



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

COMPORTAMIENTO DE EVASIÓN DEL DELFÍN MANCHADO

(*Stenella attenuata*) Y TORNILLO (*Stenella longirostris*)

DURANTE LA MANIOBRA DE PESCA DEL

ATÚN ALETA AMARILLA (*Thunnus albacares*),

EN EL OCÉANO PACIFICO ORIENTAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

GISELA HECKEL DZIENDZIELEWSKI

Ensenada, Baja California, enero de 1997.

RESUMEN

Un método utilizado para capturar atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental (OPO) es el "lance sobre delfines", pues el atún se asocia a diversas especies de cetáceos, principalmente al delfín manchado (*Stenella attenuata*) y al tornillo (*S. longirostris*). Durante la maniobra de pesca, el barco atunero y sus lanchas rápidas concentran la manada de delfines para lanzar la red alrededor de ellos y el atún. Los delfines tratan de evadir la maniobra para no ser capturados. El presente trabajo investiga si los delfines han aprendido a evadir con mayor eficiencia en áreas del OPO donde ha habido mayor esfuerzo pesquero y, por lo tanto la experiencia de los delfines es mayor. También investiga si existen diferencias en la evasión entre el delfín manchado de altamar (stocks manchado de altamar del noreste y del oeste-sur) y el tornillo oriental.

Se utilizaron observaciones registradas en las bases de datos de la Comisión Interamericana del Atún Tropical de 1983 a 1994 y del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines de 1992 a 1995. El índice de evasión aplicado fue el porcentaje de delfines evadidos con respecto al tamaño de la manada al inicio del lance. Se localizó en mapas del OPO el número de lances de la flota mexicana por cuadrante de un grado para el delfín manchado de altamar y costero, tornillo oriental y panza blanca, así como manadas mixtas de manchado de altamar y tornillo oriental. Solamente para el manchado de altamar se contó con suficientes datos para determinar áreas de diferente esfuerzo. Además, se consideró el número de años que la flota internacional ha lanzado sobre delfines (*Stenella attenuata*, *S. longirostris*, *S. coeruleoalba* y *Delphinus delphis*).

Después de un análisis exploratorio de los datos se verificó la influencia de diversos factores en la evasión del manchado de altamar por medio del

Análisis de Varianza Multifactorial. Se verificó la diferencia en la media del índice de evasión entre el manchado de altamar y el tornillo oriental. También se estudió la variación en el comportamiento de evasión en manadas mixtas de acuerdo al porcentaje de manchado de altamar presente en la manada. Los factores que influyen significativamente ($p < 0.05$) la evasión del manchado de altamar son: área de esfuerzo pesquero, tamaño de manada, capacidad de bodega del barco, ayuda aérea, número de lanchas rápidas, uso de explosivos, año, temporada, mes, hora del día, nivel Beaufort y corriente fuerte. Se encontraron interacciones dobles significativas entre algunos factores. Al comparar el índice de evasión entre áreas de esfuerzo del OPO, se encontró que el delfín manchado de altamar evade más en áreas de mayor esfuerzo y por lo tanto es posible que haya aprendido a evadir mejor. También se encontró una diferencia significativa entre dos áreas de esfuerzo en el delfín tornillo oriental, por lo que es probable que también haya aprendido a evadir mejor. Al comparar las especies, se encontró que la media del índice de evasión del delfín tornillo oriental es significativamente mayor que la del manchado de altamar. Las manadas de manchado de altamar se dispersan más durante las tres etapas del lance (antes de la caza, durante la caza y durante el encierro) que las del tornillo oriental, mientras que éste evade más por debajo de la red. La evasión sobre la red es un comportamiento esporádico en ambos stocks. La media del índice de evasión de manadas mixtas tiende a disminuir conforme aumenta el porcentaje de manchado de altamar en la manada, lo cual se puede explicar por la mayor capacidad de evasión del tornillo oriental.

ABSTRACT

In the Eastern Pacific Ocean (EPO) tuna are caught by "setting on dolphins" because tuna associate with several cetacean species, mainly spotted (*Stenella attenuata*) and spinner dolphins (*S. longirostris*). During the fishing operation, the tuna boat and its speedboats concentrate the dolphin herd in order to set the net around dolphins and tuna. The dolphins may try to evade the boats to avoid capture. This study examines the question of whether dolphins have learned to evade more effectively in areas of the EPO where fishing effort is higher and, thus, dolphin experience with the fishery has been greater. It also investigates whether evasion differs between offshore spotted dolphins (northeastern and western-southern stocks combined) and eastern spinner dolphins.

Observations recorded in the data bases of the Inter-American Tropical Tuna Commission from 1983 to 1994 and of the Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines from 1992 to 1995 were used. The applied evasion index was the percentage of evaded dolphins relative to the herd's initial size in each set. Sets (fishing effort by the Mexican fleet) per one degree quadrant were mapped for offshore, coastal spotted, eastern and whitebelly spinner dolphins as well as mixed-species herds of offshore spotted and eastern spinner dolphins. Sufficient data to determine areas of different fishing effort in the EPO were available only for the offshore spotted dolphin. Additionally, the number of years that the international fleet has set on dolphins (*Stenella attenuata*, *S. longirostris*, *S. coeruleoalba* and *Delphinus delphis*) was considered.

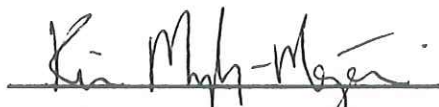
After exploratory data analysis, the influence of several factors on evasion by the offshore spotted dolphin was assessed by means of Multifactor Analysis of Variance. Mean evasion index differences between this stock and eastern

spinner dolphins was evaluated. Variation of evasive behaviour in mixed-species herds according to the percentage of offshore spotted in the herd was also studied. Factors that significantly influence ($p < .05$) offshore spotted dolphin evasion are: fishing effort area, herd size, vessel carrying capacity, aerial assistance, number of speedboats, use of explosives, year, season of the year, month, time of day, Beaufort level and strong current. Significant two-way interactions were found between several factors. The evasion index among fishing effort areas in the EPO was compared: offshore spotted dolphins evade more in areas of higher fishing effort and, therefore, they may have learned to evade more effectively. A significant difference in mean evasion index between two fishing effort areas was also found for eastern spinner dolphins, indicating that learning may have occurred. Eastern spinner dolphins have a significantly higher mean evasion index than offshore spotted dolphins. During the three set stages (before chase, during chase and during encirclement) offshore spotted dolphins disperse more than eastern spinner dolphins and the latter evade more under the net. Evasion over the net is a rare behaviour in both stocks. Mean evasion index in mixed-species herds tends to decrease as the percentage of offshore spotted dolphins increases in the herd; this is possibly explained by the eastern spinner's greater evasive ability.

**"COMPORTAMIENTO DE EVASIÓN DEL DELFÍN MANCHADO
(*Stenella attenuata*) Y TORNILLO (*Stenella longirostris*)
DURANTE LA MANIOBRA DE PESCA DEL
ATÚN ALETA AMARILLA (*Thunnus albacares*),
EN EL OCÉANO PACIFICO ORIENTAL"**

T E S I S
QUE PRESENTA:
GISELA HECKEL DZIENDZIELEWSKI

Aprobada por:



Presidente del Jurado

Dra. Kim E. Murphy-Mejía



Sinodal Propietario

Dr. Guillermo A. Compeán Jiménez



Sinodal Propietario

Dr. Michael D. Scott

AGRADECIMIENTOS

Como todo trabajo, éste se pudo terminar gracias a muchas personas e instituciones. Agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California por aceptarme en su programa de maestría y por el apoyo durante mis estudios y trabajo de tesis.

Gracias a la Dra. Kim Murphy-Mejía, mi directora de tesis, por sus minuciosas revisiones al proyecto y los borradores de la tesis, con las cuales este trabajo mejoraba día con día; fue muy importante para mí poder contar con ella en todo momento. También agradezco al Dr. Michael Scott por ser parte de mi comité y su amable guía durante mi estancia en el Programa Atún-Delfín de la CIAT. El Dr. Guillermo Campeán no sólo aceptó ser miembro del comité de tesis, sino también me concedió el acceso a la base de datos del PNAAPD, lo cual hizo posible este trabajo; aprecio sus valiosos comentarios durante el análisis de los datos y las revisiones del borrador.

Mi especial agradecimiento al Dr. Martín Hall, Director del Programa Atún-Delfín de la CIAT, quien me concedió el acceso a esa base de datos y al equipo necesario para analizar los datos. Me guió en mis primeros pasos del manejo de datos y en la comprensión de los resultados, y también revisó el proyecto y los borradores finales. Toda la gente del Programa Atún-Delfín siempre fue muy amable y de gran ayuda: Rick Lindsay obtuvo los datos que yo necesitaba y, al igual que Marco García, compartió su conocimiento sobre la obtención y el análisis de datos; Nick Vogel y Ernesto Altamirano me enseñaron muchas cosas sobre la maniobra de pesca durante dos lances de prueba en Ensenada; Milton López me conectó a la red del Programa; Dave Bratten, Laura Bowling y Yoly Covington me hicieron sentir a gusto en un nuevo ambiente de oficina, enseñándome todas las pequeñas cosas que son

importantes para ello. Agradezco a todos los observadores de la CIAT y el PNAAPD por haber registrado los datos que utilicé para este estudio.

Sin la asesoría del M.C. Ignacio Méndez (PNAAPD) esta tesis no se hubiera terminado; sus explicaciones claras y completas fueron de la mayor importancia. También agradezco a Michel Dreyfus por obtener los datos para este trabajo de la base de datos del PNAAPD. El trabajar en la oficina del Programa Nacional fue una experiencia agradable y divertida gracias a Héctor Pérez, Eva Hernández y Oscar Ceseña.

El Oc. Juan Antonio Delgado (Depto. de Oceanografía Física, CICESE) me salvó la vida con su programa para la elaboración de mapas, el cual probó ser increíblemente eficiente y fácil de manejar.

También agradezco al Lic. Alfonso Rosiñol por darme la oportunidad de participar en un viaje de pesca del "Convemar". Me sentí bienvenida en sus oficinas en Ensenada y Manzanillo, y doy las gracias a la gente que nos proporcionó en Manzanillo una excelente estancia y por subirnos a bordo. La amistad y el apoyo de la tripulación fueron muy motivantes. Ahora entiendo lo difícil que es su trabajo.

Yolanda Schramm es mi mejor amiga y colega. Su ideas siempre me refrescaron y su constante apoyo fueron mi mejor motivación para mantenerme chambeando duro. Asimismo, agradezco a su familia por su hospitalidad en Tijuana durante nuestra estancia de tres meses en la CIAT.

Recibí apoyo financiero de la familia Baitenmann para el crucero. Su amistad es uno de mis más grandes tesoros. Estoy muy agradecida al Sr. Colebrooke Jordan quien me obsequió una computadora nueva, la cual fue la herramienta más importante para este trabajo y lo seguirá siendo en el futuro.

Mis estudios de maestría fueron financiados por una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. La delegación en Ensenada, B.C., es muy eficiente en su trabajo, especialmente la M.C. Claudia Hernández.

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	iii
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE	viii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
La pesquería del atún	1
Maniobra de pesca.....	2
El embargo de 1980.....	4
El problema atún-delfín	5
Investigaciones anteriores	8
Objetivos	10
II. MÉTODO.....	12
Apoyo logístico	12
Métodos analíticos	13
Áreas de esfuerzo pesquero	13
Índice de evasión por lance.....	16
Análisis de los datos de evasión del delfín manchado de altamar.....	17
Análisis exploratorio gráfico de datos.....	17
Factores de influencia en el comportamiento de evasión	17
Diferencias entre los stocks.....	20
Evasión en manadas mixtas.....	20

III. RESULTADOS.....	21
Áreas de esfuerzo pesquero.....	21
Análisis de los datos de evasión del delfín manchado de altamar.....	37
Análisis exploratorio gráfico de datos	37
Factores de influencia en el comportamiento de evasión.....	37
Índice de evasión por área de esfuerzo pesquero.....	43
Diferencias entre los stocks	45
Evasión en manadas mixtas	50
IV. DISCUSIÓN.....	52
Análisis de los datos de evasión del delfín manchado de altamar.....	52
Factores de influencia en el comportamiento de evasión.....	52
Índice de evasión por área de esfuerzo pesquero.....	56
Diferencias entre los stocks	58
Evasión de manadas mixtas	59
V. CONCLUSIONES.....	60
VI. REFERENCIAS	62
APÉNDICE A: Definiciones	68
APÉNDICE B: Supuestos en ANOVA.....	69
APÉNDICE C: Análisis exploratorio gráfico de los datos del delfín manchado de altamar (datos del PNAAPD 1992-1995).....	71

