



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA
CPUEe DEL PEZ VELA (*Istiophorus
platypterus*) EN EL PACÍFICO MEXICANO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN**

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

FERNANDO ARIAS OLAIZ

LA PAZ, B.C.S., JUNIO DEL 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 12:00 horas del día 11 del mes de Octubre 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:

"DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CPUEe DEL PEZ VELA
(*Istiophorus platypterus*) EN EL PACÍFICO MEXICANO"

Presentada por el alumno:

ARIAS Apellido paterno	OLAIZ materno	FERNANDO nombre(s)							
Con registro: <table border="1"><tr><td>B</td><td>0</td><td>5</td><td>1</td><td>1</td><td>9</td><td>1</td></tr></table>			B	0	5	1	1	9	1
B	0	5	1	1	9	1			

Aspirante al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DRA. SOFIA ORTEGA GARCÍA

PRESIDENTE

DR. FELIPE GALVAN MAGAÑA

SECRETARIO

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

SEGUNDO VOCAL

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

TERCER VOCAL

DR. HERIBERTO SANTANA HERNÁNDEZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



L. P. N.
CICIMAR
DIRECCION



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

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 18 del mes Octubre del año 2007, el (la) que suscribe FERNANDO ARIAS OLAIZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B051191 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: "DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CPUE_e DEL PEZ VELA (*Istiophorus platypterus*) EN EL PACÍFICO MEXICANO" 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: fernando_arias_o@yahoo.com sortega@ipn.mx

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


FERNANDO ARIAS OLAIZ

nombre y firma

INDICE

INDICE	i
GLOSARIO	iii
RELACION DE FIGURAS	v
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	4
JUSTIFICACION	11
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS PARTICULARES	12
MATERIAL Y METODOS	13
Base de datos de captura y esfuerzo	13
Base de datos de variables ambientales y topografía	14
Análisis de la base de datos de captura y esfuerzo	14
Distribución espacio-temporal de la captura y el esfuerzo	16
Análisis de la <i>CPUEe</i>	16
Relación con las variables ambientales	18
Temperatura Superficial del Mar	18
Fase Lunar	19
Batimetría	19
Índice MEI	20
RESULTADOS	22
Distribución espacio temporal de la captura y el esfuerzo	22
Estandarización del esfuerzo	31
Caracterización de la flota	31
Estandarización temporal del esfuerzo	32
Distribución latitudinal de la <i>CPUEe</i>	34
Serie de tiempo <i>CPUEe</i>	34
Variaciones periódicas <i>CPUEe</i>	35

Variables ambientales -----	37
Temperatura superficial del mar -----	37
Fase lunar -----	41
Batimetría -----	43
Índice MEI -----	48
DISCUSION -----	50
CONCLUSIONES -----	59
RECOMENDACIONES -----	61
BIBLIOGRAFIA CITADA -----	62

GLOSARIO

Anomalía - Desviación del valor puntual de una variable y el promedio de la misma

Batimetría - Distancia representada en profundidad que existe entre la superficie y el fondo marino

Captura incidental - Captura de especies que no son el objetivo principal de la pesquería

CPUE - captura por unidad de esfuerzo, en este caso definida como número de organismos capturados por cada 1000 anzuelos utilizados

Capturabilidad - Cualidad de un arte de pesca para lograr la captura de una especie objetivo

Distribución espacial - Disposición geográfica de los componentes poblacionales en un área determinada

Distribución temporal - Disposición de los componentes de una población a lo largo del tiempo.

Éxito de pesca - captura obtenida por unidad de esfuerzo pesquero

Esfuerzo pesquero - Cantidad de presión pesquera ejercida durante un tiempo determinado en una zona determinada

Estandarización del esfuerzo - Proceso utilizado para homogeneizar las unidades de esfuerzo a una clase estándar designada

Fase lunar - resultantes visuales y de iluminación provocadas por la interacción entre los movimientos de la tierra, el sol y la luna con ciclos de 28 días.

“El Niño” - fenómeno climático, cíclico, que consiste en un cambio en los patrones de movimientos de las masas de aire provocando, en consecuencia, un retardo en la cinética de las corrientes marinas "normales", desencadenando el calentamiento de las aguas sudamericanas

“La Niña” - fenómeno que consiste en la presencia de aguas inusualmente frías en el Océano Pacífico Ecuatorial. Este fenómeno es la contraparte del fenómeno "El Niño", y ocurre cuando los vientos del este se intensifican por arriba de lo normal.

Índice de abundancia - medida cuantitativa de la densidad de una población referida regularmente a número de organismo o a la biomasa poblacional

Isoterma - línea que representa un valor igual o constante de temperatura en un mapa o cuadrícula de cantidades variables

Palangre - Arte de pesca de origen japonés que consta de una línea principal o línea madre de la que se derivan líneas secundarias con anzuelos

Porcentaje de efectividad de pesca - relación entre el número de lances efectuados y el número de lances que presentan captura

Surgencia - Fenómeno de afloramiento de aguas sub-superficiales frías, ricas en nutrientes, que substituyen a las aguas superficiales desplazadas por procesos eólicos

Termoclina - Capa del océano en donde se presenta una caída abrupta de la temperatura en relación con la superficie marina

RELACION DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio (Pacífico mexicano). -----	13
Figura 2. Transecto de la <i>CPUEe</i> para un año tipo en base al valor promedio en cuadrantes de 5° x 5°. -----	17
Figura 3. Número total de lances y número de lances con captura de pez vela, realizados por la flota palangrera mexicana en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996.-----	22
Figura 4. Distribución total de los lances de pesca y de aquellos en los que la flota tiburón obtuvo captura de pez vela en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996. -----	23
Figura 5. Distribución anual de los lances de pesca y los lances con captura de pez vela, realizados por la flota palangrera mexicana en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996. -----	24,26 y 26
Figura 6. Número de lances total y número de lances con captura de pez vela por mes realizados por la flota palangrera mexicana en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996.-----	27
Figura 7. Distribución mensual de los lances de pesca y los lances con captura de pez vela, realizados por la flota palangrera mexicana en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996. -----	28,29 y 30
Figura 8. Análisis de Cluster aplicado a las características físicas de los barcos de la flota palangrera mexicana. -----	31
Figura 9. Análisis discriminante aplicado a las características físicas de los barcos de la flota palangrera mexicana. -----	32
Figura 10. Distribución de frecuencias del esfuerzo pesquero aplicado durante el periodo 1983-1996 en el Pacífico mexicano.-----	33
Figura 11. Distribución del esfuerzo de pesca aplicado durante los dos periodos (1983-1990 y 1992-1996). -----	33
Figura 12. Distribución latitudinal de la abundancia relativa del pez vela (<i>CPUEe</i>) en un año tipo para el periodo 1983-1996.-----	34
Figura 13. Anomalías de <i>CPUEe</i> en el Pacífico mexicano (1983-1996). -----	35

Figura 14. Variaciones interanuales de la captura por unidad de esfuerzo estandarizada (<i>CPUEe</i>).-----	36
Figura 15. Variaciones intra-anales de la captura por unidad de esfuerzo estandarizada (<i>CPUEe</i>).-----	36
Figura 16. Distribución de frecuencias de los lances y de los lances con captura de pez vela para el periodo 1983-1996 asociados a cada intervalo de TSM. -----	37
Figura 17. Temperatura promedio asociada a la captura de pez vela y al esfuerzo por mes en un año tipo para el periodo 1983-1996. -----	38
Figura 18. a) Porcentaje de efectividad de captura de pez vela de la flota tiburón en el periodo 1983-1996, asociado a cada intervalo de TSM. b) <i>CPUEe</i> asociado a cada intervalo de TSM. -----	39
Figura 19. <i>CPUEe</i> y porcentaje de efectividad de captura de pez vela, asociados a cada intervalo de TSM durante el periodo 1983-1996. -----	40
Figura 20. Distribución latitudinal de la abundancia relativa del pez vela en un año tipo para el periodo 1983-1996 y su asociación con la TSM. -----	41
Figura 21. Frecuencia del número de lances totales y de los que presentaron captura de pez vela asociados a los diferentes intervalos de intensidad luminosa durante el periodo 1983-1996. -----	42
Figura 22. Dispersión de los datos de <i>CPUEe</i> en relación al porcentaje de intensidad luminosa. -----	42
Figura 23. <i>CPUEe</i> de pez vela asociado a los diferentes intervalos de intensidad luminosa. -----	43
Figura 24. Distribución de frecuencia de los lances totales y de los lances que presentaron captura de pez vela, asociados a los diferentes intervalos de profundidad. -----	44
Figura 25. Dispersión de los datos de <i>CPUEe</i> asociados a los diferentes intervalos de profundidad. -----	44
Figura 26. Batimetría asociada a los puntos geo-posicionados de esfuerzo de la flota tiburón-mar flota en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996. -----	45

Figura 27. Promedio de abundancia relativa del pez vela asociada a cada intervalo de profundidad durante el periodo 1983-1996. -----	46
Figura 28. Distribución de los lances realizados por la flota tiburón-mar flota durante el periodo 1983-1996, en los tres diferentes grupos de profundidad. -----	47
Figura 29. Zonificación de los lances en base a la <i>CPUEe</i> y la Batimetría. -----	48
Figura 30. Serie de tiempo del MEI y de <i>CPUEe</i> para el periodo 1983-1996. -----	48
Figura 31. Análisis porcentual de frecuencia de los intervalos del MEI asociados a cada intervalo de <i>CPUEe</i> . -----	49

RESUMEN

Una de las especies que suele ser capturada de manera incidental es el pez vela (*Istiophorus platypterus*), una especie importante tanto para la pesca comercial como para la deportiva. Con información de la captura incidental del pez vela registrada por los barcos palangreros que operaron en el Océano Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996. Se determinó la distribución espacio-temporal de la abundancia relativa de esta especie, así como su variabilidad interanual y estacional y su relación con variables ambientales como, temperatura superficial del mar, fase lunar, batimetría y MEI (Multivariate ENSO Index). La base de datos fue estandarizada debido a las diferencias en el esfuerzo pesquero en el periodo de estudio. Como indicador de la abundancia se utilizó la *CPUEe* definida como número de organismos capturados por 1000 anzuelos estandarizados. En el Océano Pacífico mexicano se encontraron áreas de alta abundancia de pez vela: la boca del Golfo de California (de Agosto a Enero) y el Golfo de Tehuantepec (durante todo año), presentando variaciones periódicas estadísticamente significativas tanto estacionales como interanuales. El porcentaje de efectividad de captura de pez vela y la abundancia relativa del mismo presenta una relación directamente proporcional con la TSM, la cual también presentó una relación estrecha con los patrones migratorios del pez vela en el Pacífico mexicano. Si bien no se encontraron diferencias significativas en los valores de *CPUEe* en relación a las diferentes fases lunares, si se observaron mayores valores de *CPUEe* durante $\frac{3}{4}$ y luna llena. En cuanto a la relación de la *CPUEe* y la batimetría se obtuvo que entre 0 y 2000 metros de profundidad la abundancia fue alta (zona costera), entre los 2000 y los 4000 metros fue baja (zona oceánica) y entre los 4000 y los 6000 metros aumentó considerablemente (fosas frente al Golfo de Tehuantepec). El análisis del índice ambiental mostró que a valores del MEI mayores a 1, la *CPUEe* disminuyó y a valores menores de -1, la *CPUEe* aumentó.

ABSTRACT

One of the species that is incidentally captured by the commercial fishery is the sailfish (*Istiophorus platypterus*), an important species in the sport-recreational and commercial fisheries. With the incidental catch information of sailfish by the long-line boats in the Eastern Pacific Ocean during 1983 to 1996, we determine the spatial-temporal distribution of this species, its interannual and seasonal variability, and its relation with the sea surface temperature, the phases of the moon, sea floor topography and MEI (Multivariate ENSO Index). The data base was standardized because of the differences of effort found in the period studied. The indicator of abundance used was *CPUEe*, defined as the number of organisms captured by 1000 standardized hooks. In the Mexican Pacific Ocean there are areas of importance in sailfish abundance; the entrance of The Gulf of California (during August to January) and the Gulf of Tehuantepec (during all the year), which have statistically significant seasonal and interannual periodic variations. The sailfish abundance and the fishing success shows a close relationship with the sea surface temperature, which also have a close relationship with the migration patterns of the species. No significant difference was found between the lunar phase and the *CPUEe*, but the analysis shows an apparent maximum of the *CPUEe* during the waxing and full moon. The relation between the *CPUEe* and the bathymetry shows that between 0 and 2000 meters depth the abundance was medium (The coastal zone), between 2000 and 4000 meters it was low (the oceanic zone), and between 4000 and 6000 meters it increased (the Gulf of Tehuantepec abyss). The ambient index shows that when the MEI was higher than 1 the *CPUEe* decreases and when the MEI value goes below -1 the *CPUEe* increases.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las especies comprendidas como recursos pesqueros pertenecientes a los picudos se pueden considerar como las de principal importancia, el pez vela (*Istiophorus platypterus*), el marlin (*Makaira nigricans*, *Tetrapturus audax* y *Makaira indica*) y el pez espada (*Xiphias gladius*) (Sosa-Nishisaki, 1998).

El término “picudo” ha sido aceptado ampliamente para denominar a los grandes peces de la familia Xiphiidae e Istiophoridae, caracterizados por tener la mandíbula superior extremadamente elongada, constituyendo un grupo de especies pelágicas altamente migratorias, distribuidas en las regiones tropicales de todos los océanos del mundo (Miyabe & Bayliff, 1987). Incluyen doce especies, cuatro géneros y dos familias (Nakamura, 1985).

El pez vela se caracteriza por tener un cuerpo en forma de torpedo comprimido lateralmente, alcanzando una longitud total hasta de 340 cm. Se reconoce fácilmente por tener la primera aleta dorsal en forma de vela, con una dimensión mayor que la altura del cuerpo; sus aletas pélvicas son muy largas pudiendo alcanzar el orificio anal (Nakamura, 1985).

Habita aguas en zonas tropicales y subtropicales de todos los océanos, presentando una distribución predominantemente costera. En el Pacífico Occidental se encuentra desde los 27° S hasta los 40° N. En el Pacífico Oriental la distribución está más restringida, aunque el recurso parece más abundante entre los 5° S y los 25° N (Joseph *et al.*, 1974 ; Squire, 1974).

Diferentes autores han descrito la presencia de una población importante de pez vela en el Océano Pacífico Oriental (OPO) a lo largo de la costa entre México y Ecuador, con un límite Norte en el área de la boca del Golfo de California (Kume & Joseph, 1969; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe & Bayliff, 1987; Nakano & Bayliff, 1992; Uosaki & Bayliff, 1999).

Particularmente en el Pacífico mexicano se han reportado dos zonas importantes de abundancia de pez vela, la primera comprende desde Bahía Magdalena, Baja California Sur hasta Bahía de Banderas, Nayarit y Jalisco, ocupando la zona conocida como boca del Golfo de California y la segunda al sur de México; en el Golfo de Tehuantepec y zonas adyacentes, aunque cabe mencionar que se tienen registros de su presencia dentro de toda la Zona Económica Exclusiva de México (ZEEM) (Guzmán-Arroyo & López-Ramos, 1986; Kume & Joseph, 1969; Shingu et al., 1974; Miyabe & Bayliff, 1987; Nakano & Bayliff, 1992; Uosaki & Bayliff, 1999).

Existen algunas condiciones y características que influyen directa o indirectamente sobre los organismos que habitan en el medio ambiente marino, tales condiciones van desde las propiedades oceánicas (temperatura, transparencia, salinidad, etc.), los procesos oceánicos (corrientes, surgencias, masas de aguas, etc.) a las relaciones bio-ecológicas (alimento, migraciones, áreas de reproducción, etc.) que de alguna u otra manera determinan su distribución y abundancia (Fuentes & 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). Sin embargo la información disponible en la actualidad permite profundizar en este tipo de estudios con la finalidad de entender el comportamiento del recurso respecto a las variantes condiciones del medio en que habita.

La pesquería de pez vela se caracteriza porque existen dos tipos de aprovechamiento: en forma comercial y deportiva. Dentro de la pesca deportiva

existen para el Pacífico mexicano aproximadamente 15,400 embarcaciones entre nacionales y extranjeras (Quezada, 1991), apoyados principalmente por los prestadores de servicios turísticos asociados a esta actividad. En cuanto a la pesca comercial para la ZEEM, se realiza con palangre de deriva, la cual tiene como objetivo la pesca de tiburón, siendo el pez vela considerado como captura incidental (Nakamura, 1985).

El pez vela es un recurso de suma importancia para México ya que en la pesca comercial representa cerca del 40% de las capturas totales y en cuanto a la pesca deportiva esta especie en la zona centro y sur del Pacífico mexicano ha representado siempre más del 50% de las capturas pudiendo llegar al 90% de ellas en los principales puertos. Es por esto que siendo un recurso tan importante en el Pacífico mexicano, no solo por el valor de su carne, sino por la generación de empleos directos e indirectos y la derrama económica producida por la pesca deportiva tanto a los prestadores de servicios en sí como a todo el sector turístico, se requiere un mayor esfuerzo en su estudio para ampliar el conocimiento del recurso.

ANTECEDENTES

El palangre fue desarrollado por los japoneses para la captura de pelágicos mayores como el atún, picudos y tiburones, los cuales se encuentran en un intervalo aproximado entre los 50 y 150 metros de profundidad (Santana- Hernández, 2001). Consta de una línea principal o línea madre, de la que se derivan líneas secundarias con anzuelos. Para su mejor localización e indicación marítima, se utilizan boyas con lámparas, banderolas, boyas forradas con malla de cabo y radio-boyas, las cuales son distribuidas estratégicamente a lo largo del palangre. La línea madre está construida de un material denominado cremona, material sintético derivado de cloruro de polivinilo (PVC) de alta resistencia y fácil manejo, con longitudes que pueden variar entre los 70 y 85 kilómetros (Santana-Hernández, 1989).

Durante la operación ésta línea se encuentra dividida en secciones de aproximadamente 250 a 300 metros, limitadas por “orinques” de 11 a 12 m. cuya función es sostener la línea madre con una boya de acrílico de 30 cm. de diámetro. Cada sección contiene por lo regular cinco reinales, aunque en algunos casos se utilizan seis por sección. Los anzuelos que se utilizan son tipo japonés del número 3.8, encarnados cada uno con macarela o lisa de 25 a 30 cm. Cada reinal esta constituido por un broche, gasa, línea, destorcedor, alambrada y anzuelo, dando una longitud total aproximada de 22 metros. El número total de anzuelos utilizados es variable entre 200 y 2500, aunque los estándares de número de anzuelos nos marcan de 1500 a 2500 (Santana-Hernández, 1989).

En la Zona Económica Exclusiva Mexicana (ZEEM), la pesca con palangre de deriva para la captura de pelágicos mayores se ha realizado con embarcaciones mayores con esloras de 40 metros o más y máquinas propulsoras con potencias superiores a los 900 Caballos de Fuerza (HP). Casi la totalidad de las maniobras de cubierta han sido sistematizadas con avances tecnológicos adecuados y cuentan con cuartos de congelación rápida, bodega de almacenamiento con temperaturas de -40 °C y capacidades de 120 a 200 toneladas. La autonomía de las embarcaciones

mexicanas es aproximadamente de 50 días o bien de 1000 horas efectivas. (Santana-Hernández, 1989)

En viajes de duración de entre 30 y 40 días se observa un promedio de entre 23 y 35 lances de pesca, dependiendo de las condiciones climáticas y la captura. El prototipo del sistema de conservación utilizado en estos barcos consta de tres etapas: La primera etapa es el eviscerado de los organismos capturados, la segunda etapa es la congelación rápida, con una duración aproximada de 6 horas y por último el almacenamiento en compartimentos de la bodega principal que permiten la separación de las especies capturadas y donde permanecerán hasta su descarga en puerto (Nakamura, 1985).

La tripulación de estas embarcaciones se integra normalmente por 20 personas con diferentes grados de responsabilidad, siendo estos: un patrón pescador (capitán), dos oficiales de navegación, un jefe y dos oficiales de maquinas, un oficial de cubierta (contraestre), un oficial de cocina y doce marineros. El tiempo estimado por cada lance se distribuye de la siguiente manera: calado del palangre (4-5 horas), deriva del palangre (6-8 horas), cobrado del palangre (8-12 horas) y la exploración de nuevas áreas de pesca o deriva del barco (2-6 horas) (Polanco *et al.*, 1987).

En cuanto a la selectividad del palangre, no se encuentra una gran diferencia entre los diferentes tipos de anzuelos, relacionado con los diferentes tamaños de los organismos capturados. Dentro de las maneras de mantener la selectividad del arte de pesca es la profundidad a la que se coloca el anzuelo, las zonas de pesca, las estaciones del año y las condiciones ambientales en las que se aplica la pesca, pero como el factor mas determinante en cuanto a la selectividad del palangre, se puede mencionar las diferentes especies de carnada utilizada en las operaciones como es la lebrancha (*Mugil curema*) y la macarela (*Scomber japonicus*) (Kikawa, 1972; Santana-Hernández, 2001).

La pesca comercial con palangre de “peces picudos” (pez vela, marlin y pez espada) en el margen occidental del Océano Pacífico se inició a partir de 1956, especialmente en aguas ecuatoriales, extendiéndose posteriormente hacia el norte y sur e incrementándose el esfuerzo considerablemente hasta la década de los 70’s (Kume & Joseph, 1969; Shingu *et al.*, 1974; Miyabe & Bayliff, 1987).

