianza frente a los valores ajustados, se observa que la varianza se mantiene más o menos constante con la media, es decir que la dispersión de los residuos se mantienen cercanamente al cero, aunque existen unos residuos negativos que son mayores que los positivos lo cual indica la presencia de algunos valores extremos. La línea de residuales que se forma en las gráficas a, b y c, es debido a la presencia de las observaciones nulas las cuales no afectan la significación del modelo. En la figura 8b se presenta la raíz cuadrada del valor absoluto de los residuos de la devianza frente a los valores predichos y como la función de enlace del modelo es la

identidad, básicamente este gráfico es el mismo que el anterior, no se presenta una curvatura en los datos, lo que indica que la función de enlace es la correcta.

En la figura 8c aparece la variable respuesta frente a los valores ajustados donde se observa una buena relación entre éstos, ya que los valores se ajustan razonablemente bien a la recta con poca dispersión de los datos a excepción de algunos puntos extremos. En el último gráfico (Fig. 8d) se observa la probabilidad de los residuales de Pearson en donde los extremos se separan un poco de la recta, lo que significa que los residuos se separan de la distribución normal.

La variación entre los grupos de embarcaciones (Fig. 9) indica que la *CPUEe* cambia entre éstas, siendo los grupos 1 y 3 los que registran las capturas más altas. La serie estandarizada sobreestima a la serie nominal únicamente en el grupo 4.

En la figura 10 se presenta la variación estacional de la *CPUE_n* y la *CPUEe* estandarizada en la cual se observa una tendencia similar a lo largo del año para ambas series, los meses donde se observan mayores rendimientos es en el tercer y cuarto trimestre. La *CPUEe* subestima a la serie nominal en el tercer trimestre. En el periodo de 1982-1989, la captura por unidad de esfuerzo nominal y estandarizada presentan una tendencia negativa hasta el año de 1985, con un ligero aumento en el año de 1986 sobrepasando la captura promedio para volver a disminuir en el año de 1987, durante los años 1988 y 1989 las capturas se mantienen similares al promedio en el periodo. En general la captura estandarizada subestima a la *CPUE_n* aunque ambas series mantienen la misma tendencia (Fig. 11).

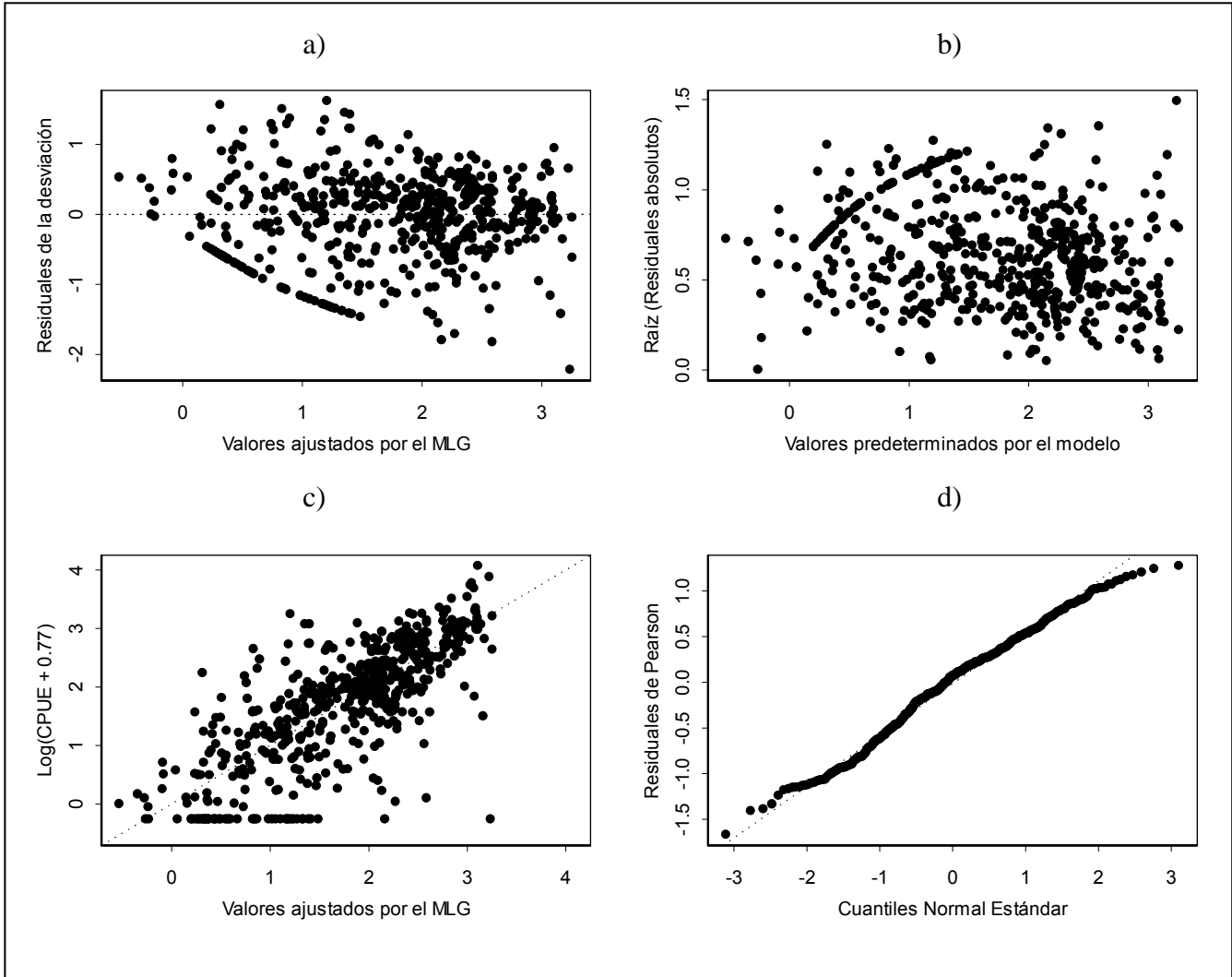


Figura 8. Gráficos de los residuos de la devianza frente a los valores ajustados (a) y los valores predeterminados (b), la variable respuesta frente a los valores ajustados (c) y grafico de probabilidad normal de los residuos de Pearson.

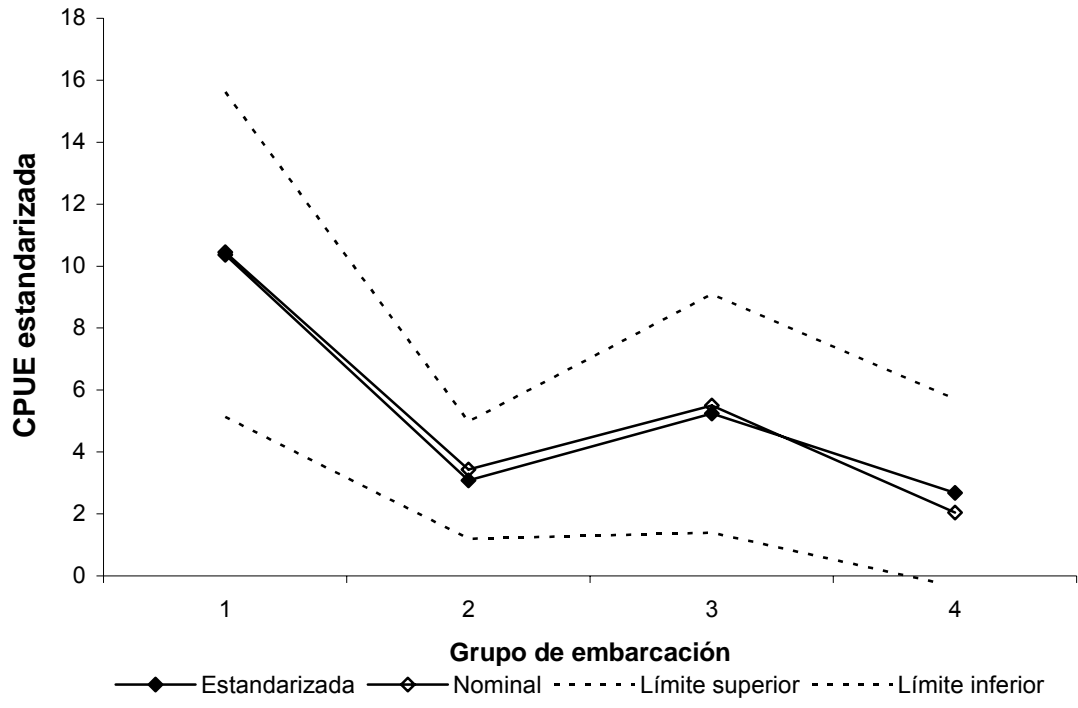


Figura 9. Variación de la CPUEe por categoría de embarcación.

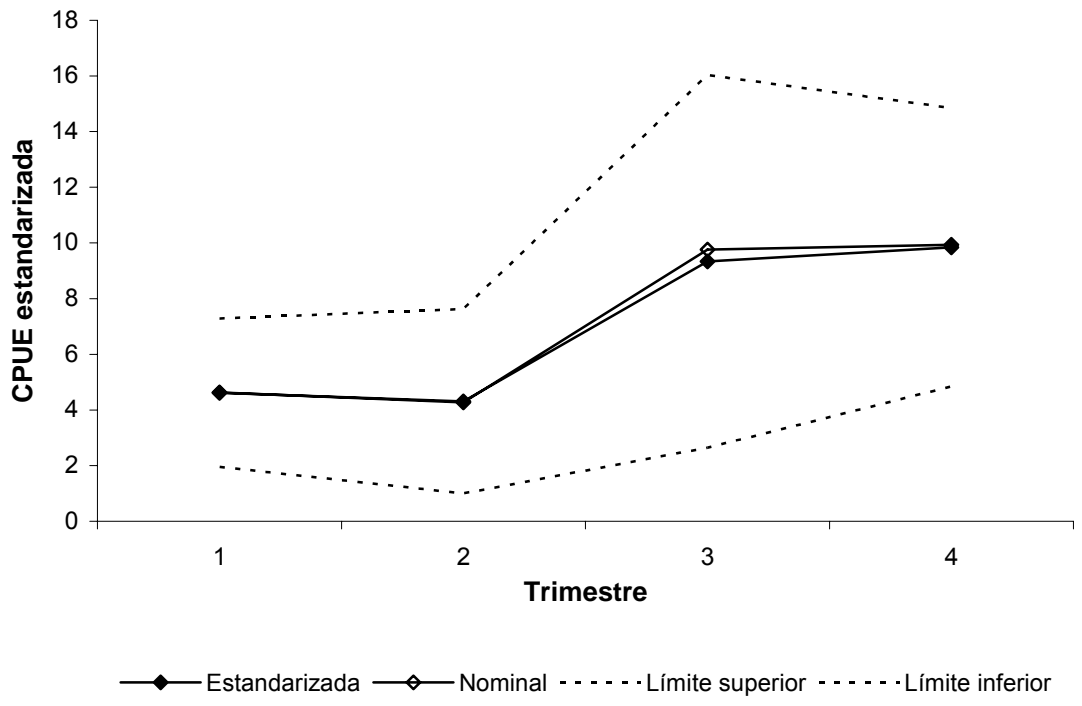


Figura 10. Variación estacional de la CPUEe de Marlin rayado (1982-1989).

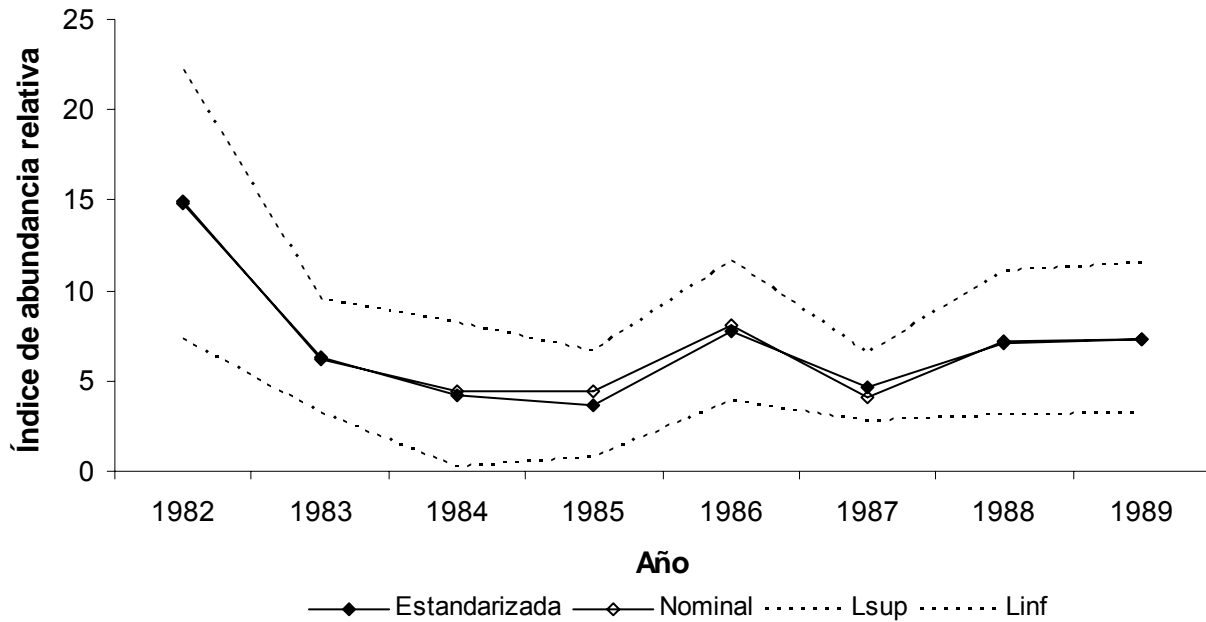


Figura 11. Variación anual de la *CPUEe* y *CPUEn* con intervalo del 95% de confianza.