LISTA DE TABLAS

Tabla I.	Número total de lances sobre manadas puras y mixtas de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD). Los datos del delfín manchado de altamar incluyen a los stocks nororiental y oeste-sur.	28
Tabla II.	Áreas de esfuerzo pesquero para el delfín manchado de altamar basadas en promedio de lances por cuadrante por la flota mexicana , (datos del PNAAPD de 1992 a 1995) y promedio de años que la flota internacional ha lanzado sobre delfines (<i>Stenella</i> spp. y <i>Delphinus delphis</i>) (Punsly, 1983, y datos de la CIAT de 1983 a 1994).	37
Tabla III.	Factores que pueden influir en el índice de evasión y categorías utilizadas para analizarlos.	38
Tabla IV.	Factores que presentaron diferencia significativa tanto en el ANOVA multifactorial como en la prueba no paramétrica de la mediana. Se dan los niveles de significancia y los estadísticos F y χ^2 para cada prueba y el resultado de homoscedasticidad; g.l. = grados de libertad del factor (g.l. del error = 2240) (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	39
Tabla V.	Interacciones dobles de los factores de influencia en el índice de evasión. g.l. = grados de libertad de los factores (g.l. error= 2240) (flota mexicana, datos del PNAAPD 1992-1995).	40
Tabla VI.	Prueba de contrastes posteriores del índice de evasión por área de esfuerzo pesquero para el delfín manchado de altamar. En las celdas aparece el nivel de significancia para cada contraste (*significativo con $p < .05$). (Flota mexicana, datos del PNAAPD 1992-1995).	44
Tabla VII.	Media del índice de evasión por stock (MA=manchado de altamar, TO=tornillo oriental) y área de esfuerzo (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	45
Tabla VIII.	Dispersión de manadas de <i>Stenella attenuata</i> altamar y <i>S. longirostris</i> oriental, en el área de esfuerzo A (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995). Los números indican lances.	47
Tabla IX.	Media del índice de evasión por intervalo de clase (según composición de la manada) en manadas mixtas de <i>Stenella attenuata</i> altamar y <i>S. longirostris</i> oriental (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	51

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.	Lances sobre delfín manchado de altamar (<i>Stenella attenuata</i>) por tamaño de manada (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).....	15
Fig. 2.	Lances sobre manadas puras del delfín manchado de altamar (<i>Stenella attenuata</i>) de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).	22
Fig. 3.	Lances sobre manadas puras de delfín manchado costero (<i>Stenella attenuata</i>) de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).	23
Fig. 4.	Lances sobre manadas puras del delfín tornillo oriental (<i>Stenella longirostris orientalis</i>) de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).	24
Fig. 5.	Lances sobre manadas puras del delfín tornillo panza blanca (<i>Stenella longirostris</i>) de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).	25
Fig. 6.	Lances sobre manadas mixtas de <i>Stenella attenuata</i> y <i>Stenella longirostris</i> de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).	26
Fig. 7.	Lances sobre manadas puras y mixtas de <i>Stenella attenuata</i> y <i>S. longirostris</i> de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).	27
Fig. 8.	Lances sobre delfín manchado de altamar (<i>Stenella attenuata</i>) por mes de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).	29
Fig. 9(a).	Lances sobre delfín manchado de altamar (<i>Stenella attenuata</i>) de enero a abril (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995). ..	30
Fig. 9(b).	Lances sobre delfín manchado de altamar (<i>Stenella attenuata</i>) de mayo a agosto (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	31
Fig. 9(c).	Lances sobre delfín manchado de altamar (<i>Stenella attenuata</i>) de septiembre a diciembre (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	32
Fig. 10.	Lances sobre el delfín manchado de altamar (<i>Stenella attenuata</i>), divididos por tamaño de manada (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	34
Fig. 11.	Número de años por cuadrante que la flota internacional ha lanzado sobre delfines (<i>Stenella attenuata</i> , <i>S. longirostris</i> , <i>S. coeruleoalba</i> y <i>Delphinus delphis</i>). Datos de Punsly (1983) y la base de datos de la CIAT (1983-1994).	35

Fig. 12.	Áreas de estudio de esfuerzo pesquero con lances sobre el delfín manchado de altamar (<i>Stenella attenuata</i>) de la flota mexicana de 1992 a 1995 (datos del PNAAPD). El área A es la de mayor esfuerzo (promedio de lances por cuadrante: 24.90) y el área F es la de menor esfuerzo (0.12 lances/cuadrante). Sin embargo, la flota internacional ha lanzado durante más años en el área C (35 años por cuadrante en promedio) que en el área B (30 años por cuadrante en promedio). Ver también Fig. 11 y Tabla II.....	36
Fig. 13.	Número de lanchas de acuerdo a la capacidad del barco (flota mexicana, datos del PNAAPD 1992-1995)	41
Fig. 14.	Uso de explosivos o luces de bengala según la capacidad del barco (flota mexicana, datos del PNAAPD 1992-1995).....	42
Fig. 15.	Lances sobre delfín manchado de altamar (<i>Stenella attenuata</i>) por año (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	43
Fig. 16.	Media del índice de evasión (% de delfines evadidos por lance en relación al tamaño inicial de la manada) por cuadrante de un grado del delfín manchado de altamar (<i>Stenella attenuata</i>) (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	44
Fig. 17.	Media del índice de evasión por stock (<i>S. attenuata</i> altamar y <i>S. longirostris</i> oriental) y en las áreas de esfuerzo A y B (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	45
Fig. 18.	Dispersión de manadas <i>Stenella attenuata</i> altamar y <i>S. longirostris</i> oriental, en el área de esfuerzo A (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	47
Fig. 19.	Lances en los que sí ocurrió evasión o no de acuerdo a la estrategia (evasión debajo o sobre la red) y por stock (manchado de altamar y tornillo oriental) (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	49
Fig. 20.	Media del índice de evasión por estrategia (debajo y sobre la red) y por stock (manchado de altamar y tornillo oriental) (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	50
Fig. 21.	Media del índice de evasión por intervalo de clase (según composición de la manada) en manadas mixtas de <i>Stenella attenuata</i> altamar y <i>S. longirostris</i> oriental (n = 2373, flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).	51

Apéndice C: Análisis exploratorio de datos del delfín manchado de altamar

- Fig. A. Número de delfines evadidos vs. tamaño de manada del delfín manchado de altamar ($n = 3674$ lances). Existe una relación lineal entre estos dos juegos de datos y la dispersión aumenta conforme los números son más grandes. 71
- Fig. B. Índice de evasión por lance (% de delfines evadidos en relación al tamaño inicial de la manada ($n = 3674$ lances sobre delfín manchado de altamar). No existe relación entre los dos juegos de datos. 72
- Fig. C. Diagramas de tallo y hoja del índice de evasión por lance para cada área de esfuerzo. Una gran cantidad de datos muestra valores de "cero"..... 73
- Fig. D. Gráficas de pastel sobre lances donde sí ocurrió evasión o no por cada área de esfuerzo..... 74

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Concepto
ANOVA	Análisis de Varianza
CIAT	Comisión Interamericana del Atún Tropical
CICESE	Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada
MMPA	Marine Mammal Protection Act
OPO	Océano Pacífico Oriental
PNAAPD	Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines
ROMMDL	Registro de Observaciones de Mamíferos Marinos y Datos del Lance
ZEE	Zona Económica Exclusiva

I. INTRODUCCIÓN

La pesquería del atún

La pesquería de atunes en el Océano Pacífico Oriental (OPO) se inició alrededor de 1900 frente a las costas del sur de California, Estados Unidos. Hasta mediados de los años cincuenta, el arte de pesca utilizado era la caña con carnada. Debido al desarrollo de redes de cerco con fibras sintéticas y de una polea hidráulica para recoger la red, muchos barcos cambiaron a la pesca con red de cerco a fines de los años cincuenta (Joseph, 1994). Desde entonces, los pescadores han lanzado redes de cerco en tres modalidades diferentes. La primera es la pesca de cardúmenes ("lance sobre brisa"), en donde desde lejos se ve el chapoteo en la superficie que causan los peces al viajar, y la red se lanza alrededor del cardumen. La segunda, llamada "lance sobre palos o sobre objetos flotantes", depende de la asociación entre los objetos flotantes y el atún. La red se tiende alrededor de objetos flotantes naturales o artificiales para capturar al atún frecuentemente asociado a éstos. El tercer método es el "lance sobre delfines".

El atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), en su fase adulta, y ciertas especies de delfines se asocian usualmente en el OPO. Las razones para esta asociación parecen ser la alimentación o la protección contra depredadores. Sin embargo, estas hipótesis son objeto de debate porque no se han encontrado evidencias definitivas para ninguna de ellas. El delfín manchado (*Stenella attenuata*) es por mucho la especie más importante en cuanto a la frecuencia de asociación con el atún y su utilización por los pescadores en la captura (National Research Council, 1992). La aparición repetida de delfines tornillo (*Stenella longirostris*) en los lances también es importante, aunque generalmente se encuentra en manadas mixtas con el delfín manchado. El delfín común (*Delphinus delphis*) es la tercera especie en importancia, aunque los lances sobre estos

cetáceos son menos frecuentes que en las anteriores. Otras especies que se encuentran en asociación con el atún son el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*), el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), el tursión (*Tursiops truncatus*) y el delfín de Fraser (*Lagenodelphis hosei*) (National Research Council, 1992).

Aunque los tres métodos de la red de cerco capturan atún, los lances sobre brisa y objetos flotantes capturan principalmente atún pequeño y sexualmente inmaduro. En los lances sobre delfines usualmente se capturan peces de mayor talla que en su mayoría son sexualmente maduros, y producen capturas promedio más grandes que con los otros métodos (Northridge, 1991).

Maniobra de pesca

Durante el "lance sobre delfines", la red se tiende alrededor de los atunes y los delfines. Cuando es avistada una manada de delfines por medio de binoculares potentes (25X), bajan al agua cuatro a seis lanchas rápidas, y empieza la caza. Las lanchas "arrear" a los delfines y el atún acompañante hasta que forman un grupo compacto que puede ser encerrado en círculo por el barco. La caza dura entre 15 y 80 minutos (Norris *et al.*, 1978), aunque el promedio es de 30 minutos (Edwards, 1992). El esquife, una lancha de unos 10 m de largo y 5 a 6 m de ancho, se suelta desde la popa del atunero, y jala la red de cerco, ya que tiene amarrado un extremo de la red (conocida como la orza). El barco entonces avanza en círculo alrededor de la manada, regresando hacia el esquife. La orza es transferida al atunero y sujeta, cerrando el círculo. La longitud de la red de cerco lanzada es de aproximadamente 1.7 km (United States International Trade Commission, 1986). Esta operación, llamada el encierro, tarda aproximadamente 20 minutos. Para poder cerrar el fondo del cerco, una serie de anillos están fijados a la orilla inferior de la red, y a través de ellos corre un cable llamado "jareta". Éste es jalado en sus dos extremos por medio de la polea mecánica o "winche" (esto también

tarda unos 20 minutos). Una vez que los anillos han subido a babor la red está completamente cerrada, y ni los peces ni los delfines pueden escapar por debajo. Se empieza a recoger la red por medio de la pasteca (o grúa) hidráulica y se apila en la popa del barco (National Research Council, 1992).

Cuando aproximadamente dos terceras partes de la red ha sido recogida, se inicia la "maniobra de retroceso". Este es el procedimiento por el cual la tripulación procura liberar a los delfines del cerco. El retroceso consiste en atar la red al costado del barco, desplazándolo en reversa. Conforme el atunero se mueve hacia atrás, la red adquiere una configuración alargada. En el ápice, la presión del agua contra la malla provoca que la red se hunda. Literalmente se saca la red por debajo de los delfines (Norris *et al.*, 1978). El retroceso puede durar solamente 8 a 10 minutos, pero si ocurren problemas (por ej. embolsamientos) puede durar mucho más.

El resto de la maniobra consiste en subir la captura de atunes al barco. Se sube la mayor parte de la red a bordo, de manera que los peces se concentran en una especie de "bolsa". Con la ayuda de un saco de red reforzada que tiene forma de "cucharón", se saca el atún de la bolsa y se deja caer en la entrada de la bodega de almacenamiento. Por medio de canales de aluminio, los peces caen en tanques con salmuera a una temperatura de aproximadamente 20°C bajo cero, donde permanecerán hasta su descarga en el puerto (Peterson y Bayliff, 1985). Una vez que se ha retirado toda la captura, el resto de la red se sube a bordo y se alista para el siguiente lance. La maniobra puede tardar en total entre una y media y dos horas, aunque esto puede variar de acuerdo al estado del mar, el tamaño de la manada de delfines y el cardumen de atún y si ocurren problemas mecánicos.

El embargo de 1980

En 1973 la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar inició sus trabajos para, entre otras cosas, acordar el límite de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de los 129 países participantes, entre ellos México. La ZEE, también llamada "mar patrimonial", es la zona marítima bajo jurisdicción del estado ribereño. Comprende hasta 200 millas náuticas (contadas a partir de la misma línea de base de donde se mide el límite de las 12 millas de mar territorial) donde existe libertad de navegación y sobrevuelo, pero el país guarda el derecho exclusivo de explorar, conservar y explotar los recursos naturales de la zona. México fue uno de los primeros países en establecer una ZEE, y esto ocurrió mediante el decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de febrero de 1976. Asimismo, el 21 de enero de 1980, también por decreto, se estableció que todas las embarcaciones extranjeras que pescaran dentro de la ZEE de México tendrían que solicitar licencia y pagar cuotas por captura, y se dio plazo para ello hasta el 7 de julio de 1980. Después de esta fecha y con base en la legislación, la Armada de México detuvo barcos atuneros con bandera norteamericana en ese mismo mes de julio debido a que estaban operando en la ZEE de México (Caudillo, 1992).