En 1976 el Gobierno Mexicano decretó la ZEEM como las 200 millas náuticas a partir de la línea de costa, y promovió que la explotación comercial de los recursos en esta área se realizara principalmente por empresas mexicanas, restringiendo en gran medida la operación de la flota palangrera internacional dedicada a la pesca de picudos (Breadsley *et al.*, 1975; Kume & Joseph, 1969). Como consecuencia de esto, México desarrolló su pesquería palangrera, a la cuál en el año de 1983 por conflictos con la pesca deportiva se le prohibió pescar dentro de una franja de 50 millas náuticas a lo largo de la costa y para 1987, se establecieron dos zonas de protección para la reproducción de picudos, una situada en la boca del Golfo de California y la otra en el Golfo de Tehuantepec (Breadsley *et al.*, 1975; Kume & Joseph, 1969).

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 con base en las áreas de reproducción. 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 SEPESCA canceló los permisos de pesca con palangre enfocados a la pesca de picudos (INP, 2000). En el programa de pesca y acuacultura 1995-2000, se señala que se deben de hacer más esfuerzos para fortalecer un marco normativo que fomente la pesca deportiva en armonía con otros tipos de pesquerías y con la conservación del medio ambiente. En 1994 la Norma Oficial Mexicana (NOM-107-PESC-1994) reguló las actividades de pesca deportivo recreativa estableciendo límites máximos de captura, reglamentó las artes de pesca y los permisos para la pesca deportiva.

La distribución del pez vela en el Océano Pacífico Oriental ha sido descrita en varios trabajos con información de las capturas de la flota palangrera japonesa que operó durante 1971-1980, 1981-1987 y 1988-1992 (Miyabe & Bayliff, 1987; Nakano & Bayliff, 1992; Uosaki & Bayliff, 1999), en ellos se analizó la distribución espacio-temporal de la captura, esfuerzo y tasas de captura de atunes y picudos capturados por la flota palangrera japonesa respectivamente, reconociendo dos principales zonas de abundancia en el Pacífico mexicano, el sur de la península de California y frente a las costas del sur de México con los valores más elevados de captura en el primer y cuarto trimestre del año.

Osuna-Flores (1991), en un análisis específico para la ZEEEM con información digitalizada del trabajo de Miyabe & Bayliff (1987) y de reportes de la Agencia de Pesquerías del Japón, determinó que el pez vela ha presentado su abundancia más alta en el Golfo de Tehuantepec, la cual tiende a disminuir hacia el Noroeste.

Macias-Zamora (1993) en un análisis de información de torneos de pesca deportiva en el Pacífico mexicano, menciona que la abundancia del pez vela presentó dos periodos con tendencias diferentes, el primero de 1954 a 1976, en donde la *CPUE* presentó un decremento sostenido que va de 1.33 a 0.67 organismos por unidad de esfuerzo y el segundo a partir de 1976, mencionando que con el establecimiento de la ZEEEM se apreció una estabilización de la *CPUE*, presentando ligeras oscilaciones con una tendencia positiva en su pendiente.

Macias-Zamora *et al.* (1994) al analizar la captura de pez vela en el Pacífico mexicano para el periodo 1980-1990, con información de pesca comercial, encuentran que los valores de captura incidental de pez vela de la flota palangrera mexicana estuvieron entre el 35% y el 50 % de la captura total, donde la boca del Golfo de California presentó abundancias elevadas durante la segunda mitad del año y el Golfo de Tehuantepec con abundancias altas del recurso durante todo el año, siendo esta segunda zona, la más importante en el Pacífico mexicano en cuanto a la presencia del pez vela.

Santana-Hernández (2001), hace un análisis de las capturas de los barcos palangreros de la flota tiburón en el Pacífico mexicano y encontró una reducción espacio-temporal del esfuerzo pesquero a partir de 1987, concentrado éste principalmente en el Golfo de Tehuantepec y la boca del Golfo de California.

La influencia que la temperatura superficial del mar (TSM) tiene en la distribución y abundancia del pez vela ha sido analizada en algunos estudios: Kume & Joseph (1969), mencionan que las migraciones del pez vela están asociadas al desplazamiento de la isoterma de los 21°C.

Macías-Zamora (1993), reporta una correlación positiva y significativa entre la captura por unidad de esfuerzo y la TSM, en torneos de pesca deportiva de pez vela, realizados en Manzanillo Col., México.

Macias-Zamora *et al.*, (1994) al relacionar la captura de pez vela y la temperatura superficial del mar en el Pacífico mexicano para el periodo 1980-1990, con información de pesca comercial menciona que las mayores abundancias para la boca del Golfo de California se presentaron cuando la temperatura se encontraba por encima de los 27 °C y el Golfo de Tehuantepec presentó abundancias elevadas durante todo el año ya que en esta zona la TSM no disminuye mas a menos de los 25.5 °C (Ortega-García *et al.*, 2007).

Santana-Hernández (2001) al relacionar la *CPUE* de algunas especies de pico (pez vela, marlin rayado y pez espada) con la temperatura superficial del mar, encontró al igual que Breadsley *et al.* (1975), que el pez vela fue la especie que presentó una mayor relación con temperaturas cálidas, principalmente mayores a 27 °C.

Para el Golfo de Tehuantepec, Martínez-Rincón (2005) menciona que las mayores concentraciones de pez vela se presentaron en temperaturas superiores a los 28 °C, registrando las tasas de captura más altas de mayo a agosto.

Arias-Olaíz (2005), al analizar las capturas de pez vela de la flota palangrera mexicana en la zona de la boca del Golfo de California, encontró que éstas son mayores en la segunda mitad del año, principalmente a temperaturas mayores a los 27 °C, y afirmó que la isoterma de los 21 °C es la frontera de distribución del pez vela.

Tomando en cuenta el efecto que la TSM tiene en la distribución y abundancia de esta especie, es de esperarse que eventos como El Niño y La Niña puedan influir en estos aspectos. Halpern (1983) y Fisher *et al.* (1995), mencionan que estos eventos son de gran importancia para las variaciones interanuales en las abundancias de pez vela.

Jiménez-Quiroz *et al.* (2006), con información de la flota palangrera de bandera mexicana que operó durante el periodo 1985-1989, encontraron que los valores de *CPUE* del pez vela en el Pacífico mexicano fueron mayores durante eventos fríos o eventos “La Niña” que los registrados durante los eventos cálidos o eventos “El Niño”.

Macias-Zamora (2006) al analizar las capturas de los torneos de pesca que se llevaron a cabo en el puerto de Manzanillo, Colima, México entre 1954 y 2001, reportó que existe una relación directa entre el Índice Multivariado ENSO (MEI) y la *CPUE* de pez vela principalmente para los torneos realizados a partir del año de 1976, así también como una relación positiva entre el MEI y las medidas en tallas y pesos promedio de los organismos capturados.

Pallares y Garcia-Marmolar (1988) realizaron un análisis sobre el éxito de las capturas en la flota atunera española y el efecto de la luna sobre este, donde encontraron que cambios en captura, capturabilidad y abundancia de los pelágicos mayores, pueden explicarse con cambios en la intensidad luminosa.

Draganik *et al.* (1987), Moreno *et al.* (1991) y Damalas *et al.* (2005) mencionan que a valores de entre 60% y 75% de intensidad luminosa los valores de *CPUE* de pez espada son mayores. Ponce-Díaz *et al.* (2003) al analizar la influencia de la fase lunar con los valores de *CPUE* del marlin rayado capturado por la flota deportiva que opera en Los Cabos Baja California Sur, México determinaron que cuando la luna se encontraba en $\frac{3}{4}$ de intensidad luminosa la *CPUE* fue mayor.

El efecto que la batimetría del fondo marino puede tener en las concentraciones de los pelágicos mayores ha sido referido en varios estudios, Shapiro (1950) menciona que el conocimiento de las corrientes y de la presencia de arrecifes, bajos e islas ha sido de gran importancia para que los pescadores japoneses localicen cardúmenes de atunes y otros peces como los picudos. Laurs *et al.* (1984) y Galvan-Magaña (1988) mencionan que las altas abundancias y agregaciones de pelágicos mayores en las zonas de bajos, islas y montañas submarinas se deben a que son zonas de enriquecimiento y concentración de alimento, además de ser también zonas importantes de reproducción para estos organismos.

JUSTIFICACIÓN

Los estudios que se han llevado a cabo sobre distribución y abundancia relativa del pez vela en el Océano Pacífico Oriental son escasos, y en la mayoría de ellos se ha utilizado información de la flota japonesa, la cual operó hasta mediados de la década de los 70's de manera exhaustiva en esta área y particularmente en el Pacífico mexicano.

Dado que el pez vela junto con otras especies de pico, constituyen un recurso importante para la pesca deportiva de nuestro país, por la derrama económica que éstos representan en el sector turístico y por los beneficios indirectos hacia los prestadores de este servicio y comercios afines, se requiere un mayor esfuerzo enfocado a su estudio, que permita ampliar el conocimiento de este recurso.

En la actualidad se cuenta con información de variables ambientales que permiten llevar a cabo análisis del efecto que estas tienen sobre la distribución y abundancia del recurso. Por lo que en este estudio se pretende establecer la relación que guardan el comportamiento de las tasas de capturas con las variables ambientales como: la temperatura superficial del mar, fase lunar, batimetría, y el "MEI" (Multivariate ENSO Index)

OBJETIVO GENERAL

Determinar la variación espacio-temporal de la *CPUEe* del Pez Vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996, así como su efecto asociado a la temperatura superficial del mar, fase lunar, batimetría e índice multivariado de El Niño Oscilación del Sur.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar la distribución espacio-temporal de la *CPUEe* del pez vela (*Istiophorus platypterus*) capturado por la flota palangrera (tiburón-Mar flota) en el Pacífico mexicano.
- Encontrar si existen diferencias significativas interanuales e intra-
anuales de los valores de *CPUEe*.
- Determinar la relación entre la *CPUEe* y las variables ambientales tales como TSM, fase lunar, batimetría y el MEI.

MATERIAL Y MÉTODOS

BASE DE DATOS DE CAPTURA Y ESFUERZO

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron los registros de las bitácoras de pesca de los barcos de la flota tiburón (posteriormente llamada mar-flota) que operaron en el Pacífico mexicano (Figura 1), el cual se define para este trabajo de los 35° a los 5° de latitud Norte y de los 120° a los 90° de longitud Oeste, durante el periodo 1983-1996. De estas bitácoras se obtuvo información de la posición geográfica de los lances (latitud y longitud), el número de anzuelos utilizados en cada lance, la fecha y el número de peces vela capturados incidentalmente. Un total de 2408 lances fueron registrados en el área de estudio para el periodo de 1983-1996, mismos que se organizaron en una hoja de cálculo de un software comercial (Microsoft Excel, 2002).

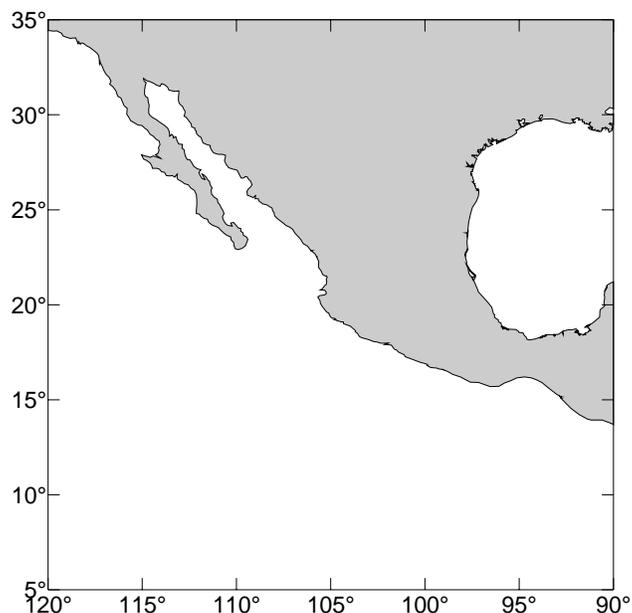


Figura 1 Mapa del área de estudio (Pacífico mexicano).

BASE DE DATOS DE VARIABLES AMBIENTALES Y TOPOGRAFÍA

La información de temperatura superficial del mar utilizada, fue derivada del procesamiento de imágenes de satélite del sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), con una resolución de 4 Km., las cuales fueron procesadas mediante el software comercial Windows Image Manager (Kahru, 2005).

Los valores diarios de intensidad de luz se obtuvieron de las bases de datos proporcionadas por el departamento de aplicaciones astronómicas del USNO (United States Naval Observatory).

La topografía del área de estudio se obtuvo de la información disponible del paquete Windows Image Manager (Kahru, 2005) con una resolución espacial de dos minutos cuadrados y fue graficada mediante el uso de un software comercial (Surfer 8.0)

Con el fin de evidenciar el efecto que han ejercido los diferentes eventos interanuales en la *CPUE* del pez vela, se utilizó el índice MEI para el periodo de estudio. Esta información se obtuvo de los datos disponibles en Internet por la NOAA Climate Diagnostics Center (www.cdc.noaa.gov).

ANÁLISIS DE LA BASE DE DATOS DE CAPTURA Y ESFUERZO

La base de datos ha sido depurada, geo-posicionando los puntos con la ayuda de un software comercial (Golden Software, 2002), de tal forma que se pudieran detectar errores en la captura de la información.

Considerando estudios previos y como una forma de poder hacer comparativos los resultados, la $CPUE_n$ fue definida como el número de organismos capturados por cada 1000 anzuelos utilizados;

$$CPUE_n = \frac{\sum_{i=1}^n c * (1000)}{\sum_{i=1}^n f}$$

donde:

$CPUE_n$ = tasa de captura (número de organismos capturados por cada 1000 anzuelos)

c = número de organismos

f = número de anzuelos

i = número de operaciones de pesca durante el mes, trimestre o año.

Como análisis previo a la estandarización del esfuerzo pesquero se aplicaron técnicas estadísticas multivariadas (análisis de cluster y análisis discriminante) a la matriz de las características físicas de las embarcaciones que integraban la flota palangrera mexicana, con lo que se descartó la necesidad de llevar a cabo una estandarización del esfuerzo pesquero entre las diferentes embarcaciones de la flota tiburón ya que estas no presentaban diferencias significativas entre ellas. Sin embargo dado que en el análisis exploratorio de la distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca, se observó que la flota operó de manera exhaustiva para los años 1983-1990, disminuyendo considerablemente el esfuerzo pesquero para el periodo 1991-1996, se consideró necesario la estandarización del esfuerzo de pesca entre periodos por las diferencias significativas encontradas entre estos ($H_{(1,2408)}=16.18687; p<0.05$). La estandarización se llevó a cabo de la siguiente manera:

$$CPUE_{es} = mediana(CPUE_{n_2})$$

$$PP_1 = \frac{mediana(CPUE_{n_1})}{CPUE_{es}}$$

$$PP_2 = \frac{\text{mediana}(CPUE_{n_2})}{CPUE_{es}}$$

$$fe = f \times PP_i$$

$$CPUEe = \frac{(1000 \times fe)}{pv}$$

Donde:

$CPUE_{es}$ = mediana de la CPUE del periodo designado como estándar (periodo 2)

$CPUE_{n_{1,2}}$ = mediana de CPUE del periodo i

PP_i = poder de pesca del periodo i

f = esfuerzo nominal

fe = esfuerzo estandarizado

pv = número de organismos (pez vela) capturados

$CPUEe$ = captura por unidad de esfuerzo estandarizado

DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CAPTURA Y EL ESFUERZO

Con el objetivo de representar gráficamente la distribución espacio-temporal de las operaciones de pesca de la flota palangrera y observar la variabilidad inter e intra-anual, se elaboraron mapas de distribución total, mensual y anual con la posición geográfica de los lances e indicando aquellos en los que se obtuvo pesca incidental de pez vela.

ANÁLISIS DE LA CPUEe

El análisis de la abundancia relativa del pez vela se llevó a cabo en tres partes, la primera consta de un análisis de las variaciones latitudinales en un año

tipo, la segunda en el análisis de la serie de tiempo 1983-1996 y la tercera en el análisis de los cambios inter e intra-anales de la *CPUEe*.

Debido a que la variación espacio-temporal del pez vela es principalmente latitudinal, se realizó un análisis de distribución latitudinal de la abundancia relativa del pez vela a lo largo de un año tipo, para lo que se determinó la *CPUEe* promedio mensual por cuadrantes de $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ para todo el periodo de estudio, los valores resultantes se promediaron perpendicularmente al transecto que se trazó en el área de estudio con un ángulo de 135° con respecto al eje de las x en un plano cartesiano que va del punto superior (30° N ; 115° W) al punto inferior (5° N ; 90° W) con el motivo de eliminar la variación longitudinal y dejar solamente para analizar la variación latitudinal de la *CPUEe* como se muestra en la figura 2.

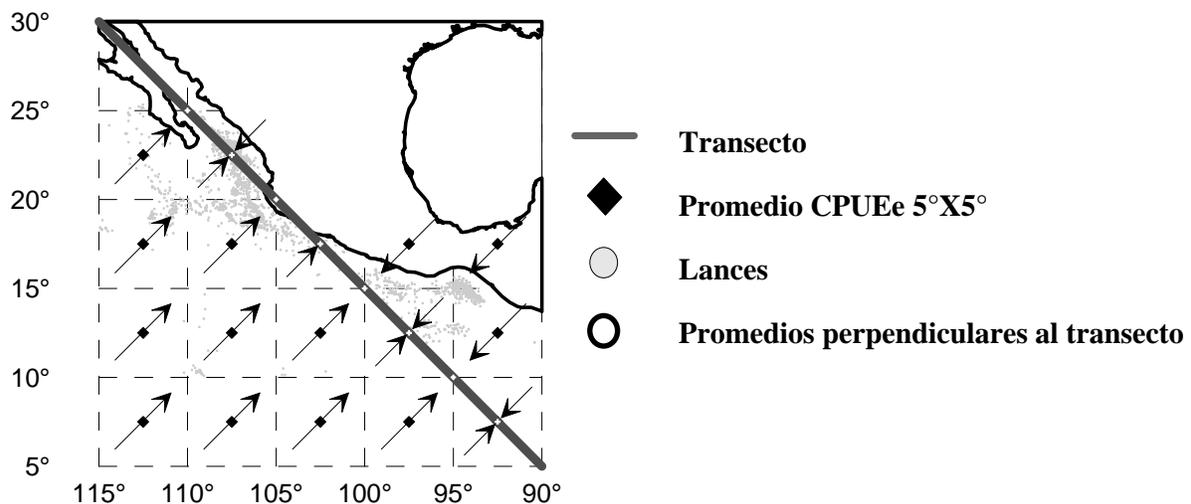


Figura 2. Transecto de la *CPUEe* para un año tipo en base al valor promedio en cuadrantes de $5^{\circ} \times 5^{\circ}$.

Una vez determinada la matriz con los valores de *CPUEe* promedio mensual a las diferentes latitudes, se realizó una interpolación lineal para la representación gráfica de los movimientos latitudinales de la abundancia relativa del pez vela en un año tipo.

El análisis de la serie de tiempo se encuentra representado por dos valores, el primero se refiere a las anomalías estandarizadas mensuales de los valores de *CPUEe*, valores que fueron obtenidos de la siguiente manera:

$$anomalía = \frac{\text{promedio mensual de } CPUEe - \text{media mensual del año tipo}}{\text{desviación estandar mensual del año tipo}}$$

Debido a que las pruebas de normalidad y homocedasticidad de la información fueron rechazadas (K-S $d=.25223$, $p<.01$; B=729.73, $p<.01$), para determinar si existían diferencias intra-anales (meses y trimestres) así como interanuales en la *CPUEe*, se aplicó un análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

RELACIÓN CON LAS VARIABLES AMBIENTALES

Temperatura Superficial del Mar

Para determinar el comportamiento de la TSM asociada a los lances efectivos y totales por área de un grado, se realizó un histograma de frecuencias, para posteriormente calcular el porcentaje de efectividad de pesca a las diferentes temperaturas determinado por:

$$\%efectividad = \frac{\# \text{ de lances efectivos}}{\# \text{ de lances realizados}} \times 100$$

En un año tipo se graficaron los promedios mensuales de temperatura tanto para los lances realizados como para los lances en los que se presentó captura de pez vela con dos fines, el primero para ver las variaciones interanuales de TSM a lo largo del año, y el segundo para ver si existían diferencia entre las zonas de pesca y aquellas donde se capturó el pez vela.

Para ver la relación entre la TSM y la abundancia relativa del recurso, se promediaron los valores de *CPUEe* para cada intervalo de un grado de TSM con el fin de observar el comportamiento y el grado de correlación de estas dos variables.

Con el fin de establecer una posible relación entre los movimientos latitudinales de la abundancia relativa del pez vela y la TSM se obtuvieron los valores promedio mensuales de TSM para un año tipo, siguiendo la metodología antes mencionada para la distribución latitudinal de la *CPUEe*. Los valores de TSM obtenidos se graficaron como isolíneas de temperatura entre el intervalo de los 16 °C a los 31 °C sobre el mapa de distribución latitudinal de la abundancia relativa del pez vela en un año tipo.