VII.4 Variabilidad espacio-temporal de la *CPUEe*

a) Variabilidad estacional de la *CPUEe*

La variación estacional de las tasas de captura fue significativa ($F_{(3, 258)} = 25.58$, $p < 0.05$) (Fig. 12). El tercer y cuarto trimestres registraron los mayores valores de *CPUEe* con un promedio de 9.5 y 9.2 Norg., respectivamente, mientras que en el primer y segundo trimestre se obtuvieron las más bajas con 5 y 4.9 Norg. Es importante señalar que al considerar la *CPUEn* total, incluyendo los datos sin posición geográfica que no fueron ingresados en el modelo esta es mayor a la *CPUEe*, en la *CPUEn* el tercer y cuarto trimestre se obtuvieron capturas altas con un promedio de 12 y 13 organismos, mientras que en el primer trimestre se obtuvieron las más bajas con 7 organismos ($F_{(3, 4191)} = 94.55$, $p < 0.05$).

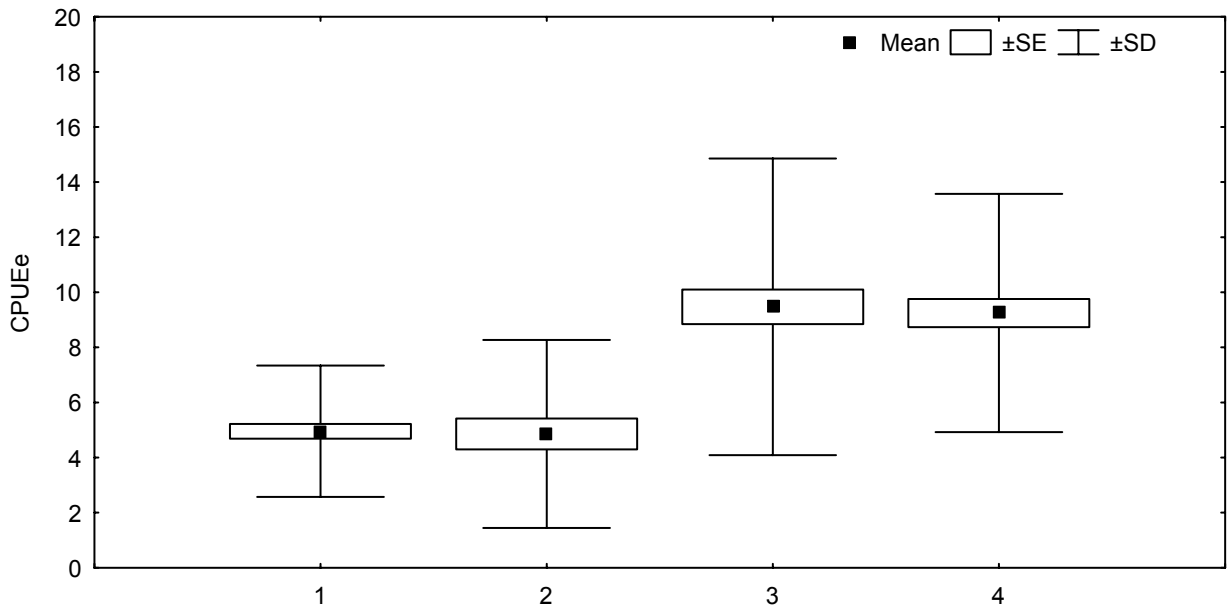


Figura 12. Variación estacional la *CPUEe* (organismos/1000 anzuelos) para el periodo de 1982 a 1989.

b) Variabilidad interanual de la *CPUEe*

La variabilidad interanual de la *CPUEe* fue significativa ($F_{(7, 291)} = 34.76, p < 0.05$) (Fig. 13) registrándose las tasas de capturas promedio mas altas en 1982 con 15 Norg. y las más bajas con 4 Norg. para los años 1984, 1985 y 1987. Durante los años de 1982 a 1985, la *CPUEe* presentó una tendencia decreciente con un ligero aumento de 7 Norg. en los años 1986 y 1989. Al analizar la *CPUE_n* se encontró que el mayor valor coincidió con el más alto de *CPUEe* con un valor de 15 para el año de 1982; la tasa de captura mínima fue de 3 Norg. para el año de 1984 ($F_{(7, 4187)} = 56.98; p < 0.05$), en este caso las diferencias entre la *CPUEe* y la *CPUE_n* es muy marcada ya que el promedio para todo el periodo fue de 7.43 y 10.51, respectivamente.

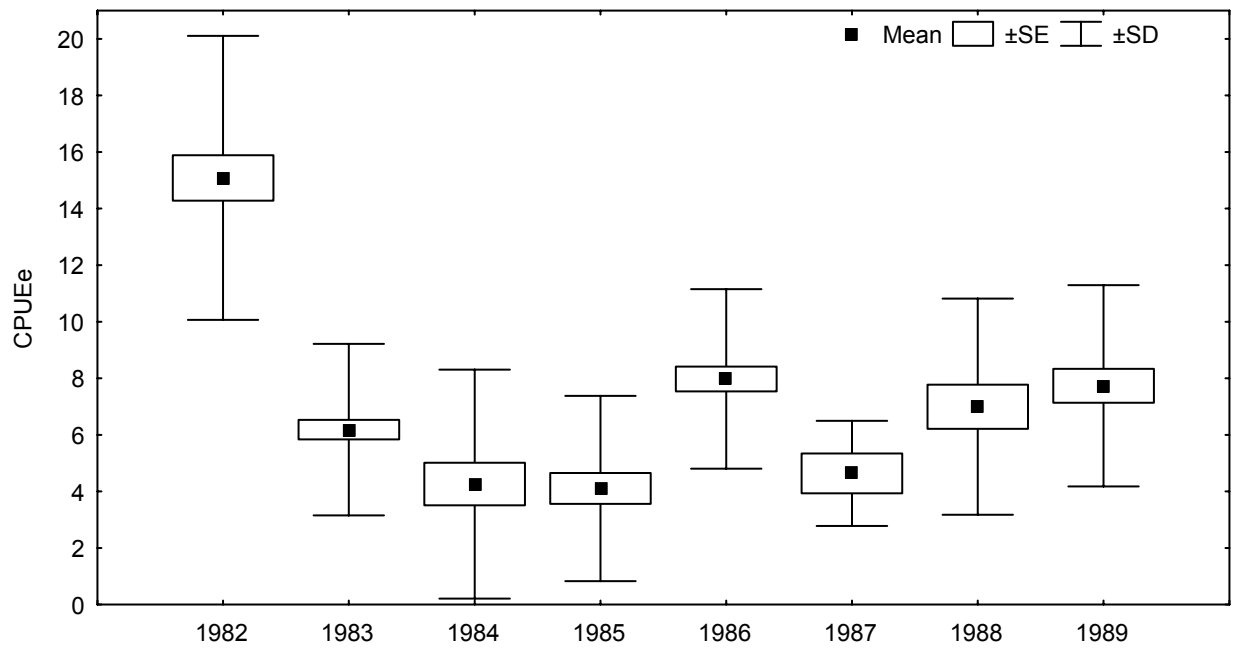


Figura 13. Variación interanual de la *CPUEe* (organismos/1000 anzuelos) para el periodo de 1982 a 1989.

c) Variabilidad espacial por trimestre

La distribución trimestral presenta un patrón similar a lo largo del año con una cobertura geográfica bastante amplia. Durante los dos primeros trimestres se observan los cuadrantes con *CPUEe* más bajas que van de 0.5 a 5 Norg. cercanos a la costa, algunos cuadrantes con 5 a 15 organismos en la costa occidental de Baja California Sur (BCS) y alrededor de las Islas Revillagigedo. En el tercer y cuarto trimestre se registraron los cuadrantes con tasas de captura más altas, de más de 10 Norg., la costa occidental de BCS y las cercanías de las Islas Revillagigedo continuaron presentando abundancias importantes, la *CPUEe* más elevadas se presentaron dentro del Golfo de California con más de 20 organismos (Fig. 14).

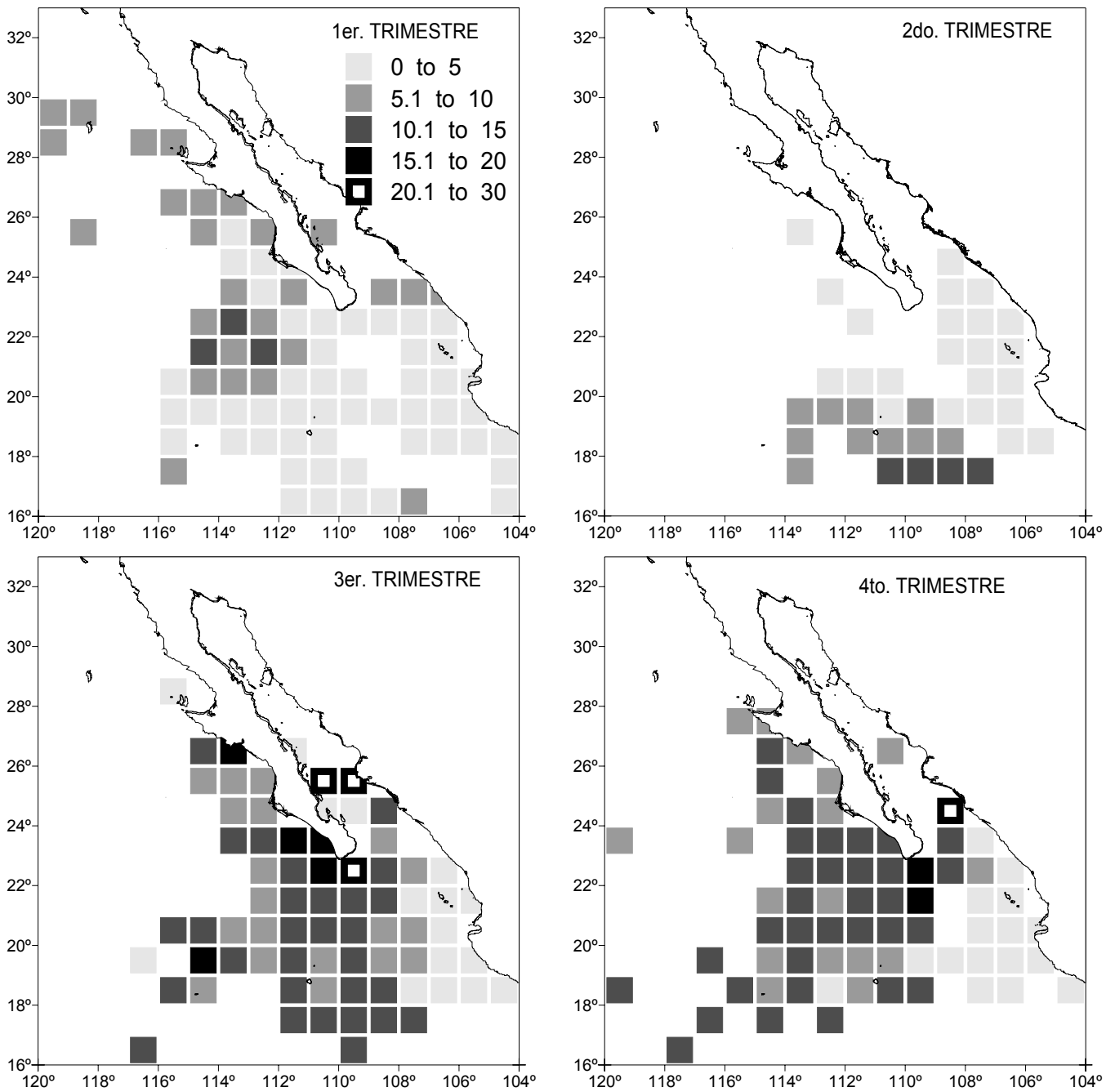


Figura 14. Distribución de la *CPUE* promedio trimestral en cuadrantes de $1^\circ \times 1^\circ$ para un año tipo.