El gobierno norteamericano respondió prohibiendo las importaciones de productos atuneros provenientes de México, con fundamento en su Ley Magnuson de Conservación y Administración Pesquera de 1976 (Magnuson Fishery Conservation and Management Act of 1976. Public Law 94-265). Esta ley no define una ZEE, sino una "Zona de Conservación y Administración Pesquera" de 200 millas náuticas, en la cual el país asume autoridad exclusiva de administración pesquera sobre todos los peces, excepto las especies definidas como altamente migratorias, en las cuales se incluye el atún (United States International Trading Commission, 1986). Esta ley también establece que si una embarcación

norteamericana que pesca en aguas aledañas al territorio de una nación extranjera, en la medida en que dicho mar no sea reconocido como territorial por los E.U.A., es detenida como consecuencia de una reclamación de jurisdicción, las autoridades de los E.U.A. prohibirán la importación de toda la pesca y los productos provenientes de la pesquería en cuestión (Vargas, 1980).

El gobierno mexicano mantuvo firme su postura de defender la soberanía del país, posición a la que se sumaron los industriales atuneros, el Colegio Nacional de Economistas, investigadores mexicanos en asuntos internacionales y los siete partidos políticos mexicanos que contaban con registro. A pesar de las consecuencias económicas del embargo unilateral de los E.U.A., México no cedió en cuanto al derecho sobre su mar patrimonial (Academia Internacional de Derecho Pesquero, 1984).

La Ley Magnuson preveía que si no se detenían barcos por un cierto número de años se levantaría el embargo, y esto ocurrió en 1986. Además, en ese mismo año, México acordó con la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) que aceptaría sus observadores en barcos atuneros mexicanos que monitorearan la mortalidad de delfines (Hall and Boyer, 1986). El levantamiento del embargo también ocurrió como una medida de reciprocidad a la suspensión que haría México de algunos aranceles para los Estados Unidos, ya que México se adhirió al Acuerdo General sobre Aranceles Aduanales y Comercio (GATT) en 1986 (Caudillo, 1992).

El problema atún-delfín

Durante la maniobra de pesca del atún aleta amarilla, los delfines asociados frecuentemente morían al quedar atrapados o enredados en la red. Perrin (1969) fue el primer investigador en documentar el problema. En los primeros años de la pesca con red de cerco se estima que estas mortalidades incidentales eran muy

altas: aproximadamente 350,000 delfines al año, o 5 millones de delfines durante los primeros 14 años de la utilización de este arte de pesca (Joseph, 1994). Aunque el pescador atunero Anton Missetich ya había desarrollado la maniobra de retroceso, no todos los capitanes la aplicaban porque requería de tiempo y algunos atunes escapaban durante la maniobra (National Research Council, 1992).

A finales de los años sesenta, la opinión pública norteamericana y sus representantes en el congreso estaban informados sobre la mortalidad de los delfines en las redes de cerco atuneras y, al ejercer gran presión sobre el Congreso de los Estados Unidos, en 1972 se aprobó la Ley de Protección a los Mamíferos Marinos (Marine Mammal Protection Act = MMPA). Esta ley dicta que todas las poblaciones de mamíferos marinos deben tratar de mantenerse en su "nivel óptimo sustentable", lo cual se define como "el número de animales que resulten en la máxima productividad de la población o la especie". También provee que se prohíba la "importación de pescado comercial o productos pesqueros que se han capturado por medio de tecnología de pesca que resulte en la muerte incidental de mamíferos marinos mayor a los estándares de los Estados Unidos" (Joseph, 1994).

En 1988 la MMPA fue reformada. Estas reformas, que se mantienen vigentes, requieren que las naciones que pescan atún tengan una tasa promedio de mortalidad incidental de delfines que no exceda 1.25 veces la de los Estados Unidos. Asimismo, las tasas de mortalidad del delfín tornillo oriental (*Stenella longirostris orientalis*) y el stock costero del delfín manchado pantropical (*Stenella attenuata*) no deben exceder el 15 % y 5 % respectivamente del total de la mortalidad de delfines de la flota de cada país durante 1989 y años subsecuentes (Caudillo, 1992). Las tasas de mortalidad deben ser monitoreadas por el programa de observadores de la CIAT o por programas similares (Marine Mammal Commission, 1994).

En 1990 dos organizaciones no gubernamentales ecologistas (Greenpeace y Earth Island Institute) demandaron al gobierno norteamericano ante una corte de distrito en California porque no implementaba correctamente la MMPA. La última demanda de Earth Island se basó en que la MMPA exige que la mortalidad del delfín tornillo oriental no exceda el 15 % del total de mortalidad. El juez dio el fallo a favor de los ecologistas e impuso un embargo al atún aleta amarilla de México a partir del 10 de octubre de 1990 y hasta que la mortalidad del delfín tornillo oriental representara, durante un periodo de 12 meses consecutivos, menos del 15 % de la muerte incidental total de la flota atunera mexicana (Caudillo, 1992).

El gobierno mexicano estableció en mayo de 1991 por decreto presidencial el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y de Protección de Delfines (PNAAPD), aunque su origen se remonta al año de 1977, cuando se establece, por medio del documento conocido como circular No. 20 de la Secretaría de Pesca, que se embarquen observadores del Instituto Nacional de la Pesca en los barcos atuneros de la flota mexicana. El PNAAPD se estableció desde septiembre de 1991 en Ensenada, B.C., y tiene tres subprogramas: de observadores, que evalúa el desempeño de los barcos atuneros; de investigación científica y de desarrollo tecnológico. Desde 1992, se logró cubrir el 100 % de los viajes de pesca, en colaboración con el programa de observadores de la CIAT (Compeán, 1993). La mortalidad total por año en la flota atunera mexicana ha descendido significativamente de 3.1 delfines por lance en 1991 a 0.49 en 1995 (PNAAPD, 1995).

El 4 de octubre de 1995 los gobiernos de Belice, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, Honduras, México, Panamá, Vanuatu y Venezuela firmaron la "Declaración de Panamá". En caso de que fuera ratificada por el Congreso de los Estados Unidos y otros países, Estados Unidos levantaría el embargo y se modificaría el concepto "dolphin safe", de viajes en los que se captura atún no asociado a delfines a lances donde no se presente mortalidad de estos mamíferos.

El congreso norteamericano propuso enmiendas a la MMPA que implementarían la Declaración de Panamá (PNAAPD, 1996). El 6 de agosto de 1996, la Cámara de Representantes del Congreso de Estados Unidos votó por mayoría en favor de estas enmiendas. El Senado aún no ha votado sobre las enmiendas, aunque el presidente norteamericano Bill Clinton prometió al gobierno mexicano que su administración trabajaría para que se aprobara esta legislación lo más pronto posible.

Investigaciones anteriores

Aún antes de la aprobación de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de los Estados Unidos, la investigación sobre la pesquería del atún en el OPO fue iniciada por el Servicio Nacional de Pesca Marina y la Comisión de Mamíferos Marinos de Estados Unidos, con el fin de dar alternativas para reducir las mortalidades de delfines. Se observaron las respuestas conductuales de delfines en cautiverio a las barreras de redes de cerco, para recomendar el diseño de puertas de escape (Perrin y Hunter, 1972). Trabajos posteriores mejoraron el arte de pesca, como en el caso del "pañó Medina", diseñado por el capitán Harold Medina, y el "pañó superprotector" (Holts, 1977). El pañó Medina consiste de secciones de malla fina en la red. Impiden que el rostro y las aletas de los delfines se atoren en la red, y por lo tanto reducen de manera importante la mortalidad de delfines. Otros métodos se han desarrollado para ayudar en la liberación de los delfines, tales como bridas de arrastre en las lanchas rápidas que ayudan a mantener la red abierta y la utilización de una balsa dentro de la red para facilitar el rescate a mano (Coe *et al.*, 1984).

A principios de los años setenta se hizo evidente que era de gran importancia saber más sobre las especies de delfines involucradas en la pesquería y su asociación con el atún. La taxonomía y distribución de estos cetáceos fue

estudiada primeramente por W.F. Perrin en 1972 (Perrin *et al.*, 1985). En esos años también se intentó hacer las primeras estimaciones de la abundancia y distribución de cetáceos, así como sus tasas de mortalidad. El objetivo era evaluar el impacto de la pesquería en las poblaciones de cetáceos, pero los datos eran escasos y poco confiables (National Research Council, 1992). Las estimaciones más recientes (para los años 1986-1990) han calculado una población total de las tres especies más involucradas (*Stenella attenuata*, *Stenella longirostris* y *Delphinus delphis*) de 6.8 millones de animales, y la de todas las especies de 9.6 millones (Wade y Gerodette, 1993; citados por Lennert y Hall, 1995). La mortalidad incidental total de todas las especies se estimó en 3,274 para 1995, lo cual significa solamente un 0.03 % del total poblacional (Lennert y Hall, en prensa). En 1994 se estimó que la mortalidad incidental en la flota mexicana fue de 1819 delfines (Compeán *et al.*, en revisión).

En México se inició hace algunos años la investigación relativa al problema atún-delfín. Bojórquez *et al.* (1989) analizaron diversos aspectos, tales como la captura y desembarco de atún en el puerto de Mazatlán, el comportamiento y la distribución de los delfines, y las políticas internacionales de protección a los delfines. Las investigaciones más recientes se han hecho en el marco del PNAAPD (Compeán, 1994). Se han estimado los totales de mortalidad de los diferentes stocks de delfines de 1992 a 1994 (Compeán *et al.*, en revisión), la eficiencia de la maniobra de retroceso en conjunto con el paño protector en relación a la sobrevivencia de los delfines (Guillén y Campos, 1993), los patrones de alimentación de diferentes especies de delfines asociadas a la pesquería del atún (Macotela, 1995), la ecología del atún en el OPO (Méndez, 1995) y la interacción de las pesquerías de atún aleta amarilla (Compeán y Dreyfus, en revisión).

Los primeros estudios de observaciones sobre el comportamiento de los delfines durante la pesca del atún fueron realizados por Norris *et al.* (1978), quienes observaron directamente el comportamiento de *Stenella attenuata* y *Stenella*

longirostris durante la maniobra de pesca. Se abocaron a los movimientos generales de la manada y a las distancias entre individuos, y desarrollaron el primer etograma para estos animales durante lances atuneros. Pryor y Kang (1980) también observaron a estas especies durante la maniobra de pesca, pero se concentraron más en comportamiento individual y de subgrupos. Aunque Norris *et al.* (1978) habían descrito altos niveles de tensión de los delfines involucrados en los lances, Pryor y Kang (1980) interpretaron que sus datos sugerían comportamiento adaptativo aprendido y niveles bajos de tensión. Por otro lado, Stuntz y Perrin (1979) analizaron registros obtenidos por observadores en barcos atuneros, y sus resultados indicaron que los delfines (*Stenella* spp.) eran más difíciles de capturar en áreas donde el esfuerzo de pesca ha sido mayor; los autores sugirieron que los delfines han sido capaces de aprender a evadir la captura por parte de los atuneros. Esta posibilidad también fue considerada por Hall y Boyer (1986) como uno de los factores para explicar la heterogeneidad espacial de las tasas de mortalidad.

Objetivos

En el presente trabajo se investiga si el comportamiento de evasión del delfín manchado y el tornillo oriental durante la maniobra de pesca del atún aleta amarilla ha seguido un proceso de aprendizaje, y si está relacionado con el esfuerzo de pesca *. También se evalúa si existen diferencias entre estos delfines. Los objetivos particulares fueron:

1. Determinar los factores que puedan influenciar la evasión del delfín manchado (*Stenella attenuata*).

* Ver definición en el Apéndice A.

2. Establecer si la evasión del delfín manchado varían en áreas de diferente esfuerzo de pesca en el Océano Pacífico Oriental (OPO).
3. Establecer si la evasión es diferente entre el delfín tornillo oriental (*Stenella longirostris orientalis*) y el delfín manchado (*S. attenuata*).
4. Describir las diferencias entre las especies mencionadas en cuanto a sus estrategias de evasión.
5. Determinar si la evasión en manadas mixtas de *Stenella attenuata* y *S. longirostris* depende de la composición por especie * de las mismas.

II. MÉTODO

Apoyo logístico

Los barcos atuneros son abordados por observadores de la CIAT y los programas nacionales respectivos. En el caso de México, el PNAAPD coloca observadores en el 50 % de los viajes de los barcos atuneros mexicanos desde 1991, y el 50 % restante es cubierto por los observadores de la CIAT. Los observadores anotan datos durante los lances sobre delfines utilizando formatos estandarizados e instrucciones del PNAAPD y la CIAT. Las bitácoras con estas observaciones son colectadas por la institución a la que pertenece el observador y, después de una cuidadosa revisión, son integradas a sus bases de datos respectivas.

Se realizó una estancia en la CIAT de octubre a diciembre de 1995, durante la cual se tuvo acceso a los datos del Registro de Observaciones de Mamíferos Marinos y Datos del Lance (ROMMDL), obtenidos por sus observadores en barcos de la flota internacional de 1983 a 1992. Se extrajo una sub-base de datos y se llevó a cabo un análisis preliminar. Un mapa que se obtuvo se utilizó en este trabajo para complementar la división del OPO en áreas de diferente esfuerzo y para la discusión sobre el comportamiento de evasión. Además, en la CIAT se tuvo oportunidad de familiarizarse con el manejo de bases de datos, así como programas de computación que se utilizan para su análisis (Microsoft Access ® y Atlas GIS ®).

