Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Analisis de la Captura Incidental de Elasmobranquios en la Pesqueria Mexicana de Atun con Red de Cerco en el Oceano Pacifico Oriental

TESIS
MAESTRIA EN CIENCIAS

JENNYFERS CHONG ROBLES

ENSENADA BAJA CFA, MEXICO DICIEMBRE DE 2006

TESIS DEFENDIDA POR

Jennyfers Chong Robles

Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

Dr. Oscar Sosa Nishizaki
Director del Comité

Dra. Sharon Zinah Herzka Llona
Miembro del Comité

Dr. Juan Guillermo Vaca Rodríguez
Miembro del Comité

Dr. Alejandro Parés Sierra
Miembro del Comité

M.C. Vicente Ferreira Bartrina
Miembro del Comité

Dr. Luís Eduardo Calderón Aguilera
Coordinador del programa de posgrado en Ecología Marina

Dr. Edgar Gerardo Pavía López
Director de Estudios de Posgrado

12 de diciembre de 2006

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN ECOLOGÍA MARINA

Análisis de la captura incidental de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el Océano Pacífico Oriental.

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

Jennyfers Chong Robles

Ensenada, Baja California, México, Diciembre de 2006.

RESUMEN de la tesis de **Jennyfers Chong Robles**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en Ecología Marina. Ensenada, Baja California, México. Noviembre 2006.

ANÁLISIS DE LA CAPTURA INCIDENTAL DE ELASMOBRANQUIOS EN LA PESQUERÍA MEXICANA DE ATÚN CON RED DE CERCO EN EL OPO.

Resumen aprobado por:

Dr. Oscar Sosa Nishizaki

En este estudio se describe y analiza la captura incidental de elasmobranquios, en el 50% de las operaciones, de la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el Océano Pacífico Oriental (OPO), durante el periodo de 1998 a 2004. Primero se realizó un análisis de las tasas de captura nominal. Para conocer cuales son los factores que afectan las tasa de captura de los principales taxa capturados, se analizó la Captura Incidental por Unidad de Esfuerzo (CIPUE) de las seis principales taxa: *Carcharhinus limbatus*, *C. longimanus*, *Sphyrna* spp., *Mobula* spp. *C. falciformis* y *otros tiburones*, utilizando Modelos Generales Lineales en tres versiones [MGL I: que incluye las variables capacidad de la embarcación, tiempo (años y trimestres), tipo de operación pesquera (lances sobre cardúmenes de atún, en asociación con mamíferos marinos y objetos flotantes) y zona de pesca; MGL II: con interacción temporada de pesca – tipo de operación pesquera; y MGL III: con interacción temporada de pesca -zona de pesca]. Se capturó incidentalmente un total de 22,250 organismos pertenecientes a especies de hábitat tropicales, subtropicales, oceánicos y costeros. Se observó una variación distinta de la CIPUE para cada una de los taxa, con cierto traslapo importante entre ellos. En general, las capturas incidentales de los tiburones fueron mayores en el tipo de operación en presencia de objetos flotantes, mientras que la de las mantas *Mobula* spp. y la de los *Sphyrna* spp. fueron más altas en los lances en presencia de cardúmenes de atún. Los tiburones *C. limbatus* y *C. longimanus* presentaron altas CIPUE de organismos juveniles asociadas a los lances sobre objetos flotantes en las zonas oceánicas centro y sur. Las mantas *Mobula* spp. presentaron altas CIPUE de organismos juveniles asociados a los lances sobre cardúmenes de atún en el Golfo de California, con una variación temporal significativa entre verano y otoño. Las capturas incidentales de los tiburones *Sphyrna* spp. únicamente cambiaron significativamente en Centroamérica durante verano. Los tiburones sedosos *C. falciformis* presentaron CIPUEs de juveniles en la zona oceánica sur durante verano y de adultos durante primavera en la zona norte. Los *otros tiburones* presentaron cambios de su CIPUE en la zona oceánica sur durante otoño e invierno. Las variaciones de las CIPUEs de organismos juveniles detectadas en el presente trabajo, permiten sugerir que diferencialmente tanto el Golfo de California como las zonas oceánicas centro y sur están siendo utilizadas por los elasmobranquios como zonas de alimentación y/o crianza. Los MGLs fueron una buena herramienta para explorar estadísticamente las variaciones de CIPUE, no obstante con interacciones la interpretación se vuelve compleja.

Palabras clave: Elasmobranquios, Océano Pacífico Oriental, pesquería de atún con red de cerco, Modelos Generales Lineales, atún.

Abstract of the thesis presented by **Jennyfers Chong Robles**, as a partial requirement for obtaining the MASTER OF SCIENCE degree on Marine Ecology.
Ensenada, Baja California, Mexico, November 2006.

ANALYSIS OF THE ELASMOBRANCH INCIDENTAL CATCH IN THE MEXICAN TUNA PURSE SEINE FISHERY IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN.

Abstract approved by:

Dr. Oscar Sosa Nishizaki

The elasmobranch incidental catches, by 50% of the fishing operations, of the Mexican tuna purse seine fishery in the Eastern Pacific Ocean are described for the 1998 to 2004 period. First, the nominal catch rates are described, and then, to understand the factors that affect these rates, the Incidental Catch per Unit of Effort (CIPUE in Spanish) was analyzed for the six principal taxa: *Carcharhinus limbatus*, *C. longimanus*, *Carcharhinus limbatus*, *C. longimanus*, *Sphyrna* spp., *Mobula* spp. *C. falciformis* and *other sharks*, using General Linear Models in three versions [GLM I: including vessel capacity, time (year and quarter), operation type (Tuna sets, dolphin sets and floating objects sets) and fishing area; GLM II: using fishing season - operation type interactions; and GLM II: with fishing season-fishing area interactions]. A total of 22,250 organisms were caught incidentally, belonging to species with tropical, subtropical, oceanic and costal habitats. Each taxa showed a different CIPUE trend, with some overlaps between them. In general, the incidental catch of sharks were higher in floating objects sets, while manta rays *Mobula* spp. and hammerhead sharks *Sphyrna* spp. rates were high in tuna sets. The shark species *C. limbatus* and *C. longimanus* showed high rates of juveniles in floating objects sets in the central and south oceanic areas. Manta rays *Mobula* spp. showed high CIPUE of juveniles in tuna set in the Gulf of California, with a significant temporal variation between summer and autumn. The incidental catch of hammerhead sharks (*Sphyrna* spp.) changed only significantly in the Central America area during summer. The silky shark, *C. falciformis*, showed rates of juveniles in the south oceanic area during summer and adults during spring in the north area. Other sharks category showed CIPUE changes in the south oceanic area during autumn and winter. The CIPUE of juvenile organism presented in this study suggest that the Gulf of California, central and south oceanic areas are used by elasmobranchs as feeding and nursery areas. Also, these results showed that the GLM models area a good statistical tool to explore the CIPUE variations, however, when interactions were modeled their interpretation turned difficult.

Keywords: Elasmobranchs, Eastern Pacific Ocean, tuna purse seine fishery, General Linear Models, Tuna

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico con amor, a la vida… dada a través de mis padres, a ellos, así como a mi hermano y a los dos pequeños corazoncitos que ahora nos acompañan (Dafne y Jenny).

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca proporcionada para la realización de mis estudios de maestría en CICESE.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) por la formación académica durante estos últimos tres años. Así como por las facilidades brindadas por su personal académico para resolver cualquier duda.

Al Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines (PNAAPD) por permitirme el acceso a la base de datos de captura incidental de elasmobranquios.

Al Dr. Oscar Sosa Nishizaki, por aceptarme en su grupo de trabajo y enseñarme parte de su conocimiento acerca de las ciencias pesqueras, siempre con calma y disponibilidad. Pero sobre todo, gracias! por la confianza y el apoyo que siempre me brindaste.

A los revisores de este trabajo: Dra. Sharon Herzka, Dr. Alejandro Parés, Dr. J. Guillermo Vaca y M. C. Vicente Ferreira, gracias por su tiempo y las excelentes revisiones y sugerencias que le hicieron al trabajo, especialmente gracias por mostrarme los errores.

Un agradecimiento también al departamento de servicios escolares por su apoyo y paciencia en la recepción de documentos.

Agradezco a todos aquellos amigos, incluyendo mamá y hermano, que me ayudaron a sobrellevar este año (2006) sin beca ni extensión ni trabajo ni nada. Sin su apoyo, quizá no hubiera podido permanecer en Ensenada y terminar este trabajo. Así mismo, agradezco a los amigos que a pesar de la distancia aun seguimos manteniendo algo de lo importante en la vida… la amistad.

Gracias a Tania, Kena, Geral y Clau, por abrir su corazón y por ser como son, lindas y sinceras.

Gracias a todos mis amigos por su amistad sincera: hacer una lista con sus nombres resulta en algo extenso, así que he decido omitirla, pero saben que los quiero y respeto Mua!!!

Finalmente agradezco a todas las personas que me permitieron una sonrisa, y más aun, a todas aquellas que me la regresaron….

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. Antecedentes	2
I.1.1. Pesquería de atún en el OPO y captura incidental de elasmobranquios	2
I.1.2. Captura incidental de elasmobranquios en diversas pesquerías	4
II. OBJETIVO GENERAL	10
III. AREA DE ESTUDIO	11
IV. METODOLOGÍA	14
IV.1. Tasa de captura	17
IV.2. Caracterización de tallas	18
IV.3. Modelo General Lineal (MGL)	18
V. RESULTADOS	25
V.1. Composición especifica	25
V.2. Captura Incidental por Unidad de Esfuerzo (CIPUE) y Esfuerzo pesquero total	26
V.3. Relación entre la CIPUE y la capacidad de la embarcación, el año, la temporada de pesca, el tipo de operación pesquera, la zona de pesca y su interacción (MGL I, II y III).	32
V.4. Evaluación de los MGLs	61
V.5. Caracterización de tallas	65
VI. DISCUSIÓN	80
VI.1. Captura incidental de elasmobranquios	82
VI.2. Tendencias de la captura incidental de las seis principales taxa de elasmobranquios	86
VI.2.1. Tendencia anual	86
VI.2.2. Tendencia según la temporada de pesca, el tipo de operación pesquera y la zona de pesca	88
VI.3. .Modelos Generales Lineales	95
VI.3.1. Relación de la CIPUE con el año (MGL I)	95
VI.3.2. Relación de la CIPUE con la zona de pesca, tipo de operación pesquera (MGL I) e interacción entre factores (MGL II y III)	96
VII. CONCLUSIONES	103
VIII. LITERATURA CITADA	105

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Zona de pesca de la flota cerquera mexicana en el OPO durante 1998 a 2004, limitada por la distribución espacial del esfuerzo pesquero.	13
2	Sistema de circulación oceánica en el OPO (tomado de Fiedler, 1992).	13
3	División de la zona de pesca en 6 sub-zonas utiliza por la flota cerquera mexicana. Zonas A: zona norte, B: Golfo de California, C: Oceánica centro, D: zona costa, E: Oceánica sur y F: Centroamérica.....	16
4	Captura Incidental por Unidad de Esfuerzo (CIPUE) total de elasmobranquios (a) y esfuerzo pesquero total (b) anual en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. ...	27
5	Captura incidental de elasmobranquios (a) y esfuerzo pesquero total (b) por tipo de operación pesquera y temporada de pesca obtenidos en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004.....	28
6	Captura incidental de elasmobranquios (a) y esfuerzo pesquero total (b) por zona y temporada de pesca, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica.....	30
7	Captura incidental de elasmobranquios (a) y esfuerzo pesquero (b) por zona de pesca y capacidad de la embarcación, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica.....	31
8	Capturas incidental anual de los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.....	33
9	Coeficientes calculados por el modelo MGL I, respecto a U (1998) para la tendencia anual de los seis principales taxa de elasmobranquios capturados incidentalmente en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. Se muestra el nivel de significacia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.....	35

LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figura		Página
10	Coeficientes calculados por el MGL I para el tipo de pesquera, con respecto a U (objetos flotantes), para los seis principales taxa de elasmobranquios. Capturados incidentalmente en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.....	39
11	Captura incidental (en CIPUE) dada por la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca para el tiburón *C. limbatus* capturado en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.....	40
12	Captura incidental (en CIPUE) dada por la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca, para el tiburón *C. longimanus* capturado incidentalmente en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.....	41
13	Captura incidental (en CIPUE) considerando la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca para el tiburón *Sphyrna* spp. capturado en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.....	42
14	Captura incidental (CIPUE) considerando la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca, para el tiburón *C. falciformis* capturado en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.....	43
15	Captura incidental (en CIPUE) considerando la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca, para la categoría "*otros tiburones*" capturados en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.....	44
16	Captura incidental (en CIPUE) considerando la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca, para las mantas *Mobula* spp. capturadas en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.....	45
17	Coeficientes calculados por el MGL II considerando la interacción entre la temporada de pesca y el tipo de operación pesquera, con respecto a U (Primavera en presencia de objetos flotantes). a) en presencia de cardúmenes de atún y b) en presencia de mamíferos marinos. Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$	47

LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figura		Página
18	Coeficientes calculados por el MGL I considerando la variación debida a la zona de pesca, respecto a U (zona norte). Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.....	50
19	Captura incidental (en CIPUE) por zona de pesca y temporada de pesca de las seis principales taxa que componen la captura incidental de elasmobranquios en la pesquería mexicana para atún con red de cerco durante 1998 a 2004.....	53
20	Coeficientes calculados por el MGL III para el efecto temporal en el Golfo de California, respecto a U (Zona norte). Se muestra el nivel de significacia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.....	56
21	Coeficientes calculados por el MGL III para el efecto temporal en la zona oceánica-centro, respecto a U (Zona norte). Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.....	56
22	Coeficientes calculados por el MGL III para el efecto temporal en la zona oceánica sur, respecto a U (Zona norte). Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.....	57
23	Coeficientes calculados por el MGL III para el efecto temporal en Centroamérica, respecto a U (Zona norte). Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.....	57
24	Histogramas de frecuencia de tallas para el tiburón *C. limbatus* capturados incidentalmente en cada uno de los tipos de operación pesquera en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual.....	66
25	Histogramas de frecuencias de tallas para *C. limbatus* capturados incidentalmente, en cada zona de pesca, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Zona A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica.. Nótese que las escalas son diferentes, en las zonas C y E el tamaño de muestra de tallas es mayor.	67

LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figura		Página
26	Histogramas de frecuencia de tallas para *Mobula* spp. capturados incidentalmente en cada uno de los tipos de operación pesquera en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual . Nótese que las escalas son diferentes, en los lances sobre objetos flotantes el tamaño de muestra para las tallas es menor.....	69
27	Histogramas de frecuencias de tallas para *Mobula* spp. capturados incidentalmente, en cada zona de pesca, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Zona A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica.....	70
28	Histogramas de frecuencia de tallas para *C. longimanus* capturados incidentalmente en cada uno de los tipos de operación pesquera en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. Se muestra la talla mínima de madurez sexual (ver texto). Nótese que las escalas son diferentes, con lances en presencia de mamíferos marinos el tamaño de muestra para tallas es mayor.....	72
29	Histogramas de frecuencias de tallas para *C. longimanus* capturados incidentalmente, en cada zona de pesca, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Zona A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica. Nótese que las escalas son diferentes, en las zonas C y E el tamaño de muestra para las tallas fue mayor. En la zona F se registraron sólo dos organismos.	73
30	Histogramas de frecuencia de tallas para *Sphyrna* spp. capturados incidentalmente en cada uno de los tipos de operación pesquera en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Nótese que las escalas son diferentes, con lances en presencia de objetos flotantes el tamaño de muestra para las tallas es menor.	75
31	Histogramas de frecuencias de tallas para *Sphyrna* spp. capturados incidentalmente, en cada zona de pesca, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Zona A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica. Nótese que las escalas son diferentes, en la zona D y F el tamaño de muestra para las tallas es menor.	76

LISTA DE FIGURAS (continuación)

Figura		Pagina
32	Histogramas de frecuencia de tallas para *C. falciformis* capturados incidentalmente en cada uno de los tipos de operación pesquera en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Nótese que las escalas son diferentes, con lances en presencia de mamíferos marinos el tamaño de muestra para las tallas es mayor.....	78
33	Histogramas de frecuencias de tallas para *C. falciformis* capturados incidentalmente, en cada zona de pesca, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Zona A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica. Nótese que las escalas son diferentes, en la zona C el tamaño de muestra para las tallas fue mayor, y en la zona F no se registró captura incidental.	79
34	Anomalías de la temperatura superficial del mar (TSS) durante 1990 a 2005 (NOAA, 2006).....	88

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Variables extraídas de la base de datos correspondiente a las actividades pesqueras de la flota cerquera mexicana. Se muestran las variables así como la nomenclatura utilizada en el presente estudio (en negritas).....	16
II	Captura incidental total de elasmobranquios obtenida en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. Se reporta el porcentaje del número total de organismos por taxa.....	26
III	Captura incidental (en num. org/lance) por tipo de operación pesquera para las seis principales taxa de elasmobranquios obtenidas en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 – 2004.....	29
IV	Captura incidental (en num. de org/lance) por zona de pesca para las seis principales taxa de elasmobranquios obtenidas en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 – 2004. Zona A: Z.norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica.....	30
V	Resultados del MGL I para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestran los valores del coeficiente para la capacidad de la embarcación, con respecto a U (CAP-I), sus estadísticas asociadas, el valor de la variación así como los valores significativos de P (en negritas)	32
VI	Resultados del MGL I para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestra el valor del coeficiente para cada año, con respecto a U (1998), sus estadísticas asociadas, la magnitud de la variación así como los valores significativos de P (en negritas).....	36
VII	Resultados del MGL I para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestra el valor de los coeficientes de la temporada de pesca, con respecto a U (primavera) y sus estadísticas asociadas.	37

LISTA DE TABLAS (continuación)

Tabla		Página
VIII	Resultados del MGL I para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestra el valor de los coeficientes para el tipo de operación pesquera, con respecto a U (lances en presencia de objetos flotantes), sus estadísticas asociadas, la magnitud de la variación así como los valores significativos de P (en negritas) . LCA: lances en presencia de cardúmenes de atún, LMM: lances en presencia de mamíferos marinos.....	39
IX	Resultados del MGL II respecto a U (en primavera en presencia de objetos flotantes) para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestra el valor de los coeficientes de la interacción temporada de pesca –tipo de operación pesquera, sus estadísticas asociadas, la magnitud de la variación así como los valores significativos de P (en negritas). LCA: lances en presencia de cardúmenes de atún y LMM: lances en presencia de mamíferos marinos.	48
X	Resultados del MGL I respecto a U (zona norte) para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestra el valor de los coeficientes para la zona de pesca, sus estadísticas asociadas, así como la magnitud de la variación y los valores significativos de P (en negritas).....	51
XI	Resultados del MGL III respecto a U (primavera en la zona norte) para los tiburones Sphyrna spp y las mantas Mobula spp. Se muestra el valor de los coeficientes de la interacción zona de pesca –temporada, sus estadísticas asociadas, así como la magnitud de la variación y los valores significativos de P (en negritas).....	58
XII	Resultados del MGL III respecto a U (primavera en la zona norte) para los tiburones C. longimanus y C. limbatus. Se muestra el valor de los coeficientes de la interacción zona de pesca –temporada, sus estadísticas asociadas, así como magnitud de la variación y los valores significativos de P (en negritas).....	59
XIII	Resultados del MGL III respecto a U (primavera en la zona norte) para los tiburones C. falciformis y la categoría otros tiburones. Se muestra el valor de los coeficientes de la interacción zona de pesca –temporada, sus estadísticas asociadas, así como la magnitud de la variación y los valores significativos de P (en negritas).....	60
XIV	Resultados de la prueba F y el índice AIC (Criterio de Información de Akaike) para el MGL I de cada uno de los seis principales taxa.....	62

LISTA DE TABLAS (continuación)

Tabla		Página
XV	Resultados de la prueba F y el índice AIC (Criterio de Información de Akaike) para el MGL II, de cada uno de los seis principales taxa.....	63
XVI	Resultados de la prueba F y el índice AIC (Criterio de Información de Akaike) para el MGL III, de cada uno de los seis principales taxa.....	64

I.- INTRODUCCIÓN

Los elasmobranquios (tiburones y batoideos) forman parte de diversas actividades antropogénicas tanto de manera directa como indirecta (Camhi *et al.*, 1998). Sostienen pesquerías comerciales y deportivas, y forman parte importante de la captura incidental en pesquerías que utilizan diversas artes de pesca, como redes de arrastre, redes agalleras, de cerco y palangres. Se calcula que la captura incidental de elasmobranquios en nivel mundial pudiese representar alrededor del 50% de las capturas reportadas en la pesquería dirigida al tiburón, e incluso superarlas (Bonfil, 1994). No obstante, son pocos los estudios que han tratado de evaluar el impacto de la pesca incidental sobre elasmobranquios (Alverson *et al.*, 1994), particularmente en las pesquerías que utilizan red de cerco.

La captura incidental de tiburones en las pesquerías que utilizan palangres (Nakano *et al.* 1997) y redes de deriva (Nakano y Nagasawa, 1996 y McKinnell y Seki, 1998) en el Océano Pacífico Norte (OPN) están compuestas de especies con preferencias de habitat templados (Compagno *et al.*, 2005). La captura incidental de elasmobranquios en la pesquería de atún con red de cerco que se realiza en los Océanos Pacifico Central (OPC) y Oriental (OPO) no sólo se conforma de tiburones, sino que también se incluyen a los batoideos. Hasta ahora, la evaluación de la abundancia de las especies capturadas ha sido poco específica. Asimismo, la captura incidental de elasmobranquios frente a las costas de México y Centroamérica ha recibido poca atención. No se ha documentado la variación espacio-temporal de la captura incidental de elasmobranquios, en función del tipo de operación pesquera (en tipo de lance efectuado) y en función de la capacidad de la embarcación. Por ello, la propuesta de este estudio es evaluar la relación de estas variables

con la tasa de captura incidental de elasmobranquios en la pesquería de atún con red de cerco en el OPO, utilizando un Modelo General Lineal. Considerando que estas variables permitirán explicar los patrones de la Captura Incidental Por Unidad de Esfuerzo (CIPUE) observados, como resultado de los patrones de la distribución espacio-temporal de las especies.

1.1.- Antecedentes

1.1.1. Pesquería de atún en el OPO y captura incidental de elasmobranquios

La captura incidental es la porción de la captura obtenida de manera no dirigida, incluyendo tallas no deseadas de las especies objetivo y no objetivo con y sin importancia comercial (Caddy y Griffths, 1996). La composición de la captura incidental depende tanto de la forma de operar de la pesquería, así como de su interacción con diversas especies durante sus diferentes etapas de historia de vida (Jenning *et al.*, 2001).

La pesquería de atún en el OPO es sostenida principalmente por los atunes aleta amarilla *Thunnus albacares* y barrilete *Katsuwamis pelamis*. Estas especies presentan sus mayores abundancias en los trópicos, y aunque también incursionan en aguas más templadas, regresan a zonas calidas a reproducirse (Sakagawa, 2000). Cuando los atunes alcanzan por lo menos 70 cm de longitud furcal (LF), se agregan formando grandes cardúmenes y se convierten en la principal especie objetivo de la pesquería de atún con red de cerco en el OPO (Sakagawa, 2000). Las operaciones pesqueras consisten en localizar a los atunes, que en algunas ocasiones se encuentran junto a objetos flotantes, junto a mamíferos marinos, o sólos, formando grandes cardúmenes. Es por ello que en esta pesquería las operaciones se

han clasificado como lances sobre atún en presencia de objetos flotantes, lances sobre atún en presencia de mamíferos marinos y lances sobre grandes cardúmenes. Los lances sobre mamíferos marinos principalmente involucran a los delfines *Stenella attenuata, S. longirostris* y *Delphinus delphis* (SEMARNAP, 1999).

Los estudios de telemetría satelital y acústica han puesto en evidencia la capacidad de algunas especies de elasmobranquios para realizar movimientos tanto verticales como horizontales de gran magnitud (migraciones). La finalidad de las migraciones se ha relacionado tanto con la búsqueda de alimento, así como con la búsqueda de zonas específicas para reproducirse y/o alimentarse (Springer, 1967 y Castro, 1996). Los movimientos horizontales y verticales de este grupo varían en función de la temperatura del mar, las corrientes, los niveles de oxigeno y de luz, así como la disponibilidad del alimento, entre otras (Kolher y Turner, 2001). Asimismo, los elasmobranquios pueden interactuar con objetos flotantes, mamíferos marinos e incluso con cardúmenes de atún (Fréon y Dagorn, 2000 y Au, 1991), donde las interacciones podrían explicarse por la combinación de diversas variables, tanto físicas como biológicas, que se dan en estos y que determinan el nicho de estas especies.

En especies pelágicas, los objetos flotantes pueden ser utilizados como zonas de alimentación, refugio, reproducción, encuentro y como punto de referencia (Freon y Dargon, 2000). La presencia de tiburones de hábitos solitarios junto a objetos flotantes está relacionado al uso de éstos como zonas de concentración de alimento, e incluso de descanso (Fréon y Dagorn, 2000). Para el tiburón martillo (*Sphyrna* spp.) se ha sugerido que los objetos flotantes fungen como puntos de referencia de manera similar a como

utilizan montañas submarinas durante el día (Klimley *et al.*, 1988). Por otro lado, la presencia de elasmobranquios cerca de los cardúmenes de atún se debe a que éstos son presas de diversas especies de tiburones (Compagno, 1984). Respecto a los batoideos, se conoce que el atún se encuentra asociado a estos (Au, 1991), posiblemente para encontrar refugio y/o sombra. La presencia de tiburones en la asociación entre el atún y los mamíferos marinos posiblemente se deba a que existe un traslape sustancial en las dietas de tiburones y delfines, con variaciones en la interacción depredador – presa según la especie (Heithaus, 2001).

Stevens (2000) menciona que en el Océano Pacífico, entre 15 y 20 de las posibles 260 especies de tiburones reportadas en sus pesquerías dirigidas podrían considerarse oceánicas y altamente migratorias. Esto les causa mayor susceptibilidad a la captura incidental en pesquerías que operan en zonas oceánicas, tal como la pesquería del atún con red de cerco, cuya amplia zona de operación y diversidad en formas de operar conllevan a que organismos como tiburones y batoideos sean objeto de una captura incidental. Esta captura incidental puede deberse tanto a la relación de estos organismos con los atunes o ser resultado de una coincidencia, sin necesidad de que exista una relación entre estas especies.

1.1.2. Captura incidental de elasmobranquios en diversas pesquerías

En el Pacifico Norte, la captura incidental de elasmobranquios sólo ha sido descrita de manera específica en pesquerías que utilizan redes agalleras para la captura del salmón (Nakano y Nagasawa, 1996), palangres para la captura de atún (Nakano *et al.*, 1997) y redes de deriva para capturar calamares (McKinnell y Seki, 1998). En estas pesquerías, la

captura incidental de elasmobranquios están dominadas por los tiburones salmón (*Lamna ditropis*), tiburones mako (*Isurus oxirrynchus*) y tiburones azul (*Prionace glauca*). Éstas también son las principales especies capturadas en la pesquería dirigida a los tiburones en esta zona, en la cual las principales artes de pesca son palangres y redes de deriva (Holts *et al.* 1998). En comparación a las regiones templadas, en el Pacífico Central y Oriental la captura incidental de elasmobranquios registrada en la pesquería de atún con red de cerco corresponde a un mayor número de especies, incluyendo tiburones y batoideos de hábitat tropicales y subtropicales, oceánicos y costeros (Kato, 1964, Au, 1991, Au *et al.*, 1999, Hampton y Bailey, 1999, Arenas *et al.*, 1999, Solana-Sansores, 2001, Hernández-González, 2001, Román-Verdesoto y Orozco-Züller, 2006).

Au (1991) analizó la naturaleza poliespecífica de los cardúmenes de atún en el OPO y encontró que existen patrones espaciales en las asociaciones entre especies. Y tanto los tiburones (principalmente el tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis*) como los batoideos, son parte importante de estas comunidades. Arenas *et al.* (1999) mencionan que la captura incidental está compuesta principalmente por los tiburones puntas negras *C. limbatus* y la categoría "*otros tiburones*" (especies no incluidas en las claves de identificación del manual de observadores). Sin embargo, este autor únicamente analiza la fauna asociada a objetos flotantes. Au *et al.* (1999) mencionan que dentro de los depredadores superficiales (tales como el atún aleta amarilla, las aves marinas y otros), el tiburón *C. falciformis* es la especie más comúnmente capturada durante los lances en presencia de objetos flotantes, mientras que el tiburón puntas blancas (*C. longimanus*) es más común en lances sobre mamíferos marinos. Utilizando la información obtenida por la flota cerquera mexicana, Solana-

Sansores (2001) analizó los patrones espaciales de especies epipelágicas capturadas incidentalmente en presencia de objetos flotantes entre 1993 y 1997. Las especies más abundantes fueron el conjunto de tiburones *C. limbatus* - *C. falciformis*, seguido del tiburón *C. longimanus.* No obstante, cuando el autor tomó en cuenta el tamaño de los tiburones, las especies C. *limbatus* - *C. falciformis* mayores a los 1.5 metros de longitud total (LT) fueron capturados frecuentemente (presentes entre el 30% y el 50% de los lances), mientras que sus reclutas (menores a 1.5 m LT) se capturaron ocasionalmente (entre el 10% y 30% de los lances). Los tiburones martillo (*Sphyrna* spp.) y los batoideos (*Mobula* spp. y *Dasyatis* spp.) se consideraron especies raras (capturadas en menos del 10% de los lances). Por otro lado, en términos de la variación espacial, los tiburones *C. limbatus* - *C. falciformis* fueron el grupo dominante en la zona norte (por arriba de los 4° N y hacia el oeste de 90° W), mientras que el tiburón *C. longimanus* fue frecuente tanto en el norte como en el sur. Hernández-González (2001) analizó la captura incidental a partir de la caracterización de un 50% de las actividades pesqueras de la flota cerquera mexicana llevadas acabo por observadores científicos abordo y reportó como especies frecuentes (presentes en más del 30% de lances sobre mamíferos marinos y objetos flotantes) al grupo de los tiburones *C. limbatus* - *C. falciformis* y poco frecuentes (>5% - < 30%) en lances sobre cardúmenes de atún. Así mismo, las mantas (*Mobula* spp.) y los tiburones martillo (*Sphyrna* spp.) fueron poco frecuentes en lances sobre mamíferos marinos y en lances sobre cardúmenes de atún. El tiburón *C. longimanus* también fue poco frecuente, pero en lances sobre objetos flotantes. Como especies raras (≤ 5% de los lances) capturadas en lances sobre mamíferos marinos se registraron a los tiburones *Sphyrna* spp., en lances sobre cardúmenes de atún al tiburón *C. longimanus* y a las rayas *Dasyatis* spp., y en lances sobre objetos flotantes a las

mantas (*Mobula* spp.), las rayas *Dasyatis* spp. y al tiburón *Sphyrna* spp. (Hernández-González, 2001).

Los trabajos anteriores (excepto Kato, 1964, Au, 1991, Au *et al.* 1999 y Román-Verdesoto y Orozco-Züller, 2006) estuvieron enfocados al análisis de toda la captura incidental, incluyendo teleósteos, por lo que se conoce poco de las variaciones especificas de la captura incidental de elasmobranquios. En el resto de los trabajos se menciona la controversia acerca de cuales especies componen la captura incidental de elasmobranquios en la pesquería de atún con red de cerco.

Kato (1964) y Román-Verdesoto Orozco-Züller (2006) mencionan que existe gran dificultad para identificar las principales especies de tiburones capturados incidentalmente en la pesquería de atún con red de cerco (principalmente dentro de los Carcharhinidos). El problema radica en distinguir entre el tiburón "puntas negras" *C. limbatus* y el "tiburón sedoso" *C. falciformis*. Autores como Arenas *et al.* (1999) mencionan que los tiburones incluidos en la categoría "*otros tiburones*" corresponden a *C. falciformis*, mientras que Solana-Sansores (2001) y Hernández-González (2001) unen a los organismos catalogados como *C. limbatus* y *C. falciformis* como ejemplares del tiburón sedoso.