d) Variabilidad espacial por año

La distribución anual de la *CPUE* se muestra en las figuras 15 y 16. No se observa un patrón bien definido, aunque se distinguen dos áreas de mayor concentración, una ubicada en la parte centro desde los 108° W a los 117° W y de los 18° N a los 22° N y la otra en la costa occidental de la península de Baja California desde los 110° W a los 115° W y de los 23° N a los 27° N. El año de 1982 destaca por presentar cuadrantes en los que se registraron las concentraciones más altas, y con incursión en el Golfo de California con abundancias de más de 20 Norg. En el año 1983 se observó una mayor cobertura geográfica por las embarcaciones donde los cuadrantes cercanos a la costa en la parte Sur del área de estudio presentaron las menores abundancias (de 0.5 a 5 org./1000)(Fig. 15) y los cuadrantes de la costa occidental de BCS presentan abundancias de 5 a 10 Norg. En el año 1984 el esfuerzo se concentró en los estados costeros de Sinaloa a Colima con abundancias de 0.5 a 5 organismos y alrededor de las Islas Revillagigedo con valores de 5 a 15 Norg. En 1985 al igual que en 1984 los cuadrantes costeros presentaron bajas abundancias, mientras que en la costa occidental de la península de Baja California se encontraron abundancias de 5 a 15 Norg. El año 1986 se caracterizó por la presencia de abundancias elevadas en la mayoría de los cuadrantes, principalmente en la parte centro del área. Cabe mencionar que en los años 1987 y 1988 sólo se encuentran representadas el 10% de la captura total debido a que se carece de la posición geográfica. Al final del periodo en el año 1989 la flota presentó una movilidad hacia aguas más oceánicas, donde es notorio que los lances se realizaron fuera de la zona de protección ya establecida para ese año (Fig. 16).

La distribución espacial por año se presenta en las figuras 15 y 16, en las cuales se puede observar que existe una alta variabilidad.

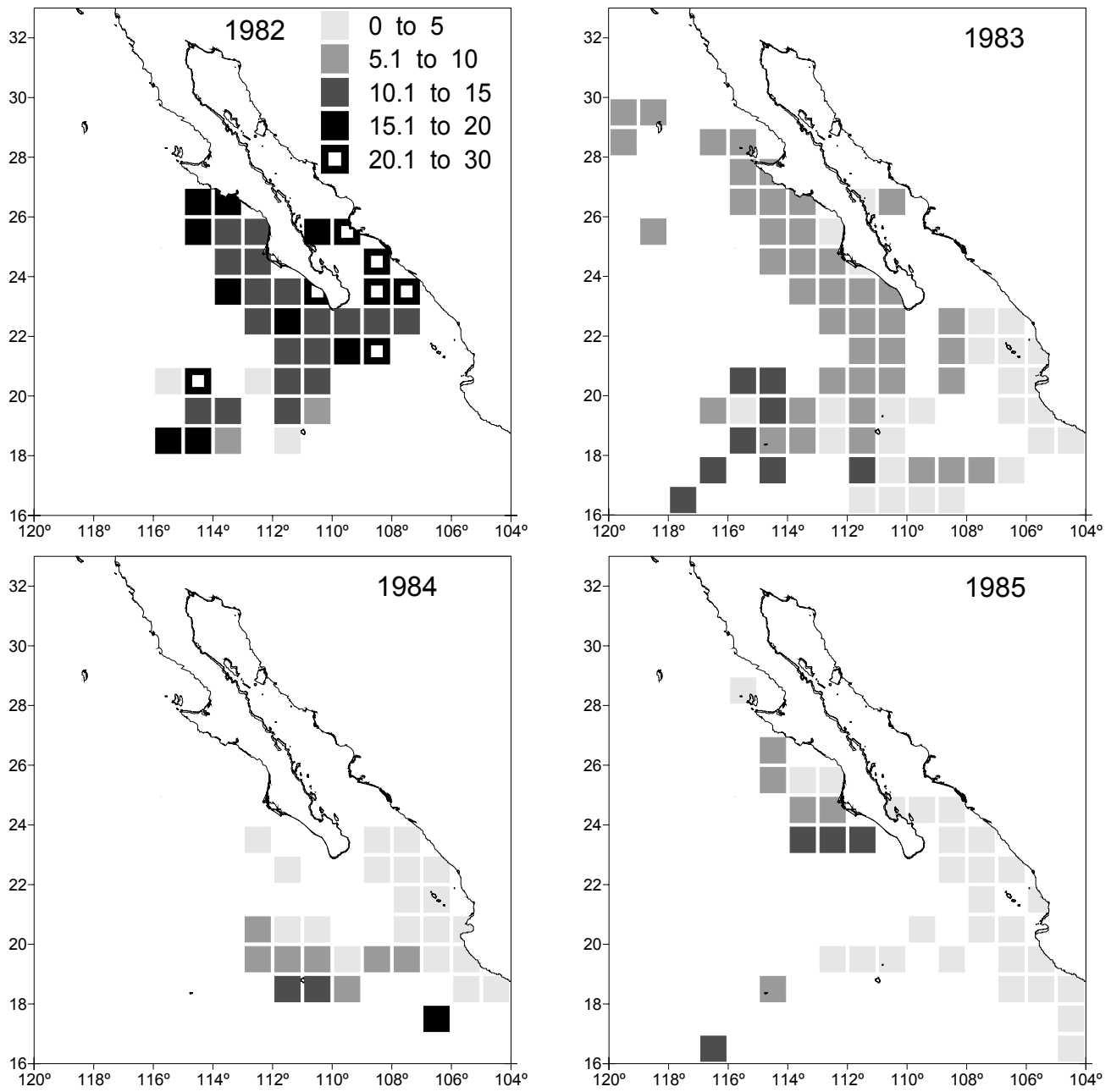
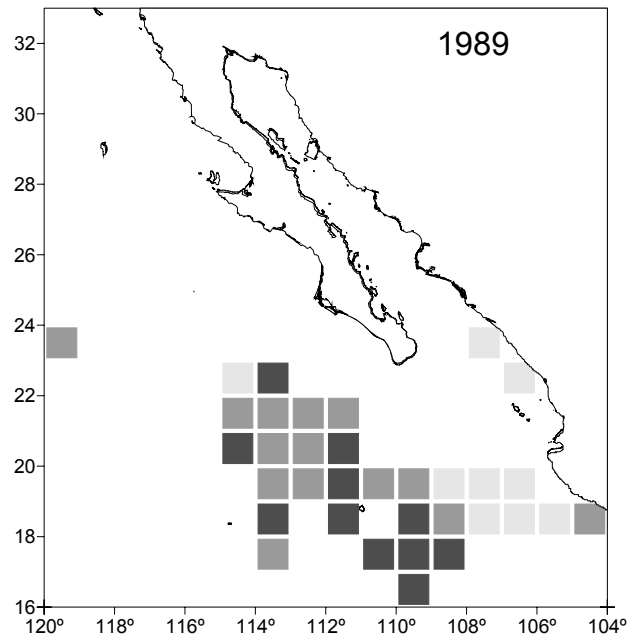
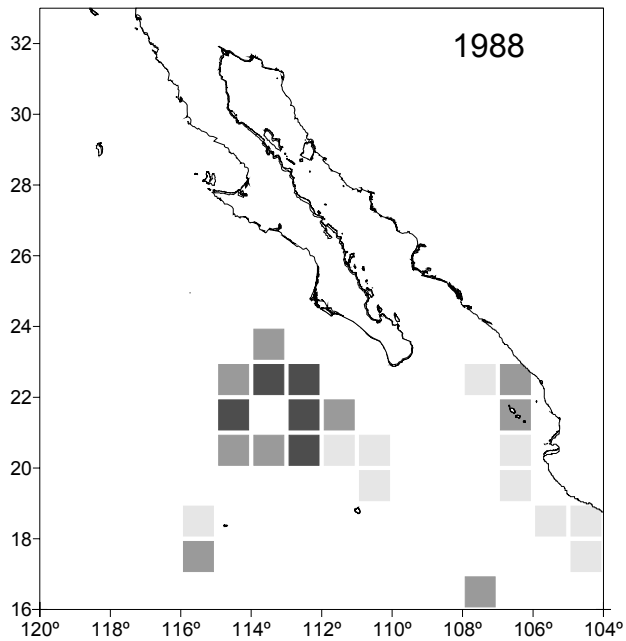
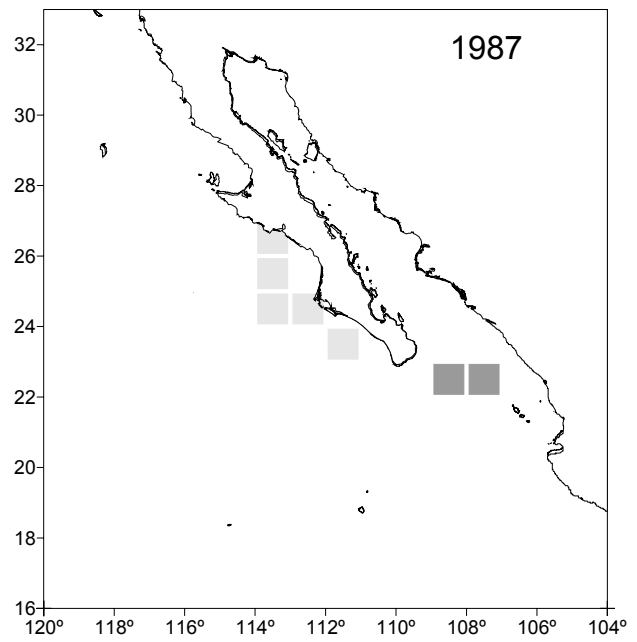
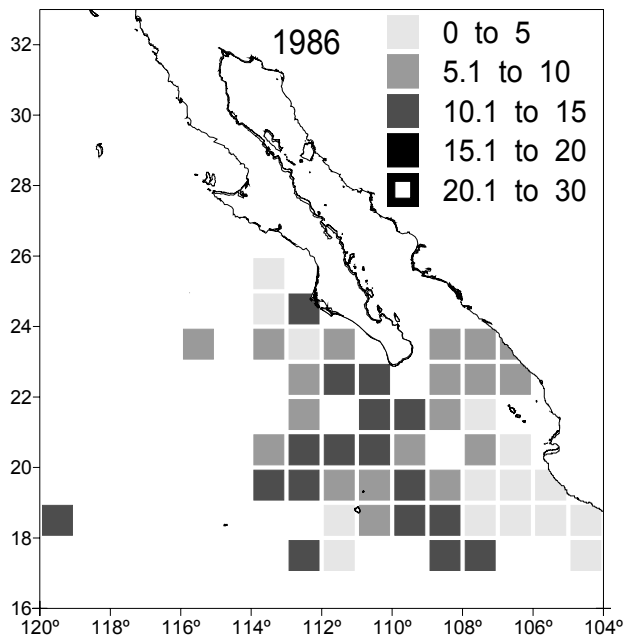


Figura 15. Distribución de la *CPUE* promedio anual en cuadrantes de 1° x 1° para el periodo 1982 a 1989.



Continuación Figura 16. Distribución de la *CPUE* promedio anual en cuadrantes de 1° x 1° para el periodo 1982 a 1989.

VII.5 Relación de la *CPUEe* con la concentración (*Cla*) y temperatura superficial del mar.

La variabilidad estacional ($F_{(3,332)} = 3.79$, $p < 0.05$) e interanual ($F_{(3,331)} = 9.03$, $p < 0.05$) de la concentración de clorofila fue significativa en ambos casos. La concentración estacional máxima de clorofila se registró en el primer trimestre con 0.75 mg/m^3 y la concentración mínima se presentó en el cuarto trimestre con un valor de 0.41 mg/m^3 (Fig. 18). En cuanto al comportamiento interanual la máxima concentración (0.87 mg/m^3) se presentó en el año de 1985 y las concentraciones mínimas se presentaron en el año de 1984 con 0.32 mg/m^3 (Fig. 17).

Se encontró una correlación inversa entre la *CPUEe* y la concentración de *Cla* ($r = -0.80$) (Fig. 20), es decir, cuando se obtuvieron los rendimientos más altos se registraron los valores mas bajos de *Cla*.