Por otro lado, también el PNAAPD permitió el acceso a su base de datos. Se realizó una estancia de junio a octubre de 1996 en sus oficinas en Ensenada, B.C.; se analizaron sus datos de 1992 a 1995. Se extrajo una sub-base de datos con algunas secciones del Informe Diario y el ROMMDL que se refieren a la localización de los lances, las condiciones ambientales, el tamaño y composición

de la manada de delfines, su comportamiento de evasión, así como la cantidad y las especies de delfines que escapan.

Métodos analíticos

Áreas de esfuerzo pesquero

Para determinar áreas en el OPO donde se ha aplicado diferente esfuerzo pesquero, se utilizó un programa de computación basado en Matlab ® versión 4.2c*. Con ayuda de este programa se localizó en un mapa del OPO el número total de lances sobre delfines en cuadrantes de 1° x 1° de 1992 a 1995 (datos del PNAAPD). Se estratificó este esfuerzo según los diferentes stocks de delfines para poder relacionarlo con el índice de evasión calculado (ver Método, Índice de Evasión por Lance).

De acuerdo a Dizon *et al.* (1994), los stocks que se reconocen para los delfines manchado y tornillo son:

- 1) Delfín manchado pantropical (*Stenella attenuata*):
 - Delfín manchado de altamar del noreste
 - Delfín manchado de altamar del oeste-sur
 - Delfín manchado costero
- 2) Delfín tornillo (*Stenella longirostris*):
 - Delfín tornillo oriental (*S. l. orientalis*)
 - Delfín tornillo panza blanca (*S. longirostris*)
 - Delfín tornillo centroamericano (*S. l. centroamericanus*)
 - Delfín tornillo hawaiano o pantropical (*S. l. longirostris*)

* Diseñado por el Oc. Juan Antonio Delgado, Depto. de Oceanografía Física, CICESE (Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada).

El esfuerzo pesquero de la flota mexicana se dividió en manadas puras de los diferentes stocks de delfines (excepto delfín tornillo hawaiano y centroamericano por falta de datos) y en manadas mixtas de manchado de altamar y tornillo oriental. Se partió de la suposición que el comportamiento de los delfines manchados de altamar del noroeste y del oeste-sur es similar. Por lo tanto, los datos de estos stocks se sumaron para localizar en un mapa el esfuerzo sobre delfines manchados de altamar y para analizar su comportamiento de evasión. En este trabajo únicamente se utilizaron los datos sobre el comportamiento de los stocks combinados de manchado de altamar y el stock del delfín tornillo oriental.

Se tomaron en cuenta otros factores que pueden influenciar la medida del esfuerzo pesquero:

- La temporada del año en que se realice el lance: El esfuerzo que se realiza en diferentes áreas del OPO varía durante el año. Por ejemplo, de junio a agosto la pesca se concentra en el oeste de la zona de pesca sobre delfines, hacia el sur de noviembre a febrero y en la costa se pesca casi durante todo el año, aunque aquí se ve afectada por la temporada de tormentas tropicales y huracanes. Por lo tanto, los datos de esfuerzo pesquero del delfín manchado de altamar (el único con tamaño de muestra suficientemente grande) se estratificaron también por estaciones del año.
- El tamaño del grupo de delfines: Las manadas grandes de delfines tienden a agrupar más atún que las manadas pequeñas (Edwards, 1992). Por ello, en áreas donde hay más manadas pequeñas las capturas de atún por lance son más bajas y como consecuencia se requieren más lances para obtener el mismo volumen de atún que en otras áreas. Se ha visto en otros trabajos que el tamaño de las manadas aumenta hacia los márgenes de esta pesquería

(Hall y Boyer, 1986). Por lo tanto, se hizo una estratificación del tamaño de la manada (solamente para *Stenella attenuata* altamar porque otros stocks tenían muy pocos datos) de acuerdo al número de lances que se tenían. Se realizaron varios histogramas de frecuencias hasta que los intervalos tuvieran aproximadamente el mismo número de observaciones (lances). La Fig. 1 muestra los lances sobre delfín manchado de altamar en diferentes intervalos de acuerdo al tamaño de manada.

- Esfuerzo de pesca histórico: El número de años que la flota internacional ha pescado en cada cuadrante de $1^\circ \times 1^\circ$. Para realizar este mapa se utilizó, para los años de 1959 a 1980, la publicación de Punsly (1983) y, para los años de 1983 a 1994, datos proporcionados por la CIAT.

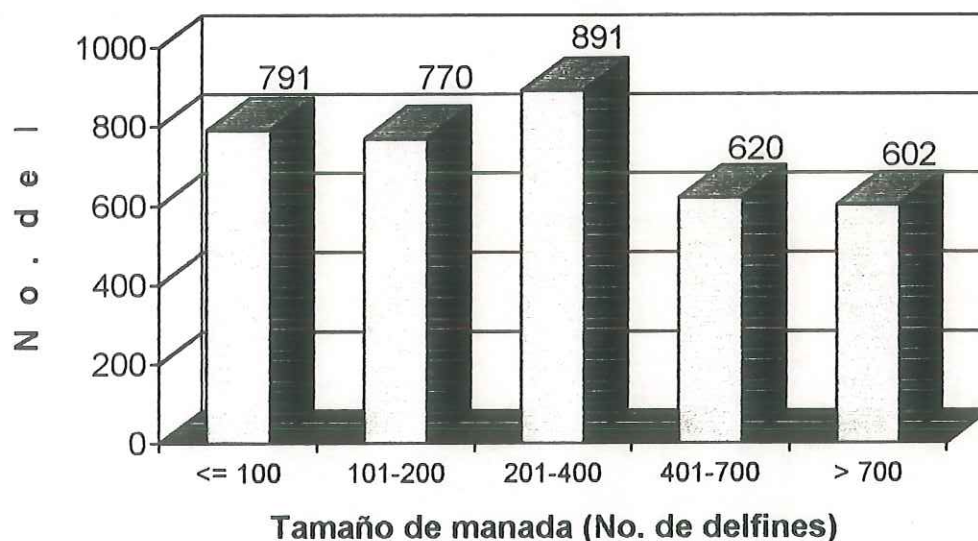


Fig. 1. Lances sobre delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*) por tamaño de manada (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

Con el fin de obtener áreas de diferente esfuerzo en el OPO, y de manera similar al método que Hall y Boyer (1986) aplicaron para separar áreas de mortalidad diferente, se examinaron detalladamente los mapas de esfuerzo (número de lances por cuadrante por stock y en total). Se hicieron mapas complementarios, también por cuadrante, con otras estratificaciones (por temporada, por tamaño de manada), para las manadas puras de manchado de altamar.

Índice de evasión por lance

Con el fin de evaluar los factores que puedan influenciar el comportamiento de evasión de los delfines, se calculó un índice de evasión por lance. Este índice se define como el porcentaje de los delfines evadidos en cada lance con respecto al tamaño de la manada al inicio de la maniobra de pesca:

$$\hat{I}_{ij} = \left(\frac{\hat{E}}{\hat{H}} \right) 100,$$

donde:

$\hat{I}_{ij}$ = Índice de delfines evadidos en el i-ésimo lance del j-ésimo cuadrante

$\hat{E}$ = Cantidad de delfines que evadieron

$\hat{H}$ = Tamaño de la manada antes de empezar la caza

El índice de evasión se estratificó por stock de la misma manera en que se hizo con el esfuerzo. Es importante mencionar que los valores "cero" (lances en los cuales ningún delfín evadió y por lo tanto el índice de evasión calculado es cero) se incluyeron en todos los análisis, contrario a la práctica común de eliminar "ceros" porque representan valores no obtenidos y por lo tanto tienden a sesgar los cálculos. En este estudio, los valores "cero" indican que el comportamiento de evasión no ocurrió o no tuvo éxito.

Las estimaciones de proporciones (por ejemplo, la media del índice de evasión por cuadrante de una grado) están sesgadas cuando las muestras son pequeñas (Cochran, 1977). Una posible solución a este problema es la aplicación de algún método de remuestreo (Hall y Boyer, 1986) para cuadrantes con pocos lances.

Análisis de los datos de evasión del delfín manchado de altamar

Análisis exploratorio gráfico de datos

Se realizó un análisis exploratorio de los datos del delfín manchado de altamar para eliminar áreas de esfuerzo con datos insuficientes para el cálculo de la media del índice de evasión por área. Se utilizaron métodos gráficos como los diagramas de dispersión, diagramas de tallo y hoja y de pastel (o sectores) (Du Toit *et al.*, 1986).

Factores de influencia en el comportamiento de evasión

El comportamiento de evasión puede estar influenciado por muchos factores. Estas variables son registradas por los observadores y también se analizaron con respecto al índice de evasión:

1. La localización del lance (latitud y longitud), ya que esto determina si ocurrió en un área de mayor o menor esfuerzo.
2. El tamaño de la manada.
3. La duración de la caza y el encierro: Entre más largos, es probable que los delfines tengan más tiempo para evadir.

4. La potencia del barco, el número de lanchas rápidas y la presencia o ausencia de ayuda aérea (helicóptero en general, avionetas cuando se pesca cerca de la costa) también pueden influir de manera importante en la eficiencia de la maniobra de pesca y, por lo tanto, disminuir el número de delfines que puedan evadir.
5. El estado del mar (escala Beaufort) puede dificultar las maniobras del barco y las lanchas, así como la visibilidad de toda la tripulación, favoreciendo así indirectamente la evasión de los delfines.
6. Las estrategias de evasión * que utilicen los delfines, tales como dispersarse *, escapar por debajo o sobre de la red.
7. La presencia de una corriente fuerte puede dificultar la caída vertical de la red durante el encierro y afectar de alguna manera la evasión de los delfines por debajo de la red.
8. La utilización de explosivos tiene por objeto mantener a los delfines agrupados, evitando que evadan durante la caza y el encierro.
9. La hora del día podría influenciar la capacidad de desplazamiento de los delfines. Se alimentan principalmente después del atardecer o poco antes del amanecer, buceando a profundidades mayores (> 40 m) que en el resto del día, aparentemente para capturar organismos de la capa profunda de difracción durante su migración hacia la superficie (Scott, 1994). El gasto energético durante esta actividad podría afectar su capacidad de evadir en las primeras horas de la mañana, cuando se inicia la pesca por parte de los atuneros. La hora del día posiblemente también está correlacionada con las condiciones de luz en el agua, el comportamiento de los atunes y la disponibilidad de presas.
10. La temporada del año puede influenciar la evasión por el desplazamiento de la flota en el OPO. Las condiciones oceanográficas y atmosféricas varían durante

* Ver definición en el Apéndice A.

el año y pueden influenciar la distribución de los delfines. Además, en temporada de reproducción de los delfines puede haber hembras preñadas que no logran evadir o que hagan más lento el desplazamiento de la manada durante la caza.

11. La temperatura superficial del agua puede ser indicadora de zonas de surgencias, las cuales son ricas en nutrientes y, por lo tanto, de alimento para los delfines. Si se llegara a lanzar la red sobre una manada que estaba alimentándose en una de estas zonas, es posible que su desplazamiento sea más lento y, por lo tanto, pueda evadir menos.
12. La experiencia del técnico pesquero puede ser importante en la eficiencia de la maniobra de pesca. Entre mayor sea ésta, mejor será la probabilidad de disminuir la evasión de los delfines y capturar el atún asociado.

El índice de evasión por lance calculado y los factores mencionados (excepto las estrategias de evasión, que se analizaron por separado, y la experiencia del técnico) se ordenaron en una matriz de trabajo en el programa de computación Statistica ® versión 4.2A. Por medio del Análisis de Varianza (ANOVA) Multifactorial se verificó cuáles factores explicaban mejor las variaciones en el índice de evasión. Asimismo, los factores se combinaron para buscar interacciones.

Se estudiaron los supuestos de los modelos lineales. Con respecto a la normalidad se utilizaron gráficas de probabilidad normal, y en relación a la homogeneidad de varianzas (homoscedasticidad) se utilizó la prueba de Levene, y se discutió la independencia en cada variable. En forma paralela se aplicó la prueba no paramétrica de la mediana, ya que la mayoría de las varianzas dentro de los factores no eran iguales (ver Resultados, pág. 38).

Con el objeto de verificar la influencia de las diferentes áreas de esfuerzo en el índice de evasión, se hicieron pruebas de contrastes múltiples de este

factor, aplicando la prueba de diferencias mínimas significativas honestas de Tukey para tamaños de muestra diferentes.

Diferencias entre los stocks

Con el fin de establecer diferencias entre el delfín tornillo oriental y el manchado de altamar, se compararon las medias de los índices de evasión en dos áreas de esfuerzo (A y B, ya que solamente en ellas fue donde se encontraron suficientes datos para cada stock). Para verificar si las diferencias eran significativas, se aplicó la prueba paramétrica 't' para dos muestras independientes y la no paramétrica de Mann-Whitney (debido a que las varianzas no eran iguales entre las muestras).

Asimismo, se analizaron las diferencias entre los stocks con respecto a las estrategias de evasión que los delfines podrían utilizar (dispersión, evasión debajo y sobre la red, datos que también son anotados por los observadores en el apartado 3 del ROMMDL).