Aunque se desconoce el fundamento de su decisión y porqué estos autores obvian a *C. limbatus*, posiblemente se basan en el hecho de que las pesquerías dirigidas al tiburón en el OPO son estaciónales y sostenidas principalmente por el tiburón *C. falciformis*, y no por el tiburón *C. limbatus*. Sin embargo, en algunas de estas pesquerías dirigidas al tiburón, *C. limbatus* es una especie frecuente y por ejemplo, en el Golfo de Tehuantepec ocupa el tercer lugar en las capturas (Soriano-Velásquez *et al.*, 2003). Recientemente, Román-

Verdesoto y Orozco-Züller (2006) realizaron un muestreo durante 2001 y 2002 en la pesquería de atún con red de cerco en el OPO, específicamente en la zona localizada al sur de los 4 °N. Los autores mencionan que los tiburones puntas negras *C. limbatus* sólo estuvieron presentes en las capturas hasta las 14 millas fuera de la costa, que la identificación de *C. falciformis* a bordo es correcta, y concluyen que fuera de las 14 millas de las costa, todos los tiburones clasificados como *C. limbatus* en realidad son *C. falciformis*.

A pesar de la incertidumbre sobre la composición de las capturas, en general se reconoce que la captura incidental de elasmobranquios es un componente importante en la pesquería de atún con red de cerco. Se ha propuesto que la captura incidental de elasmobranquios varía con respecto a la zona de pesca (incluyendo la profundidad), tipo de operación pesquera y condiciones oceanográficas.

Considerando que la captura incidental es un evento fortuito en la actividad pesquera, en este trabajo se sugiere que la captura incidental es resultado de la interacción entre las operaciones pesqueras con el patrón de distribución espacial de las especies que la componen. Por lo tanto, las variaciones espaciales, temporales y por tipo de operación pesquera de la tasa de Captura Incidental por Unidad de Esfuerzo (CIPUE) permitirán detectar de manera indirecta parte de los patrones de distribución espacial y temporal de las especies de elasmobranquios que son capturadas.

La captura incidental es un problema inherente a las pesquerías marinas y cuando consideramos especies longevas con bajas tasas reproductivas (como los elasmobranquios), su mortalidad puede afectar, a lo largo del tiempo, la diversidad debido a su impacto sobre

depredadores tope, o a través de la remoción o la eliminación de presas (Hall *et al.*, 1996, Lewison *et al.*, 2004). Por ello, es importante conocer las variaciones de la captura incidental de elasmobranquios en el OPO, ya que esto contribuirá a un mejor manejo de esta captura incidental y de manera indirecta ayudará a identificar los patrones espacio-temporales en la abundancia de las especies capturadas.

II.- OBJETIVO GENERAL

Analizar la captura incidental de elasmobranquios de la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el Océano Pacífico Oriental (OPO). Para esto, se utilizaran las bases de datos obtenidas por observadores científicos del Programa Nacional del Aprovechamiento del Atún y Protección al Delfín (PNAAPD), quienes caracterizan el 50% de las operaciones pesqueras de la flota cerquera mexicana.

Objetivos Particulares.

1.- Caracterizar la captura incidental de elasmobranquios en términos de sus tendencias espacio – temporales y en función del tipo de operación pesquera.

2.- Documentar la composición especifica de la captura incidental de elasmobranquios en el OPO.

3.- Describir la distribución espacial de las principales especies y estimar las tallas más frecuentes según el tipo de operación pesquera y zona de pesca.

4.-Evaluar las variables que influyen sobre la tasa de captura incidental de elasmobranquios (CIPUE), como la capacidad de la embarcación, el tipo de operación pesquera, el tiempo y la zona de pesca, a través de un Modelo General Lineal.

III.- ÁREA DE ESTUDIO

La zona de operación de la flota atunera mexicana en el Océano Pacífico Oriental se encuentra entre los 20° S a 30° N y los 70 a 160° W (Fig. 1). La distribución de las temperaturas superficiales permiten ubicar una zona con temperaturas superficiales mayores a 23 °C entre 3° S y 30° N, mientras que al norte y sur de esta franja las temperaturas son menores a 23 °C (Fiedler, 1992). Por lo tanto, las operaciones pesqueras de la flota cerquera mexicana se realizan en una zona heterogénea, incluyendo la zona tropical del OPO, así como en las zonas templadas al norte de los 23° N y al sur de los 3° S.

La zona de operación incluye las siguientes masas de agua: Agua Tropical Superficial (ATS), Agua Subtropical Superficial (ASS) y Agua Superficial Ecuatorial (ASE), aunque también hay influencia de la Corriente de California y de Humboldt (Fiedler, 1992). Los vientos del sur y norte convergen entre los 5 y 10° N, formando la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), cuya ubicación es más norteña (10° N) durante junio a noviembre (Transviña y Barton, 1997). El sistema de corrientes oceánicas del OPO está formado por la Contracorriente Norecuatorial (CCNE), la Corriente Surecuatorial (CSE), la Corriente Norecuatorial (CNE), la Corriente de California (CC) y la Corriente de Humboldt (CH) (Fiedler, 1992). Otros estudios han sugerido que la Corriente de Costa Rica (CCR) la cual conecta la CCNE y la CNE, es la corriente principal de la costa sudoccidental mexicana (Badan, 1997) (Fig. 2).

La porción superficial de la CCR se alimenta de la CCNE y consiste en Agua Tropical Superficial. Esta corriente se inicia en la cuenca de Panamá y termina en la Zona de Transición del Pacífico Norte, frente al extremo de la península de Baja California (Badan,

1997). De acuerdo a Wirtky (1965), el patrón de circulación del Océano Pacífico Oriental, exhibe variaciones temporales que pueden dividirse en cuatro periodos dentro del año: i) De agosto a diciembre, cuando la CCNE está completamente desarrollada al norte del ecuador, la CCR se encuentra intensificada y se extiende hasta la boca del Golfo de California. Su contraparte, la Corriente de California, se mantiene alejada de la costa a partir de los 25° N, donde gira hacia el oeste para alimentar a la CNE. ii) En enero, cuando la ZCIT inicia su desplazamiento hacia el sur, la CCNE se debilita y se divide en varios segmentos, mientras que la CC se intensifica y se extiende más al sur. iii) De febrero a abril, cuando la ZCIT se halla en la posición más al sur, la CCNE desaparece. iv) De mayo a julio, cuando la CCNE se ha formado nuevamente, la CCR fluye a lo largo de la costa hasta Cabo Corrientes (Wirtky, 1965).

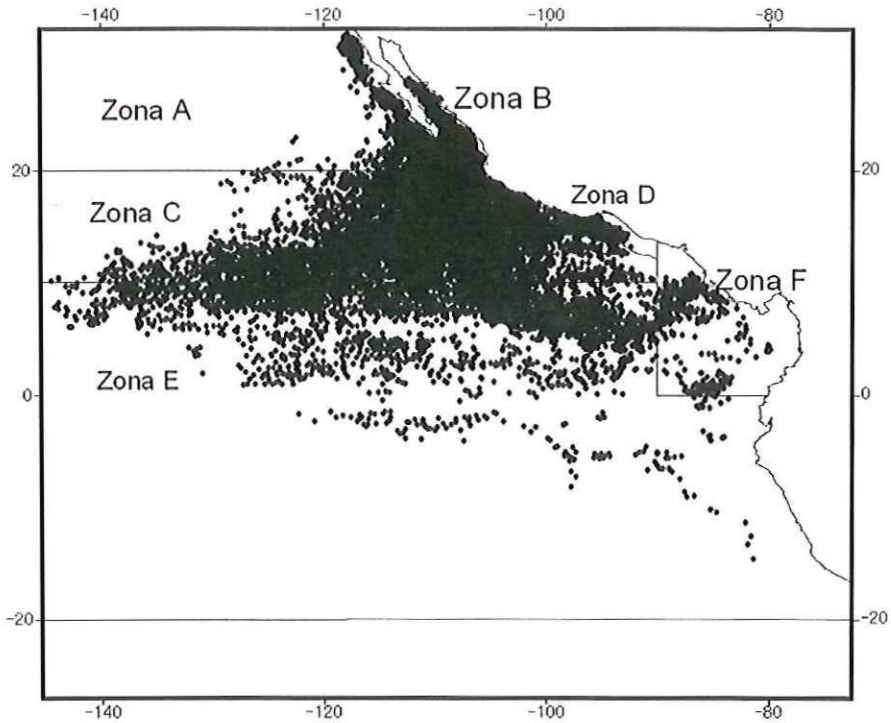

Figura 1.- Zona de pesca de la flota cerquera mexicana en el OPO durante 1998 a 2004, limitada por la distribución espacial del esfuerzo pesquero.

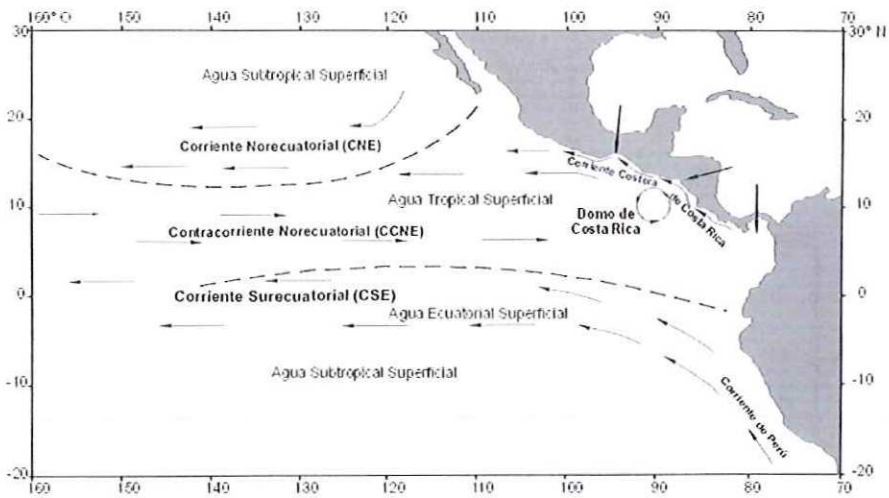

Figura 2.- Sistema de circulación oceánica en el OPO (tomado de Fiedler, 1992).

IV.- METODOLOGÍA

Se analizó la captura incidental de elasmobranquios en la pesquería de atún con red de cerco en el OPO. La información consiste de la base de datos correspondiente al 50% de las operaciones pesqueras, las cuales fueron caracterizadas por observadores científicos a bordo de la flota cerquera mexicana en el OPO entre 1998 y 2004. Este 50% de la información es asignada de manera aleatoria al Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección a Delfines (PNAAPD), el cual se encarga de recopilar la información correspondiente a la captura dirigida a atunes, así como la captura incidental de todas las especies (a partir de 1997, com. pers. Vaca-Rodríguez). El otro 50% de la información es enviada a la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT). La división de la información es realizada de manera aleatoria, por lo cual se consideró que los datos utilizados en este estudio son representativos de toda la captura.

Se analizaron 24,773 operaciones pesqueras (número de lances), de las cuales 72% fueron lances en presencia de mamíferos marinos, 26% lances sobre cardúmenes de atún y el resto fueron lances sobre atún en presencia de objetos flotantes (2%). La captura incidental fue registrada por observadores científicos a bordo de las embarcaciones pesqueras utilizando bitácoras de pesca diseñadas para esta porción de la captura (forma RFMA, Registro de Fauna Marina Asociada). La identificación se realizó por medio de claves especializadas (Castro, 2000). En el presente estudio, se evaluaron ocho variables: código (taxa, en el presente trabajo), número de organismos, talla total, capacidad de la embarcación, tipo de operación pesquera, año, trimestre, latitud y longitud. Su significado, las modificaciones

realizadas a los datos, y la notación utilizada para el análisis de la captura incidental se presentan en la Tabla I.

El número de elasmobranquios se calculó como la sumatoria de organismos capturados por lance entre el número total de lances pesqueros efectuados (esfuerzo pesquero). Los niveles de la variable trimestre se agruparon en función de la variación estacional. Las variables latitud y longitud se utilizaron para georeferenciar cada lance pesquero. Se subdividió el área muestreada en seis zonas de pesca. Las seis zonas fueron determinadas con base en el esfuerzo pesquero total, la captura incidental de elasmobranquios, y en función de las características oceanográficas del Océano Pacífico Oriental: Corriente de California (Zona A), Golfo de California (Zona B), Océano centro (Zona C), Costa Centro (Zona D), Océano Sur (Zona E) y Centroamérica (Zona F) (Fig. 3).

La bitácora de pesca utilizada por los observadores científicos incluye una columna bajo el titulo de "CATEGORÍA", donde son registradas las especies empleando códigos. En cada observación existe la opción de "comentarios", donde se registra información adicional sobre los organismos. En algunos casos, dentro de los "comentarios" de la categoría TINI (tiburón no identificado) u OTIB (otro tiburón) se obtuvo información que ayudó a asignar e incluso corroborar el nombre de la especie, por lo que se modificó la anterior. Considerando que las tallas máximas son un parámetro propio de la historia de vida de cada especie y dada la controversia en la identificación de especies, en los casos donde los observadores registraron las tallas de los organismos capturados (ver más adelante), se reclasificaron aquellos individuos registrados (con tallas superiores a su

máxima reportada de 2.55 m) como tiburones puntas negras (TIPN), como TISI o *C. falciformis*, cuya talla máxima reportada va más allá de los 3.00 m (Compagno, 1984).

Tabla I.- Variables extraídas de la base de datos correspondiente a las actividades pesqueras de la flota cerquera mexicana dedicada a la captura de atún en el OPO. Se muestran las variables así como la nomenclatura utilizada en el presente estudio (en negritas).

Variable	Siglas	Niveles
Capacidad de la embarcación.	CAP	**CAP-I** : mayor a 500 y menor de 1000 ton. **CAP-II** : mayor de 1000 ton.
Operación pesquera	SUC	LBRI: **en presencia de cardumenes de atún.** LMAM: **en presencia de mamíferos marinos.** LOBF:**en presencia de objetos flotantes.**
Año	A	**1998 - 2004**
Trimestre	TRIM	Trim-1 (feb-abr, **primavera**), Trim-2 (may-jul, **verano**), Trim-3 (ago-oct, **otoño**) y Trim-4 (nov-ene, **invierno**).
Número de organismos	# ORG	Modificada a número de organismos / lance **(CIPUE)**
Zona de pesca	LAT	Modificada, regionalización (Fig. 3)
Zona de pesca	LON	Modificada, regionalización (Fig. 3)
Longitud total	TALLAS	Tallas minima y maxima de los organismos capturados, expresadas en promedios de **LT**, longitud total o **LD**, longitud de disco.
Taxón	CÓDIGOS	TIPN : ***C. limbatus***; TISI : ***C. falciformis***; TIPB : ***C. longimanus***; TIMA: ***Sphyrna* spp.**; MANTAS: ***Mobula* spp** y la categoría *otros tiburones* ***(OTIB)***, que se mantuvo con el mismo nombre: ***otros tiburones***.

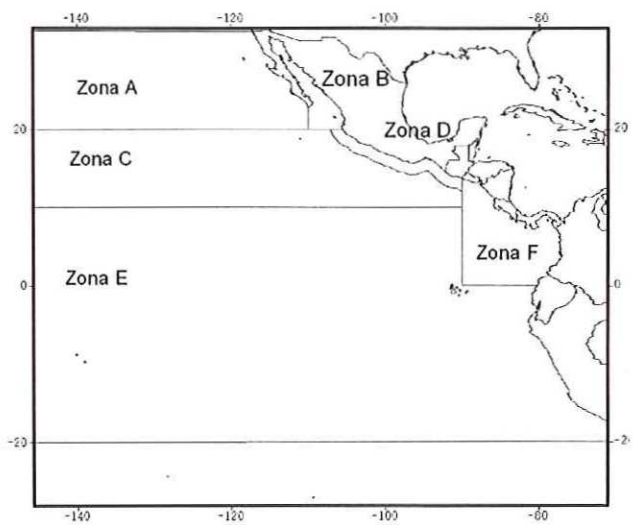

Figura 3.- División de la zona de pesca, en 6 sub-zonas, utilizada por la flota cerquera mexicana dedicada a la captura de atún en el OPO. Zonas A: zona norte, B: Golfo de California, C: Oceánica centro, D: zona costa, E: Oceánica sur y F: Centroamérica.

IV.1. Tasa de captura

La tasa de Captura Incidental por Unidad de Esfuerzo (CIPUE) correspondió al número de organismos en conjunto y/o por especie dividido entre el número de lances totales (esfuerzo pesquero) en cada zona, año, temporada de pesca, tipo de operación pesquera y capacidad de la embarcación.

$$CIPUE = \sum \frac{n_{c,z,o,a,t}}{E_{c,z,o,a,t}} \qquad (1)$$

Donde:

CIPUE = Captura Incidental por Unidad de Esfuerzo.

n = Número de organismos capturados por lance (para cada capacidad, zona de pesca, tipo de operación pesquera, año y temporada de pesca).

E = Número de lances totales efectuados por la flota pesquera (por cada capacidad, en cada zona de pesca, operación pesquera, año y temporada de pesca).

c = Capacidad de la embarcación (I: de 500 - 999 toneladas y II: mayor o igual a 1000 ton.).

z = Zonas de pesca (Zonas A: zona norte, B: Golfo de California, C: Oceánica centro, D: zona costa, E: Oceánica sur y F: Centroamérica, Fig. 3).

o = Tipo de operación pesquera (en presencia de cardúmenes de atún, en presencia de mamíferos marinos, o en presencia de objetos flotantes).

a= Años (1998-2004).

t = temporada de pesca (Primavera, Verano, Otoño e Invierno).

IV.2. Caracterización de tallas

Springer (1967), Compagno (1984) y Castro (1996) indican que los elasmobranquios tienden a segregarse por sexos y por tallas. Con la finalidad de evaluar la composición de tallas de la captura incidental de las diferentes operaciones pesqueras en el presente trabajo se analizaron las estructuras de tallas de los principales taxa capturados. Debido al intenso ritmo de trabajo durante las operaciones pesqueras y a limitaciones de espacio en las embarcaciones, no fue posible medir a todos los elasmobranquios capturados. No obstante, se registró una porción que representará las tallas de la captura total, incluyendo en la mayoría de los casos, sólo la longitud máxima y mínima del conjunto total por taxa. En este estudio, hago el supuesto de que las tallas registradas en cada lance son representativas del total de la captura.

En los tiburones, la longitud total (LT) fue medida desde el hocico (morro) hasta el extremo posterior de la aleta caudal utilizando una cinta métrica, mientras que en los batoideos su tamaño correspondió a la longitud de extremo a extremo de las aletas pectorales, o longitud de disco (LD). Todas las tallas registradas fueron utilizadas para construir histogramas de frecuencia (con intervalos de 0.5 m de LT o LD) para cada una de los taxa. La proporción de sexos no fue considerada porque no es una característica registrada por los observadores científicos.

IV.3. Modelo General Lineal (MGL)

Para evaluar estadísticamente la variación en la CIPUE se utilizó un Modelo General Lineal (MGL) tomando en cuenta las siguientes variables: años (1998-2004), temporada de pesca (Primavera, Verano, Otoño e Invierno), zonas de pesca (Zonas A: zona

norte, B: Golfo de California, C: Oceánica centro, D: zona costa, E: Oceánica sur y F: Centroamérica), tipos de operación pesquera (en presencia de cardúmenes de atún, en presencia de mamíferos marinos y en presencia de objetos flotantes) y capacidad de las embarcaciones (I: de 500 - 999 toneladas y II: mayor o igual a 1000 ton).

El MGL permite el uso de variables predictoras categóricas y/o continuas. Al igual que un análisis de regresión múltiple, cuantifica la contribución de cada uno de los factores y sus niveles a la variabilidad en la variable respuesta (Quinn y Keough, 2002). Hilborn y Walters (1992) mencionan que los MGLs son un método robusto para examinar los efectos de las diferentes variables (embarcaciones, áreas etc.) sobre la CPUE. Recomiendan estandarizar las series de datos a un valor constante que provenga de los primeros años de la serie, dado que en el tiempo no sólo se incrementa la tecnología de las artes de pesca, sino también se incrementa la experiencia del pescador y de los observadores en los barcos pesqueros. Por ello, en los MGLs de este estudio se utilizó un punto de referencia o comparación (U) que provino de la serie de datos iniciales (Hilborn y Walters, 1992). El punto de referencia fue la tasa de captura obtenida durante el primer año (1998), primera temporada (primavera), capacidad I (entre 500-1000 ton), operación pesquera en presencia de objetos flotantes y en la zona de pesca norte (Zona A). Se utilizó este punto de referencia (U), en lugar del promedio de la serie de datos u otro valor, por que el promedio puede brindar una medida sesgada en una serie de datos con tan sólo seis años. Mientras que, utilizar un valor inicial y no otro como punto de referencia, nos permite poder hacer comparaciones relativas a través del tiempo. Por cuestiones de tener el primer valor como punto de referencia, se utilizó la misma combinación de U para cada taxón.

Debido a que la captura incidental de elasmobranquios fue nula en un elevado porcentaje de años y trimestres, a pesar del esfuerzo pesquero, el conjunto de datos fue linealizado utilizando la transformación Ln(CIPUE+1). La interpretación de las tendencias con respecto al punto de referencia (U) estuvo en función de los coeficientes calculados, considerando que cada valor es medida de la desviación de U. Por otro lado, debido a que al aplicar la transformación a los datos, tanto los valores de X así como sus coeficientes calculados se ven afectados por dicha transformación, los valores para su interpretación fueron convertidos a su valor real al eliminar la transformación utilizando la función EXP (valor de los coeficientes) – 1(Hilborn y Walters, 1992).

Dado los objetivos planteados, se construyó un primer modelo (MGL I) para explorar la relación entre la CIPUE y el año, la temporada de pesca, la zona de pesca, el tipo de operación pesquera y la capacidad de la embarcación. Posteriormente, el MGL I fue modificado para evaluar la interacción, sobre la CIPUE, de la zona de pesca y temporada de pesca - (modelo MGL II) así como entre ésta última y el tipo de operación pesquera (modelo MGL III).

Modelo MGL I

$$U_{atzoc} = U_{11111} \times \pi\alpha_a \times \pi\alpha_t \times \pi\beta_z \times \pi\beta_o \times \pi\beta_c \times \varepsilon_{atzoc} \quad (2)$$

Modelo MGL II-Interacción trimestre – tipo de operación pesquera

$$U_{atxo} = U_{11} \times \pi\alpha_a \times \pi\gamma_{to} \times \varepsilon_{ato} \quad (3)$$

Modelo MGL III- Interacción trimestre - zona de pesca

$$U_{atz} = U_{11} \times \alpha_a \times \gamma_{tz} \times \varepsilon_{atz} \quad (4)$$

Donde:

U_{11111} = Corresponde al valor de la CIPUE durante el primer año, primer temporada, capacidad I, y operación pesquera sobre objetos flotantes en la zona A. En los modelos MGL II y MGL II, corresponde al valor dado por la interacción de temporada de pesca – tipo de operación pesquera y zona de pesca, respectivamente.

$\Pi\alpha$ = Coeficientes calculados para cada variable independiente relacionada con el factor tiempo: años (a) y temporada de pesca (t).

$\Pi\beta$ = Coeficientes calculados para el resto de las variables independientes: capacidad de la embarcación (c), zona de pesca (z) y tipo de operación pesquera (o).

$\Pi\gamma$= Coeficientes calculados para la interacción temporada – zona de pesca y temporada – operación pesquera (subíndices: tz y to).

ε = error asociado al modelo.

Los modelos fueron evaluados por medio de las pruebas t, pruebas F y por medio del Criterio de Información de Akaike (AIC, por sus siglas en ingles). Las hipótesis nulas fueron rechazadas cuando el valor *p* fue igual o menor al nivel de significancia estadística de 0.05.

Prueba de hipótesis para los coeficientes U, α, β y γ (Prueba *t*).

1) El valor calculado para el coeficiente U representó la CIPUE calculada para cada una de las especies en cuestión. Esta CIPUE fue utilizada a diferencia de la CIPUE media para interpretar las desviaciones de la CIPUE con respecto a los factores incluidos dentro del modelo.

Ho: El valor de U_{1111} es estadísticamente igual de cero.

2) α, éste valor representa el cambio a través del tiempo. Incluye la variación anual y estacional de la CIPUE con respecto a lo que teóricamente se capturó en la primavera de 1998.

Ho: $\alpha = 0$, es decir, no existe cambio en la CIPUE debida al factor año y temporada de pesca, con respecto a lo que se capturó en la primavera de 1998.

3) β, el valor calculado representa el cambio en la CIPUE debida a la capacidad de la embarcación, la zona o el tipo de operación pesquera. El contraste se hizo con respecto a la embarcación de menor capacidad (capacidad I), una zona aleatoria que coincidió con la primer zona de pesca de la flota mexicana: zona norte (Zona A), y con respecto a la operación pesquera que involucra lances en presencia de objetos flotantes.

Ho: $\beta = 0$, es decir, no existe cambio de la CIPUE por la capacidad de la embarcación, por la zona de pesca y ni por el tipo de operación pesquera, con respecto a la capacidad -I, Zona A y en lances en presencia de objetos flotantes.

4) γ, representa la interacción de la temporada de pesca con la zona y el tipo de operación pesquera. Esta interacción se evaluó debido a que el esfuerzo pesquero presenta variación espacial y estacional.

Ho : $\gamma = 0$, es decir, no existe cambio en la CIPUE debido a la interacción temporada de pesca – zona de pesca y temporada de pesca – tipo de operación pesquera, con respecto al valor calculado para la interacción primavera – zona norte y primavera- lances en presencia de objetos flotantes, respectivamente.

Prueba F.

El análisis de varianza fue utilizado para evaluar el MGL y todos los factores que lo componen. Este análisis compara dos cálculos independientes de la varianza para la variable independiente: uno que refleja la variabilidad general de los datos en cada factor y otro que representa la diferencia debida a los factores (Hair *et al.*, 1999). La hipótesis nula es que la CIPUE no varía con respecto al año, temporada de pesca, zona de pesca, capacidad de la embarcación y tipo de operación pesquera.

Criterio de información de Akaike (AIC).

El AIC es útil para diagnosticar qué modelo es más parsimonioso y presenta un mejor ajuste: valores bajos de AIC indican una mayor reducción de la suma de cuadrados del error y por consiguiente un mejor modelo (Quinn y Keough, 2002).

$$AIC = [X(\ln SCE) + (2Y)] \qquad (5)$$

Donde :

X = Número de observaciones.

SCE = Suma de cuadrados del error.

Y = Número de parámetros.

Los mapas de distribución espacial de la captura incidental se realizaron con el paquete ArcView 3.29. Los Modelos Generales Lineales se calcularon utilizando el paquete SYSTAT para Windows versión 10, y los histogramas de frecuencia de tallas con el paquete STATISTICA™ para Windows versión 5.

V.- RESULTADOS

V.1. Composición específica

El esfuerzo total aplicado en la pesquería mexicana con red de cerco para el atún en el OPO durante las temporadas de pesca de 1998 a 2004 fue de 24,773 lances pesqueros. La captura incidental total de elasmobranquios obtenida a partir de este esfuerzo fue de 22,250 organismos. La información corresponde, conforme a los datos aportados por los observadores, a ocho especies, cuatro géneros y tres grupos adicionales registrados como *tiburones no identificados, otros tiburones* y *tiburones café* (Tabla II).

La captura incidental correspondió a especies de hábitos costeros y/o oceánicos, tropicales y subtropicales, aunque también fueron capturadas especies características de hábitats templados y oceánicos, como el tiburón mako *Isurus oxyrinchus* y el tiburón azul *Prionace glauca*. Considerando el total de la captura incidental (en número de organismos), el 91% estuvo comprendido por el tiburón puntas negras (*Carcharhinus limbatus*), las mantas del género Mobulidae (*Mobula* spp.), el tiburón puntas blancas oceánico (*C. longimanus*), la categoría "*otros tiburones*", el tiburón martillo (*Sphyrna* spp.) y el tiburón sedoso (*C. falciformis*). Por su abundancia, le siguen las rayas látigo (*Dasyatis* spp.) (9%), los organismos catalogados como tiburones no identificados, y los tiburones zorros (Alopidae), entre otros (Tabla II).

En el presente trabajo se utilizó el término genérico de "taxón" para referirse a cada uno de estos niveles taxonómicos, ya que en el conjunto se encuentran grupos de especies, e incluso grupos de organismos cuya identidad no está incluida en las claves de identificación utilizadas por los observadores científicos abordo, tales como los "*otros tiburones*" o

"*tiburones no identificados*". Así, la captura incidental fue clasificada en total en 15 códigos o grupos taxonómicos (Tabla II).

Tabla II.- Captura incidental total de elasmobranquios de la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. Se reporta el porcentaje del número total de organismos por taxa.

Nombre cientifico	Nombre común	Código	No. org.	% total
Carcharhinus limbatus	T. puntas negras	TIPN	12,443	55.9
Mobula spp.	Mantas	MANT	3,419	15.4
Carcharhinus longimanus	T. puntas blancas	TIPB	1,472	6.6
Sphyrna spp.	T. martillo	TIMA	1,085	4.9
No identificado	Otro tiburón	OTIB	1,031	4.6
C. falciformis	T. sedoso	TISI	771	3.5
Dasyatis spp.	Raya	RAYA	669	3
No identificado	T. no identificado	TINI	557	2.5
Alopidae	T. zorro	TIZO	345	1.6
Prionace glauca	T. azul	TIAZ	221	1
No identificado	T. café	TICF	138	0.6
Carcharhinus galapagensis	T. galapagos	TIGA	42	0.2
Isurus oxyrrinchus	T. mako	TIMK	40	0.2
Rhincodon typus	T. ballena	TIBA	11	0.05
Carcharhinus leucas	T. toro	TITO	6	0.03
		TOTAL	22, 250	

V.2. Captura Incidental por Unidad de Esfuerzo (CIPUE) y Esfuerzo pesquero total

La captura incidental total de elasmobranquios, expresada en CIPUE, experimentó un cambio después de 1998, y de manera similar a la variación en el esfuerzo pesquero, cambió considerablemente en 2001. Después de este año, el esfuerzo pesquero empezó a incrementar poco a poco, mientras que la tendencia de la captura incidental total no parece ser clara, con dos máximos, uno en 2004 y otro en 2002. Por ello, se considera que la relación anual entre la CIPUE total y el esfuerzo pesquero no son concordante (Fig. 4a y b).

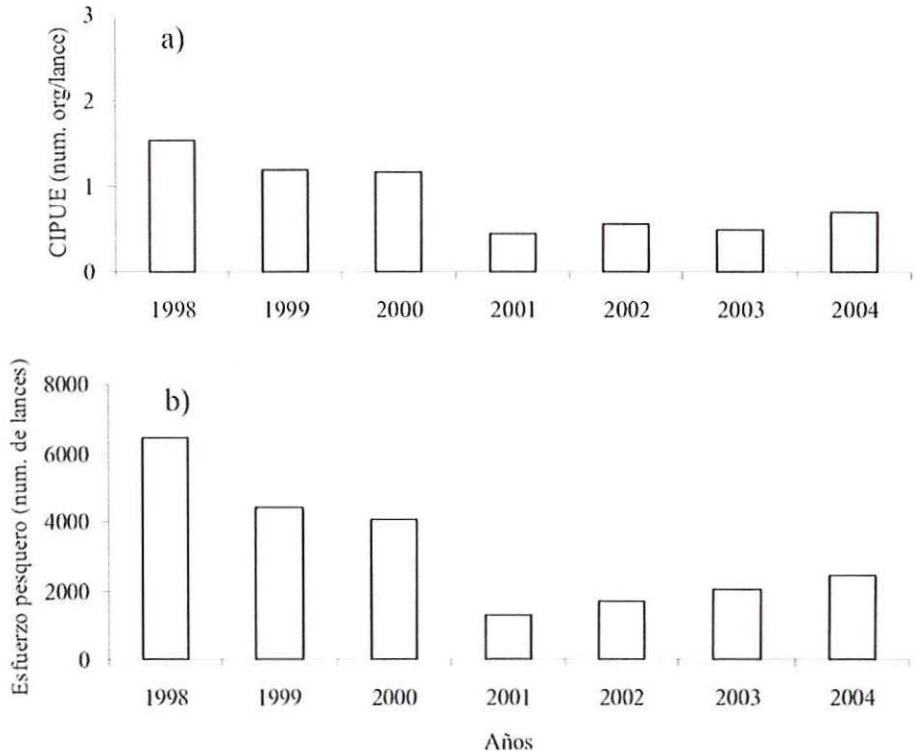

Figura 4.- Captura Incidental por Unidad de Esfuerzo (CIPUE) total de elasmobranquios (a) y esfuerzo pesquero total (b) anual en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004.