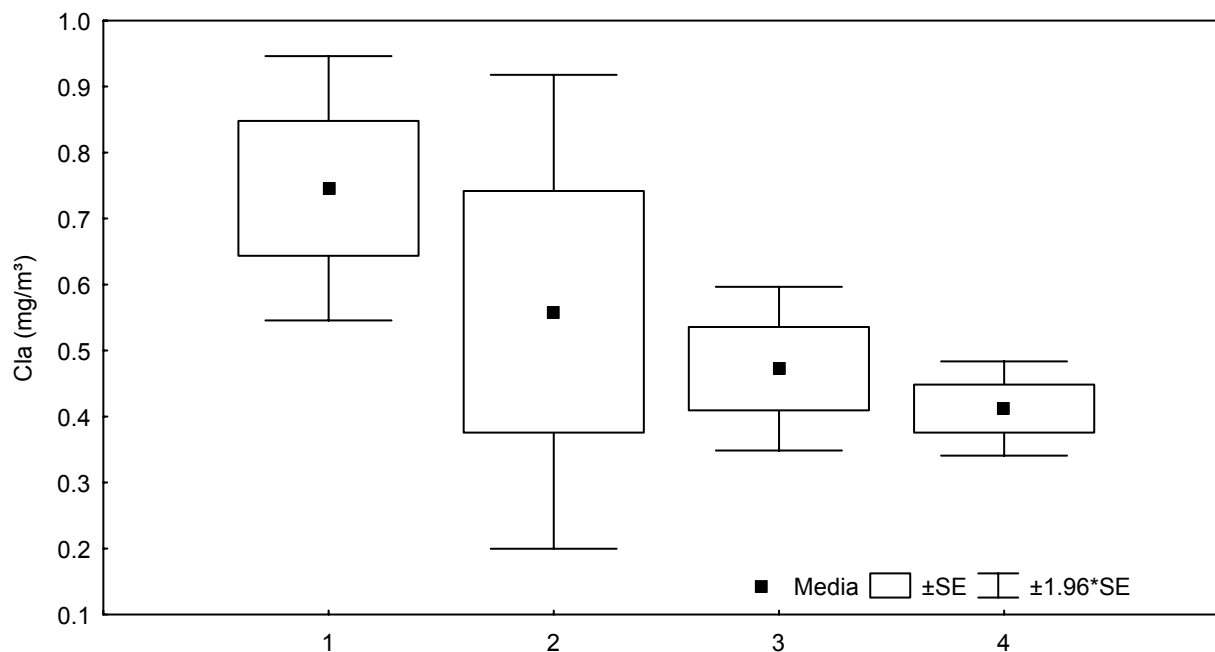


Figura 17. Variabilidad estacional de la concentración *Cla* (1982-1989).

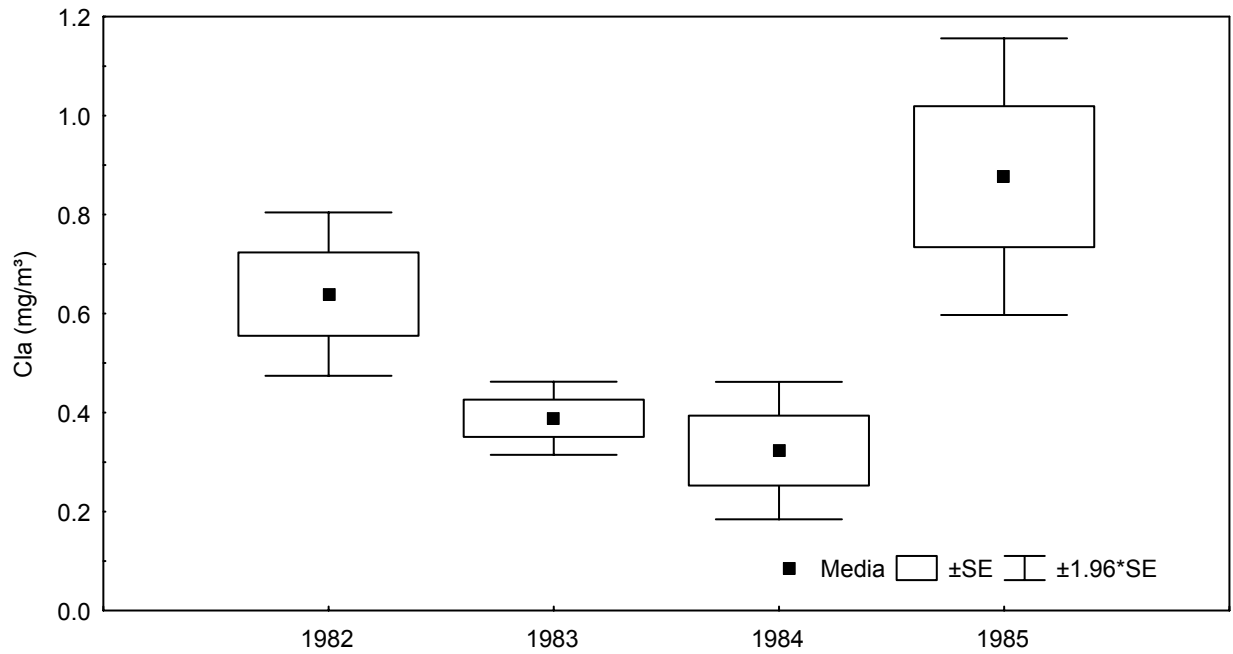


Figura 18. Variabilidad interanual de la concentración de Cla durante de 1982-1989.

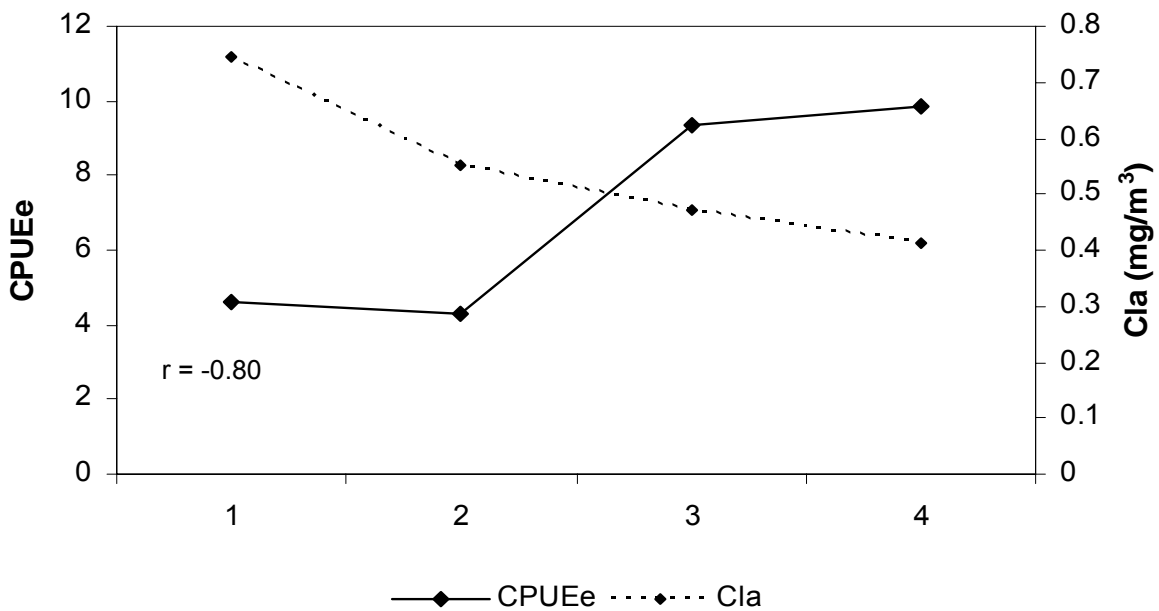


Figura 19. Relación de la concentración de Cla con la *CPUEe* promedio mensual (1982-1989).

En la TSM se encontró una variabilidad estacional ($F_{(3,523)} = 32.98$, $p < 0.05$) e interanual ($F_{(7,519)} = 12.25$) significativa durante el periodo analizado; estacionalmente tuvo su registro

más bajo en el primer trimestre (23.1 °C) y aumentó paulatinamente hasta alcanzar el valor más alto en el tercer trimestre (26 °C) (Fig. 20). Interanualmente la TSM más alta se registró en 1986 (26 °C) coincidiendo con la *CPUEe* mas elevada para el periodo. El valor mínimo de TSM correspondió a 20 °C registrado durante el año 1987; es importante señalar que para este año sólo está representado el primer trimestre, de ahí este valor de temperatura (Fig. 21). La correlación entre la *CPUEe* y la TSM fue alta ($r = 0.79$; $p < 0.05$) (Fig. 22). El comportamiento entre la TSM y la concentración de Cla fue inversa aunque significativa ($r = -0.94$; $p < 0.05$) (Fig. 23).

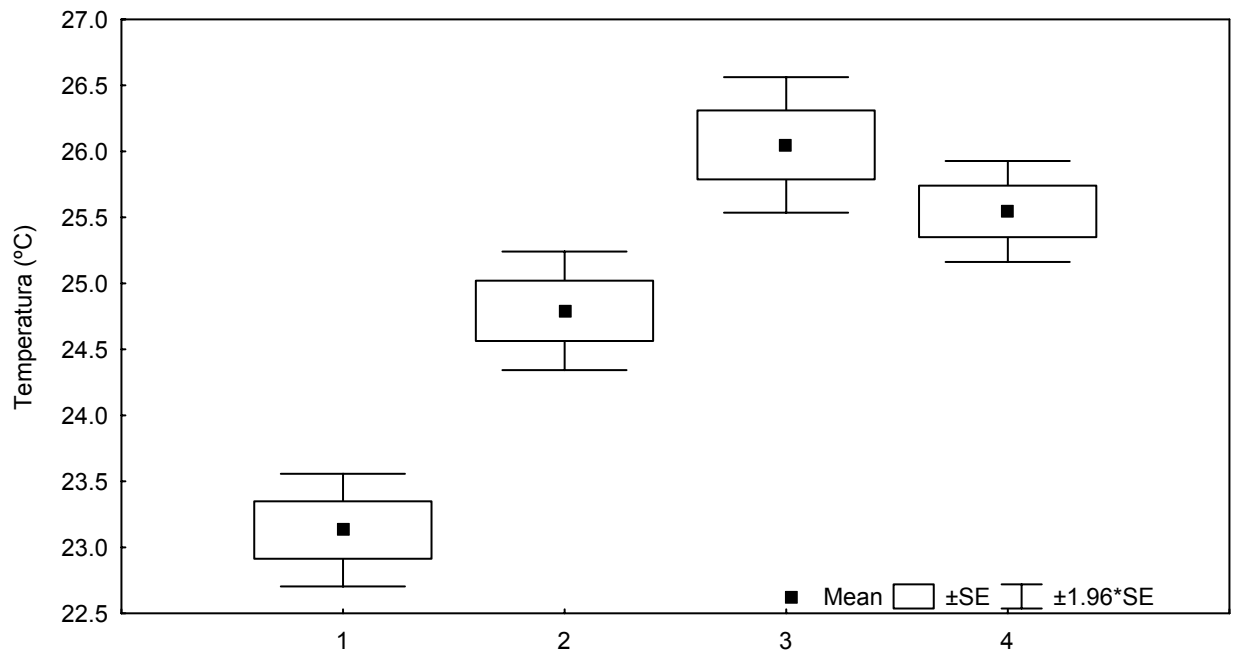


Figura 20. Variabilidad estacional de TSM promedio trimestral (1982-1989).

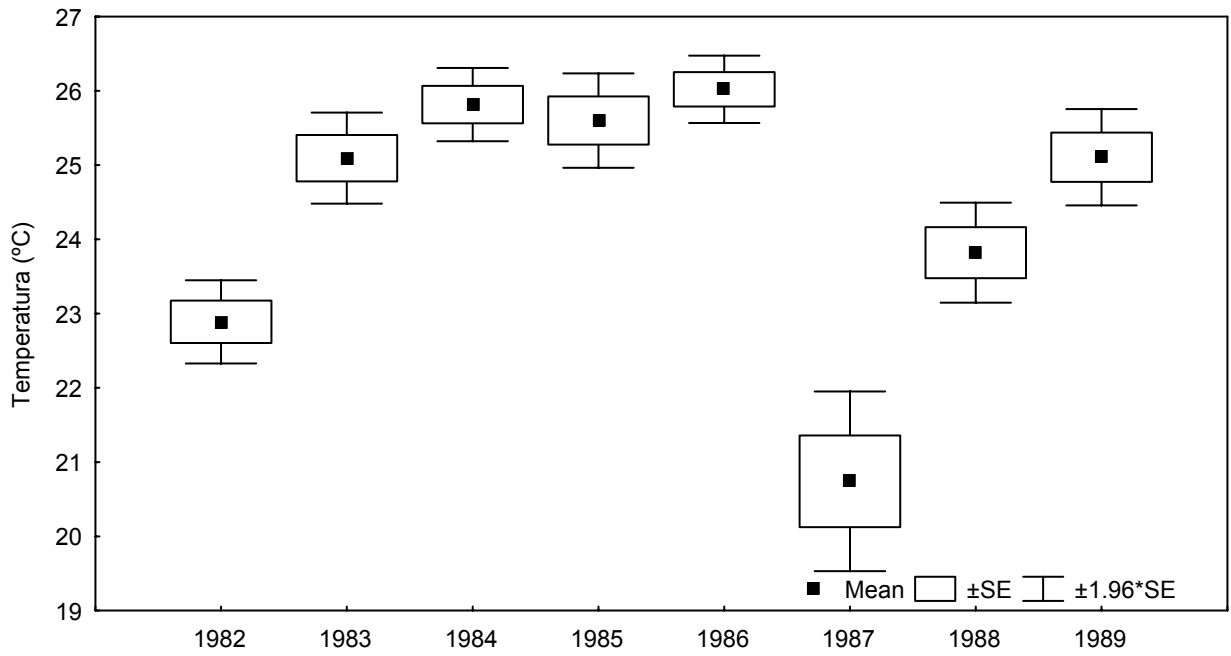


Figura 21. Variabilidad interanual de la TSM promedio anual (1982-1989).