Fase Lunar

Para el análisis de la fase lunar primero se llevó a cabo una distribución de frecuencia de los lances totales y de los lances con captura de pez vela para los 10 diferentes intervalos de intensidad luminosa (valores entre 0 y 1) con el fin de ver el comportamiento de los datos en los diferentes tiempos del ciclo lunar, así como una gráfica de dispersión entre los valores de *CPUEe* y la intensidad luminosa.

Tomando en cuenta el porcentaje de luminosidad, el periodo de fase lunar se dividió en 5 intervalos: luna nueva (de 0 a 0.2), cuarto (de 0.2 a 0.4), luna media (de 0.4 a 0.6), tres cuartos (de 0.6 a 0.8) y luna llena (de 0.8 a 1), una vez realizada la asignación se llevó a cabo un análisis de Kruskal-Wallis para determinar si existían diferencias significativas de *CPUEe* entre las diferentes fases lunares.

Batimetría

Para el análisis de la relación entre la *CPUEe* y la topografía del suelo marino, primero se llevó a cabo una distribución de frecuencia de los lances totales y de los

lances con captura de pez vela para los diferentes intervalos de profundidad (de 0 a 6000 metros de profundidad con una amplitud de 500 metros por intervalo).

Con el fin de hacer una representación gráfica de la distribución espacial de los lances, se geoposicionaron todos los lances a nivel superficial en un mapa de batimetría del área de estudio y se llevaron al fondo para ver la asociación de estos con el fondo marino.

Con la finalidad de determinar una posible tendencia entre la *CPUEe* promedio y la topografía, se calculó la *CPUEe* promedio a los diferentes intervalos de profundidad (cada 500 metros), estos promedios se agruparon en tres categorías: lances someros (de 0 a 2000 metros), lances oceánicos (de 2000 a 4000 metros) y lances abismales (de 4000 a 6000 metros). Una vez separados los tres grupos se realizaron mapas de distribución de los lances para cada uno de los grupos y por medio de una interpolación se realizó un mapa del área de estudio separando las tres zonas. Para determinar si había diferencia significativa en la *CPUEe* promedio por tipo de lance (somero, oceánico y abismal) se aplicó un análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

Índice MEI

Para el análisis de la *CPUEe* con el índice del MEI se aplicó la siguiente metodología que consistió en el análisis de la serie de tiempo y el análisis porcentual de los intervalos de los índices ambientales, asociados a los intervalos de abundancia relativa de pez vela.

Para el análisis de la serie de tiempo, se graficaron las anomalías estandarizadas suavizadas por promedios móviles, tanto del índice como de la *CPUEe*.

Para el análisis porcentual, primero se determinaron intervalos considerando los valores mínimos y máximos de cada variable: para el MEI (>1 ; 1 a 0; 0 a -1; <-1) y para la *CPUEe* (0-20; 20-40; 40-60; 60-80; 80-100; 100-120; 120-150; >150). Una vez que se tenían delimitados los intervalos se obtuvieron las frecuencias porcentuales con su correspondiente gráfica.

RESULTADOS

Distribución espacio-temporal de captura y esfuerzo

El número total de lances efectuados por la flota palangrera mexicana en el Pacífico mexicano durante el periodo analizado fue de 2408 lances, registrando captura de pez vela en el 70% de ellos. El mayor esfuerzo pesquero se ejerció durante el periodo 1983-1990 con 2059 lances y el menor se presentó en el periodo 1991-1996 con 349 lances únicamente (Fig.3).

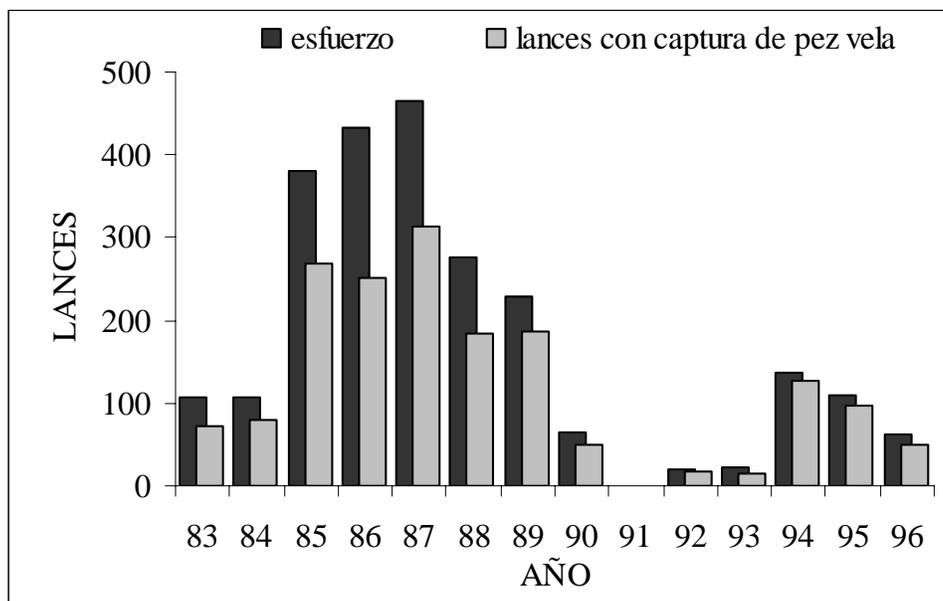


Figura 3. Número total de lances y número de lances con captura de pez vela, realizados por la flota palangrera mexicana en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996.

La distribución espacial de los lances de pesca realizados por la flota palangrera mexicana durante el periodo 1983-1996 se presenta en la figura 4. Como puede observarse, la flota palangrera operó a lo largo de todo el Pacífico mexicano en dos principales zonas de operación, una en la boca del Golfo de California la cual se extiende hasta la parte sur de Bahía de Banderas, Jalisco y la segunda zona se encuentra en el Golfo de Tehuantepec. En la misma figura, se puede observar que

los lances con captura de pez vela también se encontraron distribuidos a lo largo de todo el Pacífico mexicano.

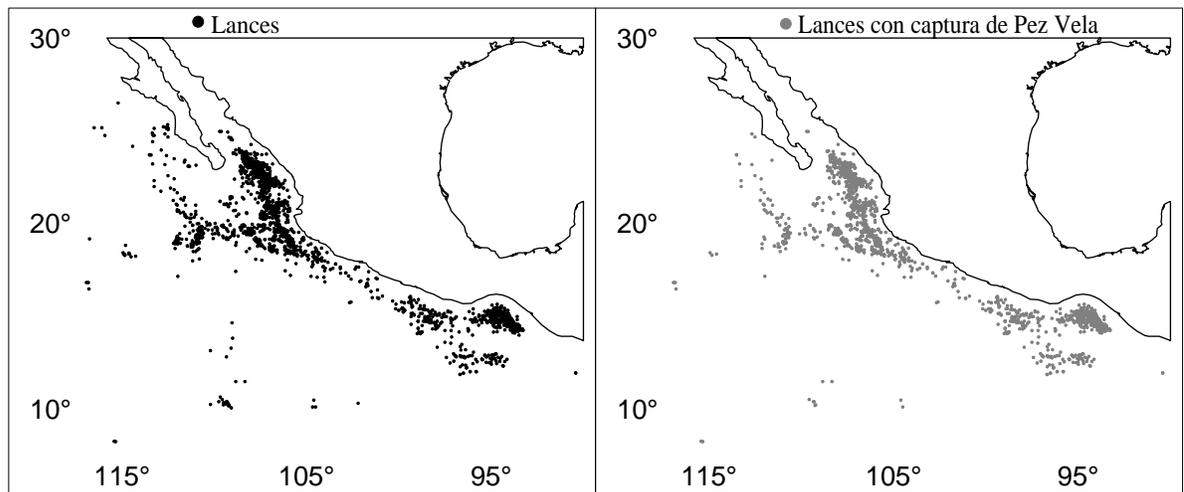


Figura 4. Distribución total de los lances de pesca y de aquellos en los que la flota tiburón obtuvo captura de pez vela en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996.

La distribución interanual de los lances y de aquellos en los que se obtuvo captura de pez vela se muestran en la figura 5. En ella se puede observar una mayor actividad de la flota en la primera parte del periodo de estudio (1983-1989), con una distribución a lo largo de todo el pacífico, particularmente de 1984 a 1988, periodo durante el cual la flota registró una mayor cobertura de operación. Durante el periodo 1990-1996, se detectó una fuerte disminución del esfuerzo pesquero principalmente entre 1992-1993, cuando solamente se aplicó esfuerzo en la boca del Golfo de California, igual que en 1995. Durante el año 1991 no se registró ningún lance. En cuanto a las capturas que se observaron durante todo el periodo de estudio (1983-1996), en la gran mayoría de las zonas en donde se llevó acabo esfuerzo pesquero se obtuvieron capturas de pez vela.

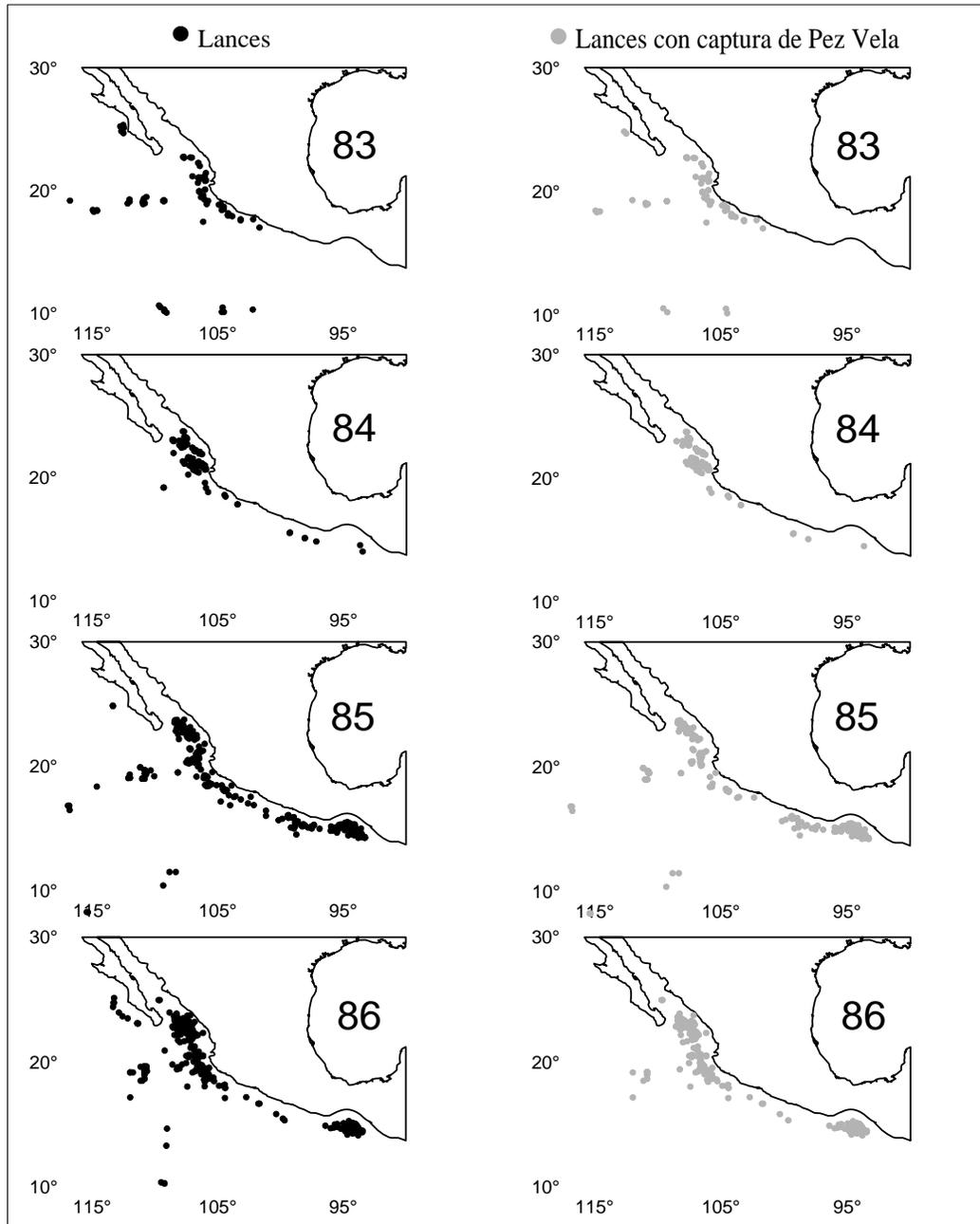
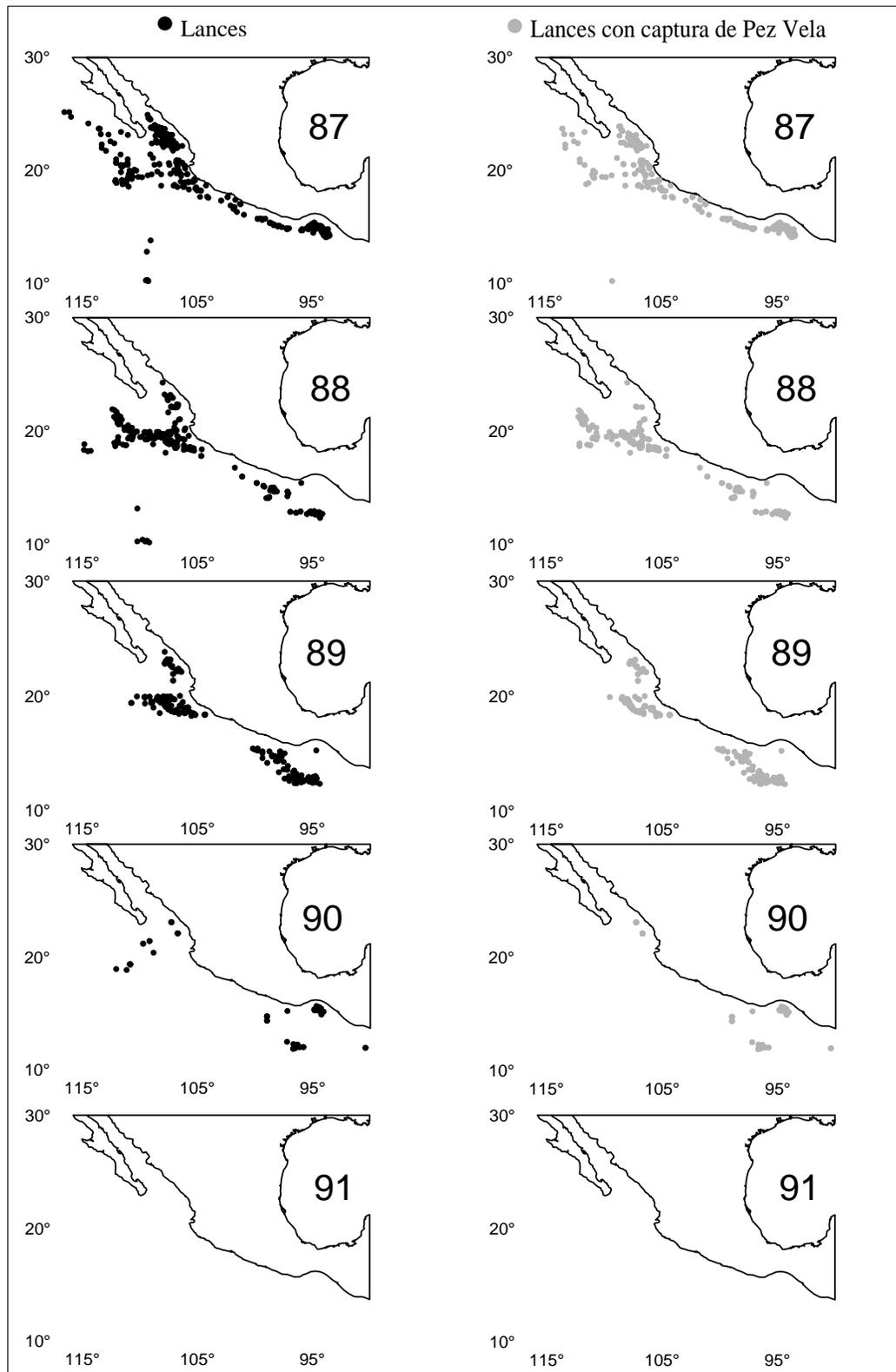
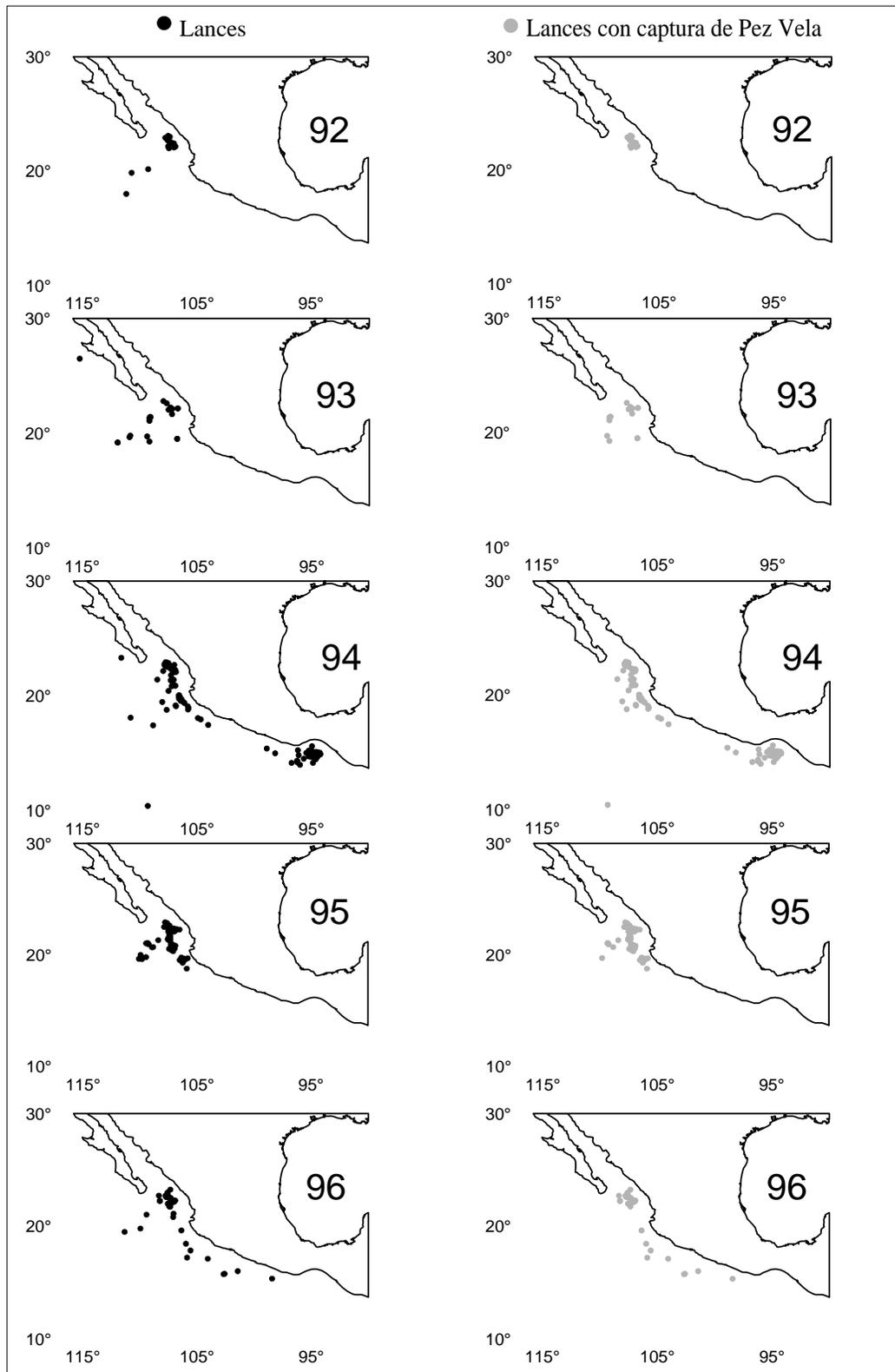


Figura 5. Distribución anual de los lances de pesca y los lances con captura de pez vela, realizados por la flota palangrera mexicana en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996.



Continuación Figura 5



Continuación Figura 5

En la figura 6 se observa la frecuencia mensual de lances totales y de los que presentaron captura de pez vela, registrándose un esfuerzo de pesca mayor en los meses de febrero, marzo, mayo y diciembre con 1162 lances que corresponden al 48% y el esfuerzo menor en los meses de abril, y julio con 157 lances (6.5%). Respecto a los lances exitosos, es decir aquellos en los que hubo captura de pez vela, el mes de mayo fue el que registró un valor mayor manteniéndose a lo largo del año en un intervalo de entre 100 y 230 lances exitosos.