El total de la captura incidental de elasmobranquios obtenida en presencia de objetos flotantes fue más alta durante otoño (29 org/lance) y verano (27 org/lance). Mientras que en presencia de mamíferos marinos y cardúmenes de atún, la captura incidental fue considerablemente más bajas (de alrededor de 1 org/lance) y con poca tendencia estacional. Al igual que la tendencia anual, no se observó una relación clara entre la captura incidental por tipo de operación pesquera y el esfuerzo pesquero a través de la temporada de pesca (Fig. 5a y b).

Cuando se analizó la variación de la CIPUE, por taxa y para cada tipo de operación pesquera, se observaron diferencias sustanciales. La captura incidental más alta para *Mobula* spp. se registró en presencia de cardúmenes de atún (0.45 org/lance), mientras que, la captura incidental en presencia de objetos flotantes y de mamíferos marinos fue más alta para los tiburones, principalmente para el tiburón *C. limbatus* (14.2 y 0.17 org/lance, respectivamente) (Tabla III).

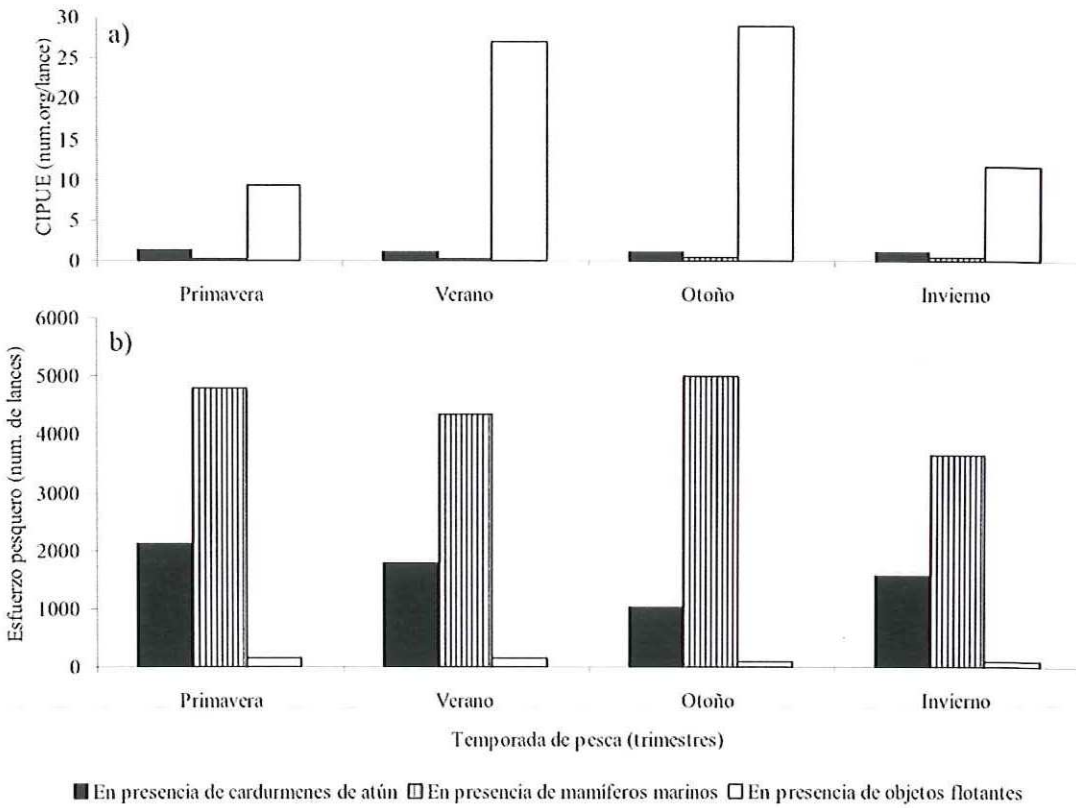

Figura 5.- Captura incidental de elasmobranquios (a) y esfuerzo pesquero total (b) por tipo de operación pesquera y temporada de pesca obtenidos en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004.

Tabla III.- Captura incidental (en num. org/lance) por tipo de operación pesquera para los seis principales taxa de elasmobranquios obtenidas en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 – 2004.

Taxa	en presencia de cardúmenes de atún	en presencia de mamíferos marinos	en presencia de objetos flotantes
C. limbatus	0.36	0.17	14.20
Mobula spp.	0.45	0.03	0.04
Otro tiburón	0.01	0.00	1.70
C. longimanus	0.01	0.04	1.30
C. falciformis	0.04	0.02	0.44
Sphyrna spp.	0.13	0.01	0.21

En todas las zonas de pesca se registró captura incidental de elasmobranquios durante todo el año. Sin embargo, durante el verano la CIPUE fue considerablemente alta en Centroamérica (6 org/lance), y en las zonas oceánicas centro y sur durante otoño (1.4 org/lance) e invierno y primavera (con 1.3 y 1.1 org/lance), respectivamente. La relación que se observó de la captura incidental con respecto al esfuerzo pesquero fue poco clara. Por un lado, con poco esfuerzo pesquero se obtuvo alta captura incidental en Centroamérica, mientras que por el otro, un alto esfuerzo pesquero resultó también en alta captura incidental (zona oceánica centro). En cada zona de pesca, la captura incidental y el esfuerzo pesquero no presentaron una tendencia definida en función del trimestre (Primavera-Invierno) (Fig. 6a y b).

En todas las zonas de pesca, la captura incidental más alta correspondió a *Mobula* spp. y a *C. limbatus*, con excepción de la captura incidental en Centroamérica, donde fueron más altas las de *Sphyrna* spp. (0.70 org/lance) (Tabla IV).

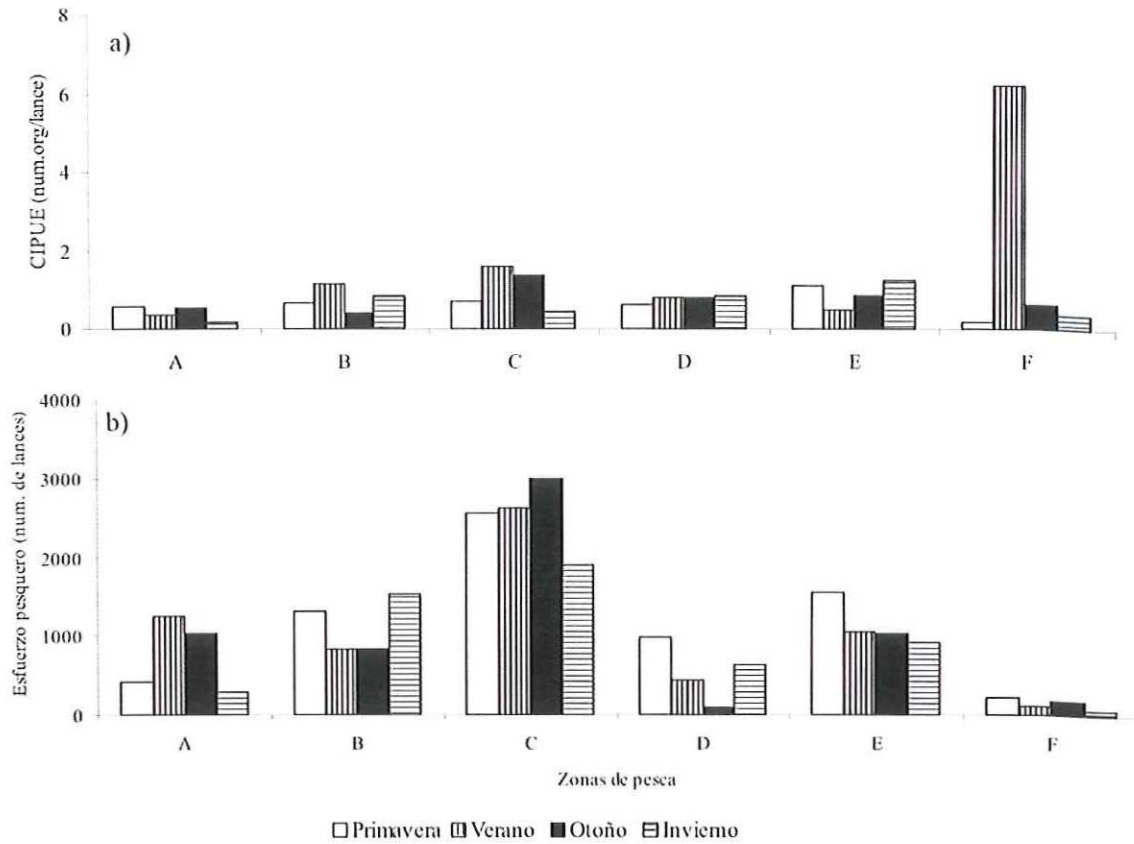

Figura 6.- Captura incidental de elasmobranquios (a) y esfuerzo pesquero total (b) por zona y temporada de pesca, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica.

Tabla IV.-Captura incidental (en num. de org/lance) por zona de pesca para los seis principales taxa de elasmobranquios obtenidos en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 – 2004. Zona A: Z. norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica.

Taxón	ZONA DE PESCA					
	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E	Zona F
Mobula spp.	0.11	0.51	0.01	0.22	0.03	0.25
C. limbatus	0.14	0.09	0.79	0.22	0.63	0.51
Otro tiburon	0.01	0.01	0.05	0.01	0.10	0.01
C. longimanus	0.00	0.00	0.11	0.02	0.06	0.00
C. falciformis	0.06	0.00	0.03	0.06	0.05	0.00
Sphyrna spp.	0.04	0.05	0.03	0.01	0.01	0.70

Por otro lado, a pesar de que el esfuerzo pesquero de la flota cerquera mexicana se realizó principalmente con embarcaciones de capacidad II (73%); la CIPUE más alta se obtuvo por medio de las embarcaciones de CAP-I, excepto para la zona de Centroamérica, cuyas operaciones pesqueras sólo se realizaron con embarcaciones de CAP-II (Fig. 7a y b).

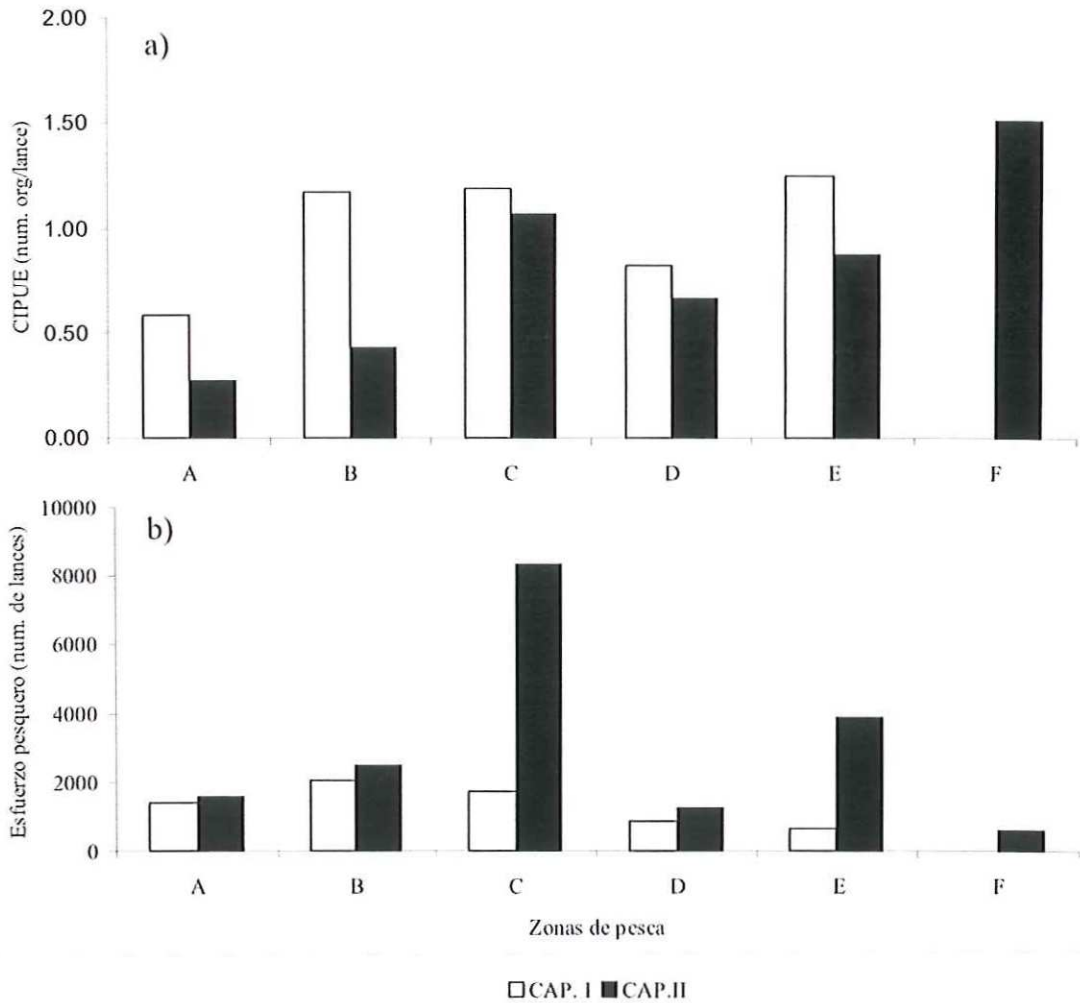

Figura 7.- Captura incidental de elasmobranquios (a) y esfuerzo pesquero (b) por zona de pesca y capacidad de la embarcación, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica.

V.3. Relación entre la CIPUE y la capacidad de la embarcación, el año, la temporada de pesca, el tipo de operación pesquera, la zona de pesca y su interacción (MGL I, II y III)

Capacidad de la embarcación

Cuando se evaluó la relación entre la capacidad de la embarcación y la CIPUE, únicamente para los tiburones *Sphyrna* spp. se detectó un cambio estadísticamente significativo de 3% (p=0.017) con respecto a U (CAP-I). Para los otros cinco taxa no hubo diferencias estadísticamente significativas entre embarcaciones (Tabla V).

Tabla V.- Resultados del MGL I para cada taxón. Se muestran los valores de los coeficientes para la capacidad de la embarcación, con respecto a U (CAP-I), sus estadísticas asociadas, la magnitud de la variación así como los valores significativos de P (en negritas).

Taxa	Coeficiente	Error estándar	t	P
Sphyrna spp.	0.033 (3%)	0.014	2.384	**0.017**
Mobula spp.	0.007	0.012	0.618	0.537
C. longimanus	0.025	0.015	1.663	0.097
C. limbatus	0.076	0.042	1.792	0.073
C. falciformis	0.013	0.012	1.098	0.272
Otros tiburones	0.020	0.015	1.330	0.184

Año

En términos generales la tendencia anual de la CIPUE fue decreciente hacia los últimos años de la serie de tiempo, sin embargo, la captura incidental para cada taxón presentó una tendencia con altas y bajas pronunciadas. La captura incidental para *C. limbatus* varió drásticamente de 0.9 org/lance en 1998 a 0.2 en 2001; después de este ultimo año, la variación de la CIPUE fue ligeramente menor a través de los años. No

obstante, se mantuvo con cambios pronunciados de un año a otro. La captura incidental de *C. falciformis*, a partir de 1999 presentó la misma tendencia de *C. limbatus*, aunque los valores fueron relativamente más bajos. Por otro lado, la captura incidental de *Mobula* spp. presentó dos valores altos, uno en 1999 y otro en 2003. *C. longimanus* y *Sphyrna* spp. presentaron captura incidental alta en 2000 y 1999, respectivamente. La categoría "*otros tiburones*" se registró con captura incidental alta en dos años, 1998 y 2004. Aparentemente, la relación entre el esfuerzo pesquero y la CIPUE por taxón fue directamente proporcional para las mantas *Mobula* spp y los tiburones *Sphyrna* spp, e indirecta para el resto de los taxa (Fig. 4b y 8).

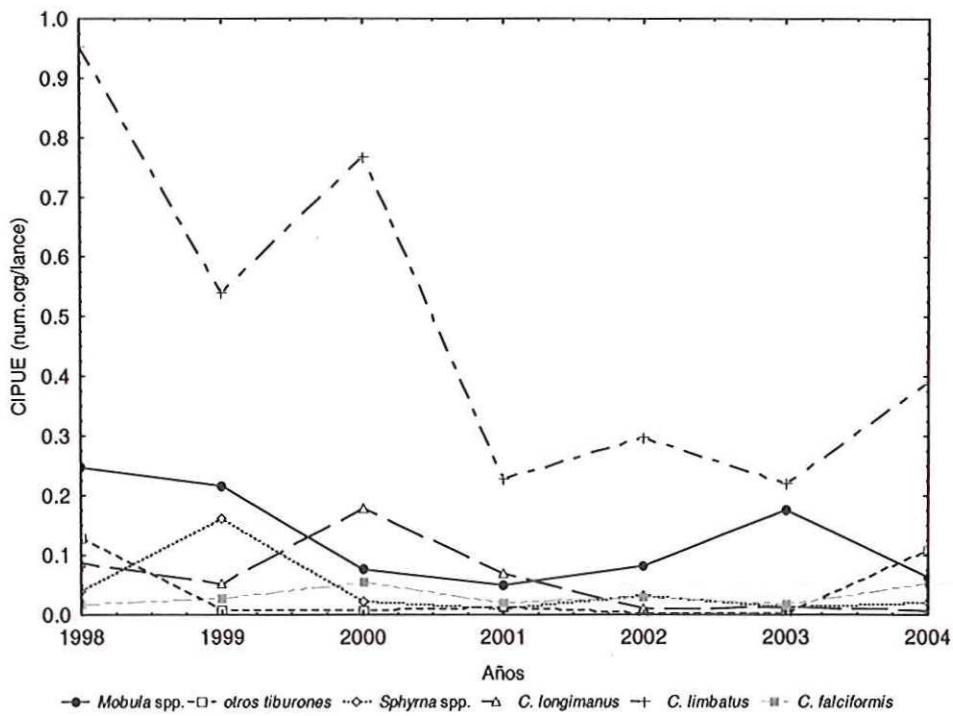

Figura 8.- Captura incidental anual de los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.

El modelo MGL I detectó diferencias estadísticamente significativas en la variación anual de CIPUE con respecto al valor de referencia U (1998). Para los tiburones *C. longimanus* y la categoría "*otros tiburones*" hubo diferencias en la mayor parte de los años analizados, mientras que para *C. limbatus* y *Sphyrna* spp. sólo algunos años fueron estadísticamente significativos, e incluso en otros taxa no se detectaron diferencias significativas.

En la figura 9 se muestran los valores de los coeficientes calculados respecto a U (1998) obtenidos por medio del modelo MGL I para la tendencia anual por taxa. Las tendencias son consistentes con la disminución en las capturas incidentales a través del periodo de estudio analizado. La CIPUE de *C. longimanus* varió significativamente -5.4% en 2001 (p=0.048), -7.4% en 2002 (p=0.006), -7.1% en 2003 (p=0.008) y -7.3% en 2004 (p=0.007), mientras que la CIPUE de la categoría "*otros tiburones*" varió significativamente – 7.7% en 1999 (p=0.005), -7.9% en 2000 (p=0.004), -6.5% en 2001 (p=0.018), y -8.1% en 2002 (p=0.003) así como en 2003 (p=0.003). Para los tiburones *C. limbatus* y *Sphyrna* spp. el MGL I únicamente detectó cambios muy prominentes observados en la tendencia nominal. La CIPUE del tiburón *C. limbatus* varió significativamente -16.6% en 2002 (p=0.022), mientras que para *Sphyrna* spp. la CIPUE varió significativamente 6% en 1999 (p=0.028). Por último, para *Mobula* spp. y *C. falciformis* la variación anual no fue estadísticamente significativa (MGL I, Tabla VI).

Los resultados del análisis estadístico nos permiten concluir que en estos siete años (1998-2004), las tasas de captura incidental comparándolas con U (1998) han variado sólo significativamente para los tiburones *C. longimanus,* "*otros tiburones*", *C. limbatus* y *Sphyrna* spp. La CIPUE de *C. longimanus* ha variado en los últimos tres años, aunque sin

una tendencia estacional clara, registrándose sólo un cambio de -7.1% en 2003. La variación de CIPUE para los "*otros tiburones*" se detectó durante todos los años de 1999 a 2003. Para *C. limbatus* y *Sphyrna* spp. la captura incidental presentó un cambio brusco en un año especifico (2002 y 1999, respectivamente). El cambio detectado con el modelo MGL I para *Sphyrna* spp. *C. longimanus*, y "*otros tiburones*" coincidió con los cambios nominales; para *C. limbatus*, el cambio detectado con el MGL I no coincidió con la variación nominal (ver discusión).

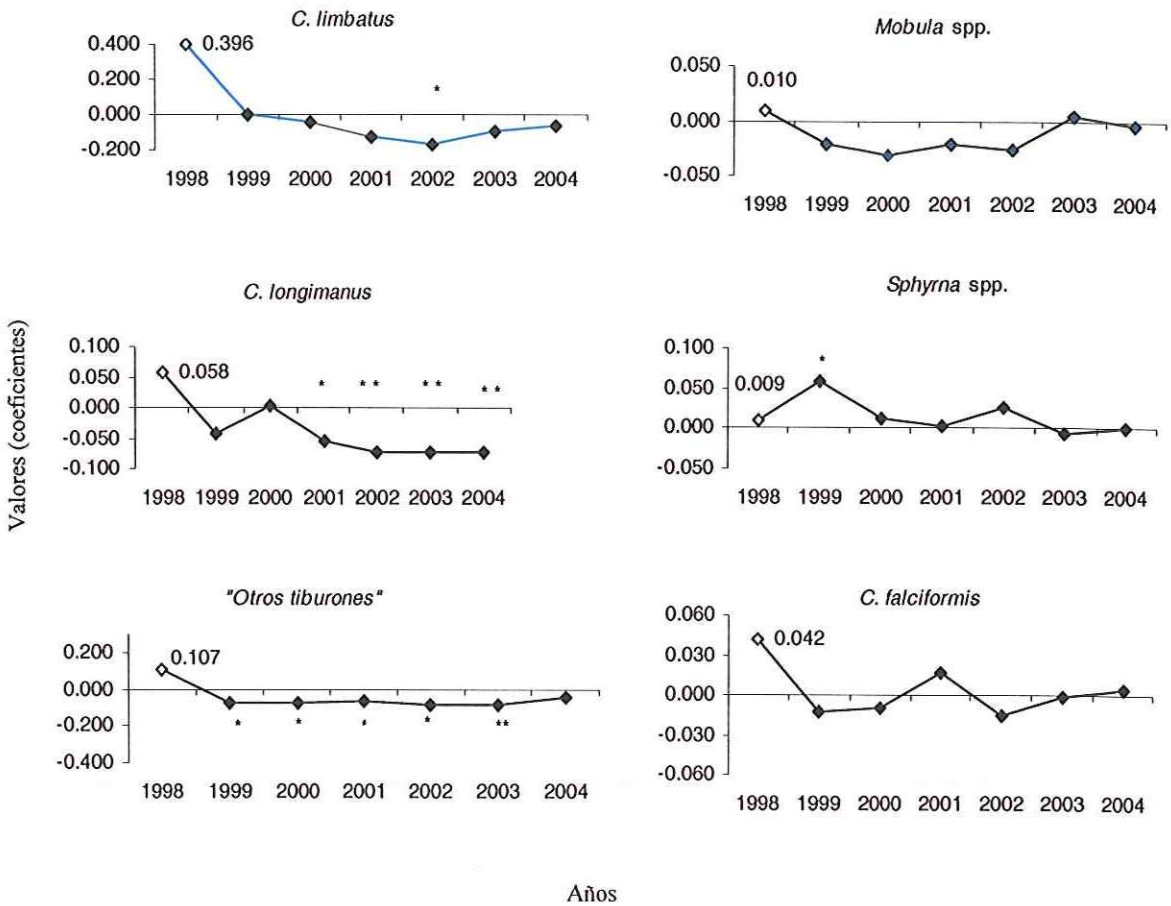

Figura 9.- Coeficientes calculados por el modelo MGL I, respecto a U (1998) para la tendencia anual de los seis principales taxa de elasmobranquios capturados incidentalmente en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.

Tabla VI.- Resultados del MGL I para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestra el valor del coeficiente para cada año, con respecto a U (1998), sus estadísticas asociadas, la magnitud de la variación así como los valores significativos de P (en negritas).

Taxa	Variable	Coeficiente	Error estándar	t	P
Sphyrna spp.	U	0.009	0.029	0.323	0.747
	1999	0.057 (6%)	0.026	2.196	**0.028**
	2000	0.012	0.026	0.466	0.642
	2001	0.002	0.026	0.062	0.951
	2002	0.025	0.026	0.965	0.335
	2003	-0.006	0.026	-0.248	0.804
	2004	0.001	0.026	0.046	0.963
Mobula spp.	U	0.010	0.053	0.410	0.682
	1999	-0.022	-0.043	-1.010	0.313
	2000	-0.031	-0.060	-1.402	0.161
	2001	-0.021	-0.042	-0.978	0.328
	2002	-0.026	-0.051	-1.178	0.239
	2003	0.004	0.008	0.188	0.851
	2004	-0.004	-0.007	-0.169	0.865
C. longimanus	U	0.058	0.032	1.834	0.067
	1999	-0.043	0.028	-1.519	0.129
	2000	0.002	0.028	0.081	0.935
	2001	-0.056 **(-5.4%)**	0.028	-1.979	**0.048**
	2002	-0.077 **(-7.4%)**	0.028	-2.736	**0.006**
	2003	-0.074 **(-7.1%)**	0.028	-2.647	**0.008**
	2004	-0.076 **(-7.3%)**	0.028	-2.703	**0.007**
C. limbatus	U	0.396	0.090	4.417	0.000
	1999	0.004	0.079	0.052	0.959
	2000	0.43	0.079	-0.547	0.584
	2001	0.134	0.079	-1.699	0.090
	2002	0.181 **(19.8%)**	0.079	-2.295	**0.022**
	2003	0.097	0.079	-1.229	0.219
	2004	0.061	0.079	-0.768	0.443
C. falciformis	U	0.042	0.025	1.712	0.087
	1999	-0.013	0.022	-0.579	0.563
	2000	-0.010	0.022	-0.463	0.643
	2001	0.016	0.022	0.736	0.462
	2002	-0.016	0.022	-0.745	0.456
	2003	-0.002	0.022	-0.085	0.932
	2004	0.004	0.022	0.192	0.848
Otros tiburones	U	0.107	0.032	3.286	0.001
	1999	-0.081 **(-7.7%)**	0.029	-2.824	**0.005**
	2000	-0.083 **(-7.9%)**	0.029	-2.889	**0.004**
	2001	-0.068 **(-6.5%)**	0.029	-2.370	**0.018**
	2002	-0.085 **(-8.1%)**	0.029	-2.983	**0.003**
	2003	-0.085 **(-8.1%)**	0.029	-2.969	**0.003**
	2004	-0.049	0.029	-1.709	0.088

Temporada de pesca

Respecto a la variación de la CIPUE, tomando en cuenta sólo la temporada de pesca (Primavera, Verano, Otoño e Invierno), en el MGL I no se detectaron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los taxa (Tabla VII).

Tabla VII.- Resultados del MGL I para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestra el valor de los coeficientes de la temporada de pesca, con respecto a U (primavera) y sus estadísticas asociadas.

	Variable	Coeficiente	Error estándar	t	P
Mobula spp.	Verano	0.005	0.017	0.278	0.781
	Otoño	-0.008	0.017	-0.491	0.623
	Invierno	0.012	0.017	0.713	0.476
Sphyrna spp.	Verano	0.035	0.020	1.791	0.074
	Otoño	-0.010	0.020	-0.497	0.619
	Invierno	-0.003	0.020	-0.162	0.872
C. longimanus	Verano	0.022	0.021	1.023	0.307
	Otoño	0.033	0.021	1.569	0.117
	Invierno	0.007	0.021	0.328	0.743
C. limbatus	Verano	0.043	0.060	0.719	0.473
	Otoño	0.065	0.060	1.085	0.278
	Invierno	0.016	0.060	0.260	0.795
C. falcifomis	Verano	0.004	0.016	0.215	0.830
	Otoño	-0.013	0.016	-0.783	0.434
	Invierno	-0.023	0.016	-1.397	0.163
Otros tiburones	Verano	-0.025	0.022	-1.135	0.257
	Otoño	-0.000	0.022	-0.015	0.988
	Invierno	-0.012	0.022	-0.541	0.589

Tipo de operación pesquera

La captura incidental fue más alta en presencia de objetos flotantes, excepto para *Mobula* spp. y parte de *Sphyrna* spp., los cuales presentaron mayor captura incidental en los lances efectuados en presencia de cardúmenes de atún (Tabla III). Cuando se utilizó el modelo MGL I para comparar los valores para cada taxón de CIPUE relacionada a las operaciones en presencia de objetos flotantes (U), se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la variación de CIPUE para *C. limbatus* de -28.9% en lances en presencia de cardúmenes de atún (p= 0.000) y de -34.2% en los lances en presencia de mamíferos marinos (p= 0.000); así mismo, hubo diferencias significativas para *C. longimanus* y la categoría "*otros tiburones*" (de alrededor de -5%) en los lances en presencia de cardúmenes de atún (p= 0.006) y en presencia de mamíferos marinos (p= 0.003). La variación en la CIPUE para *Mobula* spp. fue únicamente significativa en presencia de cardúmenes de atún. Sólo que en este taxón, la CIPUE no cambió con respecto a lo capturado en presencia de objetos flotantes, sino que, en los lances en presencia de cardúmenes de atún, la CIPUE varió de manera positiva 6.6% (p=0.006)(Fig. 10). No se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre el tipo de operación pesquera con respecto a U (captura en presencia de objetos flotantes) y la CIPUE para el resto de los taxa (*Sphyrna* spp. y *C. falciformis*) (Tabla VIII).

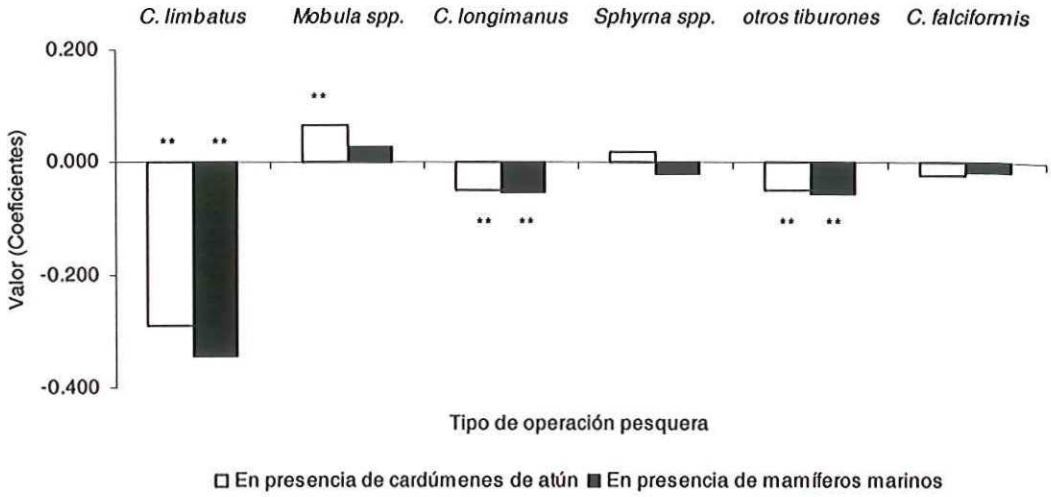

Figura 10.- Coeficientes calculados por el MGL I para el tipo de operación pesquera, con respecto a U (objetos flotantes) para los seis principales taxa de elasmobranquios capturados incidentalmente en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.