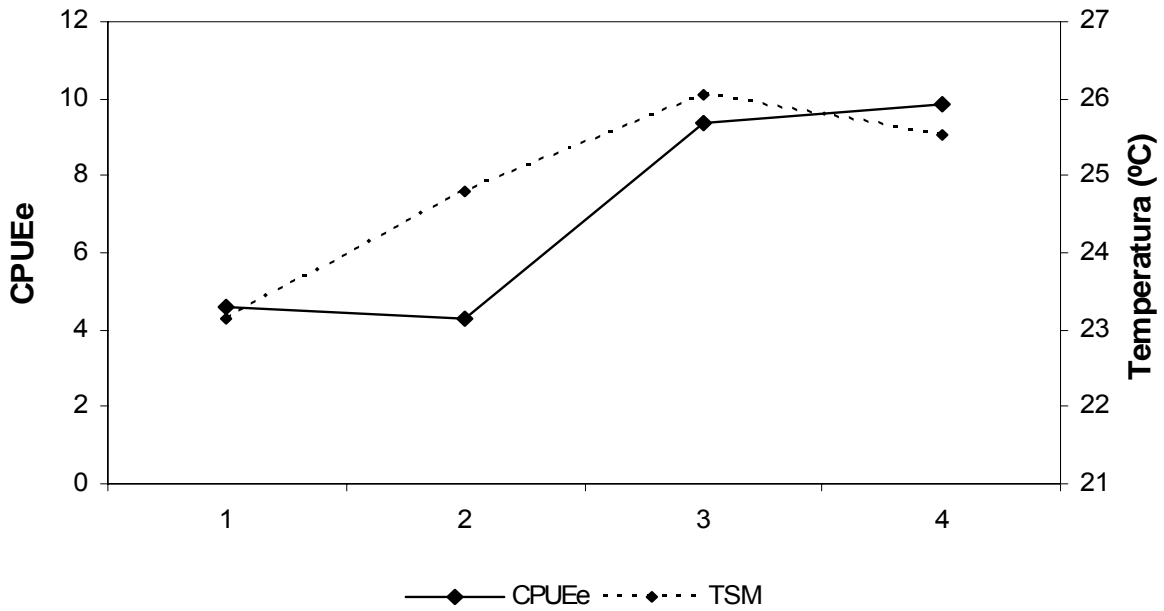


Figura 22. Relación de la TSM con la CPUEe promedio mensual (1982-1989).

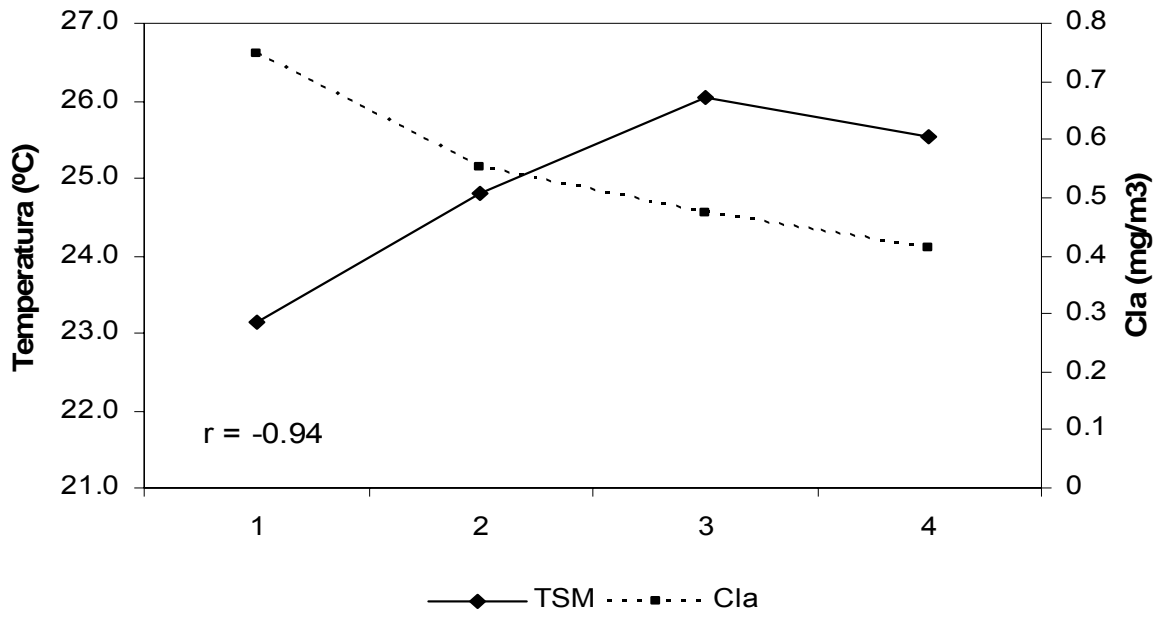


Figura 23. Relación de la concentración de Cla con la TSM promedio mensual (1982-1989).

VIII. DISCUSION

La pesquería palangrera es multiespecífica y dependiendo de la especie que se quiera capturar en mayor proporción, su desplazamiento puede ser más costero u oceánico; Estos cambios de especie objetivo depende de las fluctuaciones del valor económico en el mercado comercial y a los cambios en la regulación pesquera, sin contar con el éxito de captura del sistema de pesca utilizado (tipo y tamaño del anzuelo, velocidad de cobrado y tendido del palangre) (Santana-Hernández, 2001), por lo que en consecuencia los datos de abundancia relativa varían en comparación a la abundancia real.

En este análisis las cifras anuales de captura permiten interpretar una operación irregular de la flota de palangre en la zona, como consecuencia de que la operación de las embarcaciones fue discontinua durante este periodo. En el año de 1988 se tuvo un registro de 13 barcos operando. El número de viajes por año fue muy variable y de acuerdo a lo reportado por Macías-Zamora (1993) se realizaban de uno o hasta dos lances de pesca diarios por embarcación durante cada viaje, la longitud del palangre (de 26 a 86 km) y el número de anzuelos (de 120 a 2500) varió entre las embarcaciones, la capacidad de acarreo fluctuó entre 120 a 200 toneladas.

Los resultados de este trabajo muestran una eficacia alta en las embarcaciones más grandes ya que presentan mayor autonomía y por lo tanto se desplazan hacia áreas más oceánicas (aguas abiertas oceánicas, inician en el quiebre de la plataforma) donde el recurso es más abundante, es decir, la probabilidad de capturar mayor número de organismos se da en estas áreas y son más accesibles a embarcaciones mayores. Este comportamiento es similar para la captura de otras especies como el atún aleta amarilla donde el éxito de captura es mayor cuando se realizan los lances en áreas más oceánicas (Trigueros-Salmerón, 1999 y 2003). Al final del periodo (1989) y probablemente en respuesta a las medidas de regulación que se fueron dando durante las décadas de los 70's y 80's (INP, 1998), se presentó una tendencia a la incursión de barcos más pequeños, de construcción más reciente, con menor autonomía y con un área de operación relativamente más costera (dentro de la plataforma continental y en el quiebre de ésta), lo que pudo tener

como consecuencia un cambio en la especie objetivo y esto se haya reflejado en el decremento en las capturas de marlin rayado.

Caracterización de la flota

La mayoría de las embarcaciones agrupadas de acuerdo a sus características físicas quedaron concentradas en el grupo 1, por lo cual está representa mayor esfuerzo. El área de operación se ubicó en la costa occidental de la península de Baja California Sur, alrededor de las Islas Revillagigedo, boca del Golfo de California y la parte centro del área de estudio entre los 109° y 114° longitud Oeste y entre los 18° y 26° latitud Norte. Esta agrupación caracterizada mediante ACP coincide con lo reportado por el INP (1998a), donde se menciona que las embarcaciones pertenecientes a las flotas Chidori-Copemapro operaron en la parte norte y el de los Alianzas en la parte norte y sur, éstas últimas con puerto base en Ensenada, B.C. (Macías-Zamora, 1993); el barco Alianza 4 quedó incluido en otro grupo por ser una embarcación más grande respecto a los de su flota (Anexo II).

Las mayores capturas de marlin rayado para el grupo 1 se registraron en la costa occidental de B.C.S. y alrededor de las Islas Revillagigedo, coincidiendo con el área de aplicación del esfuerzo y con lo reportado por Macías-Zamora (1993), quien al analizar la composición específica de las capturas de la flota palangrera comercial para el periodo 1980-1990, menciona que el marlin fue una de las especies más abundante para estas embarcaciones.

El grupo 2, representado únicamente por la flota Tiburón, prácticamente son barcos iguales con la misma medida de eslora, potencia de motor y la única diferencia es su año de construcción (por 2 años); esta flota tiene como puerto base en Manzanillo, Col. (INP, 1998a). Su radio de acción se concentró principalmente en franjas costeras dentro de la plataforma continental con algunas incursiones hacia áreas mucho mas oceánicas operó frente a la boca del Golfo de California, los estados de Nayarit, Jalisco y Colima, principalmente. Santana-Hernández (2001) reporta dos áreas de operación para esta flota, con una distribución latitudinal, una coincidiendo con los estados reportados anteriormente y

otra entre los estados de Oaxaca y Chiapas. La incursión de la flota Tiburón se hizo muy notoria a partir del año 1984, presentando desplazamientos de sur a norte y de norte a sur en los estados mencionados. Este grupo tiene autonomía para 42 días y por lo cual su pesca es mas cercana a la costa (INP, 1998a), así como la especie objetivo (pez vela) a la cual fue dirigido el esfuerzo. Macías-Zamora (1993) mediante ACP clasifica estas embarcaciones dentro de una misma entidad, por un lado considerando únicamente las características físicas y por el otro analizando la proporción de las especies que capturaron, coincidiendo con Santana-Hernández (1997) al analizar la proporción de las especies capturadas obtiene la misma agrupación en un análisis posterior. En este grupo se presentan las embarcaciones más recientes para todo el periodo.

Las embarcaciones más grandes que operaron en el periodo analizado fueron los barcos Alianza 4 y Sta. Eikyu, los cuales conformaron el grupo 3. Su mayor autonomía se reflejó en el área de operación la cual fue más oceánica, aunque su participación fue sólo durante tres años. Macías-Zamora (1993) agrupa a estas embarcaciones junto con las flotas Copemapro-Chidori, Alianza y otras, por tener como puerto base Ensenada. Esta diferencia puede ser debido a que en su trabajo engloba de una manera más general a las embarcaciones para formar los grupos.

En cuanto el grupo 4, estuvo compuesto de 2 embarcaciones (más chicas), la Jurel 5 y San Pedrito 2; de esta última no se tiene registro con ese nombre pero probablemente se trate de la embarcación Jurel 6 de acuerdo a las características físicas que presentan. Este grupo se encontró operando en la costa occidental de Baja California Sur y efectuó algunos lances dentro del Golfo de California, frente a las costas de Nayarit y en aguas más oceánicas. Estas tienen como puerto base Manzanillo, Col. de acuerdo al INP (1998a) las capturas de estas embarcaciones fue de 86% de tiburón y el resto de peces de pico y atún, por lo que probablemente antes de finalizar el periodo éstas embarcaciones ya incursionaban en otras pesquerías.

Las flotas son altamente móviles y el esfuerzo de pesca se concentra en áreas específicas en una estación dada, de tal forma que se registran capturas muy altas en áreas y estaciones donde el esfuerzo de pesca se concentre con mayor intensidad.