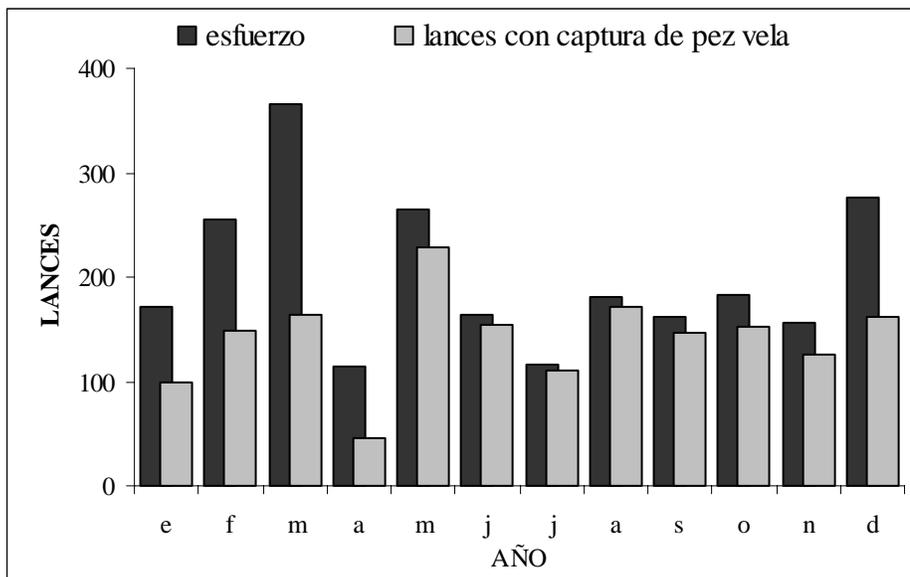


Figura 6. Número de lances total y número de lances con captura de pez vela por mes realizados por la flota palangrera mexicana en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996.

La distribución mensual para un año tipo de los lances exitosos y no exitosos se presentan en la figura 7, en donde se observa una alta variabilidad espacial en la aplicación del esfuerzo de pesca: de enero a mayo se encuentra distribuido a lo largo de todo el Pacífico mexicano, de junio a agosto no hubo registro de esfuerzo en la parte media de ésta zona, concentrándose en las zonas de la boca del Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec. Durante septiembre y octubre la flota disminuyó sus operaciones en el Golfo de Tehuantepec, intensificando el esfuerzo en los meses de noviembre y diciembre en la boca del Golfo de California.

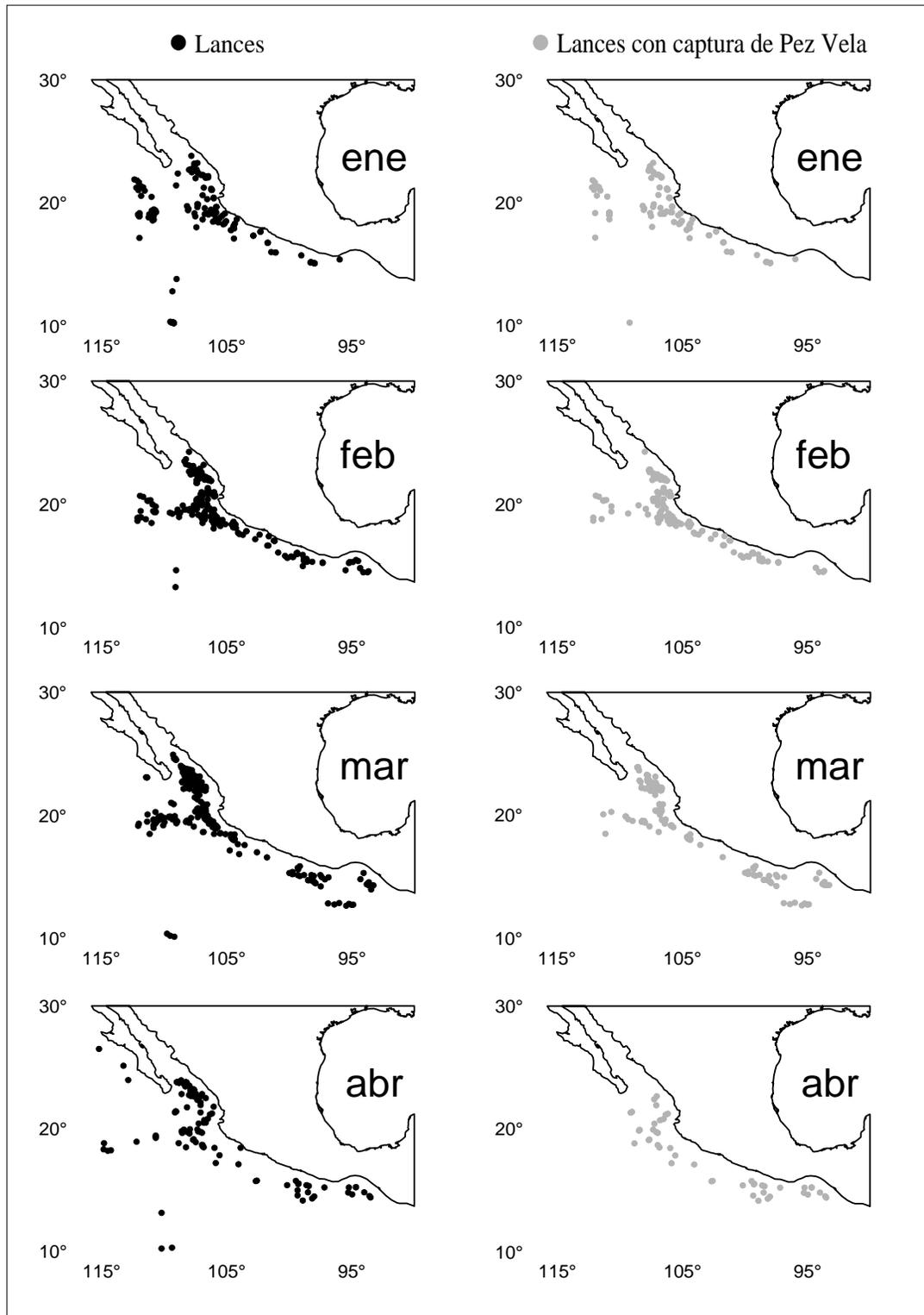
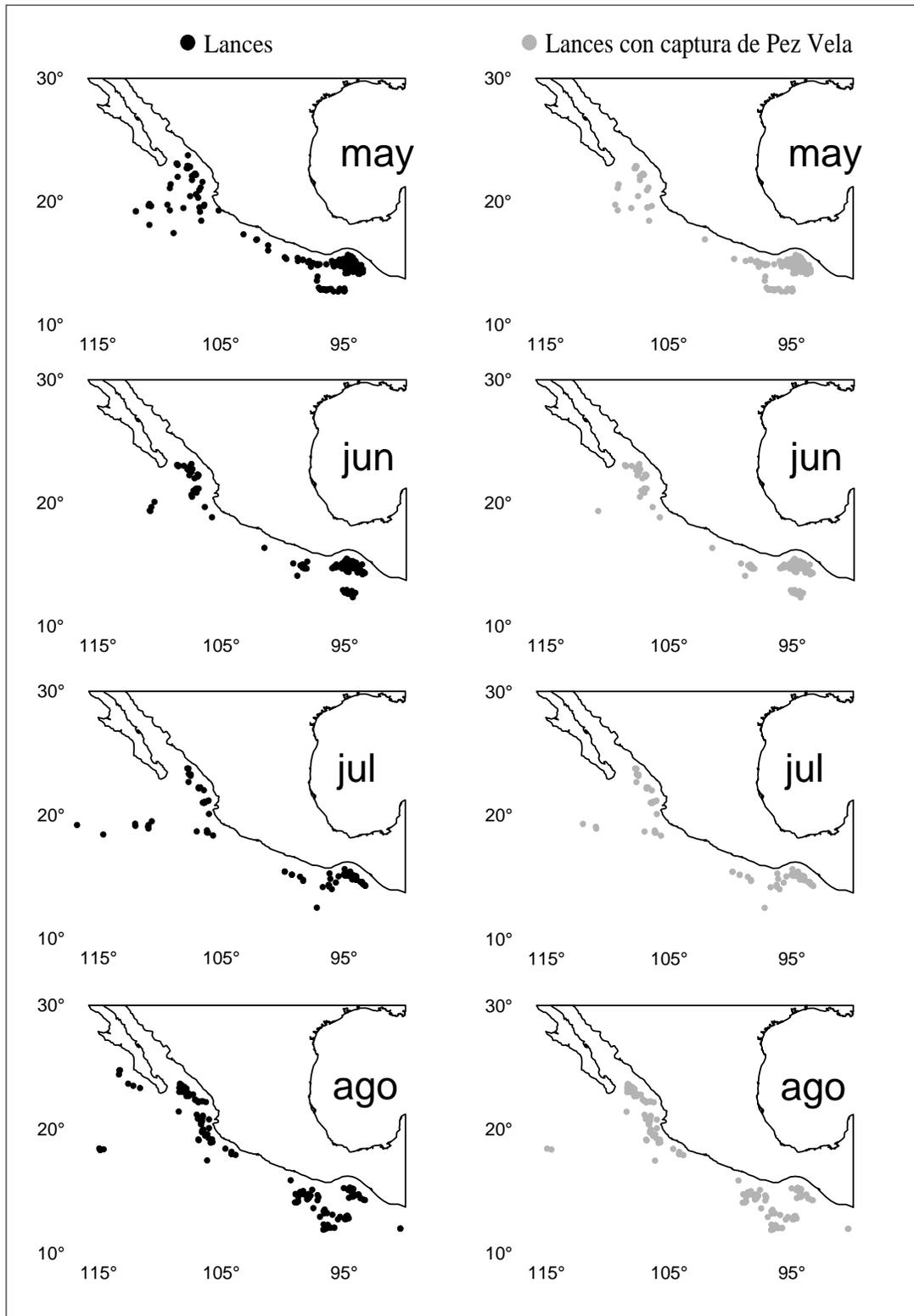
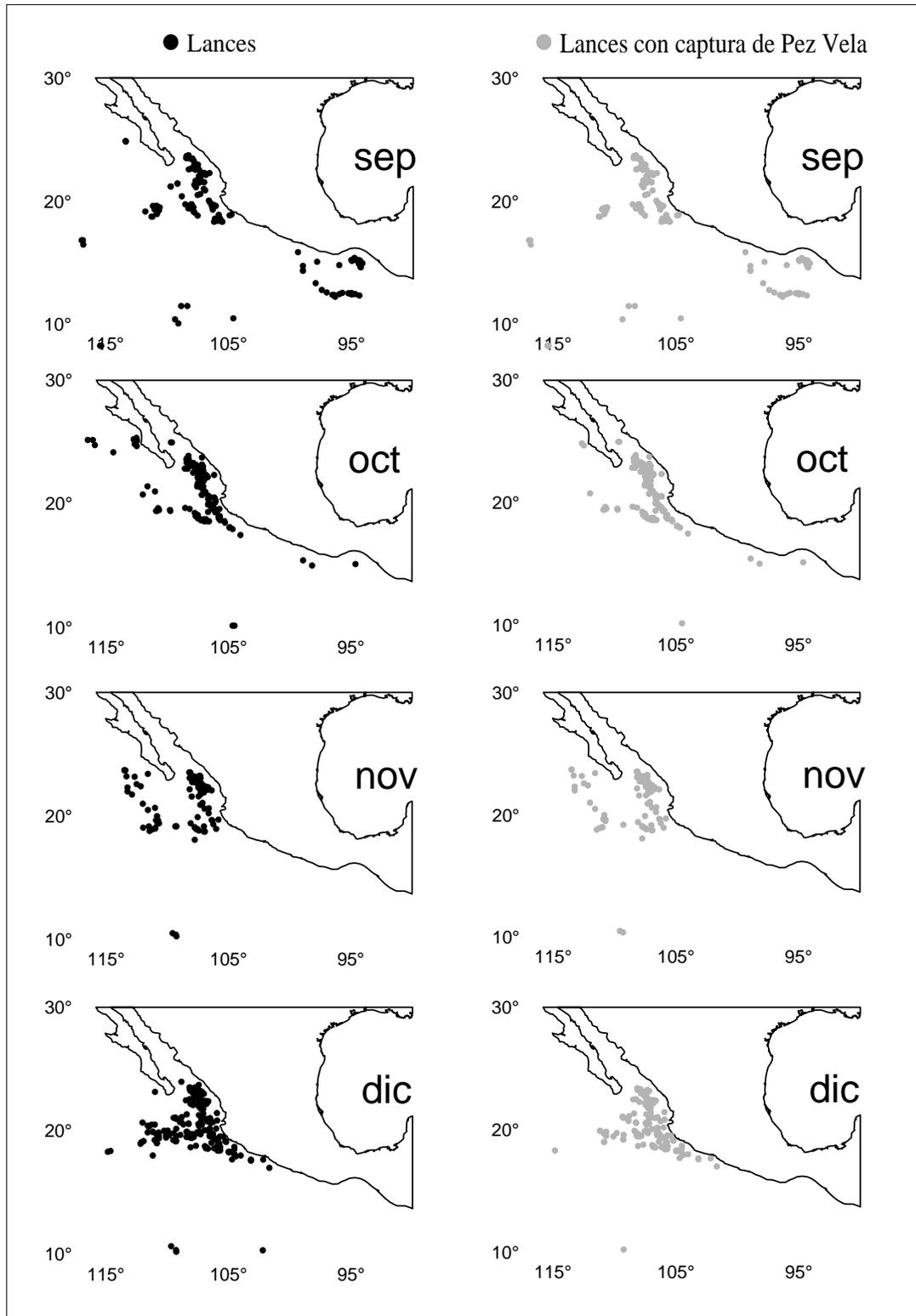


Figura 7. Distribución mensual de los lances de pesca y los lances con captura de pez vela, realizados por la flota palangrera mexicana en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996.



Continuación Figura 7



Continuación figura 7

Estandarización del esfuerzo

Caracterización de la flota

En la figura 8, se presenta el resultado del análisis de cluster aplicado para el total de embarcaciones de la flota palangrera mexicana que operaron durante el periodo analizado. Se observa que la flota palangrera mexicana presentó cuatro diferentes grupos de embarcaciones y que las cuatro embarcaciones de la flota tiburón-Mar flota se encuentran en el mismo grupo.

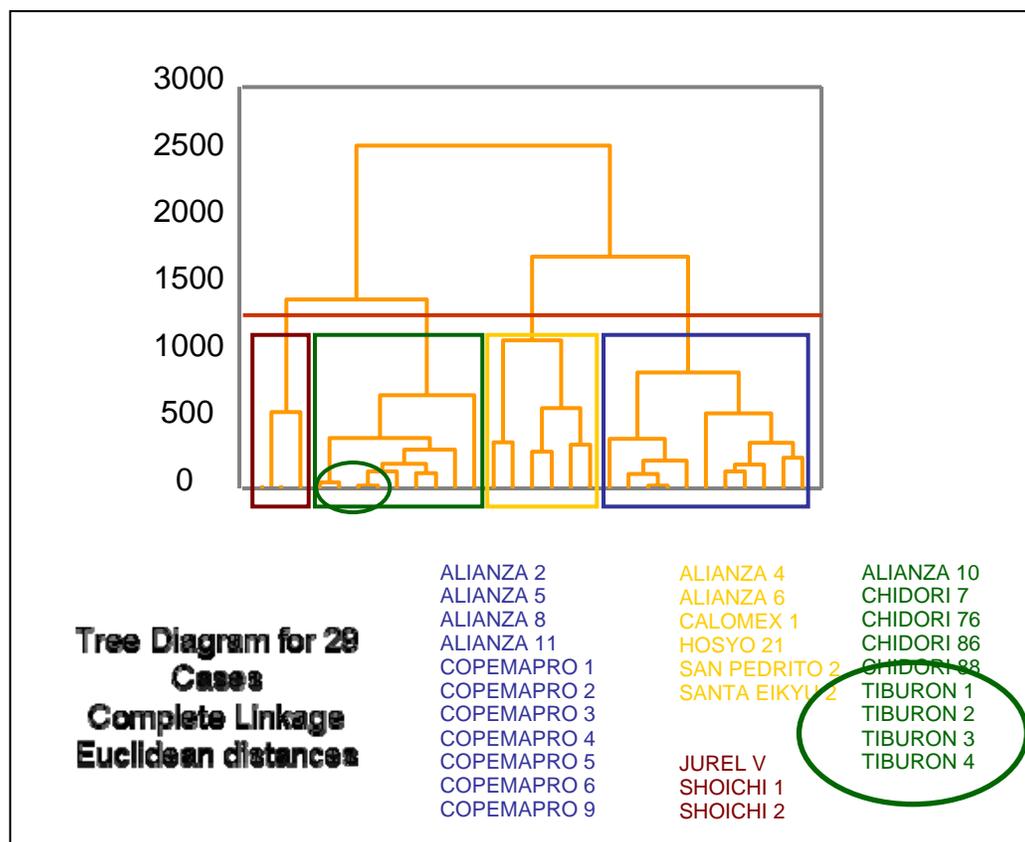


Figura 8. Análisis de Cluster aplicado a las características físicas de los barcos de la flota palangrera mexicana.

Para corroborar lo antes mencionado se realizó un análisis discriminante (Fig. 9) para toda la flota con los grupos antes mencionados, en el que se encontró una correlación de los datos de 0.97, lo que nos indica un valor de ajuste alto. El valor del

estadístico de Wilks-Lambda fue de 0.005, lo que indica que no existe un traslape entre los cuatro grupos en los que se separó la flota palangrera mexicana en el análisis anterior. Así, con base a los resultados del análisis de cluster y discriminante, se consideró que no había diferencia en la eficiencia de pesca debido a las características físicas de las embarcaciones de a flota tiburón.

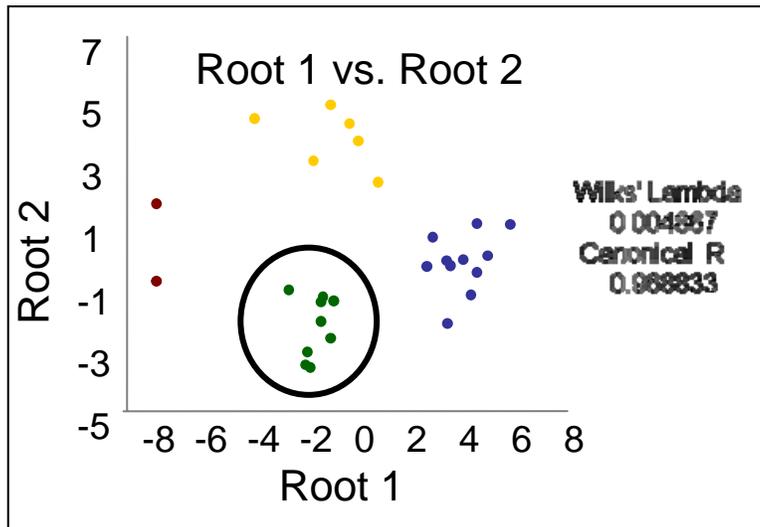


Figura 9. Análisis discriminante aplicado a las características físicas de los barcos de la flota palangrera mexicana.

Estandarización temporal del esfuerzo

El otro aspecto que se consideró para determinar si era necesaria la estandarización del esfuerzo de pesca fue la variabilidad espacio/temporal del esfuerzo. En la figura 10 se presenta la frecuencia de lances aplicados en los dos periodos, el primero de 1983 a 1990 y el segundo de 1992 a 1996, donde se encontraron diferencias significativas en la *CPUE* de los dos periodos ($H_{(1, 2408)} = 16.18687$ $p = .0001$). Esto, junto con la observación de que la distribución espacial del esfuerzo, fue diferente para los dos periodos (Fig. 11), lo cual llevó a la necesidad de estandarizar el esfuerzo de pesca.

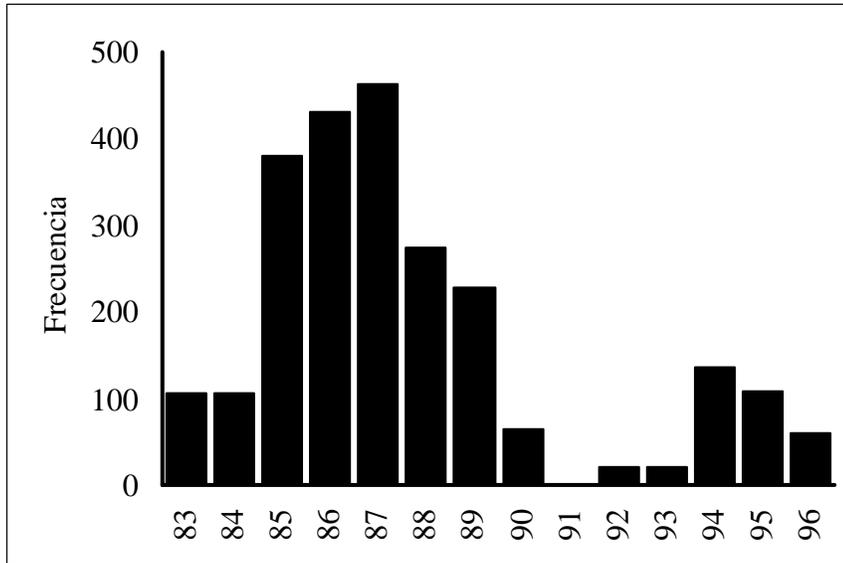


Figura 10. Distribución de frecuencias del esfuerzo pesquero aplicado durante el periodo 1983-1996 en el Pacífico mexicano.