Tabla VIII.- Resultados del MGL I para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestra el valor de los coeficientes para el tipo de operación pesquera, con respecto a U (lances en presencia de objetos flotantes), sus estadísticas asociadas, la magnitud de la variación así como los valores significativos de P (en negritas). LCA: lances en presencia de cardúmenes de atún, LMM: lances en presencia de mamíferos marinos.

Taxa	Variable	Coeficiente	Error estándar	t	P
Sphyrna spp.	LCA	0.018	0.017	1.058	0.290
	LMM	-0.021	0.017	-1.218	0.223
Mobula spp.	LCA	0.064 **(6.6%)**	0.014	4.468	**0.000**
	LMM	0.026	0.014	1.820	0.069
C. longimanus	LCA	-0.051 **(-4.9%)**	0.018	-2.785	**0.005**
	LMM	-0.053 **(-5.1%)**	0.018	-2.866	**0.004**
C. limbatus	LCA	-0.342 **(-28.9%)**	0.052	-6.618	**0.000**
	LMM	-0.419 **(-34.2%)**	0.052	-8.111	**0.000**
C. falciformis	LCA	-0.023	0.014	-1.609	0.108
	LMM	-0.018	0.014	-1.234	0.217
Otros tiburones	LCA	-0.052 **(-5%)**	0.019	-2.773	**0.006**
	LMM	-0.056 **(-5.4%)**	0.019	-2.962	**0.003**

Interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca

La captura incidental para cada taxón, considerando la interacción tipo de operación pesquera y temporada de pesca, se presentan a continuación:

Para el tiburón *C. limbatus*, la captura incidental en presencia de objetos flotantes fue considerablemente más alta en verano (25 org/lances) y otoño (20 org/lance), y menores en primavera e invierno. En los lances en presencia de cardúmenes de atún, la CIPUE, aunque considerablemente más baja que las sobre objetos flotantes, fue más alta durante otoño (0.80 org/lance) y primavera (0.47 org/lance). En presencia de mamíferos marinos, la captura incidental aún más baja a estas anteriores, se registró principalmente durante otoño (0.23org/lance) (Fig. 11).

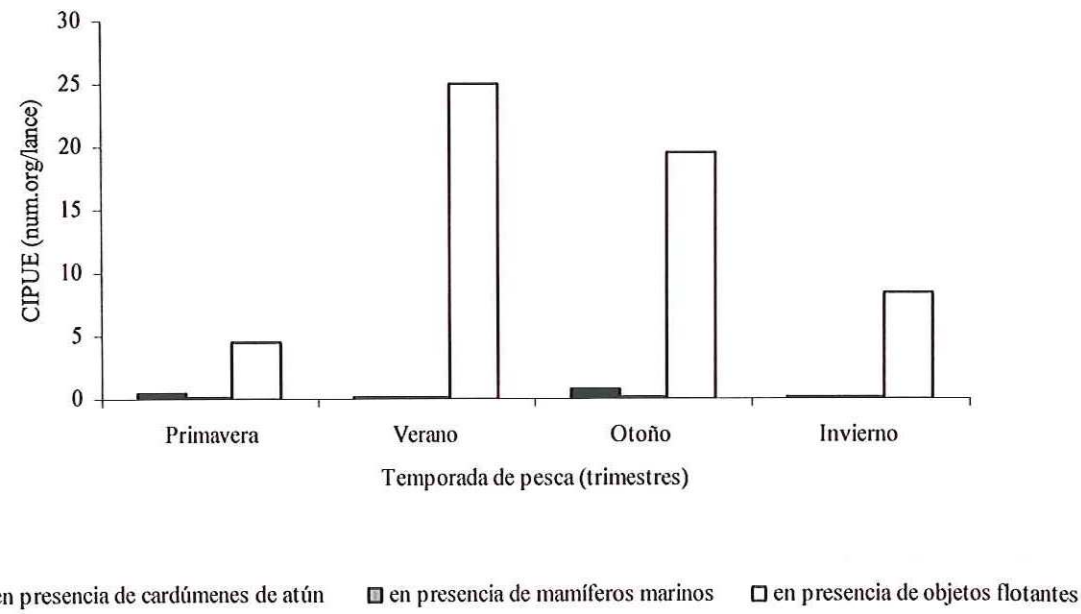

Figura 11.- Captura incidental (en CIPUE) dada por la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca para el tiburón *C. limbatus* capturado en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.

La captura incidental del tiburón C. *longimanus*, al igual que para *C. limbatus*, fueron altas en presencia de objetos flotantes durante otoño (4.79 org/lance). En los otros tipos de operaciones pesqueras, la CIPUE fue relativamente baja (menores a 0.2 org/lance) (Fig. 12).

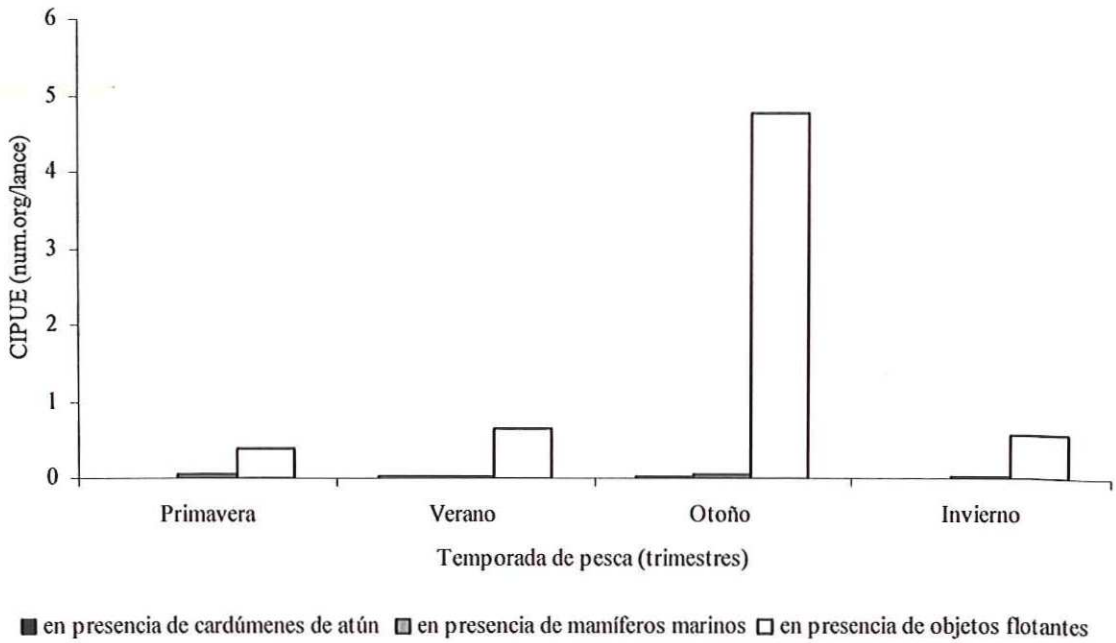

Figura 12.- Captura incidental (en CIPUE) dada por la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca para el tiburón *C. longimanus* capturado en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.

La captura incidental del tiburón *Sphyrna* spp. fue alta tanto en lances en presencia de objetos flotantes, como en lances en presencia de cardúmenes de atún; en ambos tipos de operaciones pesqueras la CIPUE más alta se registró durante verano con 0.54 y 0.25 org/lance, respectivamente. Sin embargo, una CIPUE de cero se registró en los lances en presencia de objetos flotantes, durante invierno. En los lances en presencia de mamíferos marinos, aunque con valores relativamente más bajos, la tendencia de la CIPUE fue al incremento hacia invierno, con 0.013 org/lance (Fig. 13).

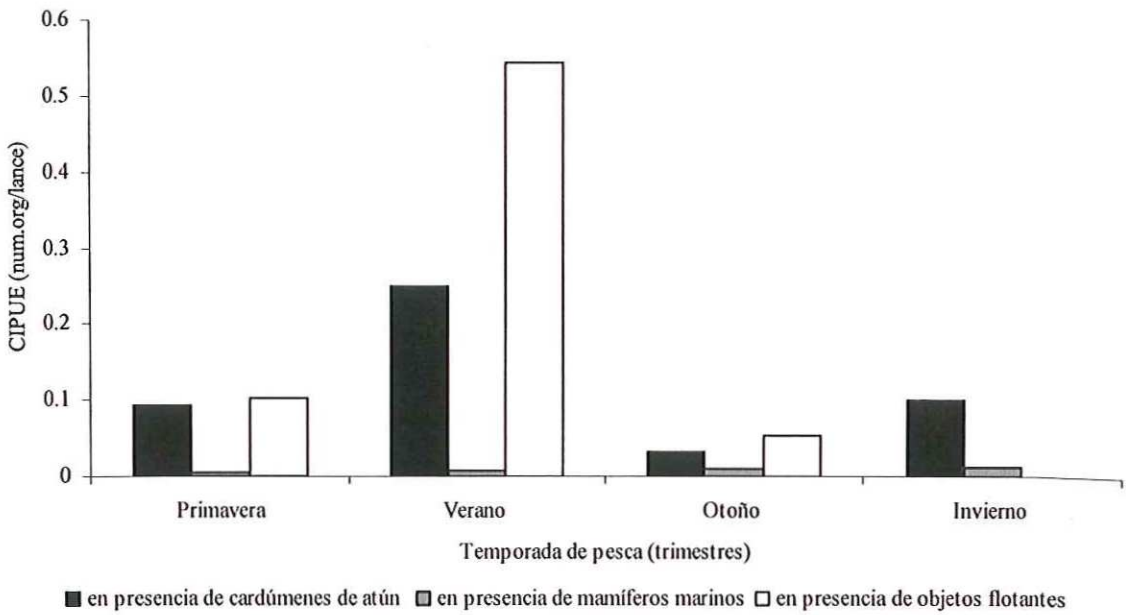

Figura 13.- Captura incidental (en CIPUE) considerando la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca para el tiburón *Sphyrna* spp. capturado en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.

La captura incidental del tiburón *C. falciformis* se registró principalmente en presencia de objetos flotantes durante la primera mitad del año, con 0.88 org/lance en primavera y 0.50 org/lance en verano. En presencia de cardúmenes de atún, la CIPUE fue alta en primavera (0.15 org/lance), y muy baja en el resto del año. La captura incidental en presencia de mamíferos marinos, aun más baja (menores a 0.05 org/lance) a estas anteriores, presentó un ligero incremento en otoño (0.027 org/lance) (Fig. 14).

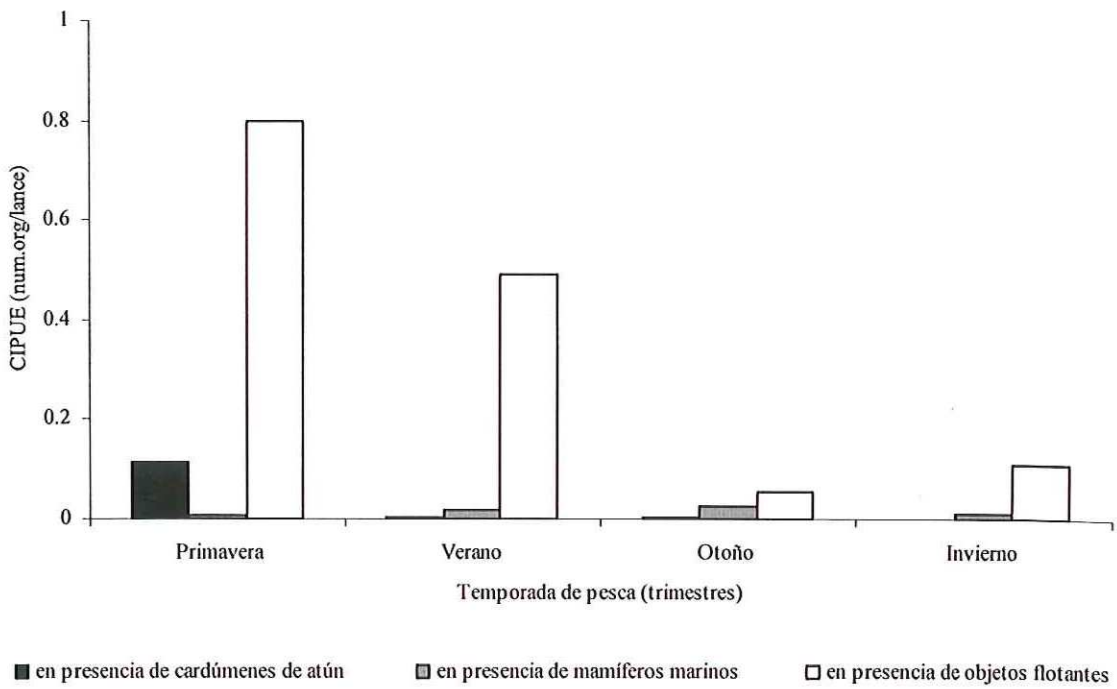

Figura 14.- Captura incidental (CIPUE) considerando la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca para el tiburón *C. falciformis* capturado en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.

La captura incidental para la categoría "*otros tiburones*" fue alta durante la mayor parte del año en los lances en presencia de objetos flotantes, con CIPUE por encima de 2.00 org/lance, no obstante, en verano la CIPUE fue considerablemente más baja (menos de 0.20 org/lance). La captura incidental en el resto de las operaciones pesqueras fueron aun más bajas (Fig. 15).

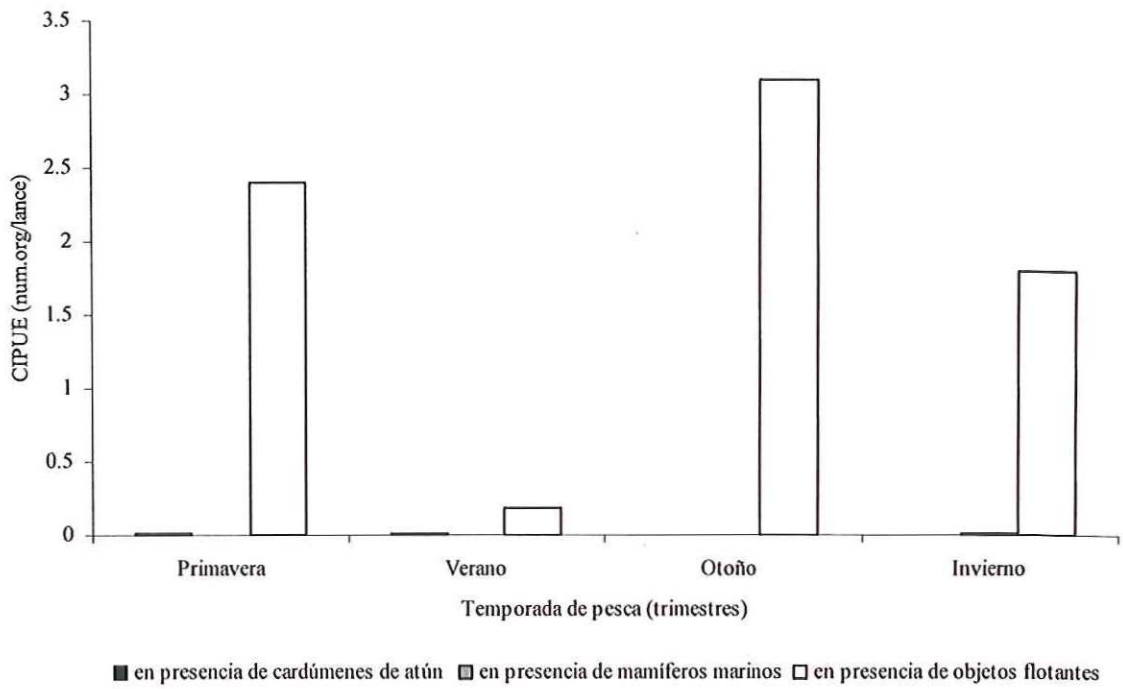

Figura 15.- Captura incidental (en CIPUE) considerando la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca, para la categoría "*otros tiburones*" capturada en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.

Para la *Mobula* spp., la captura incidental en los lances en presencia de cardúmenes de atún fue alta durante casi todo el año, con CIPUE superior a 0.4 org/lance; no obstante, durante otoño la CIPUE disminuyó a 0.20 org/lance. En el resto de las operaciones pesqueras, la captura incidental de *Mobula* spp. fue más alta a finales de la temporada (Fig. 16).

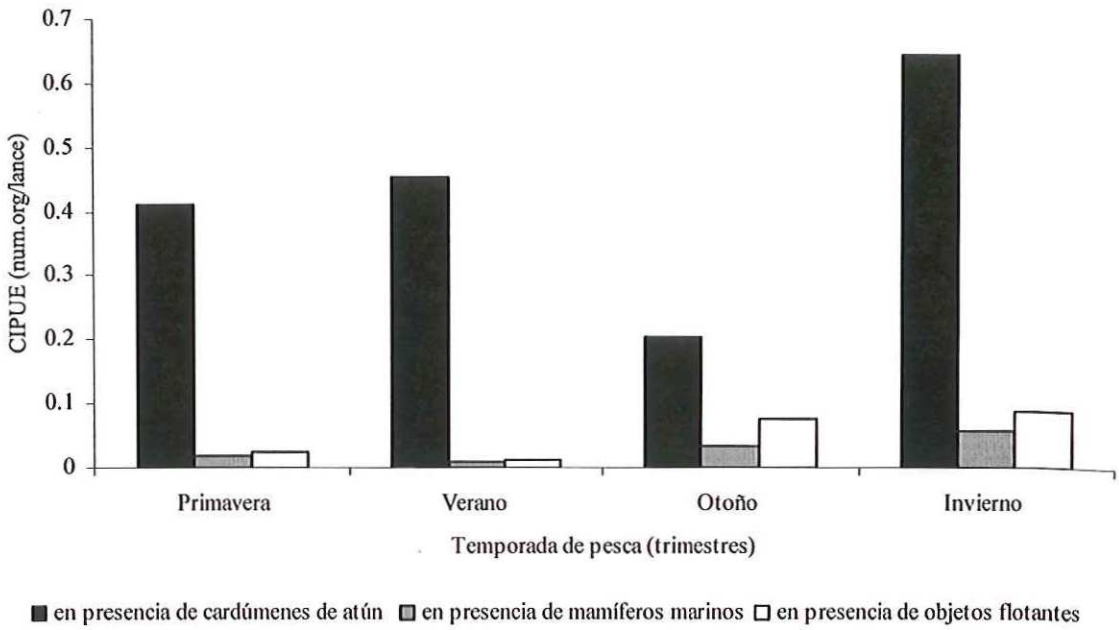

Figura 16.- Captura incidental (en CIPUE) considerando la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca para las mantas *Mobula* spp. capturadas en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004.

Los resultados del análisis estadístico utilizado para evaluar la interacción entre el tipo de operación pesquera y la temporada de pesca sobre la CIPUE indican que existe una relación estadísticamente significativa con la tasa de captura, cuando se comparan con respecto a U (captura incidental en presencia de objetos flotantes, durante primavera). Con base en el modelo MGL II, únicamente en dos especies (*C. limbatus* y *Mobula* spp.) se detectaron diferencias estadísticamente significativas, con respecto a este valor inicial de referencia, U.

Los cambios detectados de la CIPUE de *C. limbatus* en los lances en presencia de cardúmenes de atún fueron de -20% durante verano (p=0.008) y -21% durante invierno (p=0.005). En presencia de mamíferos marinos, la CIPUE varío significativamente -25% en verano (p=0.001), -21% en otoño (p= 0.004) y -25% en invierno (p= 0.000). Dado que estas variaciones son con respecto a U, nos indican que la captura incidental para este taxón obtenida tanto en lances en presencia de cardúmenes de atún, así como en lances en presencia de mamíferos marinos, es considerablemente diferente y que existe una ligera variación estacional de 1% entre verano e invierno, en los lances en presencia de cardúmenes de atún. Mientras que en los lances en presencia de mamíferos marinos la CIPUE varió 4% de verano a otoño.

Por otro lado, la CIPUE de *Mobula* spp. obtenida en lances en presencia de cardúmenes de atún varió significativamente en verano (8.6%) (p=0.000) e invierno (5.6%) (p=0.012), mientras que en presencia de mamíferos marinos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas a través del tiempo. Esto resultados nos indican que la CIPUE para *Mobula* spp. en lances en presencia de cardúmenes de atún variaron 3%. de verano a invierno.

En el resto de los taxa (*C. longimanus*, *Sphyrna* spp., *C. falciformis* y la categoría "*otros tiburones*") no se detectaron relaciones estadísticamente significativas al evaluar la interacción tipo de operación pesquera y temporada de pesca sobre la CIPUE (Tabla IX).

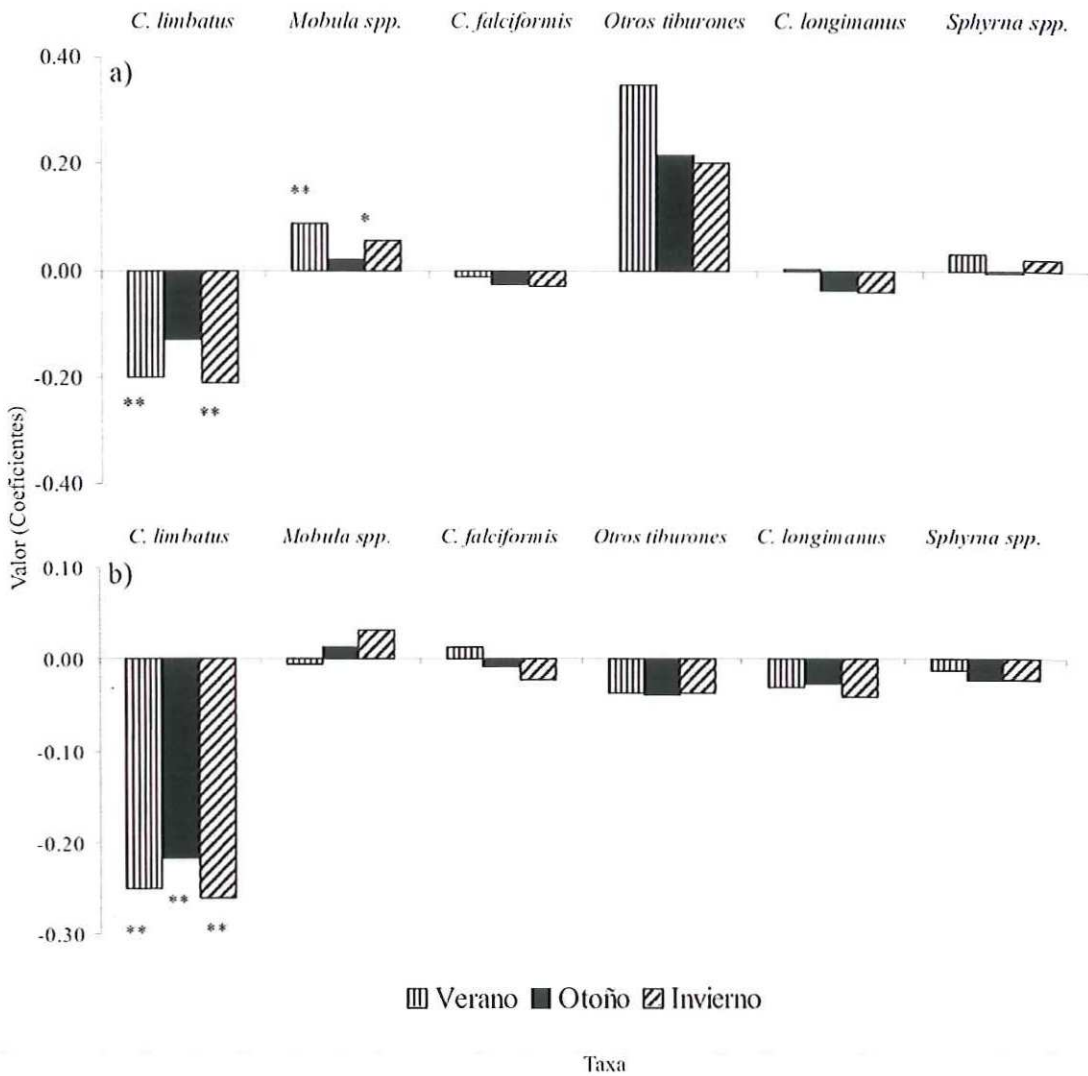

Figura 17.- Coeficientes calculados con el MGL II considerando la interacción entre la temporada de pesca y el tipo de operación pesquera con respecto a U (Primavera en presencia de objetos flotantes). a) en presencia de cardúmenes de atún y b) en presencia de mamíferos marinos. Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.

Tabla IX.- Resultados del MGL II respecto a U (en primavera en presencia de objetos flotantes) para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestra el valor de los coeficientes de la interacción temporada de pesca –tipo de operación pesquera, sus estadísticas asociadas, la magnitud de la variación así como los valores significativos de P (en negritas). LCA: lances en presencia de cardúmenes de atún y LMM: lances en presencia de mamíferos marinos.

Taxa	Interacción	Coeficiente	Error estándar	t	P
Sphyrna spp.	LCA * Verano	0.031	0.026	1.186	0.236
	LCA * Otoño	-0.006	0.026	-0.216	0.829
	LCA * Invierno	0.020	0.026	0.757	0.449
	LMM * Verano	-0.013	0.026	-0.487	0.626
	LMM * Otoño	-0.023	0.026	-0.889	0.374
	LMM * Invierno	-0.022	0.026	-0.830	0.407
Mobula spp.	LCA * Verano	0.083 (8.6%)	0.022	3.743	0.000
	LCA * Otoño	0.020	0.022	0.923	0.356
	LCA * Invierno	0.055 (5.6%)	0.022	2.503	0.012
	LMM * Verano	-0.005	0.022	-0.220	0.826
	LMM * Otoño	0.012	0.022	0.541	0.589
	LMM * Invierno	0.032	0.022	1.450	0.147
C. longimanus	LCA * Verano	0.001	0.029	0.020	0.984
	LCA * Otoño	-0.038	0.029	-1.337	0.181
	LCA * Invierno	-0.042	0.029	-1.462	0.144
	LMM * Verano	-0.032	0.029	-1.105	0.269
	LMM * Otoño	-0.026	0.029	-0.926	0.355
	LMM * Invierno	-0.041	0.029	-1.442	0.150
C. limbatus	LCA * Verano	-0.224 (-20%)	0.084	-2.660	0.008
	LCA * Otoño	-0.140	0.084	-1.664	0.096
	LCA * Invierno	-0.239 (-21%)	0.084	-2.836	0.005
	LMM * Verano	-0.289 (-25%)	0.084	-3.431	0.001
	LMM * Otoño	-0.245 (-21%)	0.084	-2.906	0.004
	LMM * Invierno	-0.301 (-25%)	0.084	-3.568	0.000
C. falciformis	LCA * Verano	-0.012	0.022	-0.532	0.595
	LCA * Otoño	-0.027	0.022	-1.232	0.218
	LCA * Invierno	-0.030	0.022	-1.350	0.177
	LMM * Verano	0.012	0.022	0.570	0.569
	LMM * Otoño	-0.007	0.022	-0.313	0.755
	LMM * Invierno	-0.022	0.022	-0.983	0.326
Otros tiburones	LCA * Verano	-0.030	0.029	-1.043	0.297
	LCA * Otoño	-0.038	0,029	-1.301	0.194
	LCA * Invierno	-0.039	0.029	-1.337	0.182
	LMM * Verano	-0.038	0.029	-1.330	0.184
	LMM * Otoño	-0.039	0.029	-1.340	0.181
	LMM * Invierno	-0.037	0.029	-1.298	0.195

Zona de pesca

Excepto por *C. falciformis*, que estuvo ausente en las capturas en Centroamérica (Zona F), en todas las zonas de pesca se obtuvo captura incidental de los cinco principales taxa, variando por zona para cada taxón. Con captura incidental alta para *Mobula* spp. en el Golfo de California (Zona B) y en la zona costa (Zona D) de 0.51 y 0.25 org/lance, respectivamente. Para los tiburones *Sphyrna* spp. la CIPUE más alta se registró en Centroamérica y en el Golfo de California, con 0.70 y 0.05 org/lance, respectivamente. Para los tiburones C. *falciformis*, la CIPUE más alta se registraron en la zona norte (Zona A) y en la zona costa, con alrededor de 0.06 org/lance. En contraste a estas capturas obtenidas en zonas con influencia de la costa, la captura incidental para *C. limbatus*, *C. longimanus* y la categoría "*otros tiburones*" fue más alta en las zonas oceánicas centro y sur (Zonas C y E, respectivamente) (Tabla IV).

Con el modelo MGL I se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la CIPUE en cuatro de los taxa con respecto al valor de referencia U (zona norte). La variación de la CIPUE del tiburón *C. limbatus* fue de 58% (p=0.000) y 34% (p= 0.000) en la zona oceánica centro y sur, respectivamente. La variación de la CIPUE del tiburón *C. longimanus* fue de 10.5% en la zona oceánica centro (p= 0.000) y de 6.6% en la zona oceánica sur (p= 0.015). La variación de la CIPUE para la categoría "*otros tiburones*" fue del orden de 6% en la zona oceánica sur (p= 0.27) y de 6.3% (p= 0.002) para las mantas *Mobula* spp. en el Golfo de California (Fig. 18). No se detectó diferencias estadísticamente significativas con el MGL I en función de las zonas de pesca para los tiburones *Sphyrna* spp. y *C. falciformis* (Tabla X).

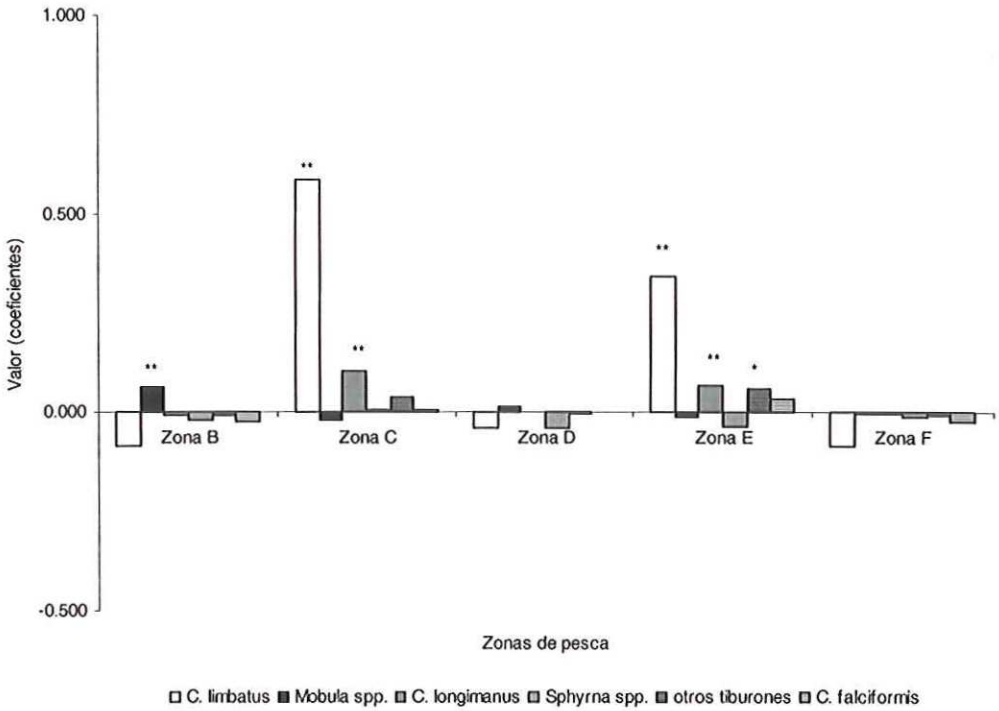

Figura 18. Coeficientes calculados con el MGL I considerando la variación debida a la zona de pesca con respecto a U (zona norte). Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.

Tabla X.- Resultados del MGL I para los seis principales taxa de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Se muestra el valor de los coeficientes para la zona de pesca, sus estadísticas asociadas; así como la magnitud de la variación y los valores significativos de P (en negritas).