Estandarización de la *CPUE*

De acuerdo a los resultados del modelo la variabilidad espacio-temporal de la captura por unidad de esfuerzo estandarizada (*CPUEe*) se atribuyó principalmente a las variables: longitud, año y grupo de embarcación, ya que fueron muy significativas y explicaron un alto porcentaje de dicha variabilidad. En otros trabajos donde se ha reportado que existen diferencias en la distribución espacial y temporal de picudos en el Atlántico central oeste para el marlin blanco, marlin azul y pez vela y los factores de mayor significación fueron la estación del año y el área (Arocha *et al.*, 2001; Ortiz y Arrocha, 2004). Punsly y Nakano (1992) analizan la *CPUE* de dos especies de atún y encontraron interacciones significativas entre el año, la profundidad de pesca, el área y la temporada.

En este trabajo la longitud geográfica se considera una variable de gran importancia porque explica una alta variabilidad en el índice de abundancia del marlin rayado, lo cual puede deberse a que ésta es una especie altamente migratoria y de distribución más oceánica (Nakano & Bayliff, 1992; Santana-Hernández, 2001); lo cual se manifestó porque las embarcaciones que operaron en estas áreas obtuvieron los mayores rendimientos con menor esfuerzo.

El cuanto al grupo de embarcaciones, la mayor eficiencia en la *CPUEe* la registraron los barcos de la categoría 1, confirmando lo que normalmente se espera debido a que las embarcaciones más grandes en la pesca de pelágicos más oceánicos pueden tener una mayor probabilidad de captura (Ortiz & Arrocha, 2004). La categoría 2 conformada por la flota Tiburón presentó una *CPUEe* baja, aunque su participación en los años fue significativa, esto puede atribuirse a que esta flota incidió directamente en la captura de pez vela (Macías-Zamora *et al.*, 1994; Santana-Hernández, 2001; Macías-Zamora, 2002). En este tipo de pesquerías la *CPUE* es afectada por la disponibilidad de otras especies y por la

decisión de los pescadores en dirigir su esfuerzo sobre una especie en particular, por lo tanto la obtención de capturas nulas puede ser un indicador de menor abundancia para la zona donde operó esta flota.

Por su parte la categoría 3 obtuvo buenos rendimientos en comparación a la categoría 2, a pesar a que sólo la constituyen dos embarcaciones, lo que puede ser debido a que son los barcos más grandes y su operación fue alrededor de las Islas Revillagigedo, donde se registraron capturas altas. Esto indica que no obstante el número de embarcaciones por grupo, la eficiencia del mismo difiere por área de operación. La categoría 4 tuvo muy poca participación en el área y en el periodo, aparte de integrar a las embarcaciones más pequeñas, con una operación menos oceánica tienen una mayor probabilidad de capturar especies de distribución más costera como el pez vela (Santana-Hernández, 2001).

Cuando las embarcaciones son homogéneas en sus características y su comportamiento de operación, la *CPUE* como un índice de la abundancia de un stock de peces se considera más confiable (Richards & Schnute, 1986). Por lo tanto se puede asumir que las variables afectan la accesibilidad, disponibilidad y la vulnerabilidad dentro del área y no precisamente sobre la abundancia.

Variabilidad estacional de la *CPUEe*

La actividad extractiva de picudos básicamente se lleva a cabo durante todo el año y las variaciones en la *CPUE* no siempre se encuentran asociadas a los cambios de abundancia, debido a que hay algunos meses en los que no se registran lances; de acuerdo a Nakano y Bayliff (1992), otras causas pueden atribuirse a que la captura objetivo se enfoque hacia otra especie, que el esfuerzo ejercido se realice en áreas de baja abundancia o que las condiciones climáticas no sean las adecuadas para la navegación o la pesca (p.ej. tormentas, huracanes).

Durante el tercer y cuarto trimestre, cuando la Corriente Norecuatorial es más norteña, se registraron las *CPUEe* más altas, principalmente alrededor de las Islas

Revillagigedo y a lo largo de la costa occidental de Baja California Sur, conservando este patrón de distribución en todo el periodo. Esto ha sido reportado para la temporada de verano por varios autores (Squire & Au, 1990; Nakano & Bayliff, 1992, Santana-Hernández, 2001). Estos niveles altos de captura obtenidos estacionalmente en algunos estratos sugieren la concentración de los organismos en estas áreas. Los resultados coinciden con lo reportado por Domeier *et al.* (2003), quienes mencionan que Bahía Magdalena en B.C.S. presenta una alta concentración de marlin rayado durante los meses de otoño (nov-dic). Bedford y Hagerman (1983) reportan que el marlin rayado realiza amplias migraciones y su presencia es en ciertas épocas del año al sur de California, donde se ubica los límites de su distribución en el Pacífico Oriental, de acuerdo a las capturas de la pesca deportiva y comercial en el periodo de 1941 a 1980.

Las mayores abundancias de marlin rayado en el Océano Pacífico se da en aguas mexicanas, por lo que algunos autores la denominan "área núcleo" (Squire & Au, 1990), y de acuerdo con Squire (1974), el centro del área de las altas tasas de captura en México permanece en la misma posición a través de los años, pero se expande y se contrae estacionalmente.

Fonteneau y Richard (2003), mencionan que durante cada estación de pesca y en cada área, la disminución local de la *CPUE* se puede explicar por dos mecanismos: 1) la variabilidad natural de la distribución espacial de los picudos, ya que son especies altamente migratorias y muestran una combinación de movimientos de advección que se refiere a procesos biológicos como desplazamientos hacia áreas de reproducción y alimentación y movimientos de difusión que se refiere a la dispersión y distribución dentro de zonas con parámetros ambientales que les favorecen (Fonteneau & Soubrier, 1996; Fonteneau & Richard, 2003). Muchos picudos tienden a concentrarse en grandes biomasas de forma temporal y en áreas limitadas, siendo favorable para la pesquería; sin embargo, al final de cada temporada, estas concentraciones biológicas tienden a disiparse en otras áreas. El otro mecanismo 2) es que el efecto de la intensidad del esfuerzo de pesca ejercido en zonas de pesca pequeñas, tiende a reducir la biomasa local, resultando en una disminución de la *CPUE*.

De acuerdo a la estacionalidad o permanencia del recurso en áreas específicas a través del año, es de importancia señalar que los movimientos horizontales que realiza la especie se ven influenciados por ciertas variables. En este sentido, Brill *et al.*, (1993) y Brill y Lutcavage (2001) indican que los movimientos horizontales de marlin rayado cerca de las principales islas en Hawai se presentan y se ven influenciados predominantemente por las corrientes oceánicas. Otros picudos, como el pez espada, tienen concentraciones a lo largo de frentes oceanográficos (Bigelow & Boggs 1999). Ortiz *et al.*, (2003) mencionan que el marlin azul y el marlin negro recorren grandes distancias seguidos por el marlin rayado, marlin blanco y el pez vela. Patrones de movimientos de ciclos anuales o estacionales en sitios de fidelidad fueron evidentes para marlin negro y marlin blanco, aunque el marlin rayado no indica sitios de fidelidad y movimientos cíclicos anuales. De acuerdo a estos estudios el marlin rayado realizó movimientos trans-ecuatoriales, aunque los movimientos de captura y recaptura registrados no indicaron desplazamiento inter-oceánicos ni trans-Pacífico. La distancia mas grande recorrida por el marlin rayado fue de 6713 km. Se ha sugerido un patrón de movimiento entre Baja California y Hawai (Ortiz *et al.*, 2003).

En otro contexto, la vulnerabilidad de la especie al arte de pesca tanto estacional como interanualmente se ve influenciada en su distribución vertical. Algunos artículos mencionan que el marlin rayado y otras especies de marlin han sido capturados cerca de la superficie. Matsumoto *et al.*, (2001) mencionan que el marlin rayado en el Océano Pacífico Central y Oriental, se capturan principalmente a menos de los 120 m, aunque también se capturaron entre los 120 y 160 m en la zona de la termoclina; pero debido al tamaño de muestra ellos no hacen conclusiones definitivas mencionando que se deben hacer más estudios al respecto. Por su parte Hanamoto (1979) indica que las tasas de captura fueron altas en palangres colocados a menor profundidad (aproximadamente entre 60 y 90 m de profundidad) en el norte de las islas de Hawai y al sur del Mar de Coral. Boggs (1992) refiere que el marlin fue pescado con anzuelos entre 40 y 120 metros y Brill *et al.*, (1993) encontraron que el marlin rayado frecuentemente nada entre profundidades de 50 a 180 metros.

Variación interanual de la *CPUE*

Dos eventos significativos de El Niño ocurrieron durante el periodo de estudio, uno en 1982-1983 y otro en 1986-1987, así como dos eventos La Niña, uno en 1984-1985 y en 1988-1989. La fase madura de estos eventos se dieron a finales del año y éste fenómeno comprende el final de un año y parte del siguiente (Wang & Fiedler, 2006). Durante la década de los 1980's la estructura térmica superficial del mar estuvo influenciada fuertemente por estos eventos, lo cual pudo haber tenido una gran incidencia en la distribución de la especie.

El índice de abundancia estandarizada fue mayor en el año 1982 con 15 Norg; en este año en el que las condiciones oceanográficas del área estuvieron influenciadas por El Niño (1982-1983), que fue uno de los más significativos (Wang & Fiedler, 2006). A partir de ese año el nivel de abundancia disminuyó. Las capturas de El Niño de 1986-1987 fueron de 8 y 5 Norg., menores que las del El Niño 1982-1983, aunque habría que considerar que este evento fue de menor intensidad. Coincidiendo con esto, Ortega-García *et. al.*, (2003) señalan que las capturas de marlin rayado más altas se registraron durante la primavera de El Niño de 1998, Squire (1985) reporta que en años cálidos la tasa de captura se incrementa al sur de California. Durante fases cálidas el recurso amplió su distribución y la incidencia de pelágicos mayores tropicales y migratorios en aguas templadas durante estos eventos ha sido previamente documentada (Radovich 1960; Squire, 1987). Los periodos cálidos benefician las pesquerías comercial y deportiva de algunas especies al sur de California (Hammann *et al.*, 1995).

En cuanto al efecto de La Niña en la *CPUE* en los años de 1984-1985, se registraron capturas mínimas con 4 Norg. en promedio y la concentración del esfuerzo fue más costera. La Niña de 1988-1989 presentó una *CPUE* de 7 y 8 Norg promedio anual, las mayores concentraciones se presentaron principalmente alrededor de las Islas Revillagigedo y la costa occidental de Baja California Sur en aguas muy oceánicas, aunque la distribución espacial de las capturas es bastante amplia abarcando zonas oceánicas hasta áreas costeras, esta última con abundancias bajas. Probablemente las abundancias

elevadas en el evento La Niña se debe a que sus efectos en latitudes altas se presentan con mayor intensidad en la estación invernal (enero-marzo)¹ que es cuando ocurren las capturas más bajas del año, y en las zonas oceánicas la influencia de los efectos de La Niña no son tan evidentes como en áreas costeras donde la distribución de marlin no es muy constante.

Es importante recordar que la *CPUEe* en los años 1987 y 1988 ésta representada únicamente por el 10% de la captura para estos años, lo cual puede estar ejerciendo un efecto negativo en la tendencia del índice de abundancia. En general la tendencia presenta una cierta estabilidad aunque no recuperó los volúmenes de captura alcanzados anterior a este periodo.

Relación de la *CPUEe* con la TSM y la concentración de pigmentos clorofila a)

Numerosos estudios se han llevado a cabo para relacionar las variables ambientales con las tasas de captura de diversas especies (atunes y picudos) en el tiempo y el espacio (Santana-Hernández, 1997; Ortega-García *et al.*, 2003; Fonteneau & Richards, 2003; López-Medina, 2006). Si bien estudios como el realizado por Podesta *et al.*, (1993) sugieren que la temperatura es un importante factor que influye en la distribución geográfica y en los movimientos de pelágicos oceánicos, en el modelo de estandarización el efecto de la temperatura no ha sido uno de los factores más determinantes para explicar su variabilidad, debido probablemente a la migración continua de la especie. Sin embargo, eventos como El Niño que generan ambientes más cálidos sí tuvieron efecto en la *CPUEe*, como se discutió anteriormente.

Los picudos regularmente se mueven a través de la columna de agua atravesando gradientes térmicos verticales. Brill y Lutcavage (2001) mencionan que la temperatura superficial del mar por sí sola es poco probable que inflencie los movimientos horizontales o agregaciones de estas especies y de atunes como *T. albacares* (Lorenzzeti, *et al.*, 2004).

¹ (<http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/Desastres/Fenomenoelnino/La%20Nina.htm>)

Sin embargo, en conjunto con otros factores que pueden influir o explicar la distribución de marlin como abundancia de presas, velocidad de las corrientes, presencia o ausencia de frentes oceanicos, profundidad a la que opera el palangre etc. pueden arrojar buenos resultados. Holdsworth *et al.*, (2003) mediante un modelo de regresión lineal no encontraron un efecto significativo de la TSM y el ENSO en la *CPUE* de la flota deportiva de Nueva Zelanda.