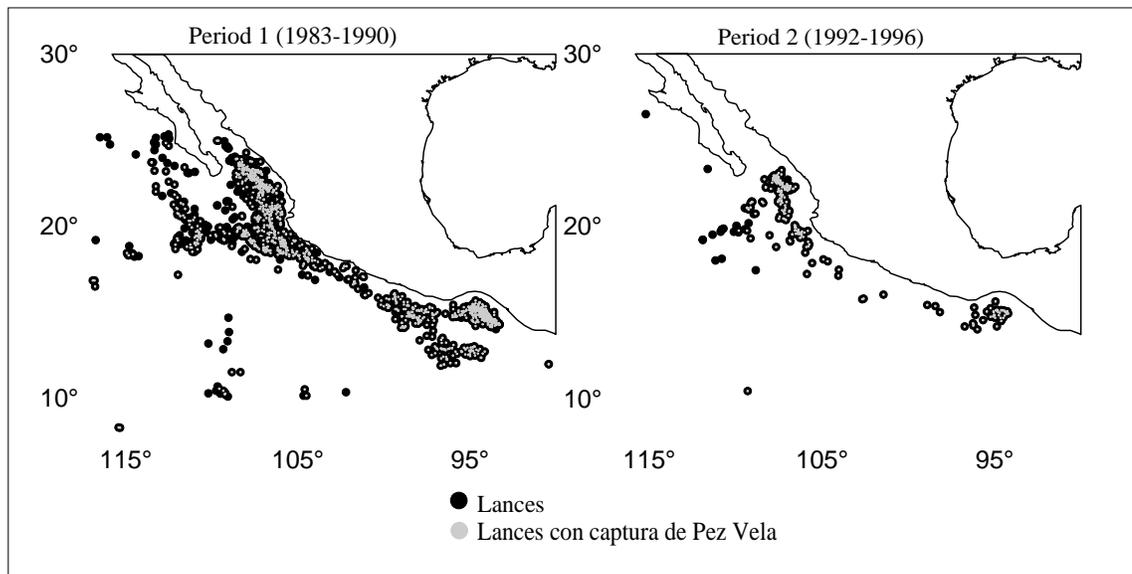


Figura 11. Distribución del esfuerzo de pesca aplicado durante los dos periodos (1983-1990 y 1992-1996).

El poder de pesca del segundo periodo se consideró como estándar, es decir con un valor de 1, por lo que el poder de pesca de la flota en el primer periodo fue de 0.57176623. Multiplicando el poder de pesca por el esfuerzo nominal se obtuvo el esfuerzo efectivo de pesca y con este se estimó la *CPUE*.

Distribución latitudinal de la *CPUEe*

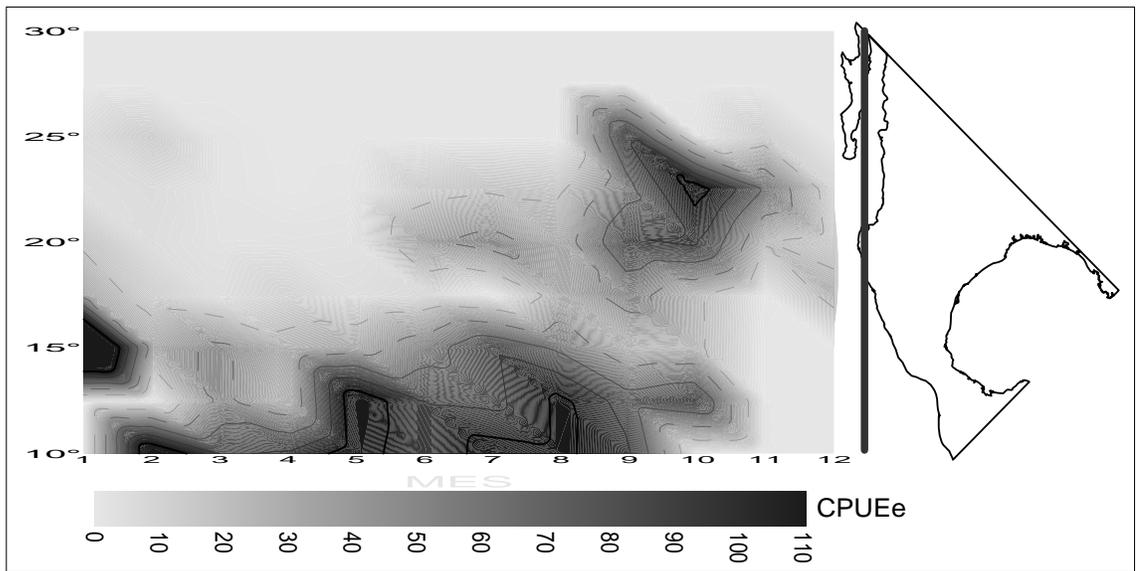


Figura 12. Distribución latitudinal de la abundancia relativa del pez vela (*CPUEe*) en un año tipo para el periodo 1983-1996.

En la figura 12, se observa como en la primera mitad del año el pez vela se encontró principalmente en la parte centro y sur del Pacífico mexicano, principalmente en el Golfo de Tehuantepec. Durante los meses de junio-julio comienza a expandirse su área de distribución hacia al norte durante los meses de julio a octubre ya se localizan dos zonas de alta abundancia, la zona de la boca del Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec. Durante noviembre y diciembre la concentración del recurso es en la boca del Golfo de California, siendo nula su presencia en el Golfo de Tehuantepec.

Serie de tiempo *CPUEe*

Analizando los valores de *CPUEe* de la serie de tiempo (Fig. 13), encontramos durante el periodo 1983-1996 un valor promedio de 38 organismos/1000 anzuelos y un valor puntual de mayor abundancia relativa de pez vela que se presentó en 1989 (83 org/1000anz) aunque en general el periodo durante el que se registraron los valores de abundancia relativa mas altos fue entre 1985 y 1990, con un valor

promedio de *CPUE* de 46 org/1000 anz en el periodo antes mencionado. Los valores mas bajos de abundancia relativa se registraron durante los periodos 1983-1985, 1991-1994 y 1995-1996, con un promedio de 15, 26 y 25 org/1000 anz. respectivamente.

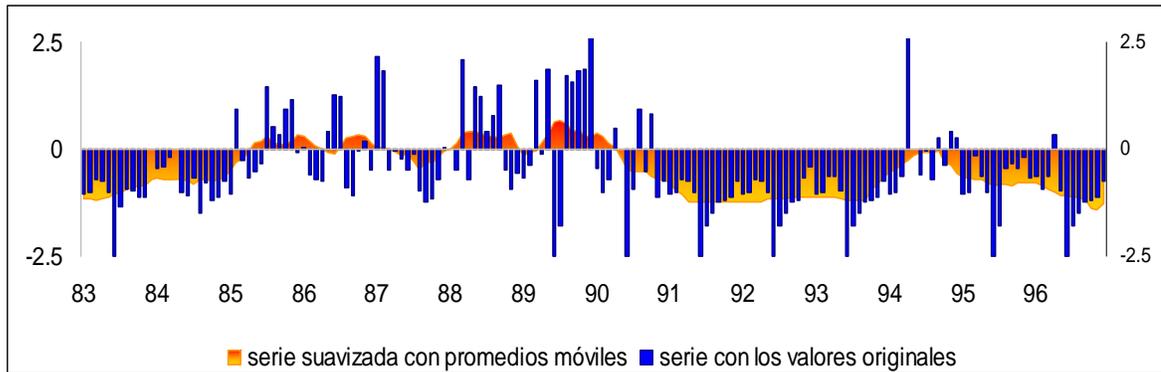


Figura 13. Anomalías de *CPUE* en el Pacífico mexicano (1983-1996).

Variaciones periódicas de la *CPUE*

Tanto la variabilidad mensual como la estacional de la abundancia relativa del pez vela presentaron diferencias significativas. ($H_{(11,2408)} = 909.1594$ $p < 0.05$); ($H_{(3, 2408)} = 624.7226$ $p < 0.05$), con los valores mas elevados de *CPUE* en los meses de mayo a octubre. Por otro lado las variaciones interanuales también presentaron diferencias significativas ($H_{(12,2408)} = 178.5239$ $p < 0.05$) con los valores de *CPUE* mas altos en los años de 1985 a 1990 y en 1994.

Aunque la prueba de Kruskal Wallis tiene como base sus resultados en la comparación de las medianas entre grupos, para la representación gráfica de las variaciones tanto intra como interanuales, los gráficos de caja que se muestran en la figura 14 y 15, están representados por la media ya que son más explícitos.

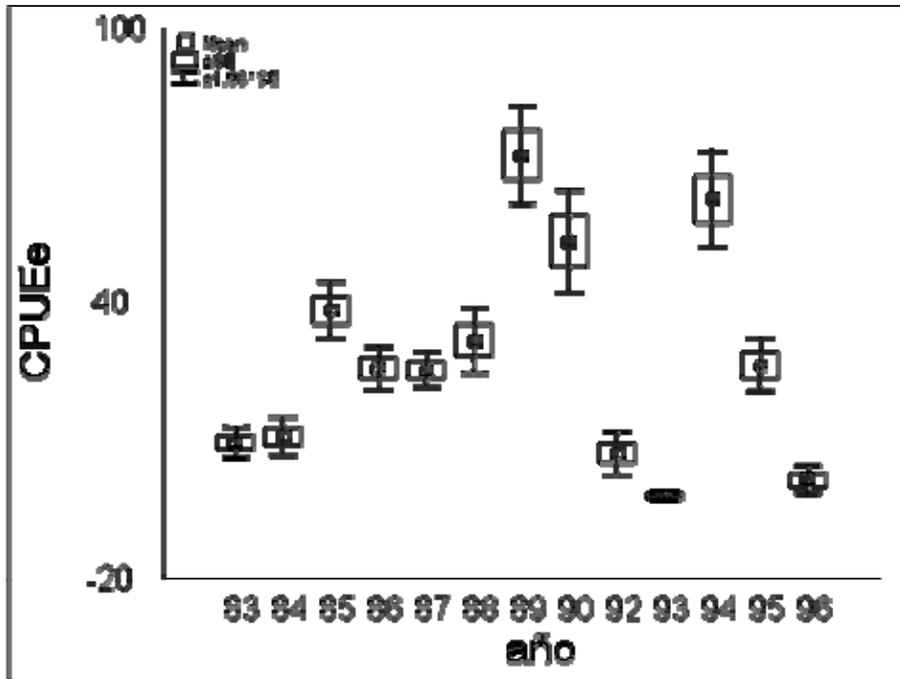


Figura 14. Variaciones interanuales de la captura por unidad de esfuerzo estandarizada (*CPUEe*).

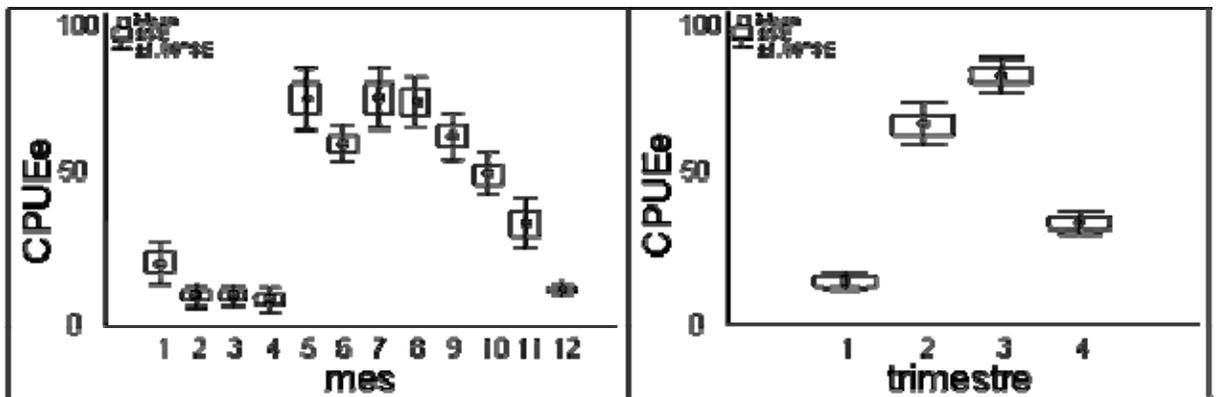


Figura 15. Variaciones intra-anales de la captura por unidad de esfuerzo estandarizada (*CPUEe*).

Variables ambientales

Temperatura Superficial del Mar

En la figura 16, se presenta la distribución de frecuencias del esfuerzo asociada a la TSM, así como la frecuencia de los lances en los que se obtuvo captura de pez vela, en donde se puede apreciar que el esfuerzo pesquero presenta dos valores máximos importantes, el primero de los 24 °C a los 26 °C y el segundo de los 29 °C a los 31 °C con 280 y 350 lances promedio respectivamente. En la distribución de frecuencias de la captura se observa una tendencia creciente con un máximo en los 30 °C.

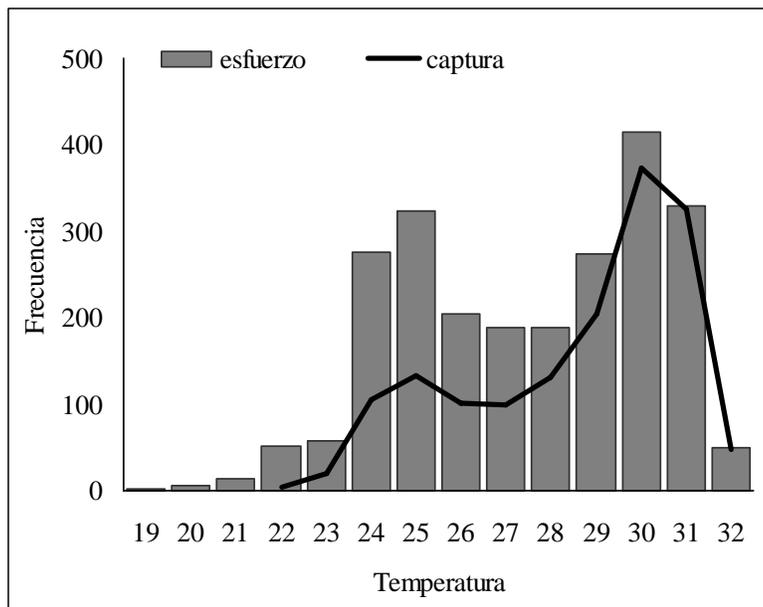


Figura 16. Distribución de frecuencias de los lances y de los lances con captura de pez vela para el periodo 1983-1996 asociados a cada intervalo de TSM.

En la figura 17 se muestra la comparación de los promedios de temperatura superficial de los lances efectuados por la flota tiburón, con respecto a los lances en los que se obtuvo captura mensual de pez vela, en donde se observa que no hubo diferencia entre estas dos a lo largo del año.

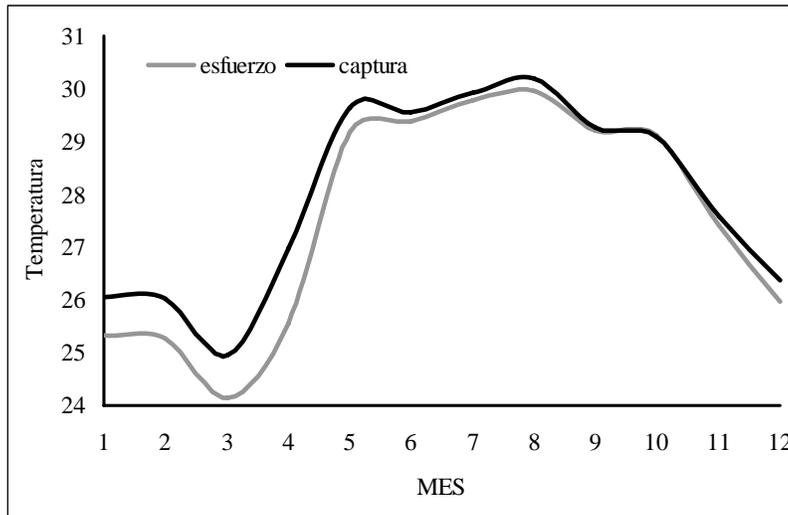


Figura 17. Temperatura promedio asociada a la captura de pez vela y al esfuerzo por mes en un año tipo para el periodo 1983-1996.

El porcentaje de efectividad de pesca de pez vela para cada intervalo de TSM se muestra en la figura 18a, en la que se observa una tendencia positiva lineal entre la efectividad de captura y la TSM, es decir que la probabilidad de capturar pez vela aumenta directamente proporcional al aumento de la temperatura superficial, con un valor alto de ajuste ($R^2= 0.9861$) que puede ser expresado mediante la siguiente ecuación: $y = -6.755 + 8.305x$

Los valores de $CPUE_e$ de pez vela para cada intervalo de TSM se muestra en la figura 18b, en la que se observa una tendencia positiva logística entre la efectividad de captura y la TSM, con un alto valor de ajuste ($R^2= 0.9947$) expresado mediante la siguiente ecuación:

$$y = \frac{85.406}{1 + 3715.72e^{(-0.9412x)}}$$

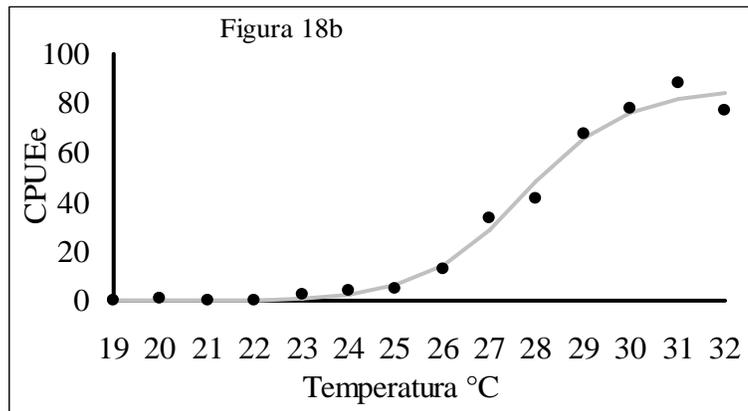
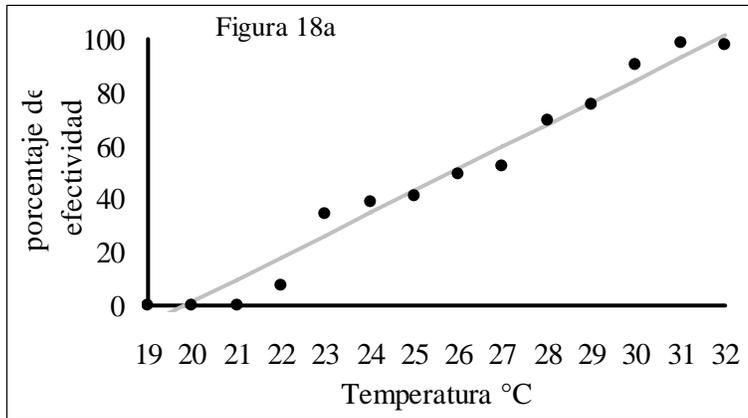


Figura 18. a) Porcentaje de efectividad de captura de pez vela de la flota tiburón en el periodo 1983-1996, asociado a cada intervalo de TSM. b) *CPUEe* asociado a cada intervalo de TSM.

En la figura 19 se muestra la *CPUEe* y el porcentaje de efectividad de pesca del pez vela obtenido por la flota tiburón en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996, asociados a cada intervalo de temperatura, en donde se obtiene una correspondencia de respuesta entre estas dos variables con la temperatura superficial del mar, esto quiere decir que a mayores temperaturas los valores de *CPUEe* y de porcentaje de efectividad tienden a aumentar, aunque sea en diferentes proporciones. Por otro lado, los valores promedio que se muestran en la gráfica antes mencionada, se separaron en tres diferentes grupos, el primero se encuentra representado por las temperaturas menores a 21 °C que son las zonas en donde no hay presencia de pez vela o que es muy baja, el segundo intervalo se encuentra entre los 22 °C y los 26 °C con valores alrededor de 40% de efectividad de captura

de pez vela, pero estas capturas se dan con valores muy bajos de *CPUEe*. El tercer intervalo que es mayor que 27 °C en donde se obtuvieron las mayores abundancias de pez vela y elevados valores de porcentaje de efectividad de captura de pez vela de hasta el 100%.