	Efecto	Coeficiente	Error estándar	t	P
Sphyrna spp.	ZONA B	-0.021	0.024	-0.889	0.374
	ZONA C	0.006	0.024	0.246	0.806
	ZONA D	-0.041	0.024	-1.726	0.085
	ZONA E	-0.036	0.024	-1.515	0.130
	ZONA F	-0.010	0.024	-0.425	0.671
Mobula spp	ZONA B	0.062 (6.3%)	0.020	3.044	**0.002**
	ZONA C	-0.020	0.020	-0.963	0.336
	ZONA D	0.012	0.020	0.580	0.562
	ZONA E	-0.012	0.020	-0.607	0.544
	ZONA F	-0.002	0.020	-0.100	0.921
C. longimanus	ZONA B	-0.005	0.026	-0.176	0.861
	ZONA C	0.100 (10.5%)	0.026	3.827	**0.000**
	ZONA D	0.003	0.026	0.125	0.901
	ZONA E	0.064 (6.6%)	0.026	2.446	**0.015**
	ZONA F	-0.004	0.026	-0.150	0.881
C. limbatus	ZONA B	-0.090	0.073	-1.228	0.220
	ZONA C	0.461 (58%)	0.073	6.308	**0.000**
	ZONA D	-0.039	0.073	-0.534	0.593
	ZONA E	0.294 (34%)	0.073	4.017	**0.000**
	ZONA F	-0.087	0.073	-1.190	0.234
C. falciformis	ZONA B	-0.023	0.020	-1.164	0.245
	ZONA C	0.006	0.020	0.279	0.780
	ZONA D	-0.000	0.020	-0.010	0.992
	ZONA E	0.033	0.020	1.639	0.101
	ZONA F	-0.024	0.020	-1.197	0.232
Otros tiburones	ZONA B	-0.005	0.027	-0.197	0.844
	ZONA C	0.038	0.027	1.422	0.155
	ZONA D	-0.003	0.027	-0.131	0.896
	ZONA E	0.059 (6%)	0.027	2.211	**0.027**
	ZONA F	-0.005	0.027	-0.205	0.838

Interacción entre la zona y temporada de pesca

La captura incidental presentó una considerable variación en función de la zona y temporada de pesca.

Zona norte: La captura incidental más alta durante primavera fue para *C. falciformis*, con 0.37 org/lance. Durante otoño y verano, la CIPUE más alta correspondió a *C. limbatus* con 0.22 y 0.12 org/lance, respectivamente, mientras que para invierno, la CIPUE más alta fue para *Mobula* spp. con 0.08 org/lance (Fig. 19).

Golfo de California: La captura incidental más alta se registró durante primavera (0.50 org/lance), verano (0.83 org/lance) e invierno (0.60 org/lance) para *Mobula* spp. En otoño, la captura incidental de éste taxón disminuyó considerablemente, mientras que la captura incidental de *C. limbatus* incrementó (0.04 org/lance) (Fig. 19).

Zona oceánica centro: La captura incidental más alta en esta zona correspondió durante todo el año al tiburón *C. limbatus*, con 1.45 org/lance durante verano, 0.97 durante otoño, 0.26 en invierno y 0.31 org/lance durante primavera (Fig. 19).

Zona oceánica-sur: La captura incidental más alta en esta zona correspondió también al tiburón *C. limbatus*, con 0.33 org/lance en verano, 0.37 org/lance en otoño, 0.87 org/lance en invierno y 0.87 org/lance en primavera (Fig. 19).

Zona costa: La captura incidental más alta fue similar para el tiburón *C. longimanus* y *C. limbatus* durante otoño con 0.37 y 0.36 org/lance, respectivamente. Durante el resto del año, la captura incidental fue considerablemente alta para *Mobula* spp. durante invierno (0.36 org/lance), primavera (0.23 org/lance) y verano (0.10 org/lance) (Fig. 19).

Centroamérica: Durante verano, la CIPUE fue alta para *Sphyrna* spp. (3.6 org/lance) y *C. limbatus* (2.29 org/lance), mientras que durante otoño y primavera la captura incidental más alta correspondió a *Mobula* spp., con 0.49 y 0.12 org/lance, respectivamente (Fig. 19).

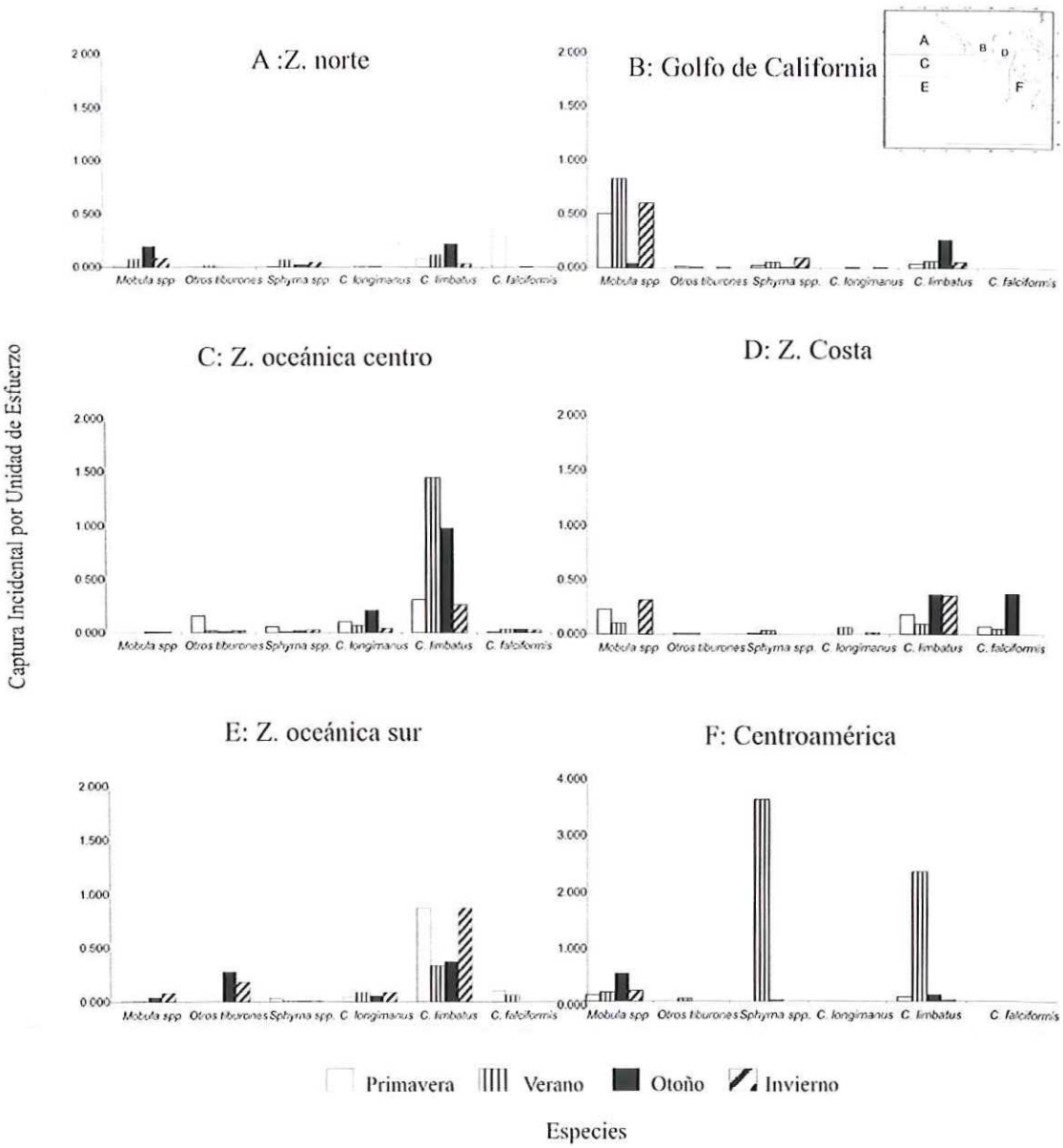

Figura 19.- Captura incidental (en CIPUE) por zona de pesca y temporada de pesca de los seis principales taxa que componen la captura incidental de elasmobranquios en la pesquería mexicana para atún con red de cerco durante 1998 a 2004.

Los resultados del modelo MGL III utilizado para evaluar la interacción entre la zona de pesca y la temporada de pesca sobre la CIPUE indican que existe una relación significativa de estas interacciones con la tasa de captura, cuando se comparan con respecto a U (captura incidental en la zona norte, durante primavera). Con base en el modelo MGL III, en todos los taxa se detectaron diferencias estadísticamente significativas, con respecto al valor inicial de referencia U.

La variación de la CIPUE para *Mobula* spp. fue de 11.6% durante verano (p=0.000) y de 8.4% durante invierno (p= 0.008) en el Golfo de California (Fig. 20). Lo que significa que con respecto a la captura incidental de primavera en la zona norte (U), en el Golfo de California la CIPUE de este taxón varió significativamente a lo largo de la temporada de pesca, con un cambio de 3.4% de verano a invierno.

Las variaciones en la CIPUE para *C. limbatus* fueron de 86% en la zona oceánica centro durante verano (p=0.000) y 88% durante otoño (p=0.000), mientras que para *C. longimanus* la variación en esta zona fue de 11.5% durante verano (p=0.005) y 25% durante otoño (p=0.000) (Fig. 21). Estos dos taxa también presentaron variaciones de la CIPUE en la zona oceánica sur en invierno, con variaciones de 84% (p=0.000) para *C. limbatus* y de 12% (p=0.005) para *C longimanus*.

Dado que estas variaciones están con respecto a U, nos indican que la CIPUE de *C. limbatus* en la zona oceánica centro de verano a otoño cambio 2%; mientras que para *C. longimanus* la variación de verano a otoño fue de 13.5% en esta misma zona. La CIPUE de estos dos taxa también variaron en la zona oceánica sur, sólo que no es posible detectar una variación temporal en dicha zona, dado que únicamente se detectó un cambio estadísticamente significativo durante invierno.

Para la categoría "*otros tiburones*" la CIPUE varió 13% (p=0.002) en otoño y 8% (p=0.039) en invierno en la zona oceánica sur, donde también para el tiburón C. *falciformis* se detectó una variación de la CIPUE de 13% en verano (p=0.000) (Fig. 22). Estas variaciones con respecto a U, nos indican que la CIPUE de la categoría "*otros tiburones*" en la zona oceánica sur varió 5% de otoño a invierno. Dado que para *C. falciformis* sólo se detectó un cambio, no es posible explicar una variación temporal en la CIPUE en esta zona. En Centroamérica únicamente se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la variación de la CIPUE para *Sphyrna* spp. en verano (9%) (p=0.013) (Fig. 23). Y al igual que para *C. falciformis* no es posible explicar una variación temporal de la CIPUE en está zona de pesca. En la zona costa no se detectaron diferencias estadísticamente significativas para ningún taxón (Tablas XI - XIII).

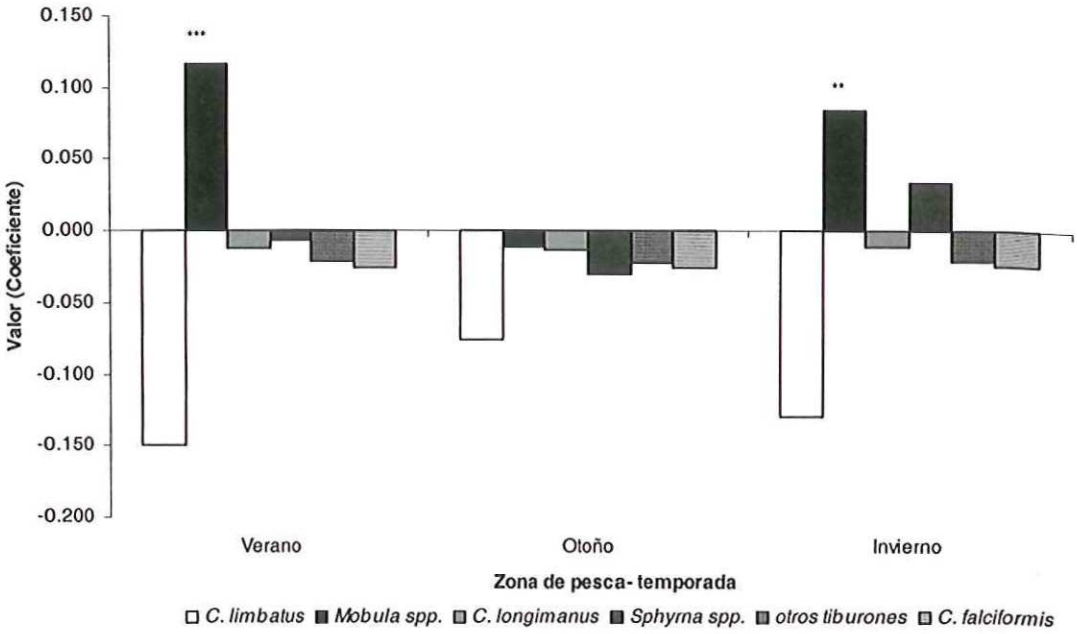

Figura 20.- Coeficientes calculados por el MGL III para el efecto temporal en el Golfo de California respecto a U (Zona norte). Se muestra el nivel de significacia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.

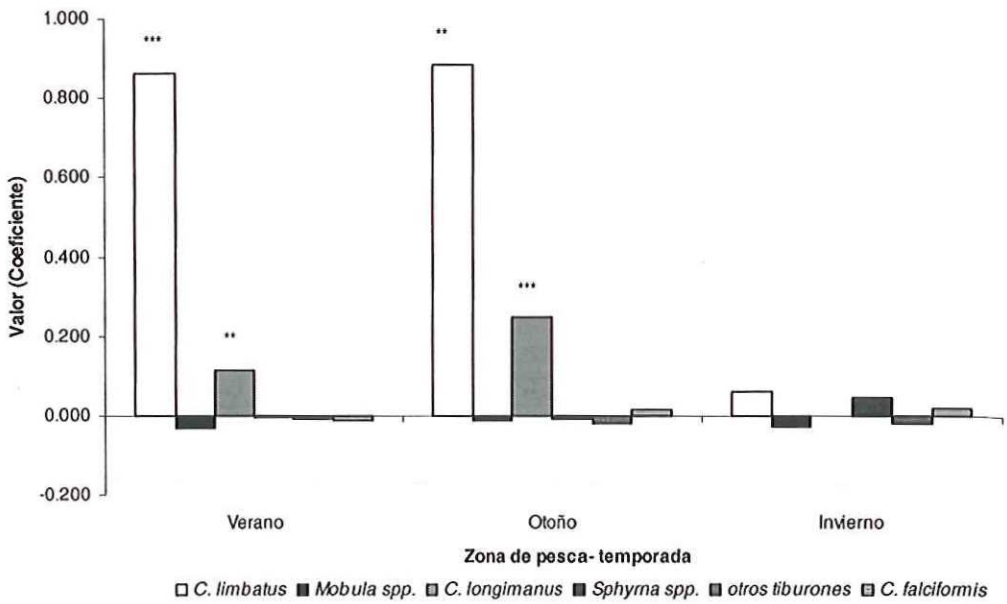

Figura 21.- Coeficientes calculados por el MGL III para el efecto temporal en la zona oceánica-centro respecto a U (Zona norte) . Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.

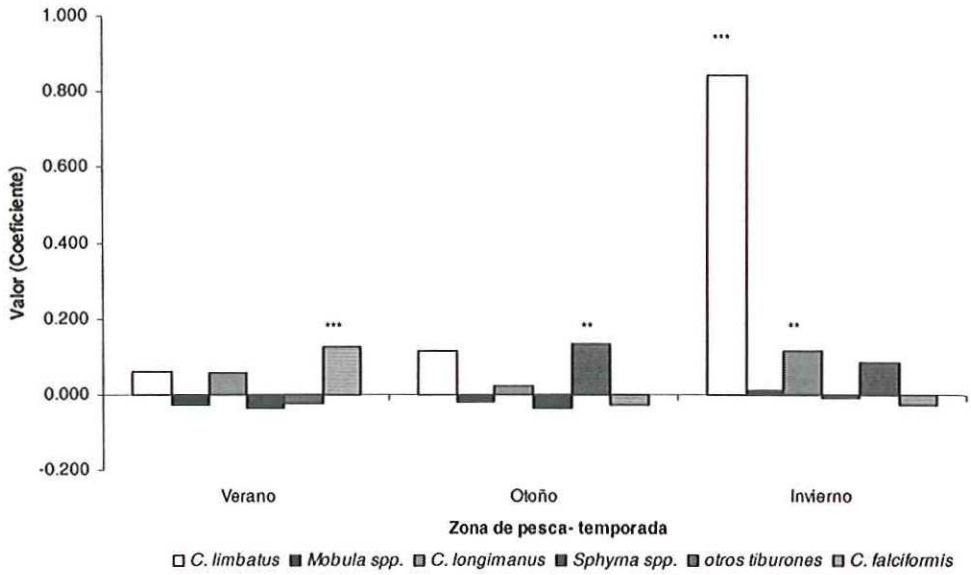

Figura 22.- Coeficientes calculados por el MGL III para el efecto temporal en la zona oceánica sur respecto a U (Zona norte). Se muestra el nivel de significacia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.

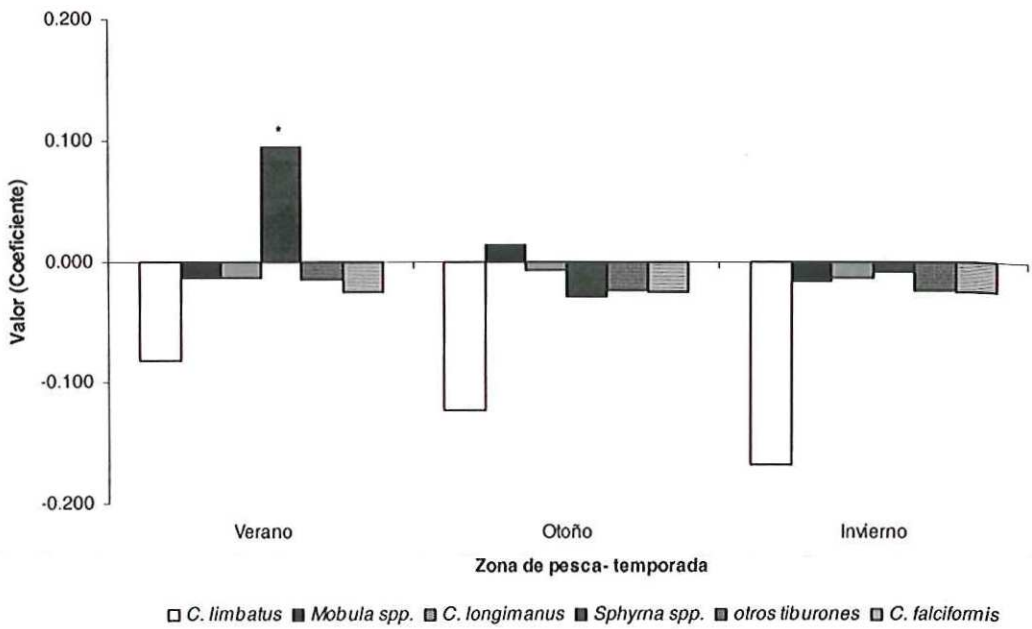

Figura 23.- Coeficientes calculados por el MGL III para el efecto temporal en Centroamérica respecto a U (Zona norte). Se muestra el nivel de significancia estadística: * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.001$.

Tabla XI.- Resultados del MGL III para los tiburones *Sphyrna* spp y las mantas *Mobula* spp. Se muestra el valor de los coeficientes de la interacción zona de pesca–temporada, sus estadísticas asociadas, así como la magnitud de la variación y los valores significativos de P (en negritas).

Taxa	Efecto	Coeficiente	Error estándar	t	P
Sphyrna spp.	ZONA B* Verano	-0.007	0.036	-0.198	0.843
	ZONA B* Otoño	-0.030	0.036	-0.828	0.408
	ZONA B* Invierno	0.033	0.048	0.677	0.499
	ZONA C* Verano	-0.005	0.036	-0.128	0.898
	ZONA C* Otoño	-0.007	0.036	-0.194	0.846
	ZONA C* Invierno	0.045	0.048	0.922	0.357
	ZONA D* Verano	-0.029	0.036	-0.811	0.418
	ZONA D* Otoño	-0.036	0.036	-0.993	0.321
	ZONA D* Invierno	-0.009	0.048	-0.186	0.853
	ZONA E* Verano	-0.035	0.036	-0.958	0.338
	ZONA E* Otoño	-0.034	0.036	-0.937	0.349
	ZONA E* Invierno	-0.008	0.048	-0.165	0.869
	ZONA F* Verano	0.090 (9%)	0.036	2.493	**0.013**
	ZONA F* Otoño	-0.029	0.036	-0.795	0.427
	ZONA F* Invierno	-0.009	0.048	-0.188	0.851
Mobula spp.	ZONA B* Verano	0.110 (1.1%)	0.030	3.623	**0.000**
	ZONA B* Otoño	-0.011	0.030	-0.368	0.713
	ZONA B* Invierno	0.081 (8.4%)	0.030	2.672	**0.008**
	ZONA C* Verano	-0.030	0.030	-0.973	0.331
	ZONA C* Otoño	-0.012	0.030	-0.392	0.695
	ZONA C* Invierno	-0.026	0.030	-0.856	0.392
	ZONA D* Verano	0.001	0.030	0.033	0.974
	ZONA D* Otoño	-0.036	0.030	-1.175	0.240
	ZONA D* Invierno	0.033	0.030	1.069	0.285
	ZONA E* Verano	-0.026	0.030	-0.861	0.389
	ZONA E* Otoño	-0.021	0.030	-0.702	0.483
	ZONA E* Invierno	0.012	0.030	0.404	0.686
	ZONA F* Verano	-0.014	0.030	-0.469	0.639
	ZONA F* Otoño	0.014	0.030	0.468	0.640
	ZONA F* Invierno	-0.016	0.030	-0.532	0.595

Tabla XII.- Resultados del MGL III para los tiburones *C. longimanus* y *C. limbatus*. Se muestra el valor de los coeficientes de la interacción zona de pesca –temporada, sus estadísticas asociadas, así como la magnitud de la variación y los valores significativos de P (en negritas).

Taxa	Interacción	Coeficiente	Error estándar	t	P
C. longimanus	ZONA B* Verano	-0.012	0.039	-0.317	0.751
	ZONA B* Otoño	-0.013	0.039	-0.347	0.729
	ZONA B* Invierno	-0.011	0.039	-0.276	0.783
	ZONA C* Verano	0.109 (11.5%)	0.039	2.804	**0.005**
	ZONA C* Otoño	0.223 (25%)	0.039	5.755	**0.000**
	ZONA C* Invierno	0.001	0.039	0.023	0.982
	ZONA D* Verano	0.021	0.039	0.542	0.588
	ZONA D* Otoño	-0.013	0.039	-0.347	0.729
	ZONA D* Invierno	-0.013	0.039	-0.323	0.747
	ZONA E* Verano	0.055	0.039	1.417	0.157
	ZONA E* Otoño	0.022	0.039	0.579	0.563
	ZONA E* Invierno	0.109 (12%)	0.039	2.810	**0.005**
	ZONA F* Verano	-0.013	0.039	-0.347	0.729
	ZONA F* Otoño	-0.007	0.039	-0.170	0.865
	ZONA F* Invierno	-0.013	0.039	-0.347	0.729
C. limbatus	ZONA B* Verano	-0.162	0.112	-1.440	0.150
	ZONA B* Otoño	-0.079	0.112	-0.699	0.485
	ZONA B* Invierno	-139	0.112	-1.237	0.216
	ZONA C* Verano	0.621 (86%)	0.112	5.521	**0.000**
	ZONA C* Otoño	0.633 (88%)	0.112	5.632	**0.000**
	ZONA C* Invierno	0.060	0.112	0.5832	0.595
	ZONA D* Verano	-0.132	0.112	-1.174	0.241
	ZONA D* Otoño	-0.129	0.112	-1.144	0.253
	ZONA D* Invierno	-0.043	0.112	-0.381	0.703
	ZONA E* Verano	0.058	0.112	0.514	0.607
	ZONA E* Otoño	0.109	0.112	0.972	0.331
	ZONA E* Invierno	0.612 (84%)	0.112	5.437	**0.000**
	ZONA F* Verano	-0.085	0.112	-0.753	0.451
	ZONA F* Otoño	-0.131	0.112	-1.164	0.245
	ZONA F* Invierno	-0.184	0.112	-1.635	0.102

Tabla XIII.- Resultados del MGL III para los tiburones *C. falciformis* y la categoría "*otros tiburones*". Se muestra el valor de los coeficientes de la interacción zona de pesca –temporada, y sus estadísticas asociadas, así como la magnitud de la variación y los valores significativos de P (en negritas).

Taxa	Interacción	Coeficiente	Error estándar	t	P
C. falciformis	ZONA B* Verano	-0.026	0.030	-0.881	0.378
	ZONA B* Otoño	-0.026	0.030	-0.851	0.395
	ZONA B* Invierno	-0.025	0.030	-0.847	0.397
	ZONA C* Verano	-0.012	0.030	-0.389	0.697
	ZONA C* Otoño	0.013	0.030	0.443	0.658
	ZONA C* Invierno	0.017	0.030	0.569	0.569
	ZONA D* Verano	-0.005	0.030	-0.166	0.868
	ZONA D* Otoño	0.009	0.030	0.288	0.773
	ZONA D* Invierno	-0.025	0.030	-0.833	0.405
	ZONA E* Verano	0.120 (13%)	0.030	3.999	**0.000**
	ZONA E* Otoño	-0.026	0.030	-0.881	0.378
	ZONA E* Invierno	-0.026	0.030	-0.874	0.382
	ZONA F* Verano	-0.026	0.030	-0.881	0.378
	ZONA F* Otoño	-0.026	0.030	-0.881	0.378
	ZONA F* Invierno	-0.026	0.030	-0.881	0.378
Otros tiburones	ZONA B* Verano	-0.021	0.040	-0.520	0.603
	ZONA B* Otoño	-0.023	0.040	-0.570	0.569
	ZONA B* Invierno	-0.021	0.040	-0.539	0.590
	ZONA C* Verano	-0.010	0.040	-0.242	0.809
	ZONA C* Otoño	-0.019	0.040	-0.479	0.632
	ZONA C* Invierno	-0.021	0.040	-0.519	0.604
	ZONA D* Verano	-0.017	0.040	-0.433	0.665
	ZONA D* Otoño	-0.024	0.040	-0.593	0.553
	ZONA D* Invierno	-0.023	0.040	-0.581	0.561
	ZONA E* Verano	-0.023	0.040	-0.589	0.556
	ZONA E* Otoño	0.125 (13%)	0.040	3.142	**0.002**
	ZONA E* Invierno	0.082 (8%)	0.040	2.063	**0.039**
	ZONA F* Verano	-0.015	0.040	-0.385	0.701
	ZONA F* Otoño	-0.024	0.040	-0.593	0.553
	ZONA F* Invierno	-0.024	0.040	-0.593	0.553

V.4. Evaluación de los MGLs

El modelo MGL I y sus variantes II y III, permitieron evaluar las variaciones en la CIPUE en función de las variables incluidas en el presente trabajo (año, temporada de pesca, tipo de operación pesquera, zona de pesca y capacidad de la embarcación), así como las interacciones entre el tipo de operación pesquera, zona de pesca y la temporada de pesca.

Los resultados de la prueba F muestran que para los tres modelos, el conjunto de variables seleccionadas explican con diferencias estadísticamente significativas las variaciones de la CIPUE. Con base en el criterio AIC (Akaike Information Criterium), donde el modelo que mejor se ajusta a los datos es aquel con el menor valor de AIC, el mejor modelo para cada una de los taxa fue el MGL I, siendo el modelo más parsimonioso. Sin embargo, dado que las diferencias entre los valores de AIC de un modelo y otro de cada taxón son mínimas, se pueden considerar a los tres modelos como útiles para explicar la información analizada. Además, con los modelos II y III se detectaron diferencias al considerar la interacción temporada-tipo de operación pesquera y zona de pesca (Tablas XIV-VI).

Tabla XIV.- Resultados de la prueba F y el índice AIC (Criterio de Información de Akaike) para el MGL I de cada uno de los seis principales taxa.

Especie	MGL I						
	Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado medio	F	*P*	AIC
Mobula spp.							
	Regresión	3.122	18	0.173	5.016	0.00	3597.36
	Residual	34.23	990	0.035			
Sphyrna spp.							
	Regresión	2.26	18	0.126	2.592	0.00	3937.43
	Residual	47.965	990	0.048			
C. longimanus							
	Regresión	4.66	18	0.259	4.546	0.00	4100.42
	Residual	56.383	990	0.057			
C. limbatus							
	Regresión	136	18	7.589	16.89	0.00	6182.45
	Residual	444.82	990	0.449			
C. falciformis							
	Regresión	1.249	18	0.069	2.032	0.01	3584.44
	Residual	33.794	990	0.034			
otros tiburones							
	Regresión	2.792	18	0.155	2.628	0.00	4136.44
	Residual	58.434	990	0.059			

Tabla XV.- Resultados de la prueba F y el índice AIC (Criterio de Información de Akaike) para el MGL II, de cada una de las seis principales taxa.

Especie	MGL I I						
	Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado medio	F	*P*	AIC
Mobula spp.							
	Regresión	2.691	22	0.122	3.48	0.00	3,617.90
	Residual	34.66	986	0.035			
Sphyrna spp.							
	Regresión	1.838	22	0.084	1.702	0.02	3,954.27
	Residual	48.388	986	0.049			
C. longimanus							
	Regresión	5.026	22	0.228	4.021	0.00	4,101.84
	Residual	56.016	986	0.057			
C. limbatus							
	Regresión	109.914	22	4.996	10.448	0.00	6,249.17
	Residual	471.506	986	0.478			
C. falciformis							
	Regresión	1.498	22	0.068	2.001	0.00	3,584.99
	Residual	33.545	986	0.034			
otros tiburones							
	Regresión	2.461	22	0.112	1.877	0.01	4,150.13
	Residual	58.765	986	0.06			

Tabla XVI.- Resultados de la prueba F y el índice AIC (Criterio de Información de Akaike) para el MGL III, de cada una de las seis principales taxa.

Especie	MGL I I I						
	Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado medio	F	*P*	AIC
Mobula spp.							
	Regresión	2.341	13	0.18	5.119	0	3,610.07
	Residual	35.01	995	0.035			
Sphyrna spp.							
	Regresión	1.329	13	0.102	2.081	0.013	3,946.81
	Residual	48.896	995	0.049			
C. longimanus							
	Regresión	2.401	13	0.185	3.134	0	4,130.00
	Residual	58.641	995	0.059			
C. limbatus							
	Regresión	71.899	13	5.531	10.8	0.00	6,309.33
	Residual	509.521	995	0.512			
C. falciformis							
	Regresión	0.774	13	0.06	1.728	0.05	3,588.51
	Residual	34.269	995	0.034			
otros tiburones							
	Regresión	1.643	13	0.126	2.111	0.012	4,146.07
	Residual	59.583	995	0.06			

V.5. Caracterización de las tallas

Por tipo de operación pesquera y zona de pesca

C. limbatus.- Se midieron un total de 1,067 tiburones en los tres tipos de operaciones pesqueras, de los cuales 38% se capturaron en lances en presencia de mamíferos marinos, 31% en lances en presencia de cardúmenes de atún y 31% en los lances en presencia de objetos flotantes. El intervalo de tallas registrado por los observadores a bordo varió entre 0.4 m y 2.5 m LT. Con base en las tallas mínimas de madurez sexual de 1.5 m LT reportadas tanto para machos como para hembras (Soriano-Velásquez *et al.*, 2003), las tallas menores a 1.5 m LT corresponden a organismos juveniles próximos a alcanzar la madurez sexual. Considerando lo anterior, en presencia de objetos flotantes y de mamíferos marinos, la mayoría de la captura incidental correspondió a organismos juveniles, mientras que, en presencia de cardúmenes de atún se registraron tallas que corresponden tanto a organismos adultos como a juveniles (Fig. 24). A excepción de la zona oceánica centro, en todas las zonas de pesca se capturaron tanto ejemplares juveniles como adultos. En la zona oceánica centro, las capturas correspondieron principalmente a organismos juveniles, mientras que en la zona costa hubo una considerable presencia de adultos (Fig. 25).