Evasión en manadas mixtas

Se seleccionaron los lances sobre manadas mixtas con manchado de altamar y tornillo oriental. Se dividieron de acuerdo al porcentaje de manchado de altamar que se presentó. Se utilizaron diez intervalos de clase: 1-10 %, 11-20 % y así sucesivamente hasta 90-99 % de manchado. Para verificar si las diferencias en el índice de evasión entre los intervalos eran significativas, se aplicó el ANOVA de un factor.

III. RESULTADOS

Áreas de esfuerzo pesquero

Se obtuvieron mapas sobre el esfuerzo en lances por cuadrante de un grado realizados desde 1992 hasta 1995 por la flota mexicana en el OPO sobre cada uno de los stocks de delfín manchado (*S. attenuata*) y delfín tornillo (*S. longirostris*), en manadas puras y mixtas (Figs 2 a 7). En el mapa que se refiere a los lances sobre manadas puras de delfín manchado de altamar (Fig. 2), resalta por su mayor esfuerzo el área que se encuentra alrededor de la boca del Golfo de California, y esta característica es aproximadamente constante para los stocks manchado costero y tornillo oriental (Figs 3 y 4). También se observa una segunda área, de menor esfuerzo, que se encuentra aproximadamente al oeste de las costas del sur de México, mientras que el resto de los cuadrantes muestra un bajo esfuerzo hacia el oeste y al sur de los 10°N, dispersándose cada vez más los cuadrantes en los que se realizó algún lance. Este patrón se observa también aproximadamente en los mapas de lances sobre manadas mixtas (Fig. 6) y sobre manadas puras y mixtas (Fig. 7). Es interesante notar que en la Fig. 6 (lances sobre manadas mixtas) el área de mayor esfuerzo se encuentra al suroeste de la costa de Centroamérica y no en la boca del Golfo de California. Los patrones de esfuerzo para otros stocks no se pudieron establecer completamente, por presentar muestras reducidas.

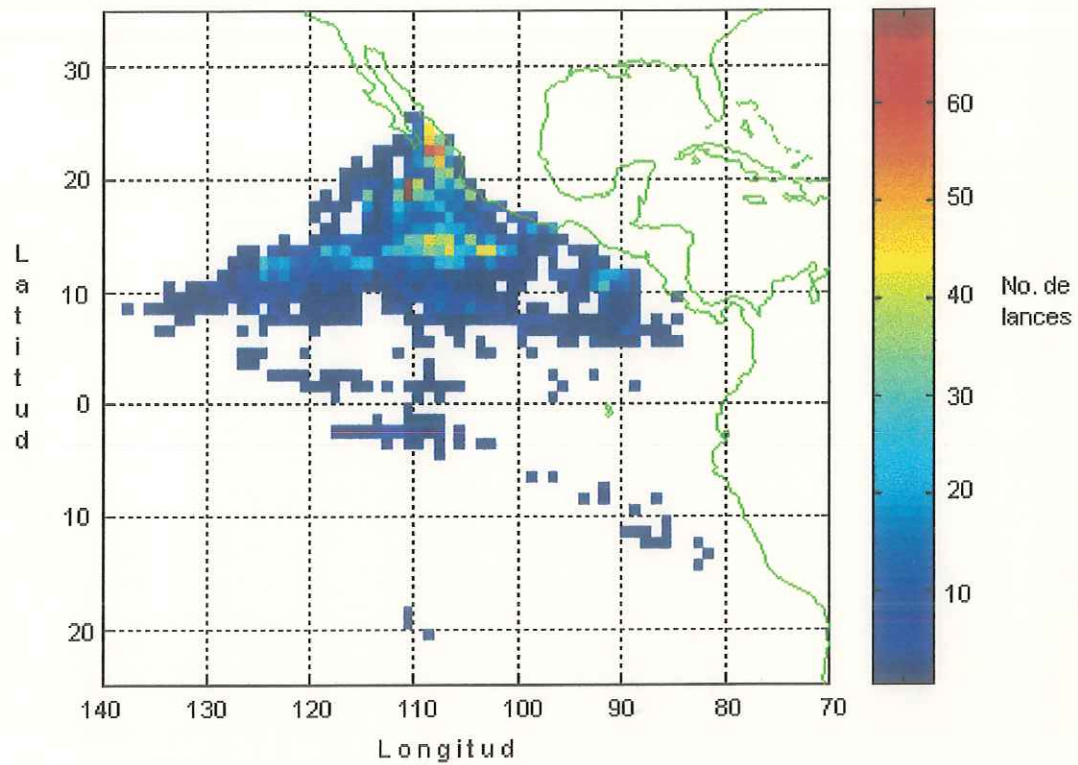


Fig. 2. Lances sobre manadas puras del delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*) de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).

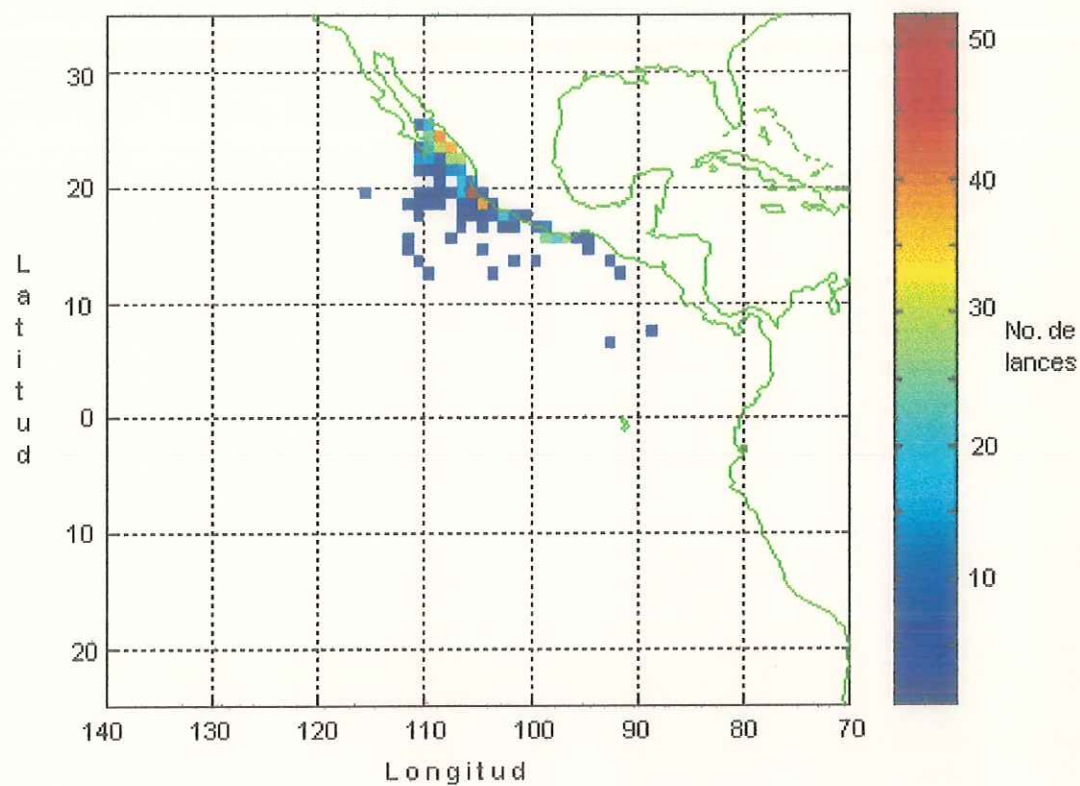


Fig. 3. Lances sobre manadas puras de delfin manchado costero (*Stenella attenuata*) de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).

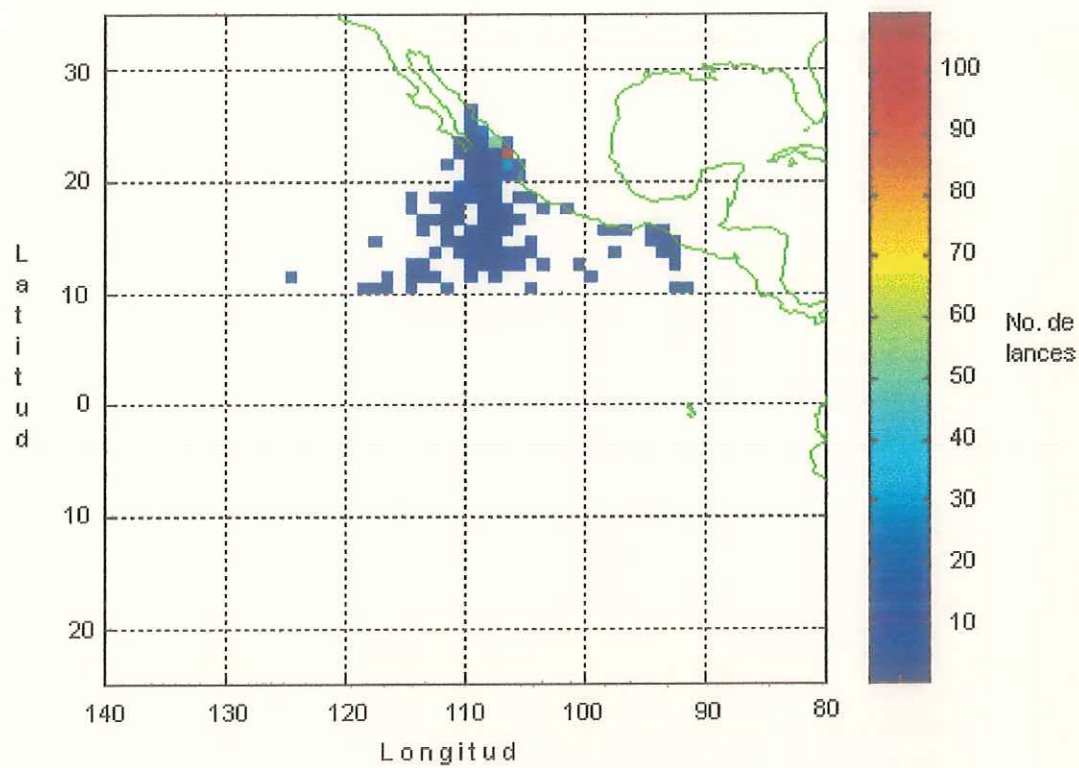


Fig. 4. Lances sobre manadas puras del delfín tornillo oriental (*Stenella longirostris orientalis*) de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).

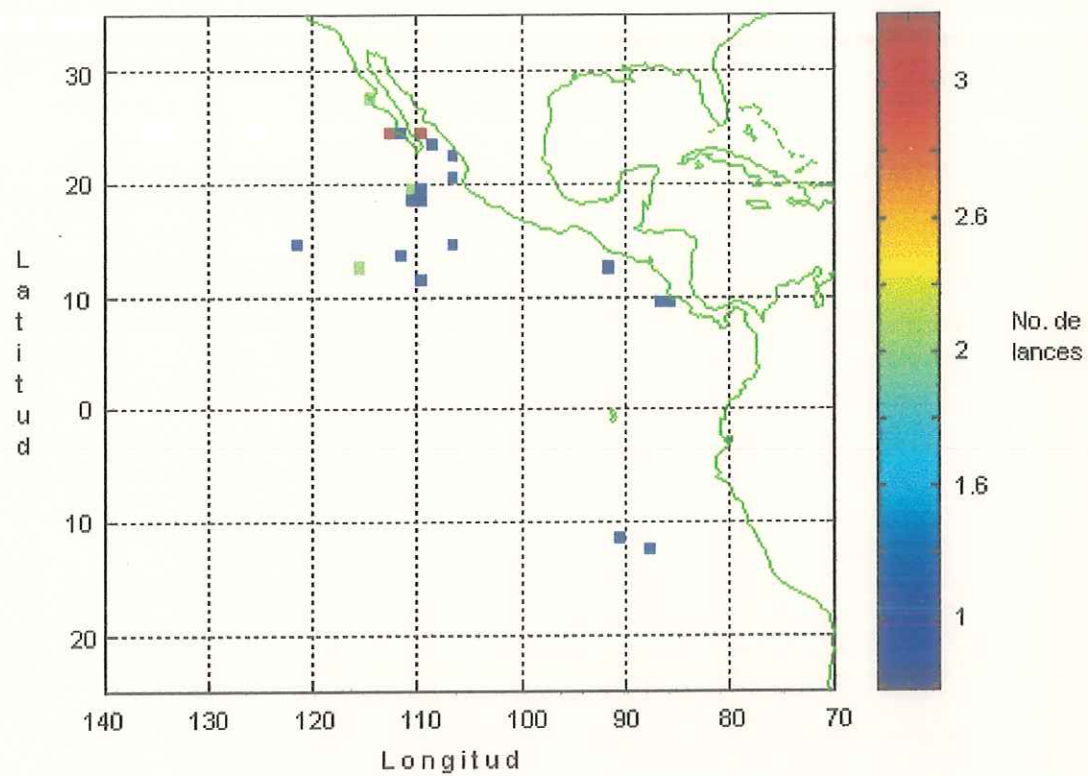


Fig. 5. Lances sobre manadas puras del delfín tornillo panza blanca (*Stenella longirostris*) de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).