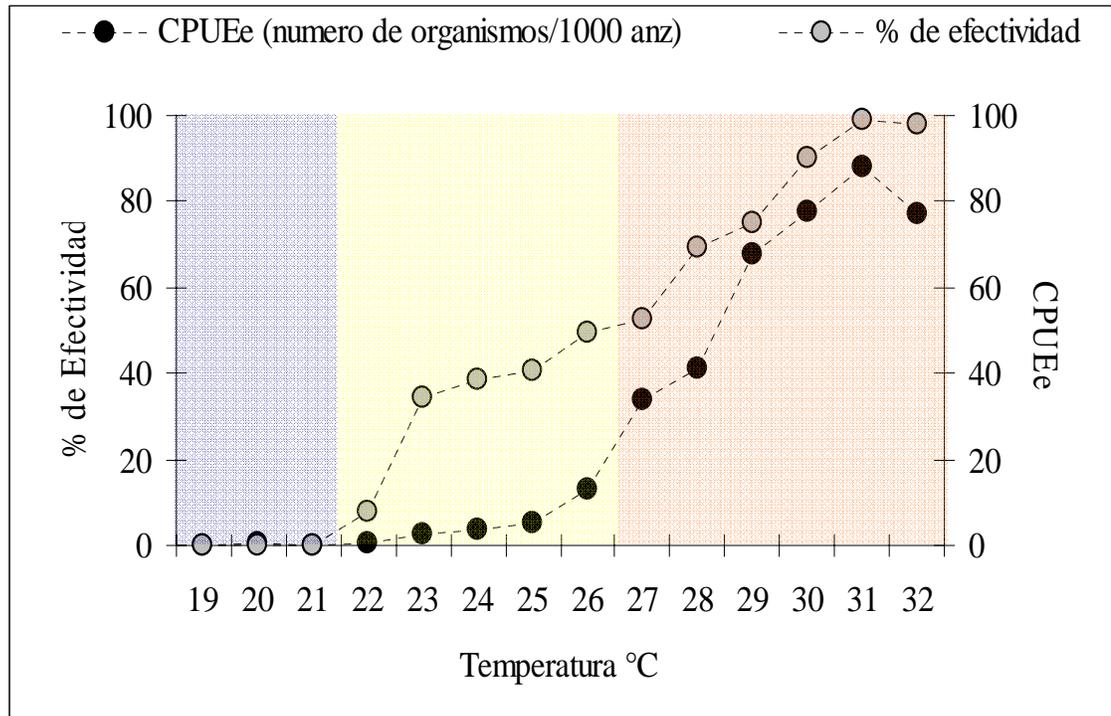


Figura 19. *CPUEe* y porcentaje de efectividad de captura de pez vela, asociados a cada intervalo de TSM durante el periodo 1983-1996.

Para tener una representación espacio-temporal de lo que muestra la figura 19 acerca de la relación de la abundancia relativa del pez vela con la TSM, se presenta la figura 20, con un mapa de la distribución latitudinal que representa la abundancia relativa del pez vela y las isólinas de temperatura superficial del mar en un año tipo. En ella se puede observar que a temperaturas menores de los 21 °C no se capturó pez vela, que de los 21 °C a los 26 °C se encuentran las abundancias relativas medias y que a temperaturas superiores a los 27 °C se obtuvieron las mayores abundancias de esta especie.

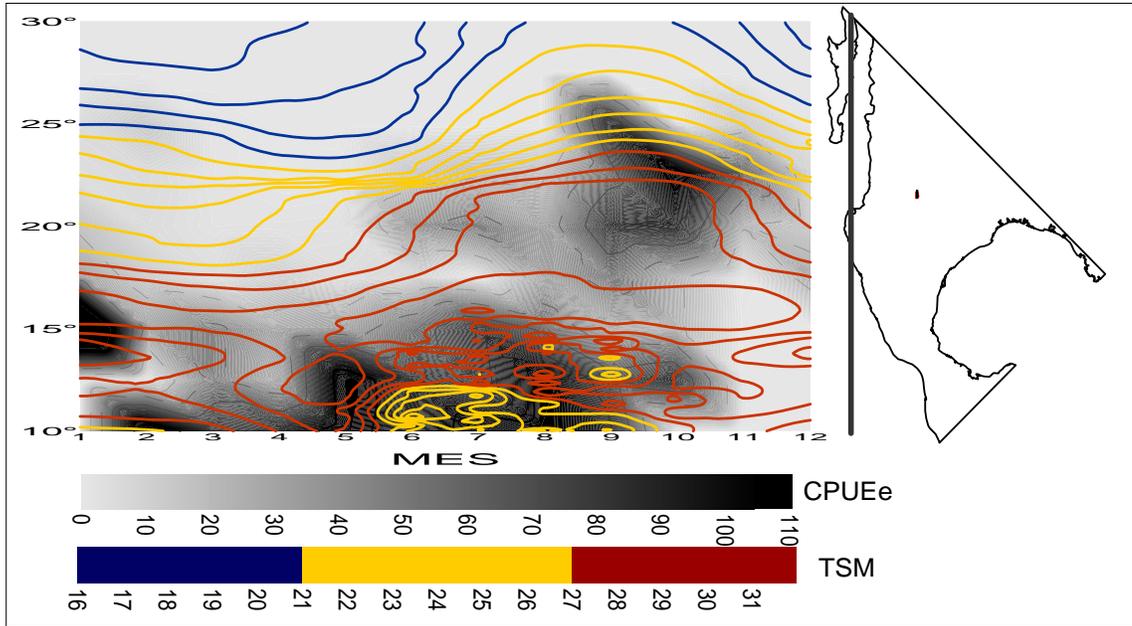


Figura 20. Distribución latitudinal de la abundancia relativa del pez vela en un año tipo para el periodo 1983-1996 y su asociación con la TSM.

Fase Lunar

En la figura 21 se muestra la distribución de frecuencias de los lances efectuados por la flota tiburón y de los lances que presentaron captura de pez vela en cada intervalo de intensidad luminosa. Aquí se puede observar la misma tendencia en los dos valores, mayor esfuerzo y mayor captura cuando los valores extremos fueron la luna nueva y la luna llena; de la misma manera se observó un menor esfuerzo y menor captura cuando las intensidades de iluminación fueron intermedias. El comportamiento de los valores de la *CPUEe* respecto a la intensidad luminosa se muestra en la figura 22, donde se puede ver la alta dispersión que presentan los datos, aunque el mayor número de ellos se encuentra por debajo de los 120 organismos por cada mil anzuelos aplicados.

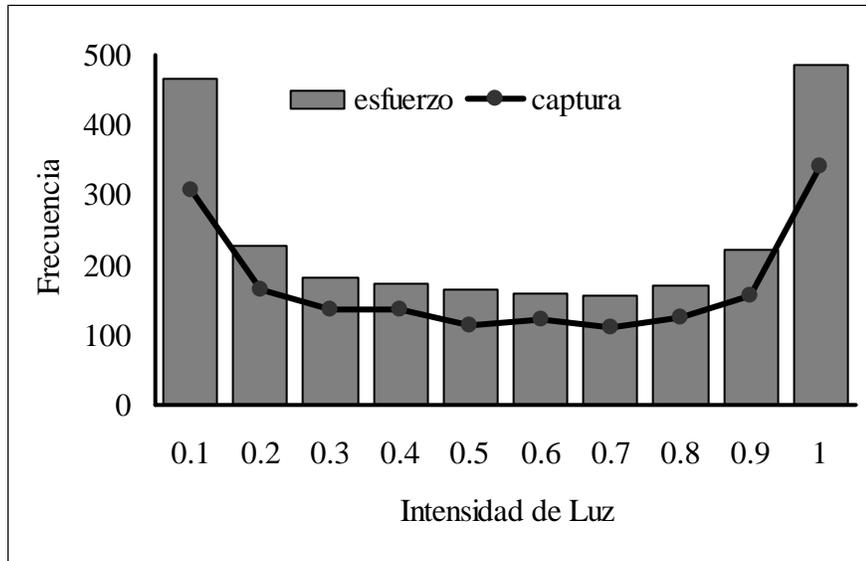


Figura 21. Frecuencia del número de lanzes totales y de los que presentaron captura de pez vela asociados a los diferentes intervalos de intensidad luminosa durante el periodo 1983-1996.

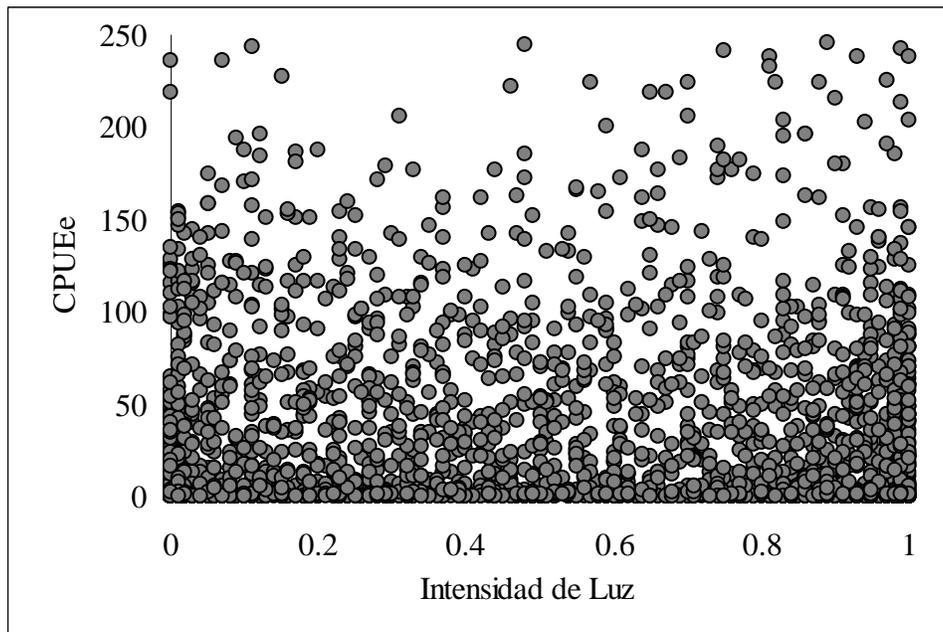


Figura 22. Dispersión de los datos de *CPUEe* en relación al porcentaje de intensidad luminosa.

La comparación de la *CPUEe* respecto a las diferentes intensidades luminosas no mostraron diferencia significativa ($H_{(4, 2408)} = 5.784446$ $p = .2158$) y su representación gráfica se presenta en la figura 23, en la cual aunque se observa una tendencia ascendente, es decir a mayor intensidad luminosa mayores capturas, sin embargo, este incremento no es estadísticamente significativo.

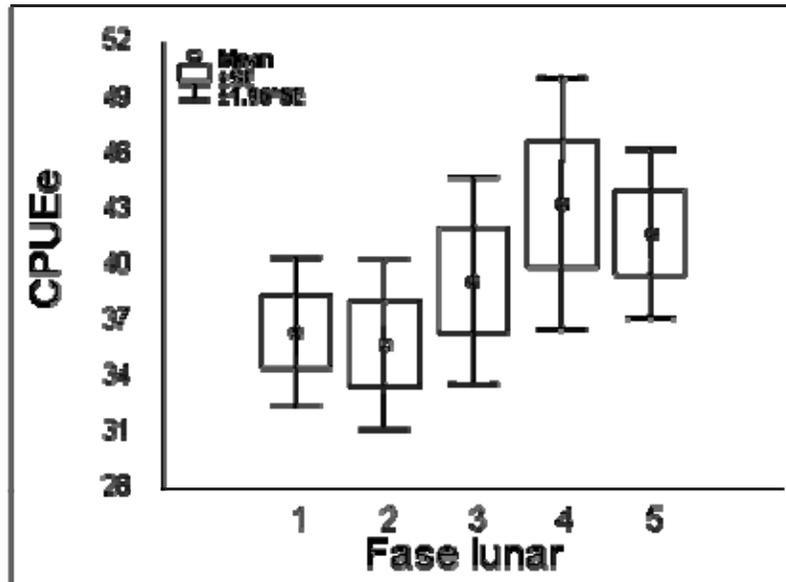


Figura 23. *CPUEe* de pez vela asociado a los diferentes intervalos de intensidad luminosa.

Batimetría

En la figura 24, se muestra la distribución de frecuencia de los lances efectuados y de aquellos en los que se presentó captura de pez vela y su relación con los diferentes intervalos de profundidad, donde se observa que la mayor frecuencia de lances se registró entre los 2000 y los 3000 metros de profundidad, con una disminución hacia las zonas mas profundas y mas someras; este comportamiento también se observó en los lances en que se obtuvo captura de pez vela, con la diferencia de que en esta ultima se presenta una segunda moda a los 500 metros de profundidad. La dispersión de la *CPUEe* en las diferentes profundidades se representa en la figura 25, donde se observa que se realizaron

lances desde aguas muy someras (de 0 a 500 metros) hasta en aguas con profundidades hasta de 6000 metros.

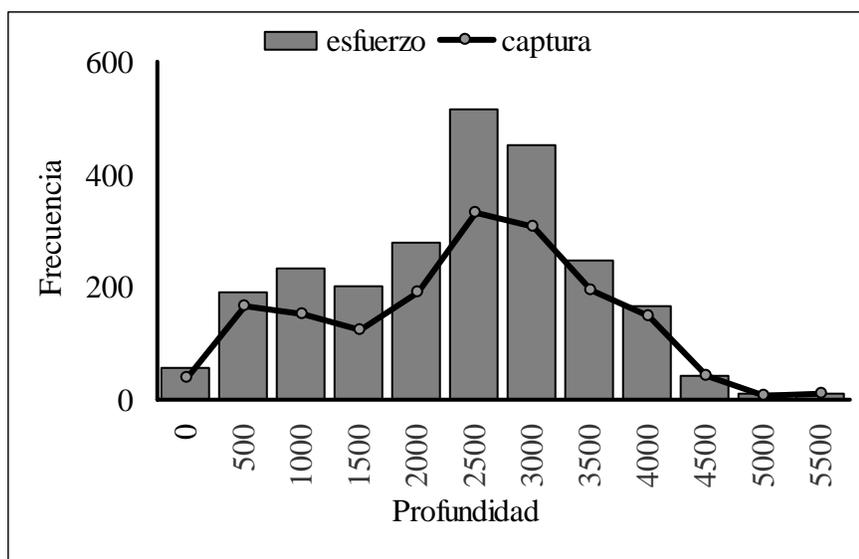


Figura 24. Distribución de frecuencia de los lances totales y de los lances que presentaron captura de pez vela, asociados a los diferentes intervalos de profundidad.

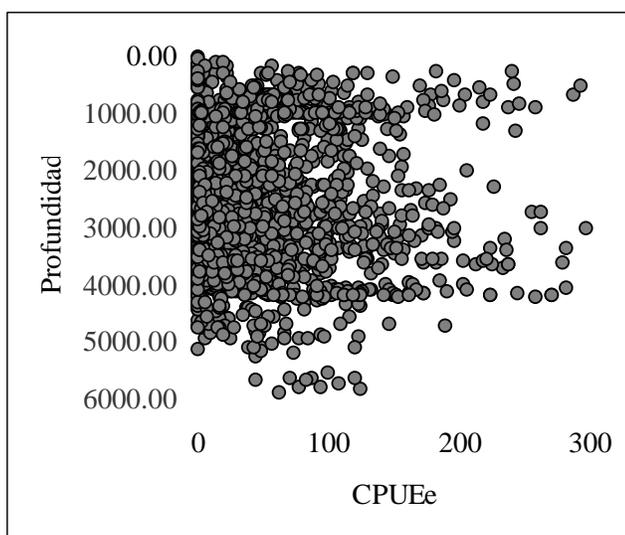


Figura 25. Dispersión de los datos de *CPUEe* asociados a los diferentes intervalos de profundidad.

En la figura 26 se muestra el mapa del suelo marino del Pacífico mexicano, en que sobre la superficie se encuentran geoposicionados los lances que realizó la flota tiburón-mar flota durante el periodo 1983-1996. Estos lances fueron relacionados con el fondo marino con el fin de identificar la asociación de estos con el suelo oceánico. Se encontró que cerca del 60% de los lances se realizaron sobre la plataforma y el talud continental, zona que se define entre los 0 y los 2500 metros de profundidad. El 40% restante de los lances se encontraron en la zona oceánica y abisal del área de estudio. En la zona oceánica se pudo observar una asociación con bajos, islotes, cordilleras y montañas submarinas.

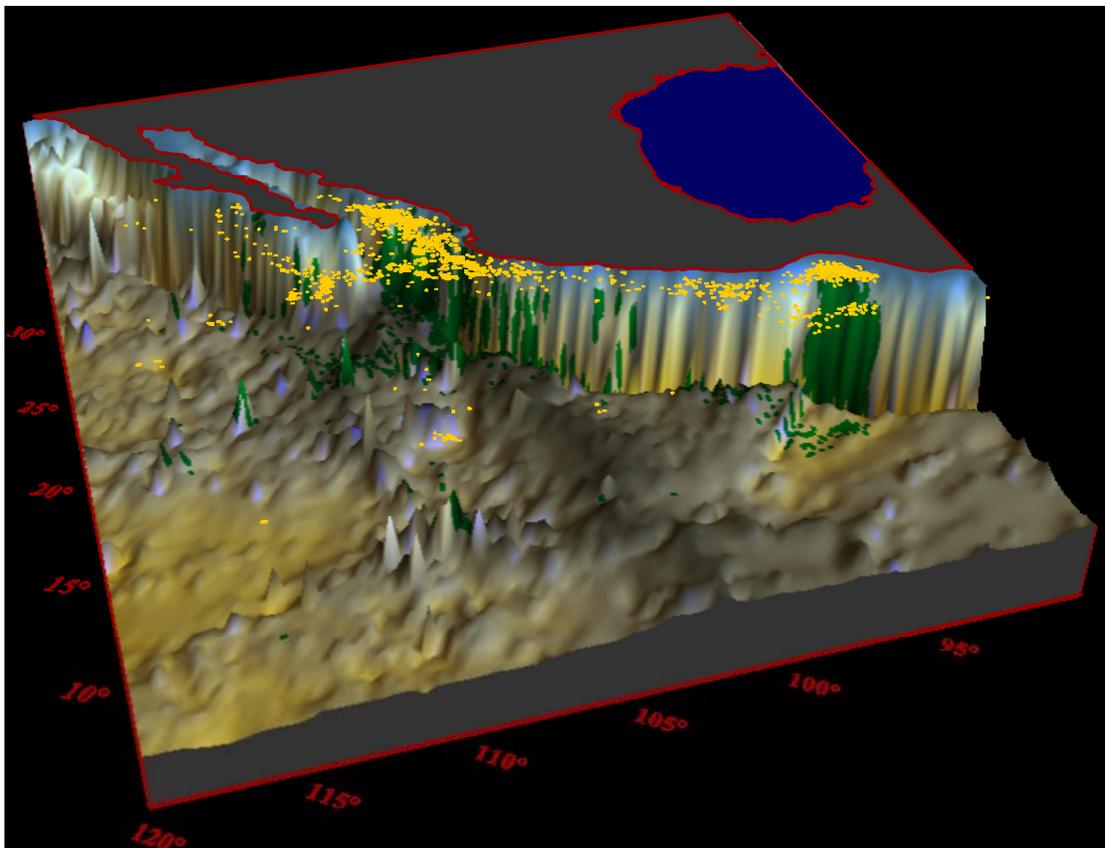


Figura 26. Batimetría asociada a los puntos geo-posicionados de esfuerzo de la flota tiburón-mar flota en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996.

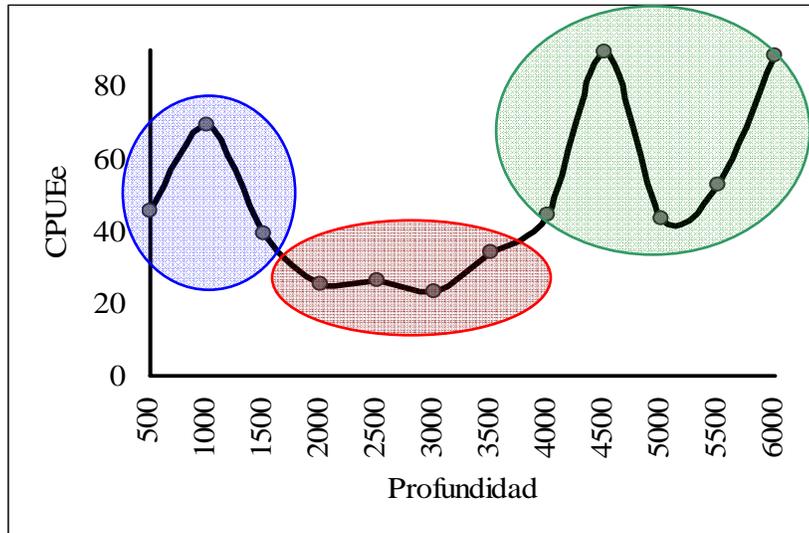


Figura 27. Promedio de abundancia relativa del pez vela asociada a cada intervalo de profundidad durante el periodo 1983-1996.

En la figura 27 se muestra la asociación entre la profundidad y la *CPUEe*, en donde los valores promedio que se muestran en la gráfica se separaron en tres diferentes grupos, el primero esta caracterizado por valores promedios altos de *CPUEe* (28 org./1000 anz. y profundidades bajas (de 0 a 2000 metros), el segundo por valores bajos de *CPUEe* (19 org./1000 anz y profundidades medias (2000 a 4000 metros) y el tercero por valores máximos de *CPUEe* (49 org./1000 anz. y altas profundidades (4000 a 6000 metros).

La representación espacial de la ubicación de los lances para cada uno de los grupos descritos anteriormente, se muestra en la figura 28, donde se observa que para el grupo 1 los lances son principalmente costeros y frente a las costas de Jalisco, Nayarit, Sinaloa, BCS y en el Golfo de Tehuantepec; el segundo grupo se encuentra representado por la parte oceánica, asociado a islas, bajos, cordilleras y montañas submarinas y el tercer grupo se encuentra asociado a las trincheras y fosas frente al Golfo de Tehuantepec.