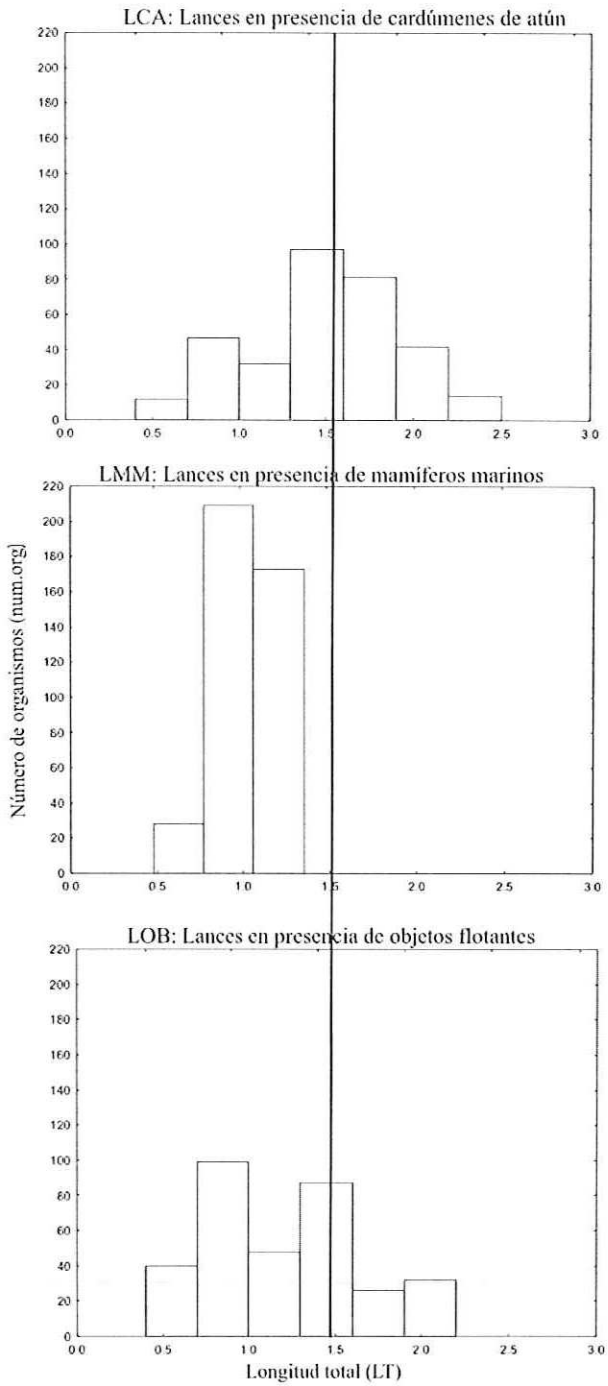

Figura 24.- Histogramas de frecuencia de tallas para el tiburón *C. limbatus* capturados incidentalmente en cada uno de los tipos de operación pesquera en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual.

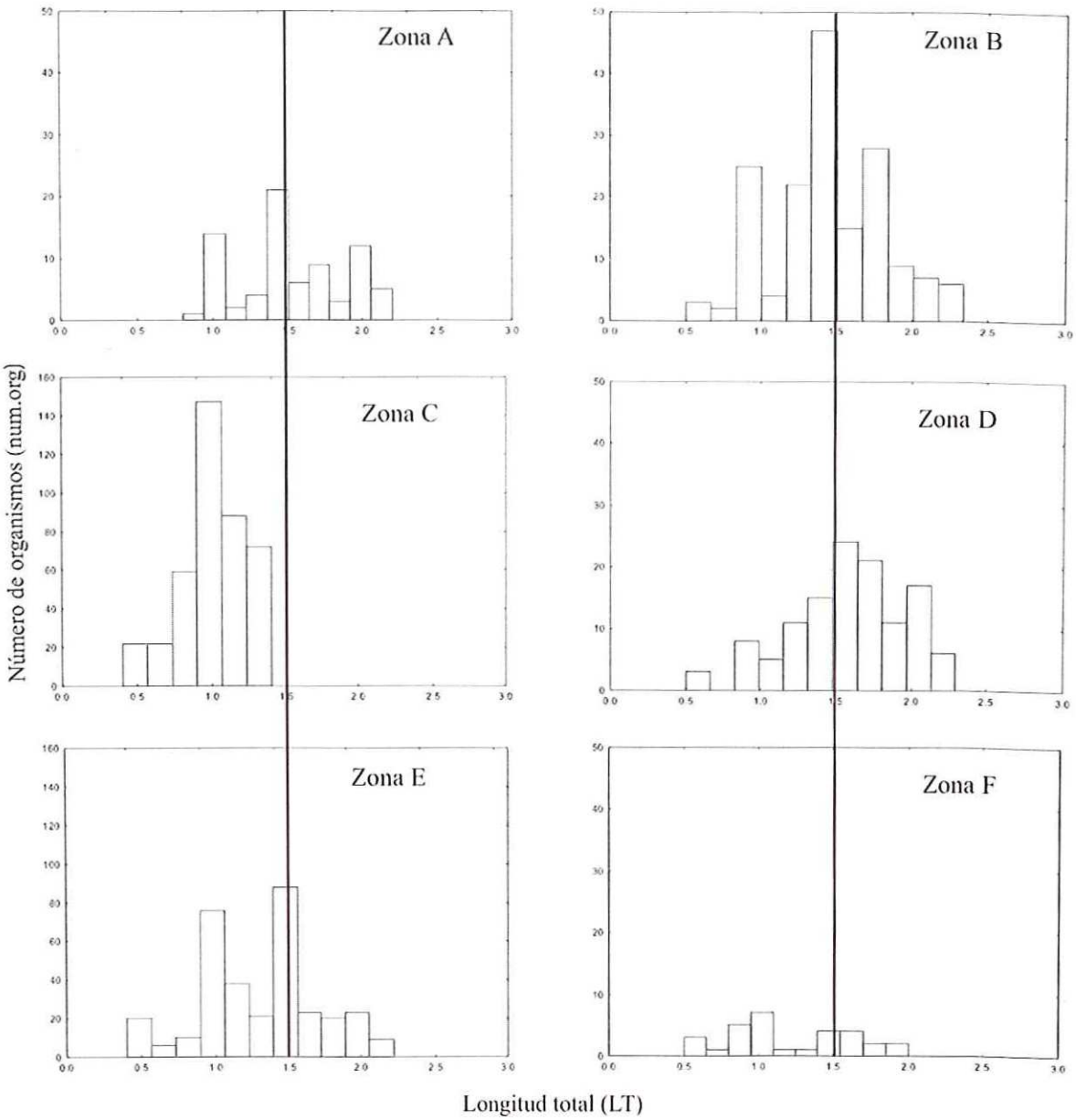

Figura 25.- Histogramas de frecuencias de tallas para *C. limbatus* capturado incidentalmente en cada zona de pesca en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Zona A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica. Nótese que las escalas son diferentes, en las zonas C y E el tamaño de muestra de tallas es mayor.

Mobula spp. – Se midieron un total de 526 organismos, sólo registrando sus tallas máximas y mínimas de la longitud de disco. De este total, 55% corresponde a las observaciones obtenidas en los lances en presencia de cardúmenes de atún, 42% a las realizadas en presencia de mamíferos marinos y el resto (13%) corresponde a las observaciones en presencia de objetos flotantes. El intervalo de tallas registrado fue de 0.2 m a 3.0 m LD. Con base en las tallas mínimas de madurez sexual reportadas por Nortobartolo-Di-Sciara, (1988) para las cuatros posibles especies en la zona de estudio, *Mobula japanica* (hembras: 2.07 m LD, machos: 2.10 m LD), *M. thurstoni* (hembras y machos: 0.5 m LD), *M. munkiana* (machos: 0.87 m LD) y *M. tarapacana* (hembras: 2.7 m LD, machos: 2.4 m LD), se sugiere que los organismos menores a 2.0 m LD probablemente son juveniles excepto de *M. thurstoni y M. munkiana.* Individuos con tallas superiores a 2.0 m LD podrían ser organismos adultos de cualquiera de las cuatro especies. Con base en lo anterior, en los tres tipos de operación pesquera, las *Mobula* spp. capturadas posiblemente corresponden a ejemplares maduros de *M. thurstoni* y *M. munkiana*, así como a ejemplares juveniles de *M. tarapacana* y *M. japanica*. En presencia de objetos flotantes se registró una mayoría de mantas con tallas inferiores a las de madurez sexual para casi todas las especies, excepto *M. thurstoni* (Fig. 26). En la zona del Golfo de California y en la zona norte, se registraron principalmente ejemplares juveniles de este taxón. En la zona oceánica centro, sur así como en Centroamérica y en la zona costa, además de ejemplares juveniles, se registraron mantas con tallas superiores a los 2.5 m LD (Fig.27).

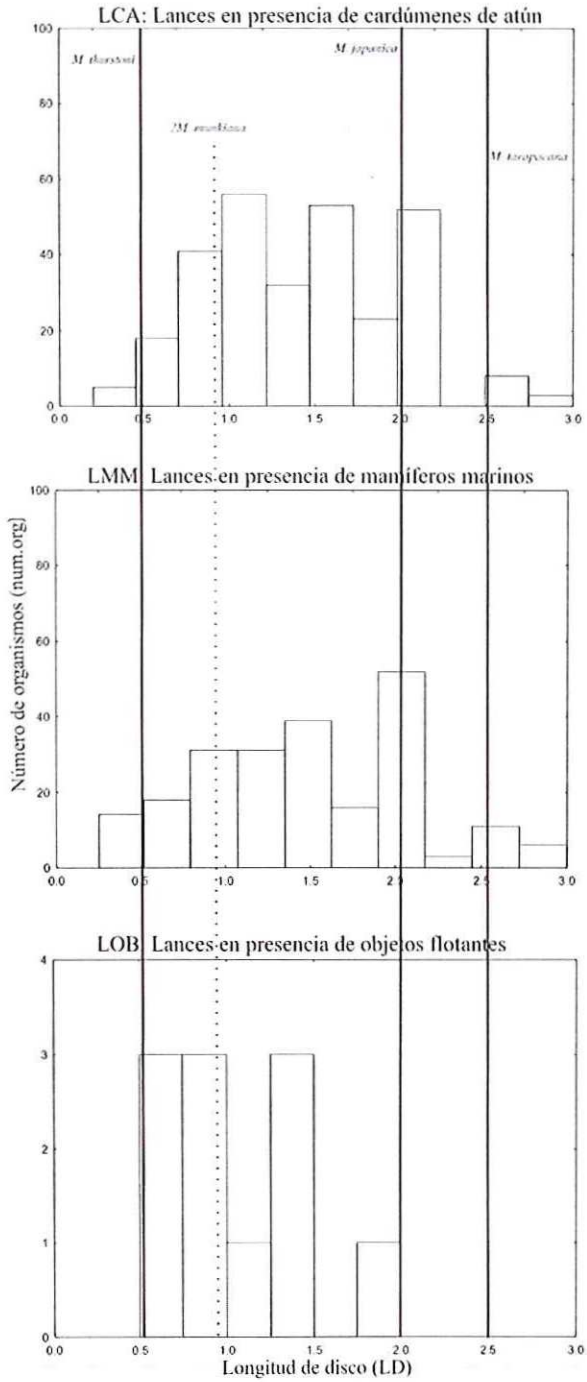

Figura 26- Histogramas de frecuencias de tallas para *Mobula* spp. capturadas incidentalmente en cada uno de los tipos de operación pesquera en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. Las líneas sólidas indican las tallas mínimas de madurez sexual para diferentes especies (ver texto). Nótese que las escalas son diferentes, en los lances sobre objetos flotantes el tamaño de muestra para las tallas es menor.

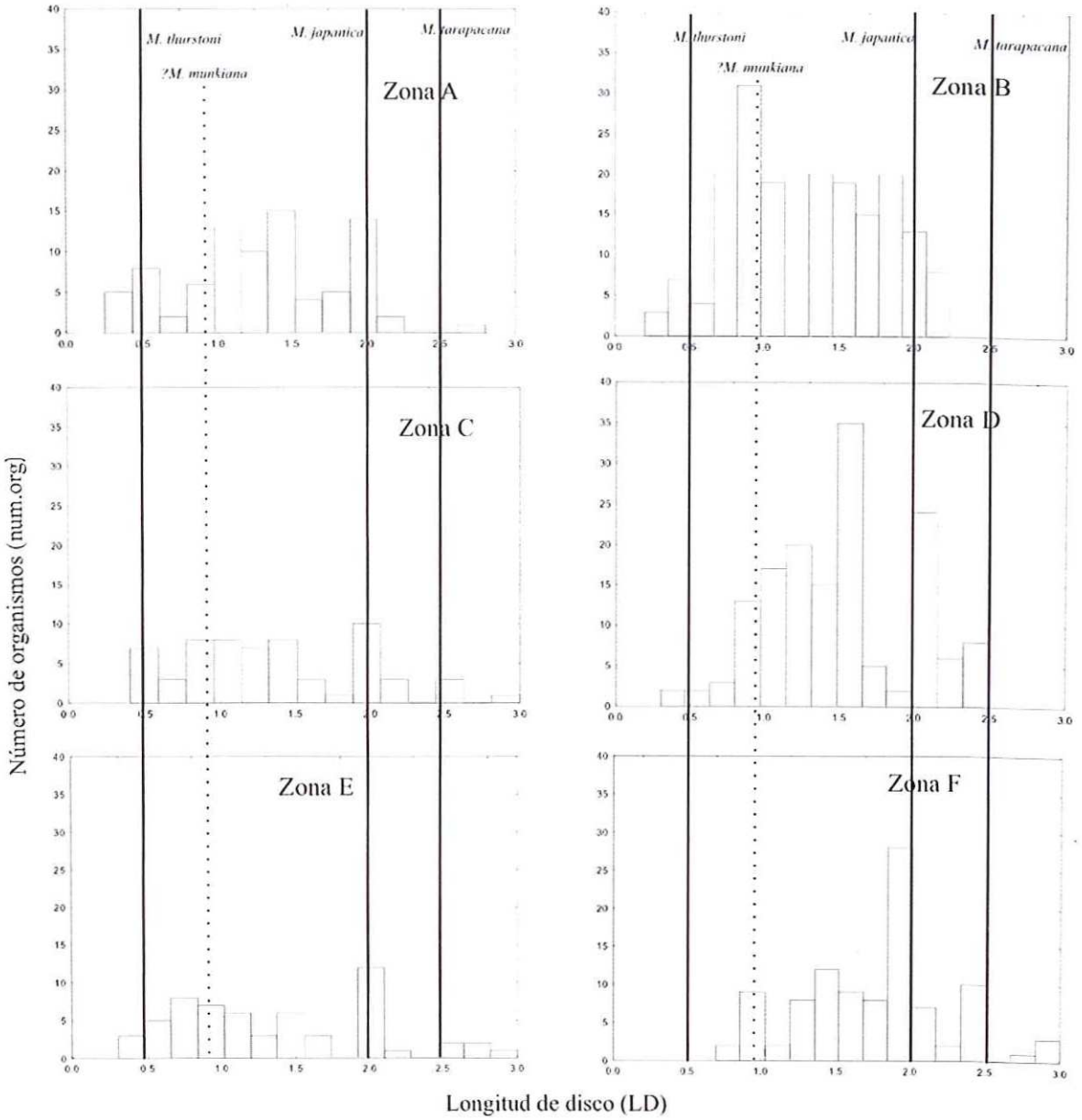

Figura 27.- Histogramas de frecuencias de tallas para *Mobula* spp. capturadas incidentalmente en cada zona de pesca en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. Zona A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica. Las líneas sólidas indican las tallas mínimas de madurez sexual para diferentes especies.

C. longimanus .- Para esta especie se midieron un total de 434 tiburones en los tres tipos de operaciones pesqueras. Un 12% correspondió a la captura con lances en presencia cardúmenes de atún, 77% con lances en presencia de mamíferos marinos y 11% a lances en presencia de objetos flotantes. El intervalo de tallas registrado por los observadores a bordo varió de entre 0.25 m a 4.4 m LT. Con base en las tallas mínimas de madurez sexual reportadas para esta especie por Compagno (1984), las tallas observadas de organismos menores a 1.7 m LT (para ambos sexos) corresponden a organismos juveniles próximos a alcanzar la madurez sexual. Considerando lo anterior, tanto en presencia de mamíferos marinos como en presencia de objetos flotantes, se capturaron principalmente ejemplares juveniles de esta especie. En los lances en presencia de cardúmenes de atún, se registraron además de tallas juveniles, un componente importante de ejemplares adultos (Fig. 28). En las zonas norte, oceánica centro, sur, y el Golfo de California, la captura incidental correspondió principalmente a ejemplares juveniles, mientras que en la zona costa, además de juveniles, se registró un componente importante de ejemplares adultos. En la zona de Centroamérica únicamente se registraron dos organismos de entre 1 y 2 m LT(Fig. 29).

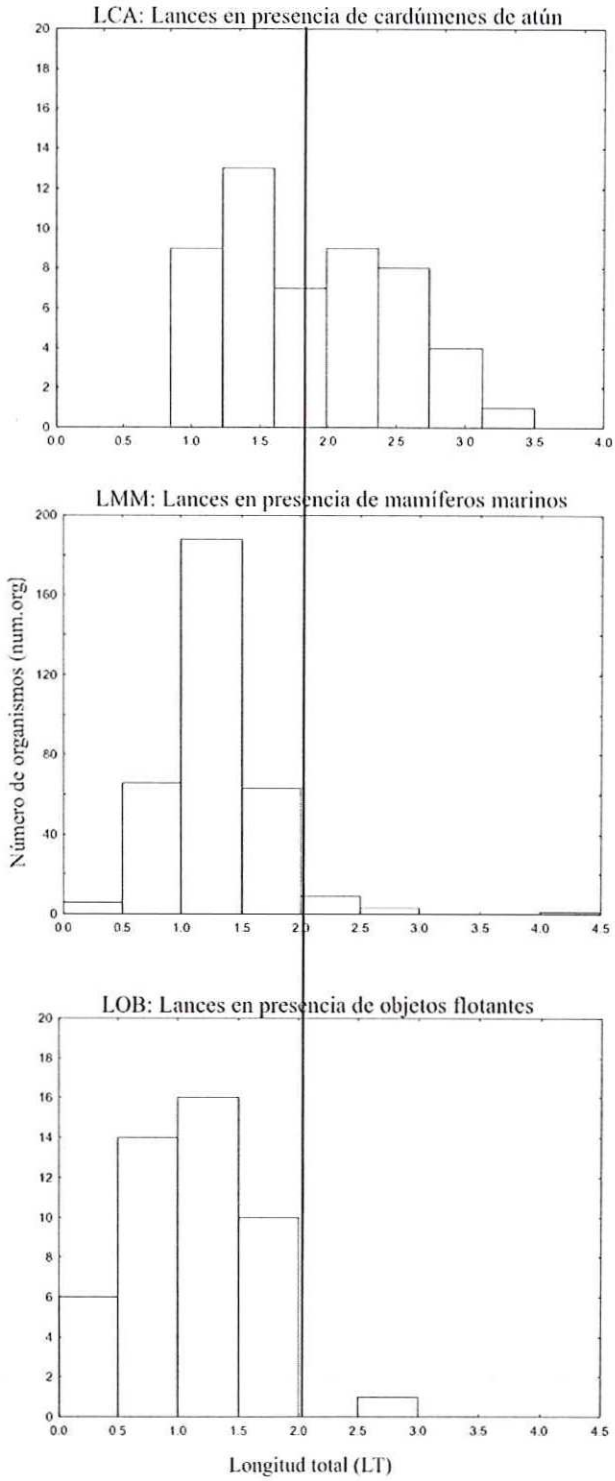

Figura 28.- Histogramas de frecuencia de tallas para *C. longimanus*. capturados incidentalmente en cada uno de los tipos de operación pesquera en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. Se muestra la talla mínima de madurez sexual (ver texto). Nótese que las escalas son diferentes, con lances en presencia de mamíferos marinos el tamaño de muestra para tallas es mayor.

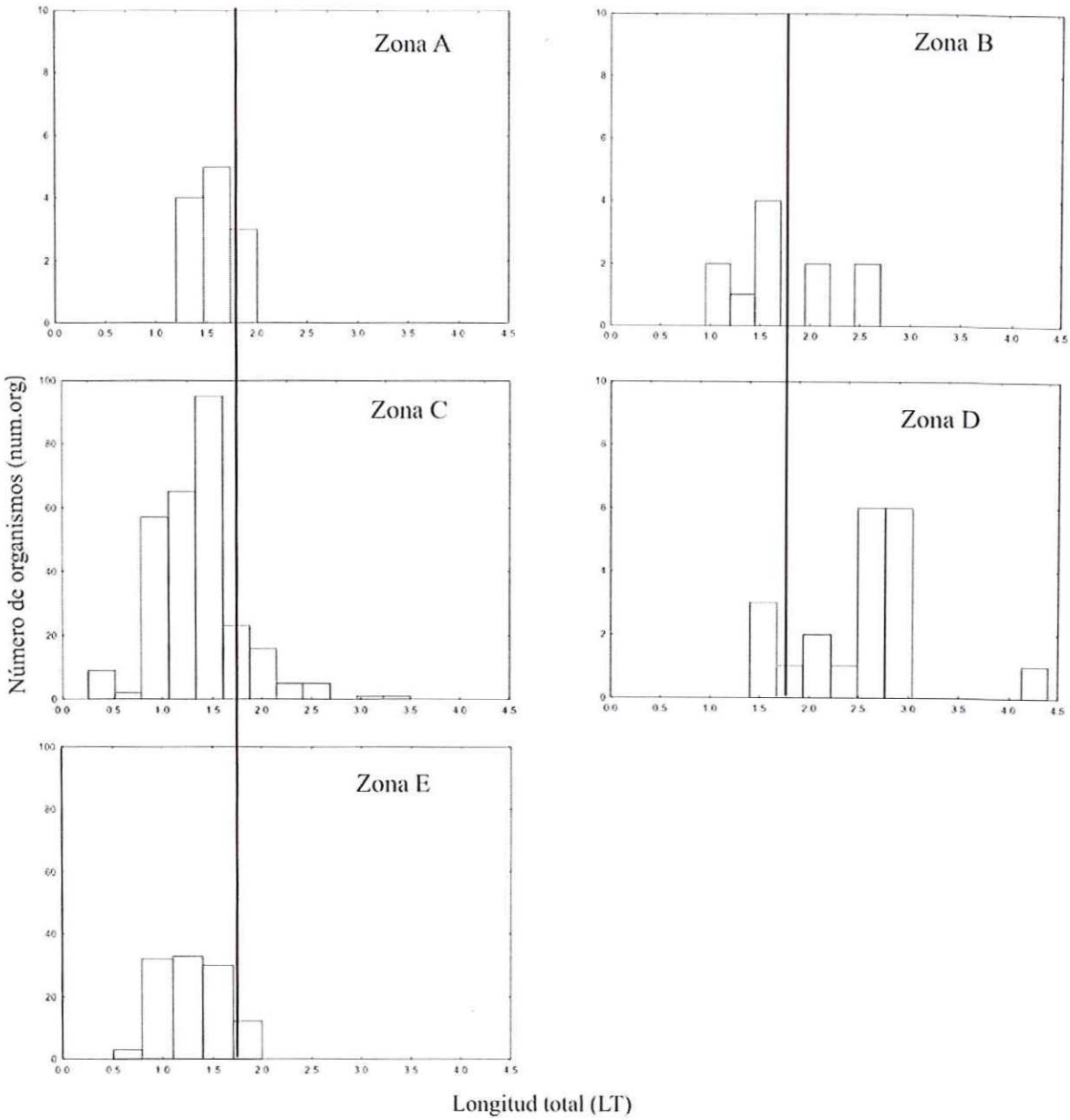

Figura 29.- Histogramas de frecuencias de tallas para *C. longimanus*. capturados incidentalmente, en cada zona de pesca, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Zona A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica. Nótese que las escalas son diferentes, en las zonas C y E el tamaño de muestra para las tallas fue mayor. En la zona F se registraron sólo dos organismos.

Sphyrna spp.- Se midieron un total de 322 tiburones en los tres tipos de operaciones pesqueras. Un 50% correspondió a la captura con lances en presencia cardúmenes de atún, 44% con lances en presencia de mamíferos marinos y 6% a lances en presencia de objetos flotantes. El intervalo de tallas registrado por los observadores a bordo varió entre 0.25 m a 4.1 m LT. Con base en las tallas mínimas de madurez sexual reportadas para la principal especie en la zona de estudio *S. lewini* de 1.7 m LT para hembras y 1.6 m LT para machos (Soriano-Velásquez *et al.*, 2003), la mayoría de los organismos capturados en presencia de cardúmenes de atún y de objetos flotantes corresponden a ejemplares juveniles. La captura en presencia de mamíferos marinos incluye tanto ejemplares juveniles como adultos (Fig. 30). En la zona norte, oceánica centro y en Centroamérica, se capturaron principalmente ejemplares juveniles, mientras que en el Golfo de California, la zona costa y la zona oceánica sur, los ejemplares capturados fueron principalmente adultos (Fig.31).

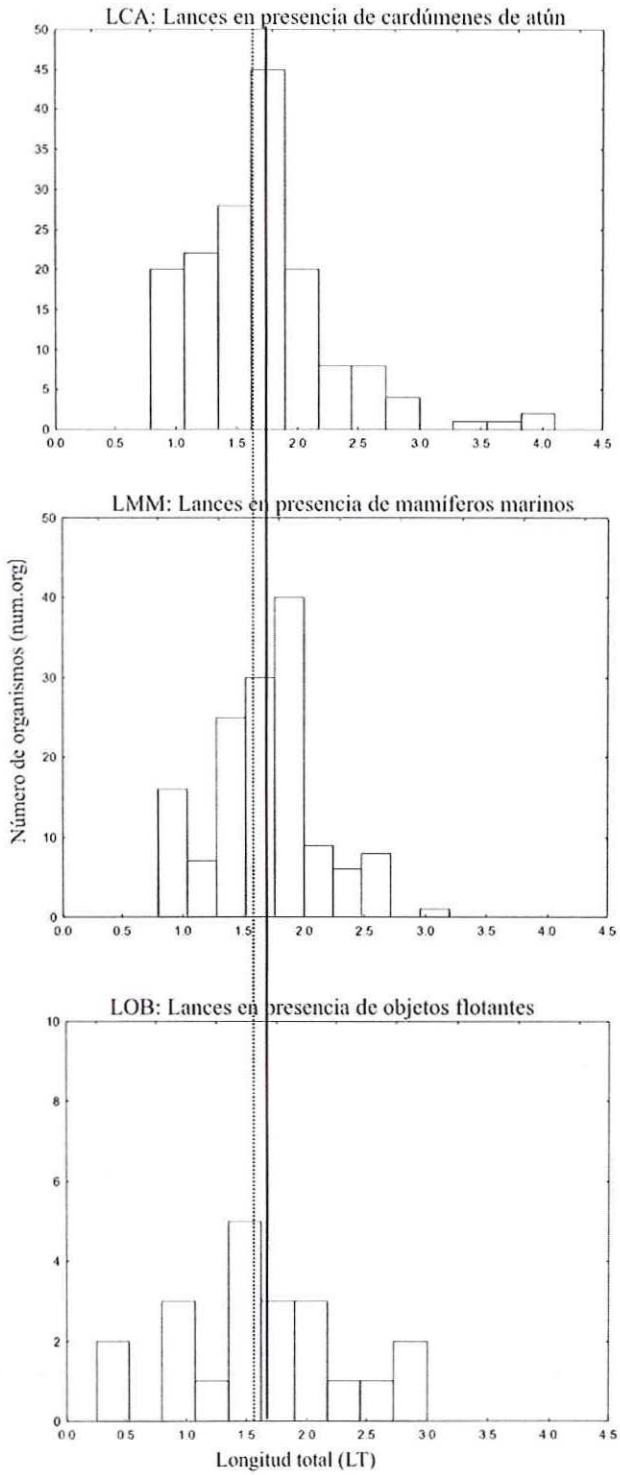

Figura 30.- Histogramas de frecuencia de tallas para *Sphyrna* spp. capturados incidentalmente en cada uno de los tipos de operación pesquera en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Nótese que las escalas son diferentes, con lances en presencia de objetos flotantes el tamaño de muestra para las tallas es menor.

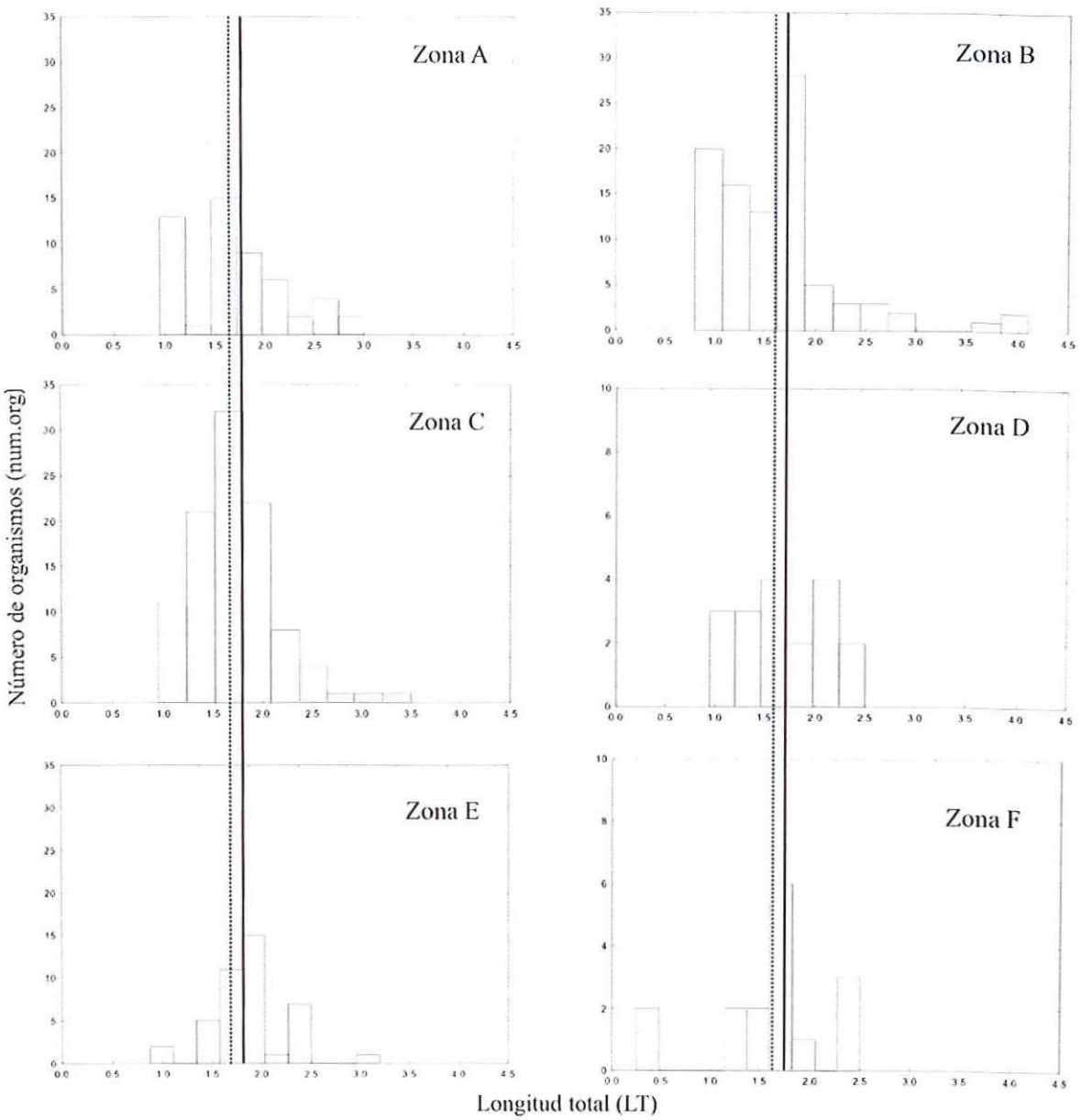

Figura 31.- Histogramas de frecuencias de tallas para *Sphyrna* spp. capturados incidentalmente, en cada zona de pesca, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Zona A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica. Nótese que las escalas son diferentes, en la zona D y F el tamaño de muestra para las tallas es menor.