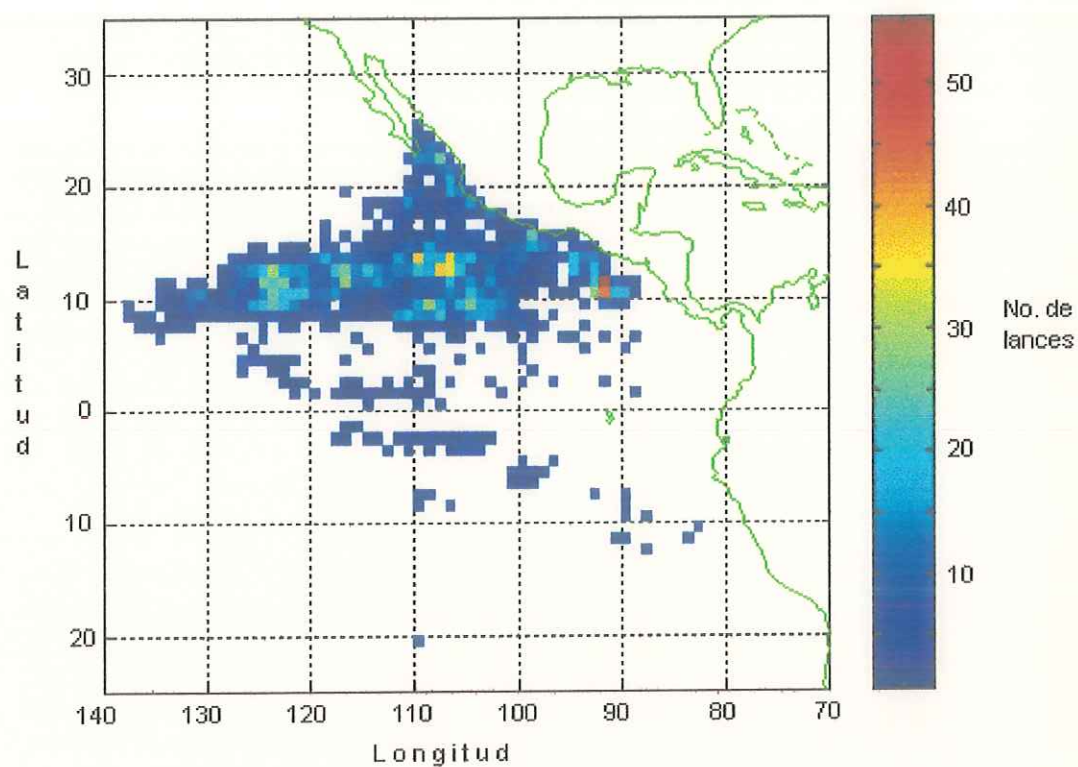


Fig. 6. Lances sobre manadas mixtas de *Stenella attenuata* y *Stenella longirostris* de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).

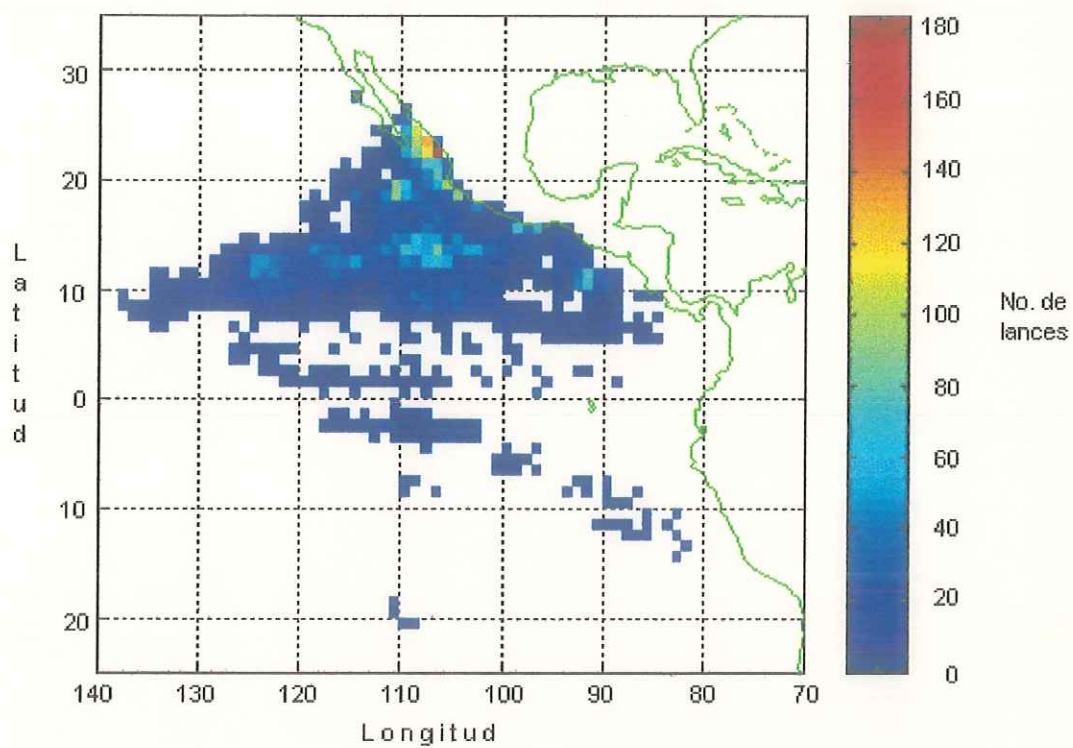


Fig. 7. Lances sobre manadas puras y mixtas de *Stenella attenuata* y *S. longirostris* de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).

El tamaño de muestra resultó muy pequeño para los stocks manchado costero, tornillo oriental y tornillo panza blanca (Tabla I) para llevar a cabo un análisis estadístico detallado, es decir, para analizar el índice de evasión con respecto a los todos los factores que posiblemente influyen en él. Sin embargo, fue posible comparar la media del índice de evasión por área de esfuerzo pesquero del delfín tornillo oriental y el manchado de altamar (ver pág. 45).

Tabla I. Número total de lances sobre manadas puras y mixtas de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD). Los datos del delfín manchado de altamar incluyen a los stocks nororiental y oeste-sur.

Stock	Esfuerzo (total lances 1992-1995)
<i>Stenella attenuata</i> "altamar"	3674
<i>Stenella attenuata</i> "costero"	639
<i>Stenella longirostris</i> "oriental"	551
<i>Stenella longirostris</i> "panza blanca"	28
Manadas mixtas de <i>S. attenuata</i> y <i>S. longirostris</i>	3449
Total	8341

Para analizar la variación temporal del esfuerzo de pesca de la flota mexicana (el cual parece ser mucho más bajo de mayo a septiembre), se agruparon los lances sobre *S. attenuata* altamar por mes del año (datos acumulados de 1992 a 1995; Fig. 8). La flota mexicana pesca a lo largo de todo el año en la boca del Golfo de California, sobre todo en noviembre y diciembre (Fig. 9). En cambio, frente a las costas del sur de México la flota se desplaza hacia el oeste de mayo a septiembre, y hacia el sur del Ecuador de noviembre a febrero.

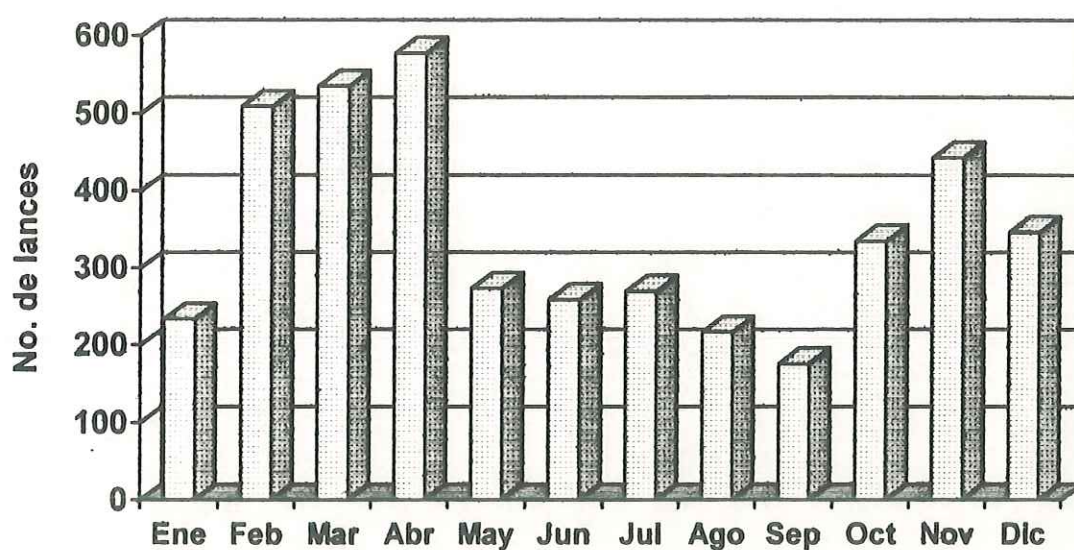


Fig. 8. Lances sobre delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*) por mes de 1992 a 1995 (flota mexicana, datos del PNAAPD).

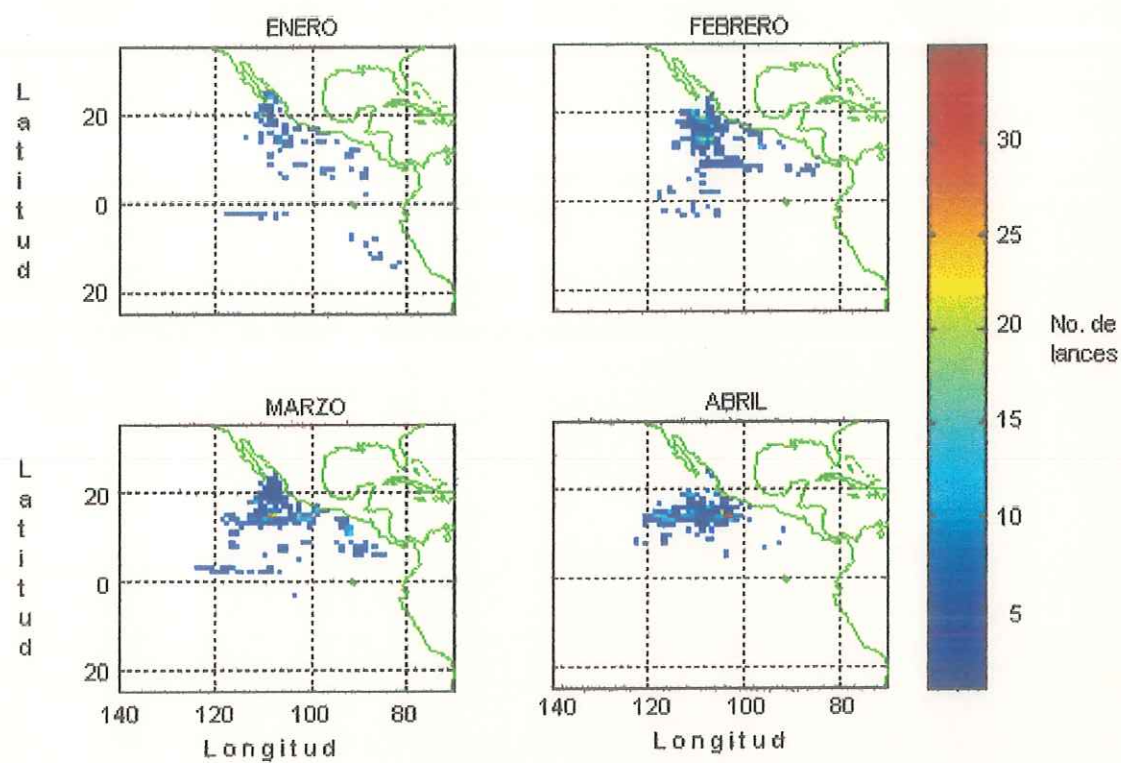


Fig. 9(a). Lances sobre delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*) de enero a abril (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

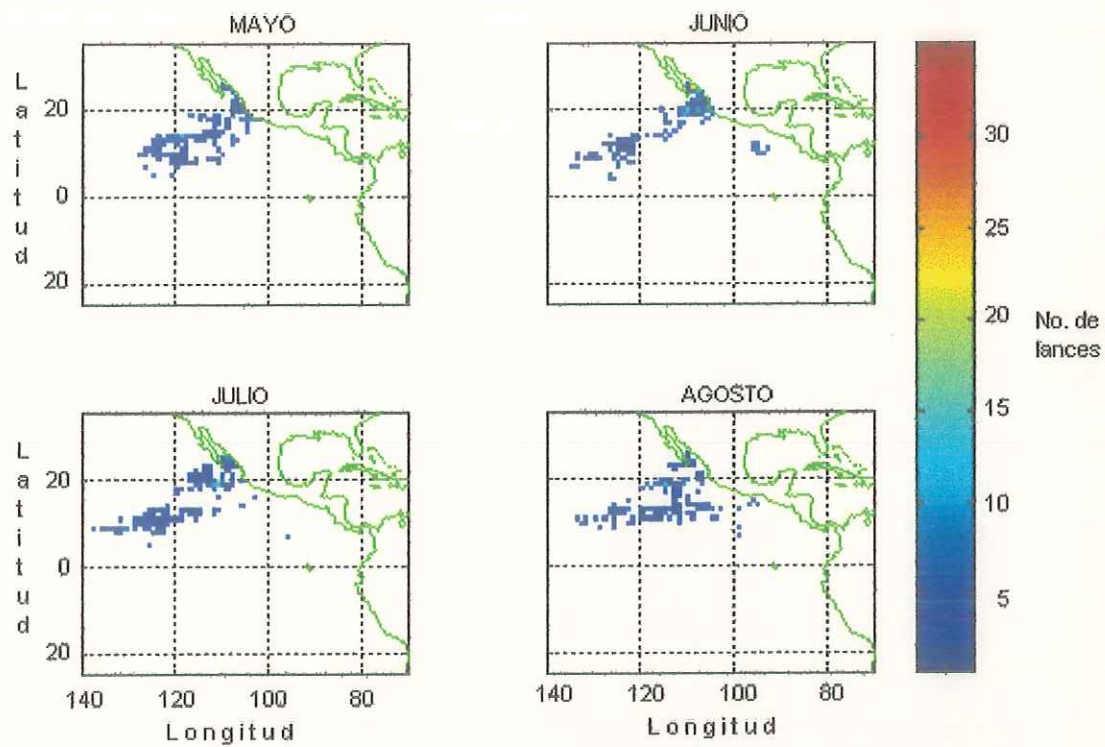


Fig. 9(b). Lances sobre delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*) de mayo a agosto (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