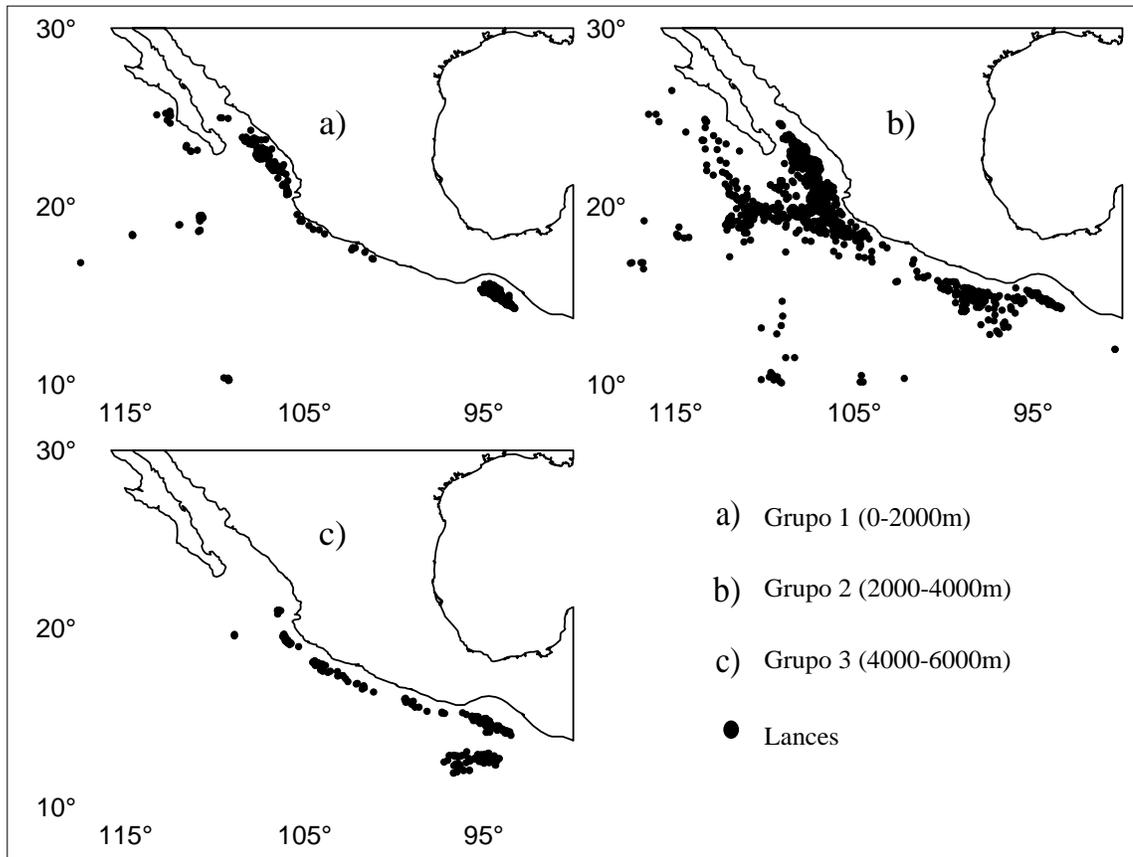


Figura 28. Distribución de los lances realizados por la flota tiburón-mar flota durante el periodo 1983-1996, en los tres diferentes grupos de profundidad.

Para explicar gráficamente la distribución de los lances de los tres grupos en un solo mapa, se aplicó una interpolación y se obtuvo la figura 29, en la que se confirma lo mencionado anteriormente.

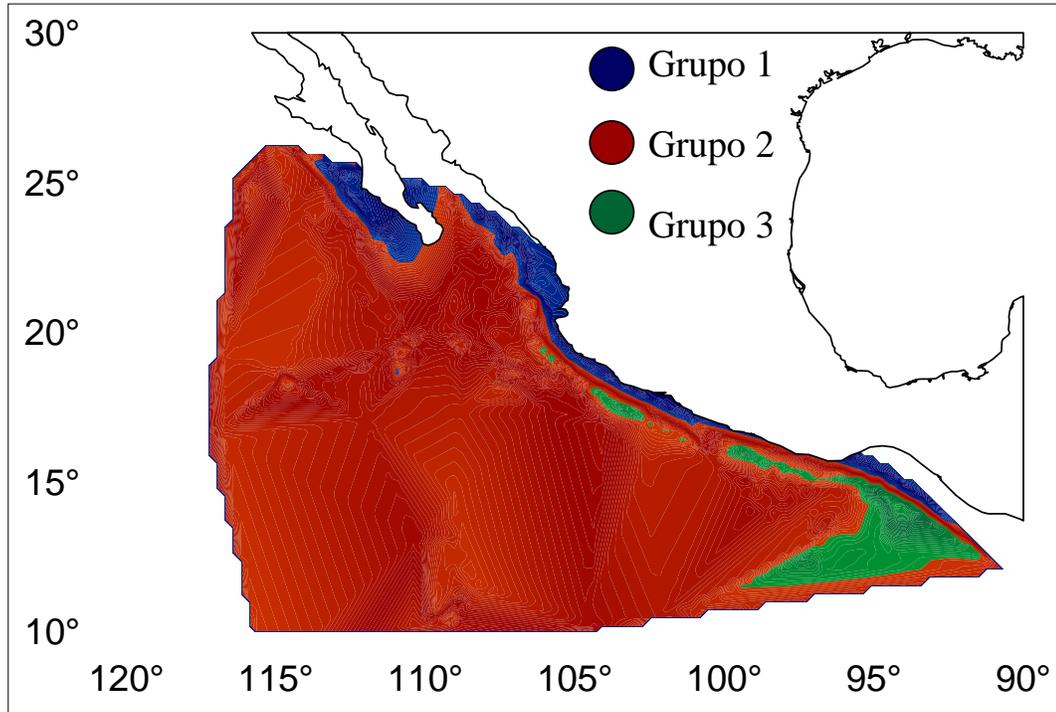


Figura 29. Zonificación de los lances en base a la *CPUEe* y la Batimetría.

Índice MEI

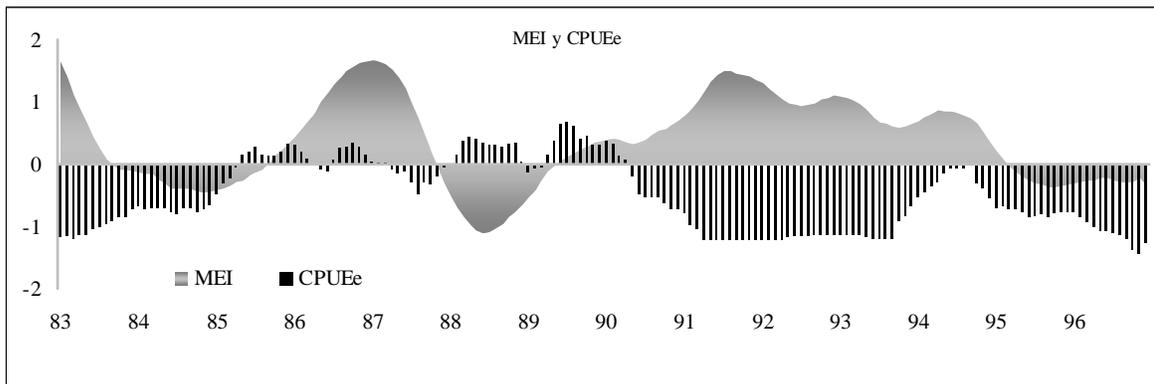


Figura 30. Serie de tiempo del MEI y de *CPUEe* para el periodo 1983-1996.

En la figura 30, se muestra la serie de tiempo del índice ambiental MEI, asociado a la serie de *CPUEe* para el periodo 1983-1996, en donde se puede observar que a valores mas altos del MEI, los valores de *CPUEe* son mas bajos,

presentándose con mayor evidencia durante el periodo 1990-1994, mostrando una relación inversamente proporcional.

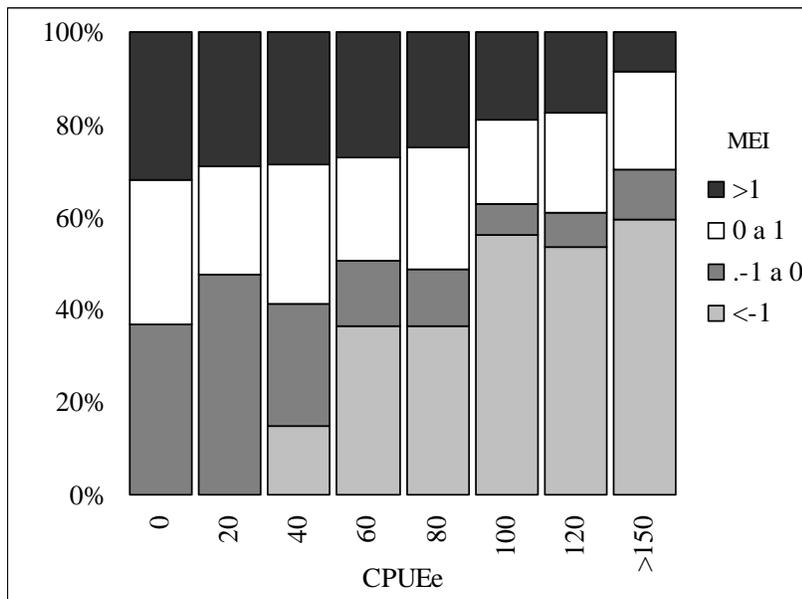


Figura 31. Análisis porcentual de frecuencia de los intervalos del MEI asociados a cada intervalo de *CPUEe*.

En la figura 31 se muestra el análisis porcentual de frecuencia de los intervalos del MEI asociados a los diferentes intervalos de *CPUEe* de pez vela, en el que se puede observar que para el intervalo en donde el índice presenta valores mayores que uno, existe un mayor porcentaje de frecuencia en lances con capturas bajas (menores a 40 org./1000 anz.) y para el intervalo donde el índice presenta valores menores a uno, se registró un mayor porcentaje de frecuencia en lances con capturas altas (> a 60 org./1000 anz.).

DISCUSIÓN

El pez vela se encuentra distribuido en todos los mares tropicales y subtropicales del mundo; sin embargo el Pacífico mexicano es considerado como una zona importante de abundancia de esta especie (Miyabe & Bayliff, 1987; Squire & Au, 1990), por lo que es común que presente altos valores de captura incidental en las operaciones de los barcos palangreros como los de la flota tiburón, la cuál de acuerdo a Macías-Zamora (1994), fluctuaron entre el 35% y el 50% de la captura total durante el periodo 1980-1990. Este hecho se reflejó en que casi el 70% de los lances efectuados por esta flota, registraron capturas de pez vela. Aunque la distribución del pez vela es mucho más amplia, la discusión en este estudio esta restringida a los límites de operación de la flota tiburón en el Pacífico mexicano durante el periodo 1983-1996.

El esfuerzo pesquero aplicado por la flota palangrera del grupo tiburón durante el periodo 1983-1996, se ejerció a lo largo de todo el Pacífico mexicano, en donde se han encontrado dos zonas principales de operación, la boca del Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec, ambas con características oceanográficas complejas y de alta productividad. La boca del Golfo de California está influenciada por la interacción y mezcla de tres diferentes sistemas de aguas (Corriente de California al noroeste, Golfo de California al noreste y Corriente Norecuatorial al sur) (Fiedler & Lavin, 2006) y el Golfo de Tehuantepec por procesos oceanográficos, como los frentes oceánicos (Bennet, 1966) y la presencia de extensas zonas de surgencias costeras provocadas por los vientos conocidos como “tehuanos” (Monreal-Gómez & Salas de León, 1998). Los diferentes procesos oceanográficos presentes en estas dos zonas, son considerados de suma importancia para las pesquerías, ya que aceleran los procesos tróficos en todos los niveles, lo cual se traduce en una mayor disponibilidad de alimento para los pelágicos mayores (Cifuentes *et al.*, 1995); es por eso que la mayoría del esfuerzo pesquero dirigido a pelágicos mayores que se llevó acabo en el Pacífico mexicano se concentró en estas dos zonas, las cuales ya han sido reportadas por diversos autores como de alta

intensidad de esfuerzo pesquero para las operaciones de la flota palangrera tanto japonesa como de bandera mexicana (Nakano & Bayliff, 1992; Macías-Zamora *et al.*, 1994; Santana-Hernández, 2001).

La distribución anual del esfuerzo pesquero ejercido por la flota tiburón para el periodo 1983-1996 en el Pacífico mexicano, muestra claramente dos periodos, el primero de 1983 a 1990, en donde la flota operó de manera exhaustiva realizando cerca del 80% del total de lances, ya que al declarar en 1976 y ratificar en 1982 el establecimiento de la ZEEM, se tenía soberanía de explotación y manejo de los recursos o en su defecto tendrían que permitir que las flotas extranjeras que lo solicitaran aprovecharan los excedentes (Sosa-Nishizaki, 1998). En el segundo periodo de 1992-1996, durante el cual el esfuerzo pesquero se redujo casi en un 80% en cuanto al número de lances aplicados con respecto al primer periodo, también se redujo la distribución espacial de los mismos, ya que operó principalmente en las zonas de la boca del Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec. Esta reducción espacio-temporal del esfuerzo pesquero entre estos dos periodos, fue reportada por Santana-Hernández (2001) lo cual puede atribuirse al hecho de que en 1987 como resultado del análisis del Comité Técnico de Picudos, aparte de las ya establecidas 50 millas náuticas de reserva a la flota deportiva, también se establecieron dos zonas de exclusión de operaciones de palangre de deriva para la pesca de picudos en la ZEEM, una en la zona Frente al Golfo de Tehuantepec y la segunda en la Boca del Golfo de California (Diario Oficial de la Federación, 1987).

Al igual que lo reportado por Martínez-Rincón (2005) y Santana-Hernández (2001) al analizar la distribución espacio-temporal del esfuerzo pesquero, en este trabajo no solo se encontró una variación interanual, sino que también se observó una variación intra-anual, en donde resaltó un patrón de desplazamiento norte-sur de la flota atribuible a los movimientos y abundancias de los pelágicos mayores entre las dos zonas de alta productividad antes mencionadas (Golfo de Tehuantepec y boca del Golfo de California). Cabe mencionar que la ausencia de esfuerzo pesquero

durante los meses de octubre, noviembre y diciembre en la parte sur del Pacífico mexicano son reflejo de los vientos intensos del noroeste o “tehuanos” que impiden llevar a cabo las operaciones pesqueras en la zona (Monreal-Gómez & Salas de León, 1998; Martínez-Rincón, 2005), es por eso que la flota concentra sus operaciones en la parte norte del Pacífico mexicano, principalmente en la boca del Golfo de California (Santana-Hernández, 2001).

De acuerdo con la distribución de la abundancia relativa del pez vela, se pudo inferir el patrón migratorio, en el cual se observó que durante la primera mitad del año se encuentra principalmente en la parte sur y centro del Pacífico mexicano, durante el mes de julio una fracción de la población presentó un desplazamiento hacia latitudes más norteñas llegando a un punto máximo durante el mes de agosto (25° latitud Norte) que se encuentra delimitado por la frontera físico-térmica de los 21 °C, cuyo valor de temperatura limita la distribución del pez vela en la zona norte del Pacífico mexicano (Arias-Olaiz, 2005). Para este periodo ya se tienen dos centros importantes de abundancia del recurso, uno en el Golfo de Tehuantepec y otro en la boca del Golfo de California. En el segundo, el pez vela presentó los mayores niveles de abundancia relativa durante los meses de agosto, septiembre y octubre, aunque durante los meses de noviembre y diciembre todavía se registró su presencia; este comportamiento coincide con las capturas que ha registrado la flota deportiva de Cabo San Lucas durante estos meses (Ortega-García *et al.*, 2007). El movimiento mencionado ha sido descrito, aunque muy vagamente, por Kume & Joseph (1969), quienes mencionan un desplazamiento norte-sur y sur-norte del pez vela entre el Golfo de Tehuantepec y la boca del Golfo de California.

La ausencia del recurso durante noviembre y diciembre en el Golfo de Tehuantepec, puede ser resultado de las escasas operaciones que se realizaron en esta zona, debido a la dificultad para la realización de las maniobras de pesca por efecto de los “Tehuano”, ya que las tendencias de la abundancia relativa del pez vela observadas a lo largo del año tipo, coinciden con lo reportado por Martínez-

Rincón (2005) y Macías-Zamora (1994), sobre el hecho de que el pez vela presentó altos valores de abundancia en el Golfo de Tehuantepec, durante todo el año.

Las anomalías estandarizadas de la abundancia relativa del pez vela presentaron claras fluctuaciones a lo largo de la serie de tiempo del periodo 1983-1996. Según lo reportado por Macías-Zamora (1993), los índices de CPUE se encuentran en un periodo de estabilización y dentro de los márgenes de oscilación natural de la abundancia relativa de la especie en el Pacífico mexicano, periodo que fue identificado a partir de 1976 con el establecimiento de la ZEEM y posterior a un periodo de claro decremento de 45% en los valores de CPUE durante el periodo 1954-1976.

Las variaciones interanuales en los valores de *CPUE* se encuentran relacionadas con factores ambientales de mediano y largo plazo, como son los fenómenos El Niño-La Niña, los cuales afectan directamente a los procesos de surgencias produciendo fallas en las cadenas tróficas, lo cual provoca una distribución anómala de los recursos pesqueros (Barber & Chávez, 1983). Estos fenómenos presentan variaciones en el ambiente con efectos de 4 a 14 meses dependiendo de su intensidad (Hernández, 2001; Kiladis & Díaz, 1989)

En cuanto a las variaciones intra-anales del pez vela, encontramos que el pez vela en la zona del Golfo de Tehuantepec se encuentra todo el año con los valores más altos de abundancia relativa durante los meses de junio a noviembre. Durante el mes de julio una fracción de la población inicia una migración hacia la boca del Golfo de California en donde la presencia de pez vela solo se presenta durante la segunda mitad del año, con los mayores valores de abundancia relativa de pez vela en los meses de agosto a noviembre. Halpern (1983) y Fischer *et al.* (1995) mencionan que el Pacífico mexicano presenta una clara respuesta a las variaciones oceanográficas, las cuales se encuentran íntimamente ligadas a los patrones climáticos de la zona como son las corrientes oceánicas y costeras, creando zonas de transición, colisión y frentes oceánicos; efectos que son de gran importancia en las variaciones interanuales de los valores de abundancia relativa del pez vela, que

explican la migración y agregación del recurso dentro de sus ciclos anuales (Thomas, 1977; Polanco *et al.*, 1987; Santana-Hernández, 1989),

Al relacionar directamente el pez vela con la TSM, se encontró que existe una relación positiva directamente proporcional entre ésta y el porcentaje de efectividad de captura, ya que como menciona Shapiro (1950) el éxito de captura aumenta con el conocimiento de las características ambientales de la zona en donde se ejerce el esfuerzo. En cuanto a la relación entre la TSM y la abundancia relativa del recurso, se encontró que al igual que en el porcentaje de efectividad, se presenta una relación positiva directamente proporcional, lo cual indica que la abundancia del pez vela se encuentra íntimamente regida por la TSM. Esta relación fue descrita por Breadsley *et al.* (1975) para las especies de pico en general y por Santana-Hernández (2001) con información de las capturas de la flota palangrera, mencionando que de las especies de pico, el pez vela es el que presenta una mayor correlación con la TSM. Esta correlación ha sido reportada también por Macías-Zamora (2003), mediante el análisis de información de torneos de pesca deportiva en el Puerto de Manzanillo, Colima, Mexico.

La relación encontrada entre la CPUEe-TSM, confirma lo reportado por Arias-Olaiz (2005), en el sentido de que la distribución del pez vela se encuentra restringida por la isoterma de los 21 °C, ya que en valores inferiores a esta temperatura no se registraron capturas de pez vela. Los valores de la TSM correspondientes al segundo y tercer intervalo de temperaturas analizadas, marcan las zonas de mayor abundancia relativa en el Pacífico mexicano como la boca del Golfo de California al norte y el Golfo de Tehuantepec al sur (Nakano & Bayliff, 1992; Macías-Zamora *et al.*, 1994; Santana-Hernández, 2001; Arias-Olaiz, 2005 y Martínez-Rincón, 2005), de la misma forma que la zona centro del Pacífico mexicano como una zona de transición entre estas dos (Kume & Joseph, 1969).

La presencia de altas abundancias en la boca del Golfo de California durante los meses de agosto, septiembre y octubre cuando las temperaturas son superiores

a los 28 °C, ha sido reportada también por Arias-Olaiz (2005). Esto coincide también con los resultados de Martínez-Rincón (2005), quien menciona que para el Golfo de Tehuantepec las abundancias relativas más elevadas de pez vela se encuentran en intervalos de temperaturas de entre 28 °C y 29 °C, aunque el recurso se encuentra en la zona con elevadas abundancias durante todo el año, atribuible a que en la zona la temperatura no desciende más allá de los 25.5 °C. Esta característica la define como la más importante en cuanto a la abundancia del pez vela en el Pacífico mexicano (Macías-Zamora, 1994). Por otro lado, para el Pacífico mexicano en general, Santana-Hernandez (1996) al igual que Jiménez-Quiroz *et al.* (2006), coinciden con los resultados encontrados aquí, debido a que ellos encontraron las mayores abundancias de pez vela cuando las temperaturas fueron superiores a los 27 °C durante los meses de junio a septiembre.