C. falciformis.- De esta especie sólo se midieron un total de 180 tiburones en los tres tipos de operaciones pesqueras. Un 16% correspondió a la captura con lances en presencia cardúmenes de atún, 71% a lances en presencia de mamíferos marinos y 13% a lances en presencia de objetos flotantes. El intervalo de tallas registrado por los observadores a bordo varió de entre 0.5 m a 4.0 m LT. Con base en las tallas mínimas de madurez sexual reportadas para esta especie, de 1.8 m LT para hembras y 1.7 m LT para machos (Soriano-Velásquez *et al.*, 2003), la captura incidental en los tres tipos de operaciones pesqueras corresponde principalmente a ejemplares adultos (Fig. 32). No obstante, en el Golfo de California y en la zona norte, se registraron principalmente organismos adultos, mientras que en la zona oceánica centro, sur y costa se observaron tanto ejemplares juveniles como adultos (Fig.33).

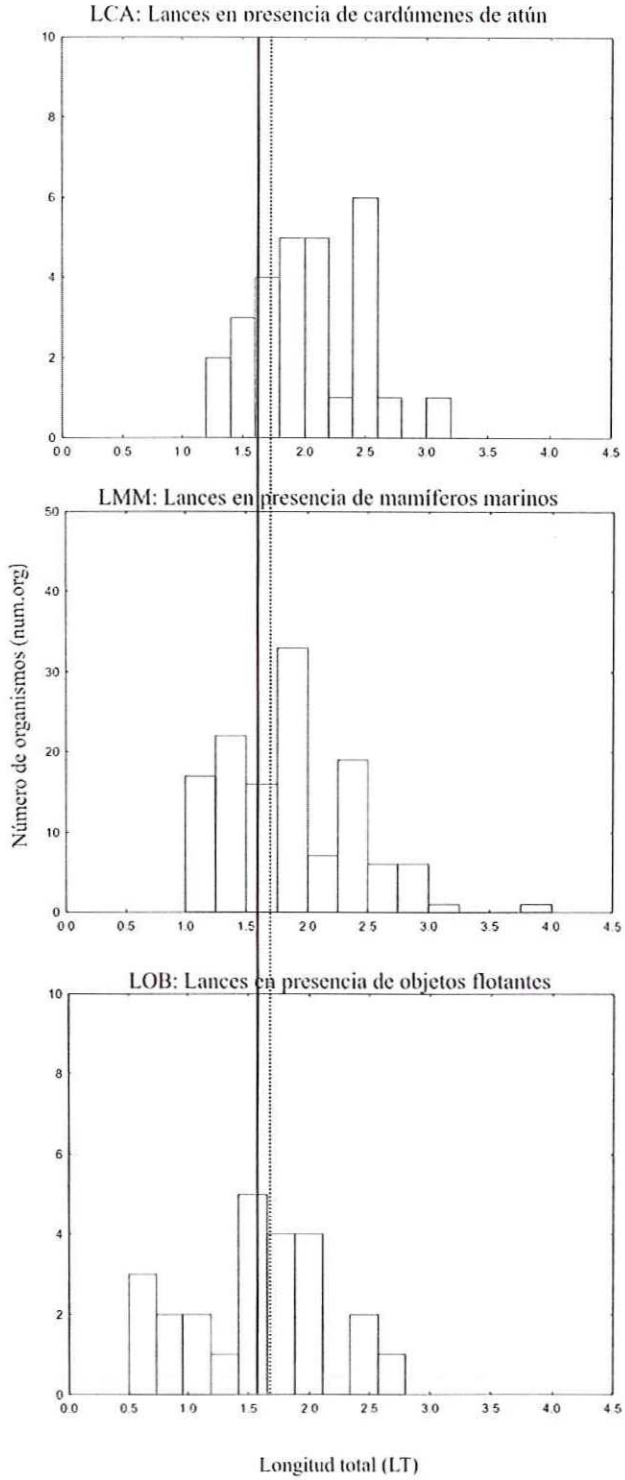

Figura 32.- Histogramas de frecuencia de tallas para *C. falciformis* capturados incidentalmente en cada uno de los tipos de operación pesquera en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998 a 2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Nótese que las escalas son diferentes, con lances en presencia de mamíferos marinos el tamaño de muestra para las tallas es mayor.

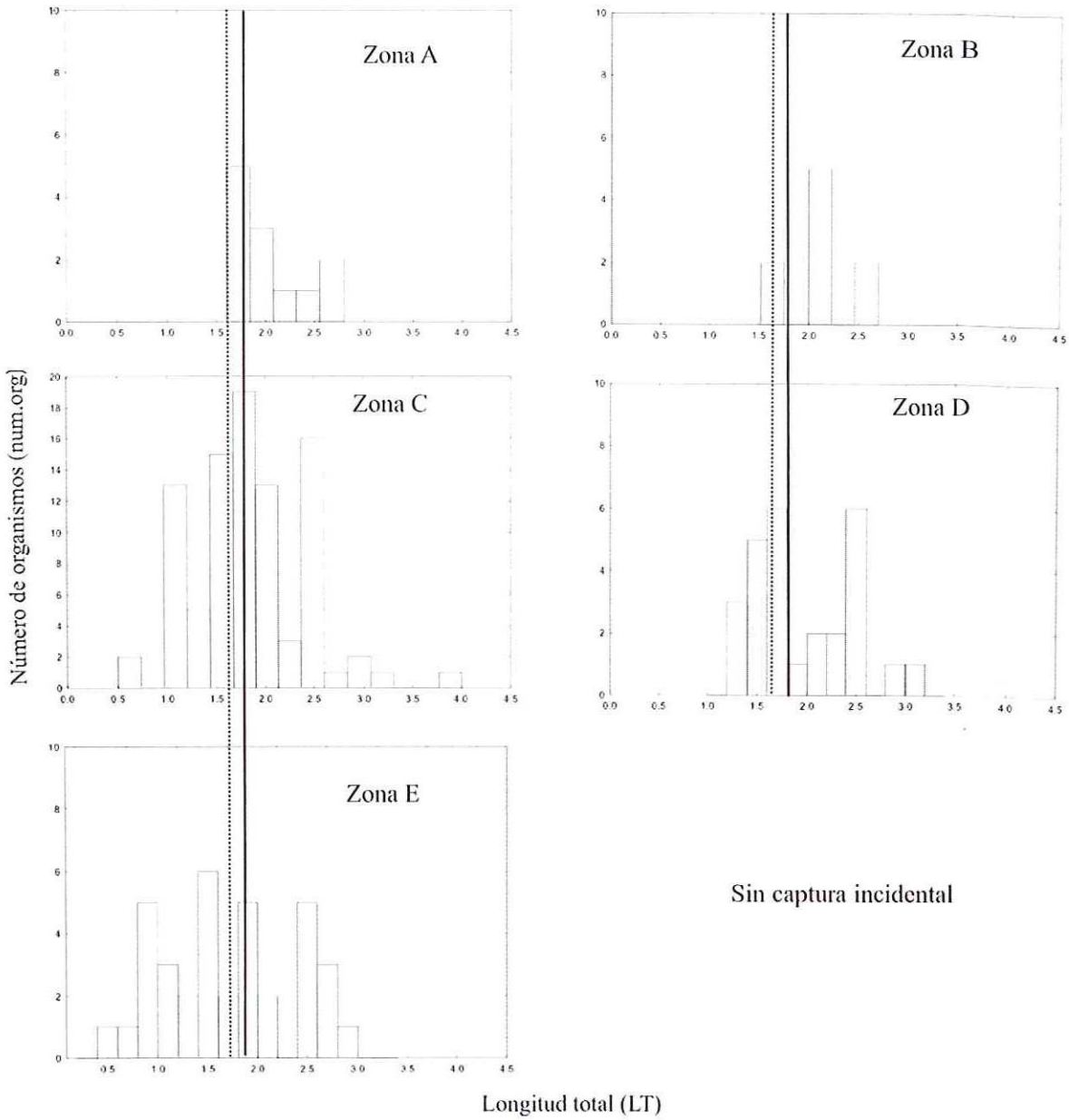

Figura 33.- Histogramas de frecuencias de tallas para *C. falciformis* capturados incidentalmente, en cada zona de pesca, en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO durante 1998-2004. La línea sólida representa la talla mínima de madurez sexual. Zona A: Zona norte, B: Golfo de California, C: Zona oceánica centro, D: Zona costa, E: Zona oceánica sur y F: Centroamérica. Nótese que las escalas son diferentes, en la zona C el tamaño de muestra para las tallas fue mayor, y en la zona F no se registró captura incidental.

VI.- DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo nos dan indicios de la importancia que tiene la captura incidental de elasmobranquios en la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO. Además, pone en manifiesto que en esta pesquería tenemos una de las mejores fuentes de información acerca de los elasmobranquios en aguas mexicanas; sobre todo si consideramos que los datos de la captura incidental se obtienen de manera no dirigida, por lo cual es un buen indicador de la presencia/ausencia de las especies en el tiempo y espacio. Conocer cómo se distribuyen geográficamente tanto los tiburones como los batoideos en el OPO, involucra una amplia escala espacial y temporal lo que implica grandes dificultades para obtener información con un muestreo sistemático para crear una serie de tiempo larga. Por lo tanto, la información recabada por los observadores científicos a bordo de la pesquería con red de cerco sobre atún tiene un alto valor agregado. Esta base de datos brinda la oportunidad de incrementar el conocimiento acerca del uso del hábitat en el OPO por los diferentes taxa y tratar de responder de manera más especifica a preguntas ecológicas que podrán darnos las bases de un mejor manejo de sus pesquerías. Sin información sobre los patrones de abundancia y distribución de elasmobranquios, es imposible desarrollar estrategias para evitar la sobreexplotación de las poblaciones naturales, o stocks pesqueros. Por otro lado, nuestros resultados nos permiten dimensionar la captura incidental en esta pesquería, la cual a pesar de ser baja, si se compara con la pesca incidental de elasmobranquios en otras pesquerías, como el palangre (Kitchell *et al.*, 2002, Stevens *et al.*, 2000, Myers y Worms, 2003), debe ser tomada en cuenta cuando se evalúen las especies o taxa de tiburones y batoideos aquí reportadas.

La captura incidental de elasmobranquios varió con el tipo de operación pesquera, la zona de pesca, la temporada de pesca, el año e incluso con las capacidades de las embarcaciones (con menor capacidad, mayor captura incidental). No obstante, nada o poco se conoce a cerca de la distribución geográfica de elasmobranquios en esta zona del Pacifico Oriental. El trabajo de Compagno (1984 y 2005) sigue siendo a la fecha el único donde es posible encontrar un extenso catálogo de patrones generales de distribución espacial de especies de tiburones, así como el trabajo de Nortobartolo di Sciara (1987), para los batoideos en el Golfo de California. Frente a las costas de México y Centroamérica, la información que se tiene de los elasmobranquios es escasa y dependiente de las pesquerías dirigidas al recurso.

La captura incidental refleja cómo las operaciones pesqueras interactúan con las especies capturadas durante sus diferentes etapas de historia de vida (Jenning *et al.*, 2001). Por ello, la captura incidental de elasmobranquios descrita en el presente trabajo refleja, aunque sea en parte, sus patrones espacio – temporales en abundancia, los cuales a su vez son indicativos de su amplia distribución geográfica y su naturaleza migratoria (Compagno, 1984). La evaluación de la captura incidental también provee información sobre su interacción de estos organismos con cardúmenes de atún, objetos flotantes y mamíferos marinos (Au, 1999, Freon y Dargon, 2000).

VI.1. Captura incidental de elasmobranquios

Los resultados de este estudio sugieren que cuando se analiza la captura incidental de elasmobranquios por taxón, los tiburones son mayormente capturados en las operaciones con objetos flotantes, mientras que los batoideos y gran parte de los *Sphyrna* spp. son capturadas en lances en presencia de cardúmenes de atún. Cuando se consideran conjuntamente a todas las especies que se capturan incidentalmente en la pesquería de atún con red de cerco en el OPO, como peces de pico, otros peces óseos, tortugas, mamíferos marinos, e incluso elasmobranquios, la mayor captura incidental está asociada a la pesca sobre objetos flotantes (Hall, 1996). A este respecto, Hall y Williams (2000) en su análisis de la captura incidental de elasmobranquios en el OPO reportan algo similar, aunque en su análisis la captura incidental considerada corresponde específicamente a la porción de especies descartadas, y obvian a la porción retenida con importancia comercial. Los trabajos de Au (1991), Solana-Sansores (1999) y Hernández-González (2001) describen también diferencias en la captura incidental entre tiburones y batoideos, en función del tipo de lance.

La captura incidental de elasmobranquios estuvo dominada principalmente por especies tropicales y subtropicales, aunque se capturó una pequeña porción de especies templadas, como el tiburón mako *Isurus oxyrrinchus* y el tiburón azul *Prionace glauca*. De manera similar a la captura objetivo de la pesquería de atún con red de cerco en el OPO, cuyas principales especies son tropicales y subtropicales (Anónimo, 2004).

El número de taxa registrados en el presente estudio fue mayor al reportado por Hernández-González (2001) para la misma pesquería. Las diferencias se pueden atribuir a que se usaron series de tiempo diferentes, así como al hecho de que su trabajo versó sobre la

captura incidental total (incluyendo a todos los peces pelágicos y otros vertebrados). Como consecuencia posiblemente se llevó a cabo un análisis menos detallado de los datos, por ejemplo, la autora no tomó en cuenta la sección de comentarios de las bitácoras de pesca de los observadores, donde se encontraron los registros de *C. leucas* y *C. galapagensis*, que en el presente trabajo sí se registraron.

Tanto para estos últimos taxa, como para los tiburones ballena *Rhincodon typus* y mako *Isurus oxyrrinchus*, los lances sobre objetos flotantes no fueron motivo de captura incidental. Esto indica la necesidad de considerar a la captura incidental obtenida no sólo en presencia de objetos flotantes, sino también en presencia de mamíferos marinos y de cardúmenes de atún en estudios posteriores.

En este trabajo, se documentaron 15 taxa de elasmobranquios. La alta diversidad de taxa en la captura incidental en este trabajo puede estar relacionada con la extensa zona de operación de la flota cerquera mexicana, ya que abarca características oceanográficas heterogéneas que incluyen regiones tropicales (Centroamérica) e incluso templadas (zona norte) (Wirtky, 1965). Además, al incluir en los análisis los diferentes tipos de operación pesquera, tanto en zonas cercanas como alejadas de la costa, se incrementó la posibilidad de capturar especies costeras, oceánicas, tropicales y de hábitat templado (Compagno, 2005). Esto probablemente llevó a la captura de algunas especies que pocas veces han sido reportados como parte de la captura incidental en la red de cerco, como los tiburones mako y azul. No obstante, y a pesar de esta diversidad, 91% de la captura incidental correspondió a los tiburones *C. limbatus*, *C. longimanus*, *Sphyrna* spp., *C. falciformis*, las mantas *Mobula* spp., y el grupo de organismos registrados como *"otros tiburones"*. Para este último taxa, su alta captura incidental lo situaron dentro de los tres principales taxa de esta captura. Los

seis taxa identificados en este estudio difieren a los reportadas como incidentales en las pesquerías oceánicas con palangre y redes dedicadas a la captura de atún y pez vela en el Océano Pacífico, en la cual sobresalen por su abundancia el tiburón azul *Prionace glauca*, *C. longimanus* y el tiburón *C. falciformis* (Matsunaga y Nakano, 1999 y Stevens *et al.*, 2005).

La captura incidental registrada por los observadores científicos en el OPO indican que el taxón más frecuente es el tiburón puntas negras (*C. limbatus*); de manera contraria a lo que ocurre en las pesquerías locales y dirigidas al tiburón (Ruiz-Alvarado y Mijangos-López, 1999; Sánchez de Ita, 2002; Chong-Robles, 2003 y Soriano-Velásquez *et al.*, 2003), la captura incidental del tiburón sedoso *C. falciformis* fue baja. Esta diferencia ha sido notada por otros autores, quienes han sugerido que los tiburones *C. limbatus* e incluso algunos organismos no identificados (incluyendo las categorías *tiburones no identificados* y *otros tiburones*), podrían ser realmente tiburones sedosos (Arenas *et al.*, 1999, Solana-Sansores, 2001 y Hernández-González, 2001). A este respecto, Román-Verdesoto y Orozco-Züller (2006) realizaron un estudio durante 2001-2002 con la finalidad de discernir entre estas dos especies y el tiburón puntas blancas *C. longimanus* (el cual también ha sido motivo de controversia en su identificación). Estos autores concluyen que existe un error en la identificación de *C. limbatus*, y que *C. falciformis* es la especie más abundante, hasta más de las 14 millas náuticas fuera de la costa, y que después de esta distancia todos los tiburones identificados como *C. limbatus* en realidad son *C. falciformis*. A pesar de que en efecto *C. limbatus* es una especie de hábitat principalmente costero (Compagno, 1984) la aseveración de los autores es un poco extrema, si se considera que sólo tomaron en cuenta las observaciones de un año y los datos de una región especifica del OPO (oceánica sur,

donde coincidentemente se reportó captura incidental alta de *C. falciformis*, en este trabajo). No obstante, los resultados que presentan estos autores dejan en claro que *C. limbatus* es parte de la captura incidental en la pesquería de atún con red de cerco en el OPO (contrario a lo que sugieren Solana-Sansores, 1999 y Hernández-González, 2001).

La presencia de *C. limbatus* en la captura incidental era de esperarse dado que es una de las cinco principales especies de tiburones en las pesquerías locales frente a las costas de México y Centroamérica (Soriano-Velásquez *et al.*, 2003 y Ruiz-Alvarado y Mijangos-López, 1999). Asimismo, los estudios de marcaje de juveniles de edad cero (YOY, menores de un año de edad) de *C. limbatus* en el océano Atlántico, han revelado que tienen la capacidad para alejarse de las zonas costeras en respuesta a gradientes barométricos producidos por la aproximación de una tormenta tropical (Heupel *et al.* 2003). Strasburg (1958) reportó a individuos de esta especie en las islas Marquesas en el Pacifico Ecuatorial, dejando abierta la posibilidad de que realmente *C. limbatus* sea una especie capaz de encontrarse en regiones oceánicas, posiblemente asociada a las islas. Por lo tanto, la alta captura incidental de *C. limbatus* en la pesquería de atún en presencia de objetos flotantes, posiblemente, como se discutirá adelante, se deba a que este taxón en algún momento e incluso quizá siempre, utiliza las zonas oceánicas del Océano Pacífico Oriental como zona de refugio y alimento de juveniles asociados a estos objetos.

VI.2. Tendencias de la captura incidental de los seis principales taxa de elasmobranquios.

VI.2.1. Tendencia anual

La variación anual de la CIPUE fue un tanto similar entre los seis principales taxa, con un considerable cambio en 2001 con respecto a 1998. La captura incidental de *C. limbatus* y *C. falciformis*, aunque distintas en su valor, fueron después de 1999, similares en la tendencia a través del periodo de estudio. La captura incidental para *Mobula* spp. fue más alta en 1998, posteriormente se registraron otros dos valores altos uno 1999 y otro en 2003. Para *Sphyrna* spp., la captura fue de manera notoria más alta durante 1999. La captura incidental de los "*otros tiburones*" fue alta durante 1998 y 2004.

El cambio general de la CIPUE más que atribuirse a una disminución drástica del recurso, se atribuye a una disminución considerable del esfuerzo pesquero durante ese año, como resultado de los conflictos político-legales por los que estaba pasando la industria atunera entre 2000 y 2002 (Enríquez-Andrade y Vaca-Rodríguez, 2004).

En algunas especies (*C. limbatus*, *C. longimanus* y *C. falciformis*) la CIPUE fue inversa al esfuerzo pesquero, mientras que en otras (*Mobula* spp., parte de *Sphyrna* spp.) la tendencia de la CIPUE varió de manera similar al esfuerzo pesquero, o no presentó relación alguna, como para los "*otros tiburones*". Por lo tanto, la variación anual de la CIPUE, aunque relacionada de manera directa con el esfuerzo pesquero *per se*, varió en función del taxa. Mientras que para algunos taxa, un mayor esfuerzo pesquero estuvo asociado a mayor captura incidental, para otras, la captura incidental permaneció baja.

La dinámica de la actividad pesquera (en la búsqueda del recurso objetivo) es, junto a la vulnerabilidad de las especies (Lowe y Bray, 2006), responsable de estas variaciones en la

abundancia de las especies capturadas incidentalmente. No obstante, tomando en cuenta el área cubierta por la pesquería, los cambios abruptos de abundancia relativa de una especie, que podrían asociarse a una migración, sugieren la posibilidad de que realicen movimientos hacia otras zonas del Océano Pacífico, tanto en el plano horizontal (que puede ser incluso hacia el Pacifico Occidental o hacia regiones más sureñas del Pacifico Oriental), como en el vertical (zonas más profundas, donde la red de cerco no tiene alcance).

Los movimientos horizontales y verticales de elasmobranquios se han relacionado con variaciones en la temperatura del mar, las corrientes, los niveles de oxigeno y de luz, así como por la disponibilidad del alimento, entre otras (Kolher y Turner, 2001). En el océano abierto se ha sugerido que los desplazamientos de los peces están más relacionadas con movimientos de las masas de agua, que pueden variar con la estación, las corrientes y por cambios a escala decadal (Lowe y Bray, 2006). Durante el periodo de estudio analizado se registraron anomalías positivas de la temperatura superficial del mar (TSS, por sus siglas en ingles) durante 1998 y 2003, indicativos de años Niño (Fig. 34). Por lo que los cambios detectados que sugieren una disminución de la CIPUE después de 1998, posiblemente son sólo artificio de lo que pasa comúnmente, ya que 1998 podría considerarse anómalo por sus TSS, siendo un año con temperaturas relativamente más altas en comparación al resto de los años estudiados. Se tiene conocimiento de que fenómenos a gran escala como el ENSO (El Niño- Oscilación del Sur) afectan de manera importante a las poblaciones marinas (Bakun, 1999). Por ello, y como la captura incidental en esta zona es principalmente de organismos tropicales y subtropicales, un año con temperaturas más altas quizá incrementó la disponibilidad de las especies a la pesquería.

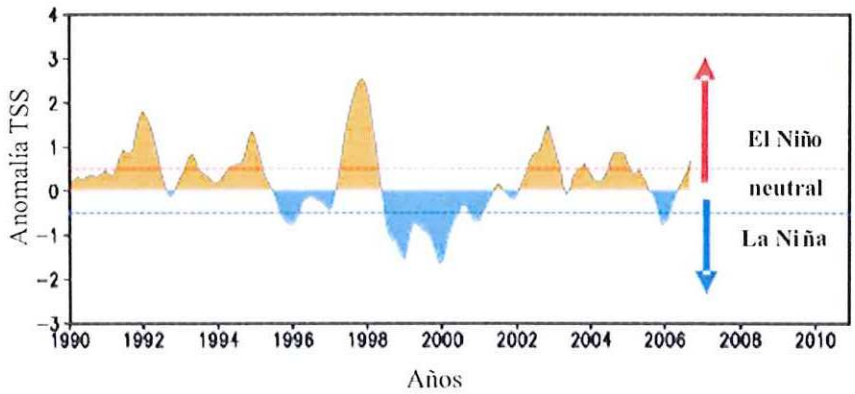

Figura 34.-Anomalías de la temperatura superficial del mar (TSS) durante 1990 a 2005 (NOAA, 2006).

VI.2.2. Tendencia según la temporada de pesca, el tipo de operación pesquera y la *zona de pesca*

La tendencia de la CIPUE para cada una de los taxa, así como la distribución de frecuencia de sus tallas presentaron diferencias por tipo de operación pesquera y por la zona de pesca a través de la temporada de estudio.

La captura incidental más alta para *C. limbatus* y *C. longimanus* se registraron en los lances en presencia de objetos flotantes en la zona oceánica centro durante verano y otoño, y durante invierno y primavera en la zona oceánica sur. Para ambos taxa, la captura incidental corresponde principalmente a organismos juveniles, aunque se registraron organismos con tallas menores a las de primera madurez sexual reportadas por Compagno (1984) y Soriano-Velásquez *et al.* (2003), sugiriendo que además de juveniles muy posiblemente se capturan hembras grávidas que al momento de ser capturadas con la red de cerco expulsan a sus nonatos. Por otro lado, la talla máxima registrada para *C. longimanus* en la captura incidental va más allá de la reportada por Compagno (1984) sugiriendo una confusión en la identificación de la especie, o quizá realmente sí existan *C. longimanus* con

tallas superiores a su máxima de 3.95 m LT (Compagno, 1984) hasta ahora no reportados en la literatura científica.

Los resultados para estos dos taxa (*C. limbatus* y *C. longimanus*) muestran que sus juveniles tienen cierta preferencia por un hábitat oceánico. El tiburón puntas negras *C. limbatus* es una especie comúnmente descrita como subtropical-tropical de hábitat principalmente costero, con cierta frecuencia en el ambiente oceánico. El tiburón puntas blancas *C. longimanus* se ha reportado como abundante en los trópicos y aparentemente su abundancia incrementa cuando incrementa la distancia a la tierra; es considerada de hábitat oceánicos, con una posible segregación por tallas y sexos (Compagno, 1984). La alta captura incidental en las zonas oceánicas centro y sur de *C. limbatus* y *C. longimanus* puede estar relacionada con la existencia de alta productividad biológica entre los 6 y 10° N, que se forma como resultado de la divergencia ecuatorial (Mann y Lazier, 1991), y al Domo de Costa Rica, el cual ha sido considerado también como una zona de alta productividad biológica (Fiedler, 1992), además, la alta concentración de objetos flotantes en dichas zonas (Garcia *et al.*, 1999), podría servir como refugio y zona de crianza para juveniles tanto de *C. limbatus* como de *C. longimanus*.

La captura incidental de *Mobula* spp. fue considerablemente más alta en el Golfo de California durante verano e invierno en los lances en presencia de cardúmenes de atún, y disminuyó considerablemente durante otoño, mientras que en Centroamérica y en la zona norte se detectó un incrementó sustancial de estas capturas. Con base en las tallas registradas por los observadores abordo, la captura incidental en el Golfo de California y en la zona norte correspondió a organismos juveniles de *Mobula japanica* y *M. tarapacana* así como también de juveniles e incluso quizá adultos de *M. thurstoni* y *M. munkiana*. Por otro

lado, en Centroamérica, la captura incidental de este taxa correspondió también a ejemplares juveniles, aunque una considerable presencia de tallas superiores a 2 m LD fueron también registradas. Como los tiburones, las especies de mobula son de amplia distribución geográfica. No obstante, se consideran especies que exhiben mayor abundancia en zonas más templadas. En el Golfo de California, la especie principal de este genero es *Mobula thurstoni*, la cual al igual que *M. japanica*, *M. munkiana* y *M. tarapacana* utilizan esta zona como área de crianza para sus juveniles (Notarbartolo-Di-Sciara, 1987). Las altas capturas en el Golfo de California parecen corresponder a una alta abundancia debido al uso de la zona como de crianza. Mientras que su ausencia en el golfo en otoño, parece reflejar la redistribución geográfica de las mantas *Mobula* spp., ya que no se capturaron en el Golfo de California, pero sí en la zona de Centroamérica y en la zona norte. Los taxa reportados por los observadores abordo en Centroamérica probablemente correspondieron a organismos maduros de *Mobula japanica*, *M. thurstoni* y *M. munkiana* (Nortobartolo-Di-Sciara, 1987) que posiblemente utilizan estas zonas con fines reproductivos o alimentarios. No se puede atribuir las diferencias en la CIPUE de las mantas debidas a variaciones en el esfuerzo pesquero, ya que durante otoño y verano, existió un nivel de esfuerzo pesquero similar en términos de lances en presencia de cardúmenes de atún en el Golfo de California.

La alta captura incidental de *Sphyrna* spp. en la pesquería de atún correspondió a ejemplares adultos, capturados principalmente en la zona norte durante invierno en presencia de objetos flotantes y en Centroamérica durante verano en presencia de cardúmenes de atún. Los tiburones *Sphyrna* spp. se han registrado en regiones tropicales y subtropicales, en aguas insulares y continentales, y no se consideran realmente oceánicos. Estas especies forman una parte importante en las pesquerías dirigidas al tiburón,

principalmente en la zona del Golfo de Tehuantepec, donde es la segunda especie más importante después de *C. falciformis* (Soriano-Velásquez *et al.*, 2003).

Considerando que *Sphyrna* spp. no es una especie abundante en las pesquerías dirigidas al tiburón que se desarrollan en la zona norte (Holts *et al.*, 1996), la alta captura incidental de este taxón durante invierno en la zona norte posiblemente es el resultado del uso de esta zona para encontrar alimento asociado a los objetos flotantes, ya que durante esta temporada la zona norte es enriquecida por las surgencias costeras intensificadas por la interacción con la Corriente de California (Mann y Lazier, 1996). Por otro lado, la captura incidental de *Sphyrna* spp. en Centroamérica en presencia de cardúmenes de atún puede estar asociada al uso de esta zona para la alimentación o uso de hábitat de crianza. Según Soriano-Velasco *et al.* (2003) para la región del Golfo de Tehuantepec, y Anislado-Tolentino (2000) para las costas de Michoacán, la especie más frecuente frente a las costas de México es *S. lewini*, aunque exhibe una presencia estacional. En Michoacán, los batoideos (*M. munkiana*) son su principal alimento, lo que sugiere que la alta captura incidental de organismos adultos (mayores a 1.6 m LT) en lances en presencia de cardúmenes de atún en Centroamérica, posiblemente este asociado a la depredación (de alguna especie de manta, *M. munkiana*) por los tiburones martillo. También es posible que sea indicativo de una interacción con los cardúmenes de atún, ya que estos tiburones forman cardúmenes y tienen movimientos diarios para alejarse de la costa (Klimley *et al*, 1993). Así mismo, también es posible que *Sphyrna* spp. y *Mobula* spp tengan preferencias de hábitat similares que conllevan a que se encuentran juntos y por lo tanto, formen parte de la captura incidental al realizar lances sobre cardúmenes de atún.

La captura incidental del tiburón sedoso *C. falciformis* fue más alta en la zona norte en lances en presencia de objetos flotantes y en la zona costa en lances en presencia de mamíferos marinos durante primavera y otoño, respectivamente. Con base en las tallas registradas por los observadores abordo, en la primera zona, la captura incidental correspondió principalmente a organismos adultos, mientras que en la segunda zona, la captura incidental correspondió tanto a ejemplares adultos como juveniles. Para este taxón, se registraron organismos con tallas por debajo de las reportadas como de nacimiento (Compagno, 1984 y Soriano-Velásquez *et al.* 2003) en las zonas oceánicas centro y sur, sugiriendo que además de juveniles muy posiblemente se capturan hembras grávidas que al momento de ser capturadas con la red de cerco expulsan a sus nonatos.

El tiburón sedoso *C. falciformis* es una especie de regiones tropicales y subtropicales y desde zonas cercanas a la costa así como alejadas de ésta. Ha sido descrita como una especie de hábitos oceánicos y costeros que exhibe una fuerte asociación al borde de la plataforma continental. También exhibe segregación por tallas: juveniles en zonas de crianza alejadas de la costa (offshore), y adultos en zonas aún más alejadas de ésta, separados de los juveniles (Compagno, 1984). Analizando la información dependiente de la pesquería dirigida al tiburón, se conoce que su presencia en la zona de estudio es estacional, particularmente en la zona norte, mientras que en zonas más cercanas al ecuador su presencia parece ser importante durante todo el año (Chong-Robles, 2003).