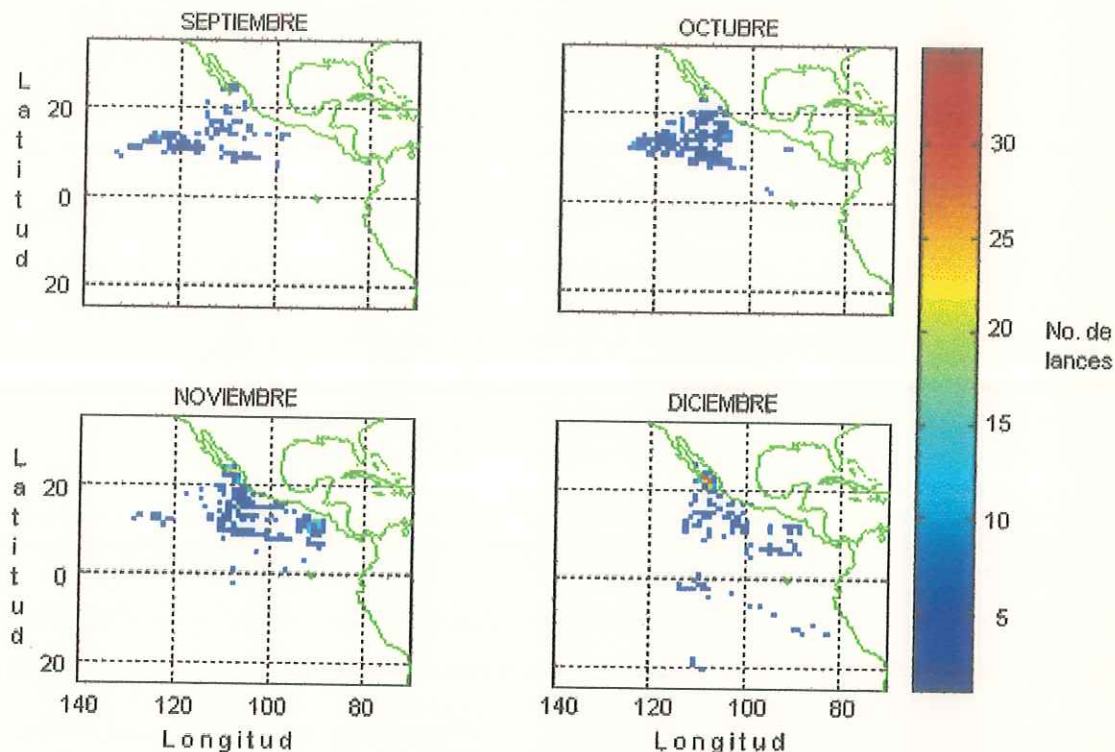


Fig. 9(c). Lances sobre delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*) de septiembre a diciembre (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

El esfuerzo de pesca puede variar de acuerdo al tamaño de manada. Por ello, también se localizó el esfuerzo dividido por tamaño de manada para el delfín manchado de altamar (Fig. 10). El mayor esfuerzo (en lances por cuadrante) se realiza sobre manadas menores a 200 delfines (máximo 28 lances en un cuadrante), concentrándose en la boca del Golfo de California y al oeste de las costas de México, entre los 12 y los 20° latitud norte. El número de lances sobre manadas mayores a 200 delfines es mucho menor (máximo 16 lances en un cuadrante), aunque se concentran en las mismas áreas (Fig. 10). Sin embargo, se observa que el esfuerzo sobre estas manadas se extiende hacia el sur del Ecuador.

Por último, se localizó el número de años que se ha pescado por cuadrante, de 1959 a 1994 (Fig. 11), aunque esto se refiere a todas las especies de delfines (*Stenella attenuata*, *S. longirostris*, *S. coeruleoalba* y *Delphinus delphis*) y con la participación de la flota atunera internacional debido a las fuentes de información (Punsly, 1983; base de datos 1983-1994 de la CIAT). Se parte de la suposición que, una vez que se inició la pesca sobre delfines en un cuadrante dado, se ha continuado hasta 1994. Este mapa permite ver cómo se ha desplazado la pesca a lo largo de varias decenas de años.

Los límites de las diferentes áreas de esfuerzo se basaron en mapas sobre el delfín manchado de altamar. En la Fig. 2 (lances sobre delfín manchado de altamar por la flota mexicana de 1992-1995) se determinó visualmente la homogeneidad dentro de las áreas y las diferencias entre ellas. Se observaron otros mapas en detalle para apoyar esta división (Fig. 9: lances por mes del año; Fig. 10: lances por tamaño de manada). El OPO se dividió en seis áreas de esfuerzo para este stock (Fig. 12), donde "A" representa la de mayor y "F" la de menor esfuerzo por la flota mexicana (Fig. 12, Tabla II). Sin embargo, el esfuerzo pesquero en el área C ha sido mayor que en el área B si se toma en cuenta el número de años que la flota internacional ha lanzado sobre delfines (*Stenella attenuata*, *S. longirostris*, *S. coeruleoalba* y *Delphinus delphis*) (Fig. 11). Esto ha ocurrido en el área C desde hace 35 años (promedio por área) mientras que en el área B desde hace 30 años (Tabla II).

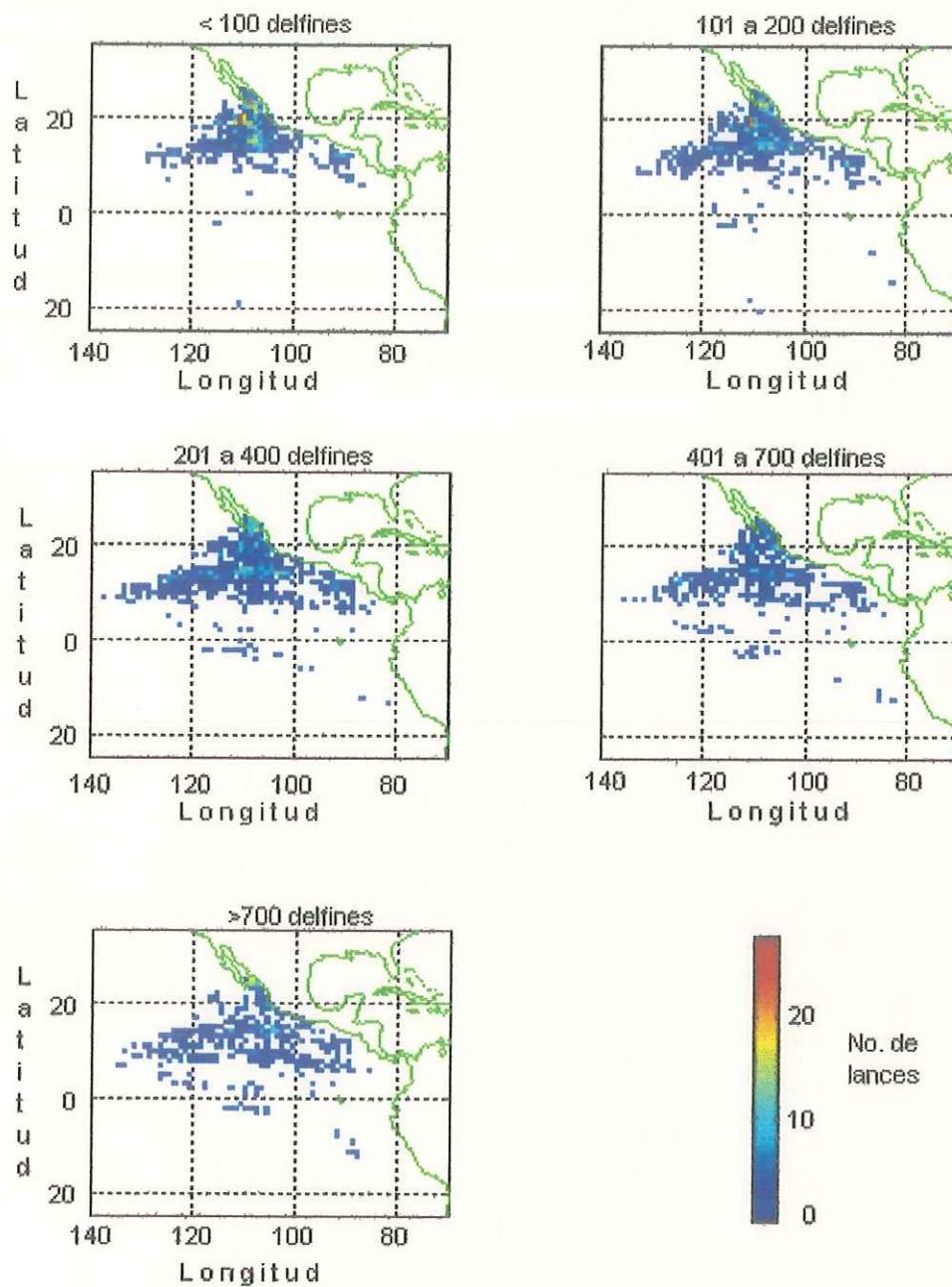


Fig. 10. Lances sobre el delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*), divididos por tamaño de manada (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

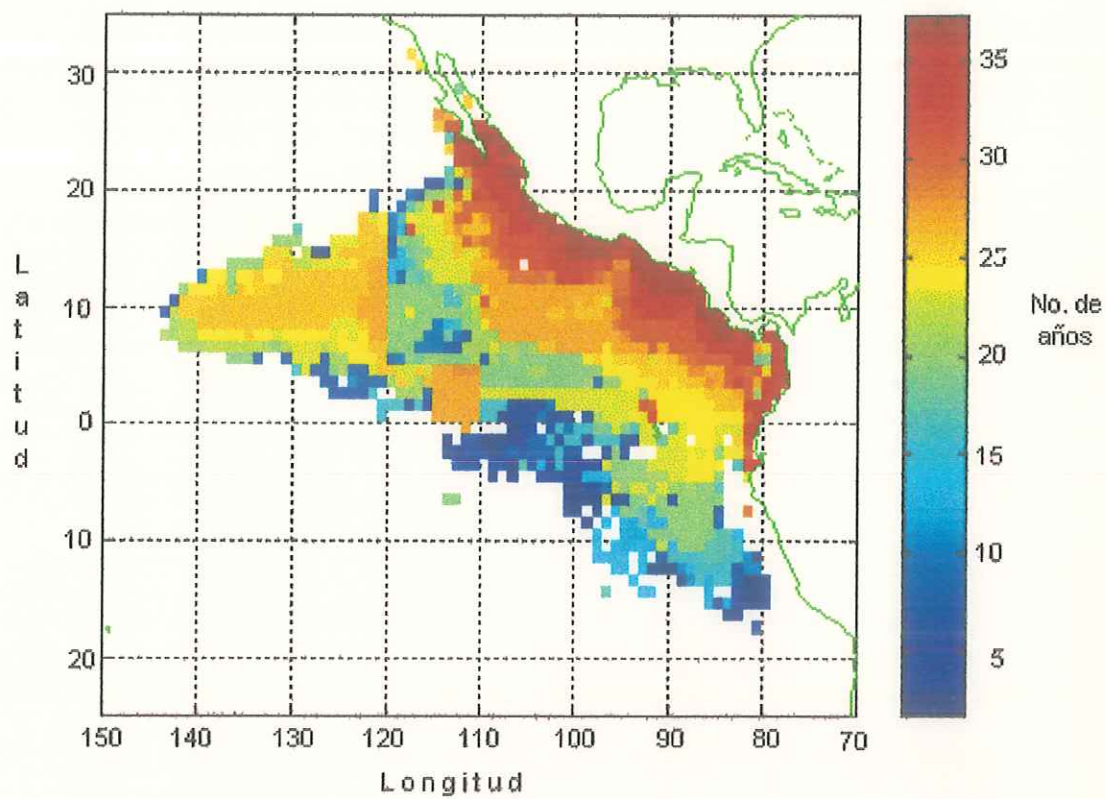


Fig. 11. Número de años por cuadrante que la flota internacional ha lanzado sobre delfines (*Stenella attenuata*, *S. longirostris*, *S. coeruleoalba* y *Delphinus delphis*). Datos de Punsly (1983) y la base de datos de la CIAT (1983-1994).