Respecto a la influencia de la fase lunar sobre la abundancia relativa del pez vela, Pallares & García-Marmolar (1985) mencionan que cambios en abundancia, capturabilidad y captura de pelágicos mayores pueden encontrarse relacionados y explicarse con los cambios de intensidad luminosa de las diferentes fases lunares. En este trabajo aunque no se encontraron diferencias significativas en los valores de *CPUE* respecto a las diferentes fases lunares, se observó una tendencia positiva entre estas dos variables, en la que se encontraron los valores más elevados de *CPUE* cuando la intensidad luminosa se encontró entre 0.6 y 1, por lo que se pudo percibir un aumento en la capturabilidad a mayor intensidad luminosa, o bien, el pez vela siendo una especie de hábitos alimenticios diurnos incrementa su tiempo de alimentación cuando la luna se encuentra llena o en tres cuartos de intensidad luminosa. Quizá debido a este factor el pez vela sea más vulnerable al palangre, el cual permanece en operación durante las primeras horas de la noche con posibilidad de extender su horario de operación dependiendo del éxito del lance y del tiempo de cobrado. Resultados similares han sido reportados en la captura del pez espada por Damalas *et al.* (2005), Draganik *et al.* (1987) y Moreno *et al.* (1991), quienes encontraron valores de *CPUE* más elevados en el intervalo de intensidad de luz entre 60 y 70%. Para el marlin rayado Ponce-Díaz *et al.* (2003), aunque no encontraron

diferencias significativas en los valores de la CPUE obtenida en las diferentes fases lunares, registraron valores mas altos cuando la luna estuvo en tres cuartos de luna llena.

En cuanto al análisis de la *CPUE* del pez vela respecto a la batimetría, se encontró que cerca del 70% de los lances con captura de pez vela se localizaron en lo que corresponde a la zona de la plataforma y el talud continental, la cual se ubica desde el margen continental hasta los 2500 metros de profundidad, confirmando lo mencionado por Joseph *et al.* (1974) y Squire (1974), respecto a que el pez vela es una especie predominantemente costera. Esto se reflejó en los valores de abundancia relativa, lo cuales para el primer intervalo (0-2000 m) presentaron valores altos, esta zona se encuentra representada principalmente por las zona costeras de los estados de Baja California Sur, Sinaloa, Jalisco y Nayarit, lo que se le conoce como la boca del Golfo de California donde Arizmendi *et al.*,(2006) y Rosas-Alayola *et al.*, (2002) mencionan que para la boca del Golfo de California, existen altas abundancias de pez vela en los meses mas cálidos del año, debido a las altas concentraciones de especies epipelágicas (peces y cefalópodos), las cuales constituyen en su mayoría la dieta del pez vela. Por otro lado Hernández-Herrera, (1994) concluye que la boca del Golfo de California es una zona importante de reproducción del pez vela desde finales de primavera hasta finales de otoño.

El segundo intervalo (2000-4000 m) mostró los valores más bajos de *CPUE* y correspondió a la zona oceánica, donde la presencia del pez vela se relacionó directamente con la presencia de montañas submarinas, bajos e islas. Ortega-García (1989), Torres-Orozco (2004) y Gómez-Muñoz (1990) describieron a estas estructuras oceánicas como zonas de agregación y abundancias altas de recursos pesqueros en el Pacífico mexicano. Estos sitios también han sido catalogados como de enriquecimiento y abundancia alimenticia; (Laurs *et al.*, 1984) y Galván-Magaña (1988) también atribuye la presencia de recursos pesqueros a estas estructuras oceánicas a eventos reproductivos.

El tercer intervalo de profundidad (4000-6000 m) es el que presentó los valores mas elevados de *CPUE*. Sin embargo, no podría explicarse por el efecto de la batimetría del suelo marino, ya que es poco probable que esta tenga una influencia directa; esto al parecer se debe a que la zona en la que se llevó a cabo el esfuerzo es la abisal frente al Golfo de Tehuantepec, donde se registraron cerca del 30% de los lances de este intervalo de profundidad. Esta zona que fue descrita por Nakano & Bayliff, (1992), Macías-Zamora *et al.* (1994) y Santana-Hernández, 2001) como la zona con las mayores abundancias de pez vela en el Pacífico mexicano y en general una de las zonas de mayor esfuerzo pesquero en México. Los valores altos de esfuerzo pesquero y de abundancia relativa de pez vela encontrados en este trabajo, para esta zona en particular, se debe a las surgencias eólicas provocadas por los vientos tehuanos, las cuales enriquecen sus aguas, haciendo de esta una zona altamente productiva (Gallegos-García & Barberán-Falcón, 1998). El otro 70% de los lances efectuados en este intervalo, se registraron a lo largo de la costa centro-sur del Pacífico mexicano, entre las 50 y las 80 millas náuticas a partir de la línea de costa, por lo que aunque se registren grandes profundidades, siguen presentando características costeras, coincidiendo con Santana-Hernández (1996) el cual menciona que de los picudos el pez vela es la especie que presenta mayores abundancias en la zona costera.

Las variaciones periódicas a largo plazo como los fenómenos ambientales “El Niño – La Niña”, se han convertido en objetivos climáticos bastante estudiados, ya que estos alteran el ambiente de manera significativa, así como los patrones de distribución y abundancia de las especies a lo largo y ancho de todo el mundo (Anderson & Davey, 1998). Para cuantificar estos eventos “El Niño – La Niña” se utilizan indicadores ambientales como diferencias de presiones ambientales, temperaturas del agua y aire entre otros, los cuales arrojan cifras mensuales de las anomalías climáticas. Este es el caso del MEI, el cual se caracteriza por presentar valores mayores que 1 cuando esta presente “El Niño” y valores menores que -1 cuando esta presente el fenómeno opuesto “La Niña”

Al analizar la relación de la *CPUE* y el índice MEI se encontró que la relación entre estos son inversamente proporcionales, indicando que a valores mayores que 1, la *CPUE* disminuye y a valores menores que -1 la *CPUE* del pez vela aumenta. Estos resultados coinciden con los de Jiménez-Quiroz *et al.* (2006), quienes mencionan que los valores de *CPUE* de pez vela en el Pacífico mexicano son mayores durante los eventos fríos “La Niña” que la registrada durante los eventos cálidos “El Niño”, lo cuál podría explicarse que durante los años “El Niño”, el recurso presenta una distribución mas amplia en el área de estudio debido a que se hace mas profunda la termoclina y aumenta la inclusión de aguas cálidas en la zona del Pacífico mexicano, en tanto que durante eventos “La Niña” su distribución se ve reducida debido a que la termoclina se torna mas somera y aumenta la inclusión de aguas templado-frías de la Corriente de California al norte y provenientes de las capas sub-superficiales procedentes de las surgencias (Hernández, 2001; Kiladis & Díaz, 1989). Sobre esto se podría pensar que en eventos La Niña el número de organismos por unidad de área aumentaría al verse restringida el área de distribución, tanto horizontal como verticalmente y viceversa en eventos El Niño. Sin embargo, Macías-Zamora (2006) encontró que existe una relación directa entre la ocurrencia e intensidad del fenómeno “El Niño” y la *CPUE* de pez vela en torneos de pesca deportiva en Manzanillo Colima, México. Por otro lado Wolter & Timlin (1998) mencionan en un análisis del ENSO para el periodo 1950-1998, que a partir de 1976 no se han presentado fenómenos la niña de una magnitud significativa, por lo que los resultados encontrados deben de ser tomados con cierta cautela.

CONCLUSIONES

- Se determinaron dos zonas importantes de abundancia relativa de pez vela: la boca del Golfo de California con valores máximos en la segunda mitad del año y el Golfo de Tehuantepec que presenta valores altos durante todo el año.
- La abundancia relativa del pez vela presenta variaciones periódicas significativas tanto intra como inter-anales, registrando los valores de *CPUE* mas altos durante los meses de mayo a septiembre, del periodo 1985-1990 y 1994
- Se puede inferir un patrón migratorio del pez vela: en la primera mitad del año solamente lo encontramos en el sur del pacífico, para el mes de junio una fracción de la población inicia su desplazamiento hacia el norte, que para los meses de agosto a noviembre se encuentra principalmente en las dos zonas de alta abundancia, que son boca del Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec y en el mes de diciembre esta fracción de la población regresa a la zona sur.
- El porcentaje de efectividad de captura de pez vela y la abundancia relativa del mismo presentan una relación directamente proporcional con la TSM, la cual también presenta una relación estrecha con los patrones migratorios del pez vela en el Pacífico mexicano
- No obstante que no se encontraron diferencias significativas en el éxito de pesca en relación a los diferentes porcentajes de luminosidad de la luna, si se observaron valores mayores cuando ésta estuvo entre 0.6 y 1
- En cuanto a la relación de la *CPUE* y la batimetría, se encontraron valores altos de abundancia relativa de pez vela en las zonas

costeras (0-2000 m), valores de medios a bajos de abundancia relativa del recurso en las zonas oceánicas asociadas a montañas submarinas, bajos e islotes (2000-4000 m) y valores máximos de abundancia relativa en las zonas abisales del Golfo de Tehuantepec (4000-6000 m).

- Se encontró una relación inversamente proporcional entre el Índice ambiental “MEI” y la CPUEe, lo que indica que a valores del MEI mayores que 1, la CPUEe disminuye y a valores menores de -1, la CPUEe se incrementa.

RECOMENDACIONES

- Al ser el pez vela una especie altamente migratoria con una distribución que traspasa fronteras políticas, es necesario el llevar acabo estudios no solo interdisciplinarios sino también de colaboración internacional para ampliar el conocimiento de su biología, alimentación y crecimiento con el fin conocer el estado y la dinámica de la población en general.
- Para evaluar de manera mas precisa los parámetros poblacionales del pez vela seria necesario el analizar datos de sexo, talla y peso de los organismos a lo largo de todo el Pacífico mexicano, con el fin de reconocer si las migraciones son de toda la población o si existe una migración segregada por tallas o sexos y sus variaciones temporales.
- Utilizar nuevas tecnología como es el seguimiento individual de los organismos por medio de marcas satelitales para el monitoreo de movimientos poblacionales del pez vela.
- Considerar en estudios posteriores para explicar la relación recurso-ambiente del pez vela de una manera mas robusta, el uso de datos con una mayor resolución tanto espacial como temporal, así como explorar otras variables ambientales además de las utilizadas en este trabajo que puedan explicar la distribución y abundancia del pez vela como puede ser la concentración de pigmentos fotosintéticos, velocidad y dirección del viento y velocidad y dirección de corrientes.
- Llevar acabo estudios multi específicos de distribución y abundancia para tener un mayor entendimiento de la complejidad del sistema pelágico y sus componentes.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Anderson & Davey. 1998. Predicting the El Niño of 1997/98. *Weather*. 53(9). Royal Meteorological Society. Pp. 303-310.
- Arias-Olaiz F. 2005. Distribución espacio-temporal de la CPUE del pez vela (*Istiophorus platypterus*), registrada por los barcos palangreros que operaron en el noroeste de México durante el periodo 1985-1987. Tesis de Licenciatura. México. UABCS. 53pp.
- Arizmendi-Rodríguez, D.I., Abitia-Cárdenas, L.A., Galván-Magaña, F. & Trejo-Escamilla, I. 2006. Food habits of sailfish *Istiophorus platypterus* off Mazatlán, Sinaloa, México. *Bulletin of Marine Science*. 79(3):777-791.
- Barber R, & F. Chávez. 1983. Biological Consequences of El Niño. *Science*. Vol 222. No 4629. 1203-1210 pp.
- Bennet E. 1966. Monthly charts of surface salinity in the eastern Tropical Pacific Ocean. Inter American Tuna Commission. Bull 11. (1): 1-44
- Beardsley Jr. G.L., N.R. Merret & W.J. Richards. 1975. Synopsis of the biology of the sailfish. NOAA Tech. Rep. NMFS. Proceeding of the international Billfish symposium Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972 Part 1. Report of the symposium. Richard S.S. & Francis W. Ed. 95-120.
- Cifuentes F.,M. Torres & M. Mondragón. 1995. El océano y sus recursos. No 24 "Las ciencias del mar: oceanografía biológica". FCE. México. 197pp.
- Dalamos D., Apostolopoulou M. & Megaloufonou P. 2005. Environmental, spatial-temporal and operational effect on long-line swordfish catch rates in the eastern Mediterranean sea. ICES CM 2005/O:33

Diario oficial de la federacion (1987). Agosto 28.

Draganik, B., & Cholyst, J., 1987. Temperature and moonlight as simulators for feeding activity by swordfish. Reports of Sea Fisheries Institute, vol. 22:73-84.

Fiedler P. & M.Lavin. 2006. Introduction: a review of eastern tropical pacific oceanography. Elsevier. Progress in Oceanography 69 (2006) 94–100.

Fischer W., Krupp F., Schneider W., Sommer C., Carpenter K.E. & Niem V.H. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen I. Plantas e invertebrados. Roma, FAO. 1995. I:1-646p.

Fuentes, V. M. & Irazoqui, A. J. 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.

Gallegos-Garcia & Barberan-Falcon. 1998. Surgencia eólica. El Golfo de Tehuantepec, el ecosistema y sus recursos. Capitulo 3. 27-34 pp.

Galvan-Magaña F. 1988. Composición y análisis de la dieta del atun aleta amarilla en el Océano Pacífico mexicano en el periodo 1984-1985. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. Mexico. 85pp.

Gómez-Muñoz V.M. 1990. Áreas y épocas de pesca mas importantes para la flota atunera mexicana en el Pacífico Oriental de 1975-1986. Inv.Mar. CICIMAR-IPN, 5(1):47-53.

- Guzmán-Arroyo M. & J.O. López-Ramos. 1986. Descripción y registros de juveniles de pez vela (*Istiophorus platypterus*), en las costas del estado de Michoacán, Pacífico sur de México. *Ciencias Marinas*. 12(2): 53-67.
- Halpern D. 1983. Equatorial Pacific warm event. *Tropical ocean-atmosphere news letter special*. Issue. Feb. 1983. 16:1-120.
- Hernández-Herrera A. 1994. Patrón reproductivo del Pez Vela (*Istiophorus platypterus*, Shaw y Nodder, 1791) al sur del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México. 53pp.
- Hernández-Herrera A. 2001. Biología del Pez Vela (*Istiophorus platypterus*, Shaw y Nodder, 1791) al sur del Golfo de California, México. Tesis doctoral. CIB-NOR. México. 71pp.
- Instituto Nacional de la Pesca, INP. 2000. "Sustentabilidad y pesca responsable en México." Breviario de la pesquería del marlin rayado del Océano Pacífico.
- Jiménez-Quiroz M., R. Macías-Zamora & Vidaurri-Sotelo A. 2006. Relación entre la TSM y la pesca de pez vela en barcos palangreros en la ZEEM (1985-1989). XIV congreso Nacional de Oceanografía
- Joseph, J., W. L. Klawe & C. J. Orange. 1974. A review of the long line fishery for billfishes in the Eastern Pacific Ocean. In: R. S. Shomura & F. Williams (eds.). *Proceedings of the International Billfish Symposium*. Kaliua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers. 309-331 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.
- Kahru M. 2005, Windows Image Manager, Version 6.31. <http://www.wimsoft.com>

- Kikawa S. 1972. Synopsis on the biology of the shortbill spearfish. In: R. S. Shomura & F. Williams (eds.). Proceedings of the International Billfish Symposium. Kaliua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part I. Review and Contributed Papers. 309-331 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.
- Kiladis, G.N., & H.F. Diaz, 1989: Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. *J. Climate*, 2, 1069-1090.
- Kume, S. & J. Joseph. 1969. The Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the Eastern Pacific Ocean, East of 130°W, 1964-1966. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.* 13(2): 277-418.
- Laurs R., P Fielder & D. Montgomery. 1984. Albacore tuna catch distribution relative to environmental features observed from satellites. *Deep-sea search.* 31(9):1085-1090.
- Macías-Zamora R. 1993. Relación entre la pesca deportiva y comercial de pez vela (*Istiophorus Platypterus*) en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México. 71pp.
- Macias-Zamora R., A.L. Vidaurri Sotelo & H. Santana-Hernández. 1994. Análisis de la tendencia de la captura por unidad de esfuerzo en la pesquería del pez vela en el Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas.* 20(3): 393-408.
- Macias-Zamora R. 2006. Influencia de "El Niño" en la pesca deportiva en el océano Pacífico mexicano entre 1954-2001.

- Martínez-Rincón R.O., 2005. Distribución espacio-temporal de la captura por unidad de esfuerzo del pez vela (*Istiophorus Platypterus*) en el Golfo de Tehuantepec y su relación con la temperatura superficial del mar y la concentración de pigmentos fotosintéticos. Tesis de Licenciatura. México. UNICACH. 70pp.
- 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-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.* 19 (1): 1-163.
- Moreno, S., J. Pol & L. Muñoz. 1991. Influencia de la luna en la abundancia del emperador. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT.* 35: 508 -510.
- Monreal-Gómez M. & D. Salas de Leon. 1998. Dinámica y estructura termohalina. El Golfo de Tehuantepec, el ecosistema y sus recursos. Capítulo 2. 13-26 pp.
- Nakamura, I. 1985. FAO, Species catalogue Vol. 5 Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfish, spearfish and swordfish known to date. *FAO Fish Synop.* (125) Vol 5: 65 p.
- 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-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.* 20(5): 187-355.
- Ortega-García S. 1989. Análisis y normalización del esfuerzo de pesca de la flota atunera mexicana de cerco y vara que opera en el Pacífico Oriental. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. Mexico. 100pp.
- Ortega-García S., F. Arias-Olaiz, J.P. Arias-Aréchiga & M. Zúñiga-Flores. 2007. Boletín informativo, tercer trimestre 2006. Cabos San Lucas BCS. Mexico. CICIMAR-IPN. API. 8pp.

- Osuna-Flores I. 1991. Análisis de la pesquería del pez vela (*Istiophorus Platypterus*) en el océano Pacífico Oriental con énfasis en la ZEEM. Tesis de maestría. México. CICIMAR-IPN. 100pp.
- Pallares, P. & J.M. Garcia-Mamolar. 1985. Efectos de las fases de la luna sobre los rendimientos de la flota atunera-tropical española. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 23: 228-236.
- Ponce-Dias. G. Ortega-García S.& A. Klett-Traulsen 2003. Analysis of sportfishing catch rates of striped marlin (*Tetrapturus audax*) at Cabo San Lucas, Baja California Sur, México, and their relation to sea surface temperature. CSIRO. vol. 54, no. 4, pp. 483-488(6).
- Polanco E., Mimbela R., Belendez L., Gonzáles P., Flores M.A., Pérez A., Aguilar N., Pérez R., Calderón R., Guerra J.L. Romo J., Gómez H., Cabrera S., Peralta D., García J., & Ochoa M., 1987. Pesquerías mexicanas. Estrategias para su administración. SEPESCA. 11-466.
- Quezada, H.S. 1991. La pesca deportivo-recreativa como atractivo turístico. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. Secretaria de Pesca. México.
- Rosas-Alayola J., Hernández-Herrera, Galván-Magaña, F, Abitia-Cardenas, L.A., y Muhlia-Melo A.F. 2002. Diet composition of sailfish (*Istiophorus platypterus*, Shaw and Nodder, 1792) from the southern Gulf of California, Mexico. Fisheries Research. 57 (2002): 185-195.
- Santana-Hernández, H. 1989. Distribución y abundancia relativa, espacio-temporal de las especies capturadas por la pesquería palangrera en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nayarit. 89pp.

- Santana-Hernández H. R. Macías-Zamora & A. Vidaurri-Sotelo. 1996. Relación entre la abundancia de especies de pico y la temperatura del agua del Pacífico mexicano. *Ciencia Pesquera*. No13. pp. 62-65.
- Santana-Hernández H. 2001. Estructura de la comunidad de pelágicos mayores capturados con palangre en el Pacífico mexicano (1983-1996) y su relación con la temperatura superficial del mar. Tesis doctoral. Universidad de Colima. México. 122pp.
- Shapiro S. 1950. The Japanese long-line fishing for tunas. *Comm. Fish. Rev.* 12:4, 1-26.
- Shingu, C., P. K. Tomlinson & C. L. Peterson. 1974. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the Eastern Pacific Ocean, 1967-1970. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.* 16(2): 67-230.
- Sosa-Nishisaki, O. 1998. Revisión histórica del manejo de los picudos en el Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas*. 24(1): 95-110.
- Squire, J. L. 1974. Migration patterns of Istiophoridae in the Pacific Ocean as determined by Cooperative Tagging Programs. En: R. S. Shomura & F. Williams (eds.). *Proceedings of the International Billfish Symposium*. Kaliua-Kona, Hawaii, 9-12 August 1972. Part 2. Review and Contributed Papers. 226-237 p. U. S. Department of Com. NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.
- Squire J. & Au D. 1990. Striped Marlin in the Northeast Pacific- A case for local depletion and core area Management. In.: *planning the future of billfishes*. Part 2. National coalition for marine conservation: pp, 199-214.
- Thomas W. 1977. Nutrient phytoplankton interrelationship in the eastern tropical pacific ocean. *IATTC. Bull* 17(3):172-212.

Torres-Orozco E. 2004. Características dinámicas e hidrográficas del océano con relación a la captura de atun aleta amarilla. Tesis doctoral. CIBNOR. México. 116pp.

Uosaki, K & W. H. Bayliff. 1999. A review of the japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1988-1992. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull. 21(6): 274-488.

Wolter K. & Timlin M. 1998. Measuring the strength of ENSO events. How does 1997/98 rank?. Weather 53(9): 315-323.