Probablemente la influencia medioambiental de la temperatura y en su momento la *Cla* al tener una escala muy amplia en el área de estudio podría explicar por que los parámetros usados no tuvieron una variabilidad significativa, además de que sólo están incluidos los cuadrantes donde se hicieron lances y muchas veces no fueron en área de surgencia costera, en el que se pudiera determinar algún efecto para el caso de la *Cla*.

Al analizar un año tipo de temperatura superficial del mar y de *CPUEe* se presenta un efecto estacional de la temperatura que claramente indica una tendencia positiva al final del año. Las mayores capturas se registraron entre los 25 °C y 26 °C, González *et al.*, (1999) sugieren la presencia de adultos en aguas cálidas en el Golfo de California entre 27.8°C y 31.5°C debido a la presencia de larvas de marlin rayado de junio a noviembre. Los valores de *CPUEe* más bajos se obtuvieron en los dos primeros trimestres, cuando la temperatura superficial del mar fue de 23 °C a 24.5 °C. A este respecto Ortega-García *et al.*, (2003) determinan que la flota deportiva que opera en Cabo San Lucas, B.C.S., obtiene las mayores capturas durante los meses de invierno (enero-marzo) con temperaturas entre 22 °C y 24 °C, ésta discrepancia podría deberse a que la cantidad de esfuerzo aplicado en los primeros meses fue mayor, además de que la movilidad de la flota deportiva se encuentra restringida a áreas cercanas a la costa. Esto también permite suponer un posible cambio del núcleo de mayor concentración, lo cual podría deberse a la influencia de la Corriente fría de California, la Corriente Norecuatorial y a la presencia de los frentes generadas por éstas (Tintoré *et al.*, 1991; Torres-Orozco, 1993; Trasviña *et. al.*, 1999; Ruddick, 2002), es decir, las biomásas que se presentan en otoño frente a Bahía Magdalena y a la costa occidental de Baja California Sur se muevan hacia el Sur en primavera, lo que explicaría las altas tasas de captura que se registran por la flota deportiva en Cabo San Lucas B.C.S.

Algunos autores han señalado diferentes rangos de temperaturas óptimas para la distribución de marlin rayado, asignando un rango óptimo dependiendo de la localidad y de la estación del año en las que se presentan las mayores capturas para esa área (Uda, 1957; Nakamura, 1985; Abitia, 2001; Ortega-García *et al.*, 2003; Klimley *et al.*, 2005). El concepto de "temperatura preferente" es difícil de aplicar en el marlin rayado, ya que como en algunos escombridos no es evidente una temperatura preferencial, el marlin rayado pueden soportar cambios de temperatura de aproximadamente 8 °C durante sus movimientos verticales normales (Brill y Lutcavage, 2001).

La relación inversa de la Cla y la CPUEe corresponde al comportamiento de la especie, donde abundancias elevadas se presentan a mayores temperaturas y las máximas concentraciones de Cla se observan a valores menores de la misma. Aunque en algunos estudios llevados a cabo con otros pelágicos mayores se ha señalado una relación entre la máxima concentración de clorofila y las mayores capturas, con desfases aproximados de dos a 5 meses (Ortega-García & Lluch-Cota, 1996; López-Medina, 2006), esta relación no fue muy clara en este análisis al parecer debido a que la distribución del marlin rayado es mas oceánica en tanto que los otros estudios fueron en análisis muy cercanos a la costa. Las concentraciones mínimas y máximas de Cla encontradas temporalmente coincide con lo reportado por López-Medina (2006) en el archipiélago de las Islas Marías; esta área se encuentra dentro de la zona de estudio del presente trabajo, y si bien la clorofila es mucho mas elevada en zonas costeras que en áreas oceánicas, se está reflejando en gran medida lo que pudiera estar pasando en estratos de menor tamaño.

Los picudos, como el marlin rayado no forma cardúmenes, aunque se les puede encontrar en grupos de pocos individuos en ciertas zonas con rasgos oceanográficos específicos, como frentes que pueden ser áreas con alta productividad y por lo tanto con alta abundancia de presas, propicias para su alimentación (Podestá *et al.*, 1993; Olson *et al.*, 1994; Bigelow *et al.*, 1999). Etnoyer *et al.*, (2004) se refieren a la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano como un área de 'excepcional alta concentración de frentes de temperatura', esto podría explicar en gran parte la gran concentración de marlin rayado en esta área, ya que exhibe una estructura oceanográfica compleja, los frentes son

usualmente verticales inclinando la interfase entre masas de agua de diferentes propiedades, donde las aguas ricas en nutrientes se mueven hacia arriba (Largier, 1993). Estos procesos generan mecanismos importantes de agregación de plankton y micronecton y por lo tanto también de grandes depredadores; se puede esperar que los desplazamientos de pelágicos mayores se den hacia estas zonas. Por lo tanto, los eventos de surgencias, frentes, la variabilidad de la estructura térmica y el fenómeno "El Niño" puede ser factores que condicionan la distribución y abundancia de estos recursos.

IX. CONCLUSIONES

- La pesquería palangrera de marlin rayado fue discontinua durante el periodo de estudio, por lo que en consecuencia los datos de abundancia relativa pueden ser diferentes a la abundancia real.
- El análisis de componentes principales permitió una buena agrupación, resultando las embarcaciones de mayor autonomía las que representan mayores rendimientos, por la accesibilidad a las áreas de mayor abundancia y por la movilidad que estas tienen.
- El modelo aplicado explicó un alto porcentaje de la variabilidad en la *CPUEe* (63%) siendo las variables más importantes la longitud (posición geográfica), el año y grupo de embarcación; teniendo en cuenta estas características se refleja una alta probabilidad de captura cuando el esfuerzo es más oceánico.
- La TSM en el modelo por si sola tuvo poca influencia en la variabilidad de la *CPUEe*. Las dos series de *CPUE* indicaron tendencias similares, pero la *CPUE* calculada subestima a la *CPUE* observada
- Se encontró una variabilidad interanual y estacional significativa en la *CPUEe*, estacionalmente fue mayor durante el 3er y 4to trimestre cuando la temperatura superficial del mar es mayor (25 ° y 26° C).
- Capturas elevadas se registran a temperaturas de 25 a 26° C, registrándose una alta correlación entre la *CPUEe* y la temperatura superficial del mar en un año tipo ($r = 0.79$). Se encontró una correlación inversa entre la *CPUEe* y la concentración de Cla y la temperatura y la Cla.

X. RECOMENDACIONES

- Monitoreo constante del esfuerzo y captura en la pesca deportiva y la pesca incidental en el Pacífico mexicano.
- Para una mejor estimación de abundancia relativa de marlin rayado es necesario tomar en cuenta las principales variables que afectan su distribución (velocidad de las corrientes, profundidad del palangre, abundancia de presas, etc) así como series de años más largas.
- Analizar los valores puntuales de la CPUE y las variables, ya que permiten definir con mayor precisión áreas de mayor abundancia así como fenómenos de surgencia, frentes, etc.
- Realizar más estudios sobre la biología de la especie en el Pacífico mexicano (ciclo reproductivo, tasas de crecimiento, hábitos alimentarios, entre otros) a lo largo del litoral del Pacífico mexicano para planes de manejo.

XI. BIBLIOGRAFIA

- Abitia, L. A. 2001. Dinámica trófico-energética del marlin rayado *Tetrapturus audax* (PHILIPPI, 1887) en el área de Los Cabos, B.C.S. México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 115 p.
- Agresti, A. 1990. Categorical data analysis. Wiley, New York.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19: 716-723.
- Allen, R. & R. Punsly. 1984. Catch rates as indices of abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull., 18: 301-379.
- Anónimo, 1994. Atlas Pesquero de México. SEPESCA-INP. 234 pp.
- Arocha, F., D. W. Lee, L. A. Marcano & J. S. Marcano. 2001. Update information on the spawning of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the Western Central Atlantic. Collective Volume of Scientific Papers, 52, 167– 176.
- Bedford, D. W., & F. B. Hagerman. 1983. The billfish fishery resource of the California Current. CalCOFI Rep. Vol. 24: 70-78.
- Bernal, G., P. Ripa & J. C. Herguera. 2001. Variabilidad oceanográfica y climática en el bajo Golfo de California: Influencias del trópico y Pacífico norte. Ciencias Marinas. 27(4): 595-617.
- Bigelow, K. A., C. H. Boggs, & X. He. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the U.S. North Pacific longline fishery. Fisheries Oceanography 8:178–198.

- Brill, R. W., D. B. Holts, R. K. C. Chang, S. Sullivan, H. Dewar & F. G. Carey. 1993. Vertical and horizontal movements of striped marlin (*Tetrapturus audax*) near the Hawaiian Islands, determined by ultrasonic telemetry, with simultaneous measurement of oceanic currents. *Mar. Biol.*, 117 (4): 567-574.
- Brill, R. W. & M. E. Lutcavage. 2001. Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments. *American Fisheries Society Symposium* 25:179–198.
- Boggs, C. H. 1992. Depth, capture time, and hook longevity of longline-caught pelagic fish: timing bites of fish with chips. *U.S. National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin* 90:642–658.
- CIAT. 2002. Reporte anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical 2000: 171 pp.
- Crawley, M.J. 1993. *GLIM for Ecologist*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 379 pp.
- De la Lanza, G. E. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. 1ª edición. AGT editores, México, D. F. 569 pp.
- De Sylva, Donald P. 1974. A review of the world sport fishery for billfishes (Istiophoridae and Xiphiidae). *U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675* (2): 12-33.
- Domeier, M. L., H. Dewar & N. Nasby-Lucas. 2003. Mortality rate of striped marlin (*Tetrapturus audax*) caught with recreational tackle. *Marine and Freshwater Research*, 54, 435-445.
- Etnoyer, P., D. Canny, B. Mate & L. Morgan. 2004. Persistent pelagic habitats in the Baja California to Bering Sea (B2B) ecoregion. *Oceanography*, 17(1): 90-101.

- Fonteneau, A., & P. P. Soubrier. 1996. Interactions between tuna fisheries: A global review with specific examples from the Atlantic Ocean. Status of Interactions of Pacific Tunas Fisheries in 1995. Proceeding of the Second FAO Expert Consultation on Interactions of Pacific Tuna Fisheries, January 23–31, Shimizu, Japan, 612 pp.
- Fonteneau A. & N. Richard. 2003. Relationship between catch, effort, CPUE and local abundance for non-target species, such billfishes, caught by Indian Ocean longline fisheries. *Marine and Freshwater Research* 54, 383-392.
- Fuentes, V. M. & A. J. Irazoqui. 1999. Análisis de los factores que afectan la distribución espacial y temporal del atún aleta amarilla *Thunnus albacares*, en el Océano Pacífico oriental y sus efectos sobre la pesquería. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sin. 59 pp.
- González, R., O. Sosa, R. Funes & V. A. Levy. 1999. Confirmation of spawning area of the striped marlin, *Tetrapturus audax*, in the so-called core area of the eastern Tropical Pacific off México. *Fisheries Oceanography*, 8, 238-42.
- Hammann, M. G., J. S. Palleiro & O. Sosa. 1995. The effects of the 1992 El Niño on the fisheries of Baja California, Mexico. *CalCOFI Rep.*, Vol. 36: 127-136.
- Hanamoto, E. 1974. Fishery-oceanographic studies of the striped marlin, *Tetrapturus audax*, in waters off Baja California. I. Fishing conditions in relation to the thermocline. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 302-308.
- Hanamoto, E. 1979. Fishery oceanography of striped marlin-IV: swimming layer in the tuna longline fishing grounds.. *Japan. Soc. Sci. Fish., Bull., Oceanogr.* 45(6):687-690.
- Holdsworth J., P. Saul & G. Browne. 2003. Factors affecting striped marlin catch rate in the New Zealand recreational fishery. *Marine and Freshwater Research* 54, 473-481.

- Holts, D. 2001. Striped marlin. *In*: Leet, William S., Christopher M. Dewees, Richard Klingbeil, and Eric J. Larson (editors), *California's Living Marine Resources: a Status Report*, Calif. Dept. Fish Game: 334-335.
- Instituto Nacional de la Pesca, INP. 1996. *Pesquerías Relevantes de México*. 613-636 pp.
- Instituto Nacional de la Pesca , INP. 1998. Marlin rayado del Océano Pacífico. En: *Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca. México, D.F. 435-466 p.
- Instituto Nacional de la Pesca, INP. 1998a. Tiburones oceanicos del Pacífico. En: *Sustentabilidad y pesca responsable en Mexico: Evaluacion y manejo*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca. Mexico, D.F. 155-195 p.
- Instituto Nacional de la Pesca, INP. 2000. "Sustentabilidad y pesca responsable en México." *Breviario de la pesquería del marlin rayado del Océano Pacífico*.
- Joseph, J., L. W. Klawe & C. J. Orange. 1974. A review of the longline fishery for billfishes in the eastern Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep., NMFS SSRF-675 (2): 309-331.
- Kessler, W. S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69: 181–217.
- Kidwell, K. B. 1995. NOAA Polar Orbiter Data (TIROS-N, NOAA-6, NOAA-7, NOAA-8, NOAA-9, NOAA-10, NOAA-11, NOAA-12, and NOAA-14) Users Guide : Washington, D.C., NOAA/NESDIS.
- Klimley, P. A., J. E. Richert & J. J. Salvador. 2005. The Home of Blue Water Fish. *American Scientist*, Vol: 93: 42-49.