La alta captura incidental de adultos de *C. falciformis* en la zona norte durante la primavera probablemente está relacionada con la búsqueda de alimento, ya que la captura se registró en lances en presencia de cardúmenes de atún y de objetos flotantes. Los atunes capturados en estas operaciones pesqueras son ejemplares juveniles de entre 40 y 60 cm LF, los cuales

pueden forman parte de la dieta de estos tiburones (Compagno, 1984). Aureoles-Gamboa (1995) reportó que en lo que corresponde a la zona norte, la alta abundancia de atún que se observa entre enero y junio coinciden con los picos en abundancia del cangrejo rojo *Pleuroncodes planipes*, el cual es la principal fuente de alimento para los atunes en está zona (Galván-Magaña *et al.*, 1989) y posiblemente también para el tiburón *C. falciformis*. En la parte sur del Golfo de California, esta especie de cangrejo se ha registrado como una importante fuente de alimento para *C. falciformis* (Galván-Magaña *et al.*, 1989). La presencia de adultos de *C. falciformis* en la zona norte como resultado de una migración con fines reproductivos es otra posible explicación. Branstetter (1987) sugiere que en el Banco de Campeche (Golfo de México), *C. falciformis* presenta una época de reproducción muy definida a finales de primavera, y considera a la región como una zona de crianza. No obstante, para el Océano Pacífico, aún existen dudas sobre si *C. falciformis* presenta un patrón de migración asociado a la reproducción. Por un lado, se menciona que en el Golfo de Tehuantepec (Soriano-Velásquez *et al.*, 2003) y Centroamérica (Ruiz-Alvarado y Mijangos-López, 1999), el tiburón *C. falciformis* presenta una clara estacionalidad en su abundancia asociada a la reproducción, mientras que por el otro, Hoyos-Padilla *et al.*, (2003) no detectaron un patrón temporal definido para la reproducción de esta especie en la región de la costa occidental de Baja California Sur.

La alta captura incidental en la zona costa en otoño en presencia de mamíferos marinos puede estar relacionada con la búsqueda de alimento. A este respecto, se ha reportado que entre C. *falciformis* y el delfín común *Tursiops truncatus* existe una interacción importante en la depredación sobre los cardúmenes de peces en el Océano Pacifico Oriental Tropical (Acevedo-Gutiérrez, 2002).

La mayor concentración de juveniles de *C. falciformis* se registró principalmente en asociación con objetos flotantes, en las zonas oceánicas centro y sur durante verano y primavera. Compagno (1984) menciona que los juveniles se encuentran en zonas alejadas de la costa. En estas zonas existe alta productividad biológica constante como resultado de la divergencia ecuatorial (Mann y Lazier, 1991), además, incluye parte del Domo de Costa Rica, el cual se considera también como una zona de alta productividad biológica (Fiedler, 1992). Los objetos flotantes en esta zona oceánica posiblemente sirven a los juveniles como puntos de referencia o zonas para encontrar alimento, como ha sido sugerido para otros juveniles de especies pelágicas (Freon y Dargon, 2000 y Dempster, 2005).

La estacionalidad de la captura incidental en el OPO de *C. falciformis* difiere a la que se ha reportado en la pesquería dirigida; en la cual las capturas son más frecuentes durante otoño en la zona norte (costa occidental Baja Sur) (Sánchez de Ita, 2002), y no en primavera. Por otro lado, la alta captura incidental en la zona costa durante otoño coincide con la segunda temporada de pesca más importante para esta especie en el Golfo de Tehuantepec (Soriano-Velásquez *et al.*, 200) y en Centroamérica (Ruiz-Alvarado y Mijangos-López, 1999). Sin embargo, difieren a las capturas dirigidas en el extremo occidental del Golfo de Tehuantepec (Puerto Ángel), donde las mayores capturas se registraron de enero a mayo, durante 2001-2002 (Chong-Robles, 2003). Así mismo, la ausencia de esta especie en Centroamérica es contradictoria a lo que se conoce de las pesquerías dirigidas, donde *C. falciformis* domina la captura (Ruiz-Alvarado y Mijangos-López, 1999). Una posible explicación es por diferencias en el comportamiento de la pesquería dirigida, ya que la pesquería dirigida utiliza palangres y redes de deriva en zonas cercanas a la costa, y por lo general operan entre el crepúsculo y el amanecer. En contraste,

la actividad con redes de cerco es después del amanecer (SEMARNAP, 1998). Así mismo, permanece la incertidumbre en cuanto a una posible confusión de los taxa por los observadores científicos, lo cual puede ser responsable de la baja abundancia registrada de este taxón como captura incidental en la pesquería de atún con red de cerco.

VI.3. Modelos Generales Lineales

VI.3.1. Relación de la CIPUE con el año (Modelo MGL I)

Aunque las tendencias nominales de la CIPUE de cada taxón mostraron diferencias considerables a partir de 1998, al hacer uso del modelo MGL I, la variación de la CIPUE con respecto a U (1998) sólo fue significativa para *C. longimanus* y "*otros tiburones*" en la mayor parte de la serie de tiempo, sugiriendo un cambio de las tasas de captura. En particular se observó un cambio abrupto de disminución en 2001. Por otro lado, para *C. limbatus* y *Sphyrna* spp., su CIPUE presentaron variaciones estadísticamente significativas en 2002 y 1999, respectivamente. Para *Sphyrna* spp., el modelo describió la tendencia general de los datos nominales. En contraste, el resultado obtenido para *C. limbatus* fue diferente a lo que se observó en la tendencia nominal de este taxón, por lo que se sugiere que esta variable (año) del MGL I no explica la variación y es otro factor el que tuvo una mayor interacción en la tendencia de la CIPUE.

El no detectar diferencias significativas en la CIPUE para las mantas *Mobula* spp. y para el tiburón *C. falciformis* nos sugiere que para estos taxa la variación anual de sus CIPUE no fue importante durante el periodo de estudio y que otros factores son más importantes.

VI.3.2. Relación de la CIPUE con la zona de pesca, tipo de operación pesquera (MGL I), e interacción entre factores (MGL II y III).

Con los modelos MGL I y II se detectaron diferencias estadísticamente significativas que indican que la captura incidental de *C. limbatus*, *C. longimanus*, *Mobula* spp. y "*otros tiburones*" varían en función del tipo de operación pesquera y la zona de pesca cuando se comparan con respecto a U (capturas incidental en presencia de objetos flotantes o captura incidental en la zona norte, MGL I). Para los otros dos taxa, ni el tipo de operación pesquera ni su interacción con la temporada de pesca (MGL II), conllevó a variaciones estadísticamente significativas. Sin embargo, cuando se analizó la interacción entre la zona de pesca y la temporada de pesca (MGL III) se detectaron diferencias estadísticamente significativas para todos los taxa.

Casi todos los peces exhiben algún grado de cambio ontogenético en la utilización del espacio, por lo que se observan variaciones en la abundancia en función del área geográfica y en relación a diversos factores abióticos y bióticos. Así, el área de movimiento dentro de la cual migra una especie o el hábitat que ocupa puede variar dependiendo de la especie y la localidad (Lowe y Bray, 2006). Esto explica las diferencias estadísticamente significativas entre los taxa en función de las zonas de pesca, y en menor grado, en función de las operaciones pesqueras a lo largo del año (entre temporadas).

Tipo de operación pesquera y temporada de pesca

Para los tiburones *C. limbatus*, *C. longimanus* y "*otros tiburones*", así como para las mantas *Mobula* spp. el MGL I indicó que la mayor CIPUE se obtiene en presencia de objetos flotantes para los tiburones, mientras que para las mantas *Mobula* spp., la captura

incidental en presencia de cardúmenes de atún son significativamente menores a las obtenidas en lances sobre objetos flotantes. Esto es consistente con lo observado en los valores nominales.

No obstante, con el modelo MGL II se encontró que únicamente para el tiburón *C. limbatus* y para las mantas *Mobula* spp. habían diferencias estadísticamente significativas en la CIPUE en los lances sobre cardúmenes de atún. En lances en presencia de mamíferos marinos, sólo se encontraron diferencias significativas para la CIPUE del tiburón *C. limbatus* (MGL II). Dado que el punto de referencia para este modelo fue la captura incidental en presencia de objetos flotantes durante primavera, los cambios detectados por el MGL II para *Mobula* spp. nos indican que en presencia de cardúmenes de atún, la CIPUE presentó una variación temporal entre verano e invierno, observada también en los valores nominales. Sin embargo, la magnitud de la variación en los resultados estadísticos son contrarios a la variación observada en los valores nominales de la CIPUE, e indican que la captura incidental fue mayor en verano que en invierno. La falta de coincidencia podria explicarse por la naturaleza multiplicativa de la interacción del modelo, o por que los datos no se ajustan al modelo al no tener la capacidad de interpretar la información, que en especial para *Mobula* spp. está concentrada en una zona de pesca y tipo de operación pesquera. De esta manera, para este taxón, el MGL II no describió adecuadamente la información nominal, en la cual la mayor CIPUE se observó en invierno y no en verano como lo detectado por el modelo.

Para *C. limbatus*, se registraron diferencias significativas tanto en lances en presencia de cardúmenes de atún como en lances en presencia de mamíferos marinos. La variación estacional detectada en el primer tipo de operación pesquera explicó con respecto

a U (captura incidental durante primavera en presencia de objetos flotantes) parte de la variación nominal, debido a que los valores de otoño no fueron significativos, y sólo se detectó una ligera variación de 1% entre verano e invierno. En presencia de mamíferos marinos, la CIPUE más alta se registró durante otoño y fueron similares entre verano e invierno. Esta variación observada en los datos nominales fue corroborada con el MGL II.

Zona de pesca y temporada de pesca

Las tasas de captura incidental de *C. limbatus* y *C. longimanus* en las zonas oceánicas centro y sur, de la categoría "*otros tiburones*" en la zona sur y las de *Mobula* spp. en el Golfo de California variaron significativamente con respecto a U (zona norte) (MGL I). De manera consistente con la distribución nominal. Mientras que para *Sphyrna* spp. y *C. falciformis* no se detectaron diferencias estadísticamente significativas con el MGL I. No obstante, cuando se incluyó el factor temporada en interacción con la zona de pesca (MGL III), las tasas de captura incidental variaron significativamente para todos los taxa de la siguiente manera:

La variación de la CIPUE de *Mobula* spp. detectada por el MGL III en el Golfo de California, es similar a la variación de sus valores nominales (Fig. 19), es decir, capturas incidental alta en verano e invierno. En la zona oceánica centro, la CIPUE de *C. limbatus* y *C. longimanus* fueron significativamente distintas durante verano y otoño. Sin embargo, la similitud en la magnitud de la variación de la CIPUE para *C. limbatus* con respecto a U indica un ligero cambio entre temporadas, aunque en los valores nomínales se observó lo contrario, y de verano a otoño se observa una marcada variación temporal. Para *C. longimanus*, la magnitud de la variación detectada por medio del MGL III sugiere

diferencias estadísticamente significativa entre verano y otoño, con CIPUE más alta en otoño, de manera similar a como se observa en los valores nominales (Fig. 19).

En la zona oceánica sur, la CIPUE fueron estadísticamente distintas durante el verano para *C. falciformis*, durante el invierno para *C. longimanus* y *C. limbatus*, y en otoño e invierno para "*otros tiburones*" (MGL III). La magnitud de la variación detectada para *C. limbatus* (84%) nos sugiere que en esta zona al igual que en la zona oceánica centro durante el invierno el valor de la captura incidental es similar a lo que se capturó en la zona norte (U). El cambio detectado para *C. longimanus* coincide con una CIPUE nominal alta en la zona oceánica sur (Fig. 19).

Para los tiburones *C. falciformis* y *Sphyrna* spp., la interacción entre la zona de pesca y la temporada de pesca (MGL III) generó diferencias estadísticamente significativas. Para *C. falciformis*, el cambio estadísticamente significativo detectado en la zona oceánica sur durante verano, coincide con una captura incidental alta en la variación de la CIPUE nominal (Fig. 19), aunque no está claro porque no se detectaron como significativas las diferencias entre U (zona norte durante primavera) y la CIPUE modelada de la zona costa, que aparentemente fueron mayores a estas de la oceánica sur en sus valores nominales.

Para *Sphyrna* spp. la única diferencia estadísticamente significativa ocurrió en Centroamérica durante verano, de manera similar a lo observado en la captura incidental nominal de esta especie (Fig. 19).

Consideraciones generales

La captura incidental de elasmobranquios están sujetas a diversos factores: la zona de pesca, el tipo de operación pesquera, así como efectos temporales en distribución y abundancia. Este trabajo sugiere que la capacidad de la embarcación no parece ser significativa, si se considera que el único taxón que presentó diferencias en la CIPUE en función de la embarcación fue *Sphyrna* spp. Este taxa fue el único que no fue capturado en las embarcaciones de capacidad I.

La tendencia nominal de la CIPUE de cada taxa por sí sola nos permite evaluar sus patrones de distribución geográfica. Sin embargo, los Modelos Generales Lineales se consideran una buena herramienta para analizar estadísticamente la variación de la CIPUE, sobre todo cuando se utilizan bases de datos con muchos valores de ceros, y cuando se requiere entender cómo varia la CIPUE en función de otros factores. Como se observa en los valores nominales (Fig. 4) utilizar un valor de referencia para hacer las comparaciones también es importante, ya que ha existido una variación marcada de la CIPUE a través del tiempo. El utilizar un valor promedio como se hace generalmente para realizar las comparaciones potencialmente causaría un sesgo en los análisis, puestos que los datos son de un periodo limitado (1998 a 2004) y no sabemos cómo fue anteriormente la CIPUE. La misma lógica se aplica para los demás valores de referencia, la temporada de pesca, los objetos flotantes, la zona norte y la capacidad I. Por otro lado, también es importante mencionar que para este estudio es posible que, el punto de referencia debiera elegirse para cada taxa.

La captura incidental de elasmobranquios reportada en el presente trabajo debe tomarse con precaución, ya que los observadores científicos mexicanos también pudieron

tener errores en la identificación de las especies de Carcharhinidos, sobreestimando o subestimando el número real de especies e individuos. Considerando las similitudes morfológicas de los Carcharhinidos, es posible que los problemas de identificación no estén limitados en que si *C. limbatus* es *C. falciformis*, sino cual es la proporción real de la composición especifica de la captura incidental. Por ejemplo, el tiburón puntas negras *C. limbatus* se distingue de *C. falciformis* por la ausencia de un pliegue interdorsal, además de diferencias en la posición y forma de las aletas (Compagno, 1984). Sin embargo, existen otras especies aún más parecidas, que *C. limbatus* y *C. falciformis*. Por lo tanto, es importante mejorar la capacidad de los observadores de identificar ejemplares de *C. limbatus* y *C. falciformis* y otras como *C. obscurus* y *C. galapagensis*. Para obtener un mejor entendimiento del efecto de la pesquería sobre los elasmobranquios, se requiere incrementar la resolución taxonómica de la base de datos, enseñando al observador a identificar a los organismos en todos sus estados de desarrollo ontogenético. Esto se debe hacer por lo menos en el caso de las especies que se esperarían fuesen las más frecuentes en la captura o con valor ecológico o de conservación. Igualmente, se podrían desarrollar formatos para colectar los datos, de tal manera que puedan ser usados para confirmar o revisar la información de los observadores posteriormente en tierra (Roman-Verdesoto y Orozco-Züller, 2006).

Por lo pronto, la incertidumbre en la composición específica se resolverá únicamente cuando el personal esté capacitado para la identificación de elasmobranquios abordo de las embarcaciones. Asimismo, un estudio de marcaje podría llevarse a cabo para evaluar si realmente existe un movimiento de las especies entre las zonas.

Los seis principales taxa presentaron importantes traslapes en su CIPUE, lo que sugiere una mayor interacción entre ellas y la necesidad de un consecuente análisis y manejo de la captura incidental tomando en cuenta las diferentes relaciones que pueden establecerse entre taxa. Este tipo de análisis nos permitirá conocer mejor cual es el impacto de esta pesquería en las poblaciones de los taxa aquí analizados. Kitchell *et al.* (2002) con base en modelos Ecopath/Ecosim para el ecosistema pelágico del Pacifico Central, sugieren que los tiburones a pesar de no ser depredadores *clave*, el incremento en su mortalidad debido a la captura en las pesquerías palangreras, causa un efecto severo en la red trófica que los mantiene, recomendando un mejor seguimiento de estas capturas.

VII.- CONCLUSIONES

- La captura incidental de elasmobranquios obtenida en el 50% de la pesquería mexicana de atún con red de cerco en el OPO fue de 22, 250 organismos durante el periodo de 1998 a 2004. Estuvo compuesta de las siguientes especies: *Carcharhinus limbatus, Mobula* spp., *C. longimanus, Sphyrna* spp., *C. falciformis , Alopidae* spp., *C. galapagensis*, *Rhincodon typus*, *C. leucas*, *Prionace glauca*, *Isurus oxyrrinchus* y *Dasyatis* spp. y otros tres grupos de organismos catalogados como "*tiburones no identificados*", "*otros tiburones*" y "*tiburones café*".
- La captura incidental varió según el tipo de operación pesquera y zona de pesca, así como en función de la interacción entres estos dos factores y la temporada.
- La captura incidental de los tiburones *C. longimanus*, la categoría "*otros tiburones*" y las mantas *Mobula* spp. presentaron una tendencia anual decreciente significativa.
- La captura incidental de los tiburones *C. limbatus* fue principalmente de organismos juveniles en presencia de objetos flotantes en las zonas oceánica centro durante verano e invierno, y en la zona oceánica sur durante primavera e invierno.
- La captura incidental de *C. longimanus* fue también de organismos juveniles en presencia de objetos flotantes en la zona oceánica sur durante verano e invierno y en la zona oceánica centro, principalmente durante otoño.
- La captura incidental de las mantas *Mobula* spp. consistió de juveniles en el Golfo de California durante verano, primavera e invierno; en otoño, la captura incidental consistió de juveniles en la zona norte y de adultos en Centroamérica.

- La captura incidental de *Sphyrna* spp. fue de adultos en la zona norte en presencia de objetos flotante durante invierno, y en Centroamérica en presencia de cardúmenes de atún durante verano.
- El tiburón *C. falciformis* presentó alta captura incidental de adultos en presencia de objetos flotantes en la zona norte, durante primavera y en presencia de mamíferos marinos en la zona costa, durante otoño. Así mismo, se registraron juveniles en la zona oceánica sur durante primavera.
- Los tiburones catalogados como "*otros tiburones*" presentaron capturas incidentales en los lances en presencia de objetos flotantes, en la zona oceánica sur durante otoño e invierno y durante primavera en la zona oceánica centro.
- Los Modelos Generales Lineales permitieron detectar las variaciones de la CIPUE debidas al tipo de operación pesquera, zona de pesca, así como por una posible relación en la escala anual, o trimestral en interacción con la zona de pesca o el tipo de operación pesquera.
- Aunque el MGL I presentó los valores mínimos del índice AIC para todos los taxa, la poca diferencia de AIC con los otros modelos permiten concluir que los tres podrían ser considerados al evaluar la variación de la CIPUE. En especies como *C. falciformis* y *Sphyrna* spp. la interacción resultó importante para describir sus patrones espacio-temporales en la distribución geográfica.

VIII.- LITERATURA CITADA.

Acevedo-Gutiérrez, A. 2002. Interactions between marine predators: dolphin food intake is related to number of sharks. Marine Ecology Progress Series. 240: 267-271.

Alverson, D. L., Freeberg, M. H., Pope, J. G y Murawski, S.A. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO Fisheries Technical Paper 339. 233 p.

Anislado-Tolentino, V. 2000. Ecología Pesquera del tiburón Martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el litoral del estado de Michoacán, México. Tesis de Maestría. UNAM. 142 p.

Anónimo, 2004. Atunes y peces picudos en el Océano Pacífico Oriental en 2003. Reporte anual. Comisión Interamericana del Atún Tropical. La Jolla, California. 98 p.

Arenas, P. M. Hall y M. García. 1999. Association of fauna with floating objetcs in the Eastern Pacific Ocean. En: Scott, M., W. H. Bayliff, C. E. Lennert-Cody y Schaefer, K. M. (eds). Proceeding of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. IATT (CIATT), Special Report 11. Febrero de 1992. La Jolla, California. p. 285-326.

Au, D. W. 1991. Polyspecific nature of tuna schools: Sharks, Dolphin, and Seabird Associates. Fishery Bulletin 89: 343-354.

Au, D. W., R.L. Pitman, and L. T. Balance. 1999. Yellowfin tuna associations with seabirds and subsurface predators. En: Scott, M., W. H. Bayliff.,C. E. Lennert-Cody y Schaefer, K. M. (eds). Proceeding of the international workshop on the ecology and fisheries for tunas associated with floating objects. IATT (CIATT), Special Report 11. La Jolla, California. Febrero de 1992. p. 327-395.

Aureoles-Gamboa, D. 1995. Distribución y abundancia de la langostilla bentónica (*Pleuroncodes planipes*) en la plataforma continental de la Costa Oeste de Baja California Sur. En: D. Aurioles-Gamboa & E. Balart (eds.). La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento. CIBNOR. S.C.

Badan, A. 1997. La Corriente Costera de Costa Rica en el Pacifico Mexicano. En: M. F. Lavín (ed). Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana. p. 99-109.

Bakun, A. A dynamic Scenario for Simultaneous Regime- Scale Marine Population Shifts in Widely Separated Large Marine Ecosystems of the Pacifico. En: Sherman, K y Q. Tang (eds). Large Marine Ecosystems of the Pacific Rim: Assessment, Sustainability, and Management. Blackwell Science. Massachusetts. 1-26 p.

Bonfil, R. 1994. Overview of World Elasmobranch fisheries. FAO Fish. Tech. Paper 341. Italia. 119 p.

Branstetter, S. 1987. Age, growth and rerpoductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini,* from the northwestern Gulf of Mexico. Environmental Biology of Fishes. 19 (3): 161-173.

Caddy, J.F. y Griffths, R. C. 1996. Recursos marinos vivos y su desarrollo sostenible: perspectivas institucionales y medioambientales. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 353. Roma. 191 p.

Camhi, M., Fowler, S.L., Musick, J.A., Bräutigam, A. y Fordham, S.V. 1998. Sharks and their Relatives – Ecology and Conservation. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN.Cambridge, UK. 39 p.

Castillo-Geniz, L. 1992. Diagnostico de la pesquería de Tiburón en México. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaria de Pesca. 76 p.

Castro, J. I. 2000. Guía para la identificación de las especies de tiburones de importancia comercial del Océano Pacífico, para fines de investigación y verificación pesquera. SAGARPA-INP. 9 p.

Castro, J. L. 1996. The sharks of North American Waters. Texas A y M University Press. U.S.A. 180 p.

Chong-Robles, J. 2003. Variación temporal de la distribución de tallas del tiburón *Carcharhinus falciformis*, dentro de la pesquería artesanal de Puerto Ángel Oaxaca, durante el periodo 2001-2002. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar. 66 p.

Compagno, J. V. L., M. Dando y S. Fowler. 2005. Sharks of the World. Princeton Field Guides. New Jersey. 368 p.

Compagno, J.V.L. 1984. FAO Species catalogue: Shark of the world Vol. 4 Part. II, 125:1-665.

Dempster, T. 2005. Temporal variability of pelagic fish assemblages around fish aggregation devices: biological and physical influences. Journal of Fish Biology. 66: 1237-1260.

Enríquez-Andrade, R. R. y J. G. Vaca-Rodríguez. 2004. Evaluating Ecological tradeoffs in fisheries management: a study case for the yellowfin tuna fisherey in the Eastern Pacific Ocean. Ecological Economics. 48: 303-315.

Fiedler, P. C. 1992. Seasonal Climatologies and Variability of Eastern Tropical Pacific Surface Waters. NOAA Technical Report NMFS 109. 65 p.

Fréon P. y L. Dagorn. 2000. Review of fish associative behaviour: toward a generalisation of the meeting point hypothesis. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 10: 183-207.

Galvan-Magaña F., H. J. Nienhuis y A. P. Klimley. 1989. Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, Mexico. California Fish and Game. 75 (2): 74-84.

García, M, M. A. Hall, A. Pares-Sierra y P. Arenas. 1999. Simulated Trajectories of Floating Objects Entering the Eastern Tropical Pacific Ocean. En: M.D Scott, W.H Bayliff, C.E Lennert-Cody y K.M Schaefer (eds). Proceeding International Work Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects. IATT (CIATT), Special Report 11. La Jolla, California. Febrero de 1992. 346-395.

Hair, J. F. R. E, Anderson, R. L. Tatham y W. C. Black. 1999. Análisis Multivariante. 5a. ed. Prentice Hall Iberia. Madrid. 799 p.

Hall, M y P. Williams. 2000. Bycatch in the Tuna Net Fisheries. En Hinman, K (ed). Getting Ahead of the Curve. Conserving the Pacific Ocean´s Tunas, Swordfish, Billfishes and Sharks. Marine Fisheries Symposium No. 16. Nacional Coalition for Marine Conservation. Leesburg, Virginia.

Hall, M. A. 1996. On bycatches. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 6: 319-352.

Hampton, J y K. Bailey. 1999. Fishing for tunas associated with floating objects: review of the western pacific fishery. En: M.D Scott, W.H Bayliff, C.E.Lennert-Cody y K.M Schaefer (eds). Proceeding International Work Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects. IATT (CIATT), Special Report 11. La Jolla, California. Febrero de 1992. 222-287.

Heithaus, M. R. 2001. Predator-prey and competitive interactions between sharks (order Selachii) and dolphins (suborder Odontoceti): a review. Journal of Zoology. 253: 53-68.

Hernández-González, M. E. 2001. Captura incidental en la pesca del Atún por barcos cerqueros mexicanos en el Océano Pacifico Oriental. Tesis de Maestría. UABC. 83 p.

Heupel, M. R., C. A. Simpfendorfer y R. E. Hueter. 2003. Running before the storm: blacktip sharks respond to falling barometric pressure associated with Tropical Storm Gabrielle. Journal of Fish Biology. 63: 1,375 – 1,363.

Hilborn, R y C. J. Walters. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall, Inc. London. 570 p.

Holts, D. V., Julian, A. Sosa-Nishizaki, O y Bartoo, N. W. 1998. Pelagic Sharks Fisheries along the West Coast of the United State and Baja California, Mexico. Fisheries Research. 39 :115-125.

Hoyos-Padilla, E. M., B. P. Ceballos-Vásquez y F. Galván-Magaña. 2003. Biología reproductiva del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de Baja California Sur, México. En: memorias del 1er. Foro de Intercambio Científico Sobre Tiburones y Rayas. INP-CRIP Guaymas. p. 12

INP-SEMARNAP. 2000. Sustentabilidad y pesca responsable en México. 1999-2000. INP. Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México.

Jennings, S., M. J. Kaiser y Reynolds, J. D. 2001. Marine fisheries ecology. Blackwell Science.Oxford. 417 p.

Kato, S. 1964. Sharks of the genus *Carcharhinus* associated with the tuna fishery in the Eastern Tropical Pacific Ocean. United States Fish and Wildlife Service Circular 172: 1-22.

Kitchell, J. F., T. E. Essington, C. H. Boggs, D. E. Schindler, and C. J. Walters. 2002. The Role of Sharks and Longline Fisheries in a Pelagic Ecosystem of the Central Pacific. Ecosystems. 5: 202-216.

Klimley, P. A., I. Cabrera-Mancilla y J. L. Castillo-Geniz. 1993. Descripción de los movimientos horizontales y verticales del tiburón martillo *Sphyrna lewini*, del sur del Golfo de California, México. Ciencias Marinas. 19 (1). 95-115.

Kohler, N.E y P. A. Turner. 2001. Shark tagging: a review of conventional methods and studies. Environmental Biology of Fishes. 60:191-223.

Lewison, R. L., L. B. Crowder, A. J. Andrew y Freeman, S.A. 2004. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. Trends in Ecology and Evolution. 19 (11). 598-604

Lowe, C y R. Bray. 2006. Movement and Activity Patterns. En: Allen, L. G, D. J. Pondella II y M. Horn (eds). The Ecology of Marine Fishes: California and Adjacent Waters. University of California Press. 524-553 p.

Mann, K. H y J. R. N. Lazier. 1991. Dynamics of Marine Ecosystems. Biological-Physical Interactions in the Oceans. 2a. ed. Blackwell Science. Cambridge. 394 p.

Matsunaga H. y H. Nakano. 1999. Species composition and CPUE of pelagic sharks caught by Japanese Longline Research and Training Vessels in the Pacific Ocean. Fisheries Science. 65 (11): 16-22.

McKinnell, S. y M. P. Seki. 1998. Shark bycatch in the Japanese high seas squid driftnet fishery in the North Pacific Ocean. Fisheries Research. 39: 127-138.

Myers, R. A. and Worm, B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. Nature. 423: 280-283.

Nakano, H. y K. Nagasawa. 1996. Distribution of pelagic elasmobranchs caught by Salmon Research Gillnets in the North Pacific. Fisheries Science. 62 (5): 860-867.

Nakano, H., M. Okazaki y H. Okamoto. 1997. Analysis of match by species for tuna longline fishery based on match by branch lines. Bulletine National Reshearch Institute of Far Seas Fisheries. 34: 43-62.

Nortobartolo Di-Sciara, G. 1987. Natural history of the rays of the genus *Mobula* in the Gulf of California. Fishery Bulletin (86):45-66.

NOAA, 2006. http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle

Pérez, H. 2002. El esfuerzo pesquero en la pesca del atún por barcos cerqueros mexicanos en el Océano Pacífico Oriental (1992-2000). Tesis de Maestría. UABC. 106 p.

Quinn, G. P. y M. J. Keough. 2001. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. Cambridge University Press. 537 p.

Román-Verdesoto M. y M. Orozco-Züller. 2006. Bycatches of sharks in the tuna purse-seine fishery of the eastern pacific ocean reported by observers of the inter-american tropical tuna commission, 1993-2004. Data report 11. IATTC. 68 p.

Ruiz-Alvarado, C. L y N. Mijangos-López. 1999. Estudio sobre la pesquería del tiburón en Guatemala. En: Case studies of the management of elasmobranch fisheries. Shotton, R (ed). FAO-Fisheries Technical Paper, 378/1. 480 p.

Sakagawa, G. 2000. The Pelagic Fisheries for Pacific Tuna. En Hinman, K (ed). Getting Ahead of the curve. Conserving the Pacific Ocean´s Tunas, Swordfish, Billfishes

and Sharks. Marine Fisheries Symposium No.16. National Coalition for Marine Conservation. Leesburg, Virginia.

Sánchez de Ita, J. A. 2002. Determinación de la edad del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) en aguas de la costa occidental de Baja California Sur. Tesis profesional. UMAR. 66 p.

SEMARNAP. 1998. Pesca del atún y protección del delfín. Cuadernos. 61 p.

Solana-Sansores, L. R. 2001. Patrones espaciales de las especies epipelágicas capturadas incidentalmente en la pesca del atún sobre objetos flotantes, en el Océano Pacífico Oriental. Ciencias Marinas. 27 (3): 445-479.

Soriano-Velásquez, S.R., D. E. Acal, C. Galván-Tirado y L. Castillo-Geniz. 2003. Aspectos reproductivos de cuatro especies de tiburones (Orden Carcharhiniformes) del Golfo de Tehuantepec. En memorias del 1er. Foro de Intercambio Científico Sobre Tiburones y Rayas. INP-CRIP Guaymas. p. 20.

Springer, S. 1967. Social organization of sharks populations. Chap. 9: 149 – 172. En: Gilbert, P. W., R. F. Mathewson & D. P. Rall (eds). Sharks, Skates, and Rays. The Johns Hopkins Press. USA.

Stevens, J. 2000. The population status of highly migratory oceanic sharks. En Hinman, K (ed). Getting Ahead of the Curve. Conserving the Pacific Ocean's Tunas, Swordfish, Billfishes and Sharks. Marine Fisheries Symposium No. 16. Nacional Coalition for Marine Conservation. Leesburg, Virginia.

Stevens, J. D., T.I. Walker, S.F. Cook and Fordham, S. V. 2005. Threats Faced by Chondrichthyan Fish. En: Fowler, S. L., R. D. Cavanagh, M. Camhi, G.H. Cailliet, S.V. Fordham, C.A. Simpfendorfer and Musick, J. A. (eds). Sharks, Rays and Chimaeras: The Status of the Chondrichthyan Fishes. Status Survey. IUCN. Gland. p. 48-57.

Strasburg, D.W. 1958. Distribution, abundance, and habits of pelagic sharks in the Central Pacific Ocean. Fishery Bulletin. 58: 335-361.

Trasviña, A. y E . D. Barton. 1997. Los "nortes" del Golfo de Tehuantepec: la circulación costera inducida por el viento. En: M. F. Lavin (ed). Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana. p. 25-46.

Wirtky, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical pacific ocean. Bull. Int. Am. Tropical Tuna Com, 9 (5), 269 – 304.