- Kume, S. & J. Joseph. 1969. Size composition and sexual maturity of billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean, east of 130°W. Bulletin 2. September 1969. Far Seas Fisheries Research Laboratory, Shimizu 424, Japan. pp 115-162.
- Largier, J. L. 1993. Estuarine fronts: how important are they? *Estuaries* 16 (1): 1 – 11.
- Lavín, M. F., E. Beier, J. Gómez, V. M. Godínez & J. García. 2006. On the summer poleward coastal current off SW México, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L02601, doi:10.1029/2005GL024686.
- Lorenzetti, J. A., C. R. Zagaglia & J. L. Stech. 2004. Remote sensing data and longline catches of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the equatorial Atlantic. *Remote Sensing of Environment* 93: 267–281.
- López-Medina, D. 2006. Variabilidad espacio-temporal de las capturas de atún aleta amarilla en aguas adyacentes a las islas Marías, México. Tesis de Maestría. CICIMAR. IPN. La Paz, BCS, México. 49 pp.
- Macías-Zamora, R. 1993. Relaciones entre la pesca deportiva y comercial del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría. CICIMAR. IPN. La Paz, BCS, México. 71 pp.
- Macías-Zamora, R. 2002. Modelación espacio-temporal de la pesquería del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico mexicano. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. 82 pp.
- Macías-Zamora, R., A. L. Vidaurri & H. Santana. 1994. Análisis de la tendencia de captura por unidad de esfuerzo en la pesquería del pez vela en el Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas*, 20(3): 287-440.

- Matsumoto, T., Y. Uosumi, K Uosaki, & M. Okazaki. 2001. Preliminary review of billfish hooking depth measured by small bathythermograph systems attached to longline gear. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 53:337-344.
- Mc Cullagh, P. & J.A. Nelder. 1989. Generalized linear models. Chapman and Hall, New York, 511 pp.
- Miyabe, N., & W. H. Bayliff. 1987. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 19 (1): 123-163.
- Nakamura, I. 1974. Some aspects of the systematics and distribution of Billfishes. p.45-53. *In*: R. S. Shomura. & F. Williams (eds.). Proceeding of the international billfish symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 august 1972 U.S.Dep Commer. NOAA Tech.Rep. NMFS SSRF-675
- Nakamura, I. 1985. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fisheries Synopsis. 125, Vol. 5. 65pp.
- Nakano, H. & W. H. Bayliff. 1992. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the Eastern Pacific Ocean, 1981-1987. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 20 (5): 185-355.
- Nelder, J. A. & R. W. M. Wedderburn. 1972. Generalized linear models. Journal of the Royal Statistical society A 135: 370-384.
- Olson, D. B., G. L. Hitchcock, A. J. Mariano, C. J. Ashjian, G. Peng, R. W. Nero & G. Podesta. 1994. Life on the edge: marine life and fronts. Oceanography, 7(2): 52-60.

- 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., A. Klett-Traulsen & G. Ponce-Díaz. 2003. Analysis of sportfishing catch rates of striped marlin (*Tetrapturus audax*) at Cabo San Lucas, Baja California Sur., Mexico, and their relation to sea surface temperature. Marine and Freshwater Research, 54, 483-488.
- Ortiz, M. & F. Arocha. 2004. Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. Fisheries Research, 70: 275–297.
- Ortiz, M., E. D. Price, J. E. Serafy, D. V. Holts, K. V. Davy, J. G. Pepperell, M. B. Lowry & J. C. Holdsworth. 2003. Global overview of the major constituent-based billfish tagging programs and their results since 1954. Marine and freshwater research, 54: 489-507.
- Podestá, G. P., J. A. Browder & J. J. Hoey. 1993. Exploring the association between swordfish catch and thermal fronts on the U.S. longline grounds in the western North Atlantic. Continental Shelf Research, 13: 252–277.
- Polanco, J. E., R. Mimbela . & L. Beléndez M. 1987. Esquema de regulación propuesto para la administración de la pesquería mexicana de picudos en el océano Pacífico oriental. En: Pesquerías mexicanas: Estrategias para su administración. Secretaría de Pesca, México. 379-445.
- Polanco, J. E., R. Mimbela , L. Beléndez., N. A. Flores & A. L. Reynoso A.1988. Situación Actual de las Principales Pesquerías Mexicanas. Secretaría de Pesca. México. Cap. 1.4. Situación Actual de la Pesquería Mexicana de Picudos del Pacífico Oriental,113-167.

- Punsly, R. G., & H. Nakano. 1992. Analysis of variance and standardization of longline hook rates of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean during 1975-1987. Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin. 20:165–184.
- Punt, A. E., T. I. Walker, B. L. Taylor & F. Pribac. 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. Fish. Res., 45: 129-145.
- Radovich, J. 1960. Redistribution of fishes in the eastern north Pacific Ocean in 1957 and 1958. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 7: 163-171.
- Richards, L. J. & J. T. Schnute. 1986. An experimental and statistical approach to the question: is CPUE an index of abundance? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43, 1214–1227.
- Ruddick. B. 2002. Oceanic Thermohaline Intrusions: Observations. Progress in Oceanography, 56: (3): 483-497.
- Santana-Hernández, H. 1989. Distribución y abundancia relativa espacio temporal de las especies capturadas por la pesquería palangrera en la ZEE del Pacífico mexicano. Tesis Profesional. Esc. Sup. de Ing. Pesquera, Univ. Autón. De Nayarit, México.
- Santana-Hernández, H. 1997. Relación del éxito de la pesca palangrera con la temperatura superficial y la profundidad en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM, México.
- Santana-Hernández, H. 2001. Estructura de la comunidad de pelágicos mayores capturados con palangre en el Pacífico mexicano (1983-1996) y su relación la temperatura superficial del mar. Tesis doctoral. Universidad de Colima, México 122 pp.

- Squire, J. L. jr. 1974. Migration patterns of Istiophoridae in the Pacific Ocean as determined by cooperative tagging program, p. 226-237. *In*: R.S. Shomura. & F. Williams (eds.). Proceeding of the international billfish symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 august 1972 U. S. Dep Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675.
- Squire, J L., Jr. 1985. Relationship of sea surface temperature isotherm patterns off northwestern Mexico to the catch of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off Southern California. *Mar. Fish. Rev.*, 47 (3): 43-47.
- Squire, J. L. 1987. Relation of sea surface temperature changes during the 1983 El Niño to the geographical distribution of some important recreational pelagic species and their catch temperature parameters. *Mar. Fish. Rev.*, 49 (2): 44-57.
- Squire, J. L. & D. W. K.,Au. 1988. Management of striped Marlin (*Tetrapturus audax*) resources in the northeast Pacific. A case for local depletion and core area management (DRAFT).
- Squire, J. L. & D. W. K. Au. 1990. Striped marlin in the northeast Pacific -A case for local depletion and core area management. *En*: Richard R. Stroud (ed.). Planning the future of billfishes. Research and management in the 90s and beyond. Proc. Of the second international Billfish Symp., Kailua-Kona, Hawaii, 1988. Part 2. Contributed Papers, p. 199-214.
- Talbot, G. B. & P. G. Wares. 1975. Fishery for billfish off southern California and México. *Amer. Fish. Soc., Trans.*, 104 (1): 1-12.
- Tintoré, J., S. Alonso, Dong-Ping Wang & E. García. 1991. Internal-inertial waves and cross-frontal circulation in the upper ocean. *Física de la Tierra*, 3: 331-350.

- Torres-Orozco, E. 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de maestría. Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada. México. 80 pp.
- Tran, A. V., J. Hyon, R. Evans, O. Brown & G. Feldman. 1993. Satellite-derived multichannel sea surface temperature and phytoplankton pigment concentration data: A CD-ROM set containing monthly mean distribution for global oceans USA_NASA_JPL_PODAAC_A001-A005, Jet Propulsion Laboratory.
- Trasviña A., D. Lluch-Cota, A. E. Filonov & A. Gallegos, 1999. Oceanografía y El Niño. In: Magaña, V.O. (Editor): Los Impactos de El Niño en México. Dirección General de Protección Civil. Secretaría de Gobernación (México): 69-102 pp.
- Trigueros-Salmerón, J. A. 1999. Variación espacio-temporal de la abundancia relativa del barrilete *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) en el Océano Pacífico Oriental, durante 1970-1995. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S. 122 pp.
- Trigueros-Salmerón, J. A. 2003. La influencia de algunas variables ambientales en la distribución y abundancia del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el noroeste del Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. México. 62 pp.
- Uda, M. 1957. A consideration on the long year trend of the fisheries fluctuation in relation to sea conditions. Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries, 23: 368-72.
- Uosaki, K. & W. H. Bayliff. 1999. A review of Japanese longline fisheries for tuna and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1988-1992. Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin, 21(6): 441-488.

Venables, W. N. & B. D. Ripley. 1994. Modern Applied Statistics with S-Plus. First Edition. Springer, 462pp.

Wang, C. & P. C. Fiedler. 2006. ENSO variability and the eastern tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography, 69: 239–266.

Windows Image Manager, 2003. Image Display & Analysis Program for Microsoft Windows with Special Features for Satellite Image. Versión 6.14.

Wyrтки, K. 1965. Surface currents of the eastern equatorial Pacific Ocean, Inter Am. Trop. Tuna Comm. Bull., IX: 269– 304.

Yáñez, E., F. Espíndola, P. Fréon, M. A. Barbieri & I. Guerrero. 1999. Estandarización de tasas de captura de pesquerías pelágicas de la zona norte de Chile durante 1987-92. Inves. Mar., Valparaíso, 27: 53-63.

(<http://www.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/Desastres/Fenomenoelnino/La%20Nina.htm>)

ANEXOS

ANEXO 1. Catastro de las embarcaciones que operaron en el área.

No.	Nombre	Año	E	M	P	Tn	Tb	Cb	Hp	AP
1	ALIANZA 2	64	40	8	4	151	297	140	850	2346
2	ALIANZA 4	62	54	9	4	244	439	285	750	1800
3	ALIANZA 5	62	49	9	4	179	336	220	1000	2427
4	ALIANZA 6	72	44	8	4	155	299	206	375	1790
5	ALIANZA 8	70	48	9	4	166	345	165	1100	1890
6	ALIANZA 10	71	49	9	4	199	374	199	1500	1044
7	COPEMAPRO 1-CHIDORI 76	70	44	8	4	151	299	230	1000	2200
8	COPEMAPRO 2-CHIDORI 88	72	45	8	4	141	284	220	1000	2442
9	COPEMAPRO 3	69	44	8	4	149	300	165	1000	2266
10	COPEMAPRO 4-CHIDORI 86	77	47	8	4	116	252	190	850	2429
11	COPEMAPRO 5-CHIDORI 7	79	47	8	4	116	252	190	1000	2418
12	COPEMAPRO 6	70	41	7	3	130	354	290	900	2247
13	COPEMAPRO 9	70	50	9	4	153	300	240	1300	1950
14	JUREL V	81	22	4	3	115	163	50	365	254
15	CALOMEX 1	64	38	7	4	111	237	50	700	1915
16	HOSYO 21	69	44	8	4	149	300	165	1000	2500
17	SHOICHI 1	70	41	7	3	130	354	290	900	2157
18	TIBURON 1	80	45	8	3	84	300	125	900	1232
19	TIBURON 2	82	45	8	3	83	300	120	900	1214
20	TIBURON 3	81	45	8	3	84	300	120	900	1266
21	TIBURON 4	82	45	8	3	83	300	120	900	1134
22	STA EIKYU 2	76	47	9	4	168	545	463	300	1790
23	SN PEDRITO 2	81	22	4	3	72	121	120	365	1394

Clave

Año: Año de construcción

E: Eslora

M: Manga

P: Puntal

Tn: Tonelaje neto

Tb: Tonelaje bruto

Cb: Capacidad de bodega

Hp: Potencia del motor

AP: Anzuelos promedio

ANEXO II. Mapas anuales de los lances de marlin rayado por categoría de embarcación.