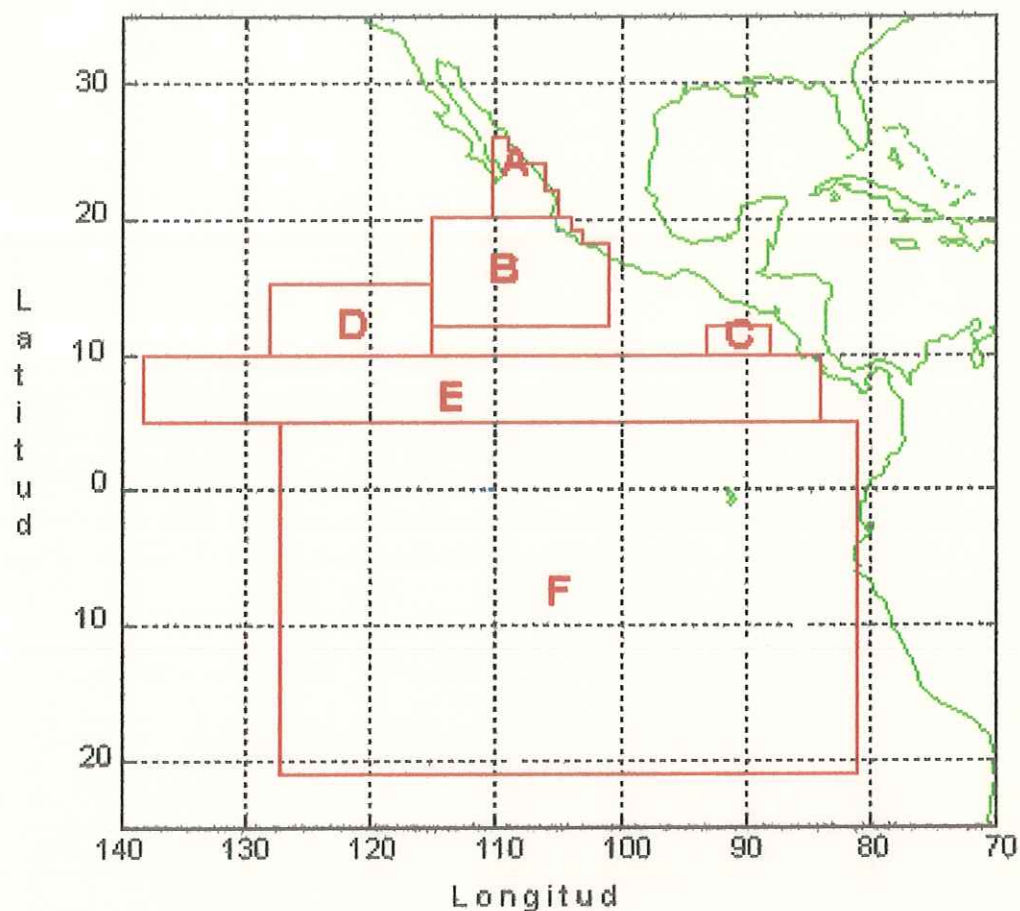


Fig. 12. Áreas de estudio de esfuerzo pesquero con lances sobre el delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*) de la flota mexicana de 1992 a 1995 (datos del PNAAPD). El área A es la de mayor esfuerzo (promedio de lances por cuadrante: 24.90) y el área F es la de menor esfuerzo (0.12 lances/cuadrante). Sin embargo, la flota internacional ha lanzado durante más años en el área C (35 años por cuadrante en promedio) que en el área B (30 años por cuadrante en promedio). Ver también Fig. 11 y Tabla II.

Tabla II. Áreas de esfuerzo pesquero para el delfín manchado de altamar basadas en promedio de lances por cuadrante por la flota mexicana , (datos del PNAAPD de 1992 a 1995) y promedio de años que la flota internacional ha lanzado sobre delfines (*Stenella spp.* y *Delphinus delphis*) (Punsly, 1983, y datos de la CIAT de 1983 a 1994).

Area	Latitud norte (excepto F)	Longitud oeste	Total cuadrantes por área	Total lances por área	Promedio lances por cuadrante	Promedio años por cuadrante
A	20 a 26	105 a 110	21	523	24.90	37
B	12 a 20	101 a 115	106	1903	17.95	30
C	10 a 12	88 a 93	10	147	14.70	35
D	10 a 15	115 a 128	65	532	8.18	24
E	5 a 10	84 a 138	270	508	1.88	22
F	5 N a 21 S	81 a 128	1222	148	0.12	9

Análisis de los datos de evasión del delfín manchado de altamar

Análisis exploratorio gráfico de datos

Como se explica en el método, fue necesario llevar a cabo un análisis exploratorio de datos para eliminar aquéllos que pudieran ser inapropiados para el cálculo de la media del índice de evasión por área de esfuerzo pesquero (ver Apéndice C). Los resultados indican que los datos de índice de evasión por lance de las áreas de esfuerzo E y F debieron eliminarse del análisis debido a su heterogeneidad y pequeño tamaño de muestra.

Factores de influencia en el comportamiento de evasión

La Tabla III presenta los factores que pueden influenciar el índice de evasión. Se especifica el tipo de variable del que se trata (numérica o categórica) y su escala (nominal, ordinal, intervalo, absoluta, razón), así como los criterios que se usaron para su categorización. La mayoría de las variables en la Tabla III se

categorizaron, excepto “duración del lance” y “temperatura superficial del agua”. La categorización de “área de esfuerzo” y “tamaño de manada” se explicó en párrafos anteriores. Las variables temporales (“año” y “mes”) se dividieron de acuerdo a los datos de los que se dispuso (esto es, de 1992 a 1995 y de enero a diciembre, respectivamente); las temporadas se dividieron de acuerdo a la variación del esfuerzo durante el año (conjuntando los datos por mes de los cuatro años bajo estudio, ver Fig. 8). La hora del día, en cambio, se categorizó procurando que en cada intervalo hubiera un número aproximadamente igual de lances ($n = 796$, 746 y 566, respectivamente). Las categorías de las variables restantes se establecieron de acuerdo a los datos anotados en las bitácoras.

Tabla III. Factores que pueden influir en el índice de evasión y categorías utilizadas para analizarlos.

FACTOR	TIPO	ESCALA	CATEGORIZACIÓN
<i>Área de esfuerzo</i>	Numérica	Ordinal	Ver Tabla II.
<i>Tamaño de manada</i>	Numérica	Ordinal	< 100 delfines, 101-200, 201-400, 401-700, > 700 (ver “Método”)
<i>Año</i>	Numérica	Ordinal	1992 a 1995
<i>Temporada</i>	Categórica	Ordinal	Feb-Abr, May-Sep, Oct-Ene (de acuerdo al No. de lances, Fig. 8)
<i>Mes</i>	Categórica	Ordinal	Enero a Diciembre
<i>Hora del día</i>	Numérica	Ordinal	6:00-10:00, 10:01-14:00, 14:00-20:00, de acuerdo al No. de lances
<i>Duración del lance</i>	Numérica	Intervalo	Horas y minutos (en decimales)
<i>Ayuda aérea</i>	Categórica	Nominal	Sí/No
<i>Escala Beaufort</i>	Categórica	Ordinal	0, 1, 2, 3, 4, 5
<i>Capacidad de bodega del barco</i>	Numérica	Ordinal	< 700 y > 700 st (toneladas cortas)
<i>Corriente fuerte</i>	Categórica	Nominal	Sí/No
<i>Explosivos</i>	Categórica	Nominal	Sí/No
<i>Lanchas rápidas</i>	Categórica	Ordinal	4, 5, 6
<i>Temperatura superficial del agua</i>	Numérica	Intervalo	°C

Se aplicó ANOVA multifactorial y se encontró que todos los factores presentaron diferencias significativas en el índice de evasión (Tabla IV). Se ordenaron de acuerdo al estadístico F para observar la importancia relativa de cada factor. También se realizó la prueba no paramétrica de la mediana, ya que las varianzas dentro de la mayoría de los factores no eran iguales (supuesto de homoscedasticidad). Los factores (excepto corriente fuerte) también fueron significativos de acuerdo a esta prueba.

Tabla IV. Factores que presentaron diferencia significativa tanto en el ANOVA multifactorial como en la prueba no paramétrica de la mediana. Se dan los niveles de significancia y los estadísticos F y χ^2 para cada prueba y el resultado de homoscedasticidad; g.l. = grados de libertad del factor (g.l. del error = 2240) (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

Factor	ANOVA Multifactorial				Prueba mediana	
	g.l.	F	p < ...	varianzas iguales	χ^2	p < ...
Área de esfuerzo	3	108.33	.001	no	391.78	.001
Capacidad barco	1	54.85	.001	no	53.46	.001
Mes	11	25.78	.001	no	224.23	.001
Ayuda aérea	1	23.21	.001	no	45.79	.001
Temporada	2	20.17	.001	no	106.67	.001
Explosivos	1	16.05	.001	sí	9.15	.003
Año	3	9.70	.001	no	43.65	.001
No. lanchas	2	8.25	.001	no	9.77	.008
Escala Beaufort	5	6.85	.001	sí	29.84	.001
Hora del día	2	5.64	.004	sí	10.41	.006
Tamaño manada	4	3.49	.008	no	19.64	.001
Corriente fuerte	1	4.22	.040	sí	3.18	.070

Varios factores mostraron interacciones dobles significativas ($p < .05$, Tabla V). Para el mes no se pudieron verificar interacciones dobles debido a

diseños incompletos*. Se encontró una interacción triple entre área de esfuerzo, capacidad del barco y asistencia aérea (g.l. factor = 3, g.l. error=2240, $F = 45.62$, $p < .001$). No fue posible evaluar otras interacciones triples (o mayores) debido a diseños incompletos.

Tabla V. Interacciones dobles de los factores de influencia en el índice de evasión. g.l. = grados de libertad de los factores (g.l. error = 2240) (flota mexicana, datos del PNAAPD 1992-1995).

Factores	g.l.	F	p < ...
Área de esfuerzo - tamaño de manada	12	3.76	.001
Área de esfuerzo - capacidad del barco	3	20.69	.001
Área de esfuerzo - ayuda aérea	3	20.19	.001
Área de esfuerzo - no. de lanchas	6	10.41	.001
Área de esfuerzo - temporada	6	10.48	.001
Capacidad del barco - ayuda aérea	1	5.53	.019
Capacidad del barco - explosivos	1	59.22	.001
Ayuda aérea - explosivos	1	30.69	.001
Temporada - ayuda aérea	2	5.19	.006
Temporada - explosivos	2	4.62	.010
Temporada - no. de lanchas	4	3.59	.006
Año - temporada	6	2.19	.041
Año - capacidad del barco	3	6.14	.001
Año - ayuda aérea	3	8.74	.001
Año - no. de lanchas	6	2.87	.009

El área de esfuerzo fue el factor que mostró más interacciones dobles (tamaño de manada, capacidad del barco, asistencia aérea, número de lanchas y temporada del año). La interacción área-tamaño de manada probablemente se debe a que el esfuerzo pesquero (de la flota mexicana) se concentra en las áreas A y B, donde se presentan con mayor frecuencia las manadas con menos de 200 delfines (ver también pág. 32 y Fig. 10). La capacidad del barco se considera aquí como una medida indirecta de su tamaño y potencia. Los barcos

* Diseño de ANOVA en el cual algunas celdas no presentaron datos.

grandes generalmente llevan un helicóptero (interacción barco-ayuda aérea, Tabla V) y mayor número de lanchas rápidas (Fig. 13) para perseguir y encerrar a los delfines con mayor eficiencia. Además, los barcos grandes parecen utilizar explosivos o luces de bengala con mayor frecuencia que los barcos pequeños, aunque en ambos casos representa una pequeña proporción de todos los lances (Fig. 14).

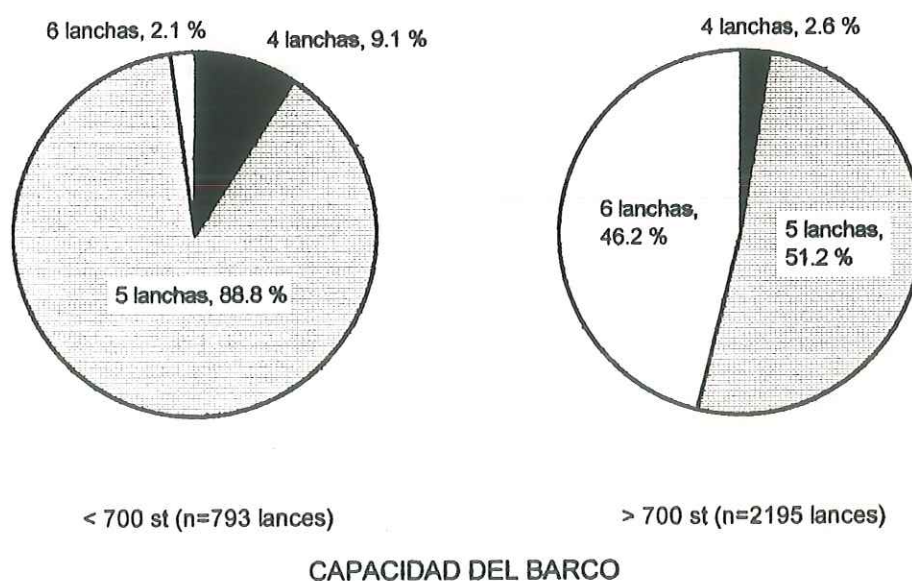


Fig. 13. Número de lanchas de acuerdo a la capacidad del barco (flota mexicana, datos del PNAAPD 1992-1995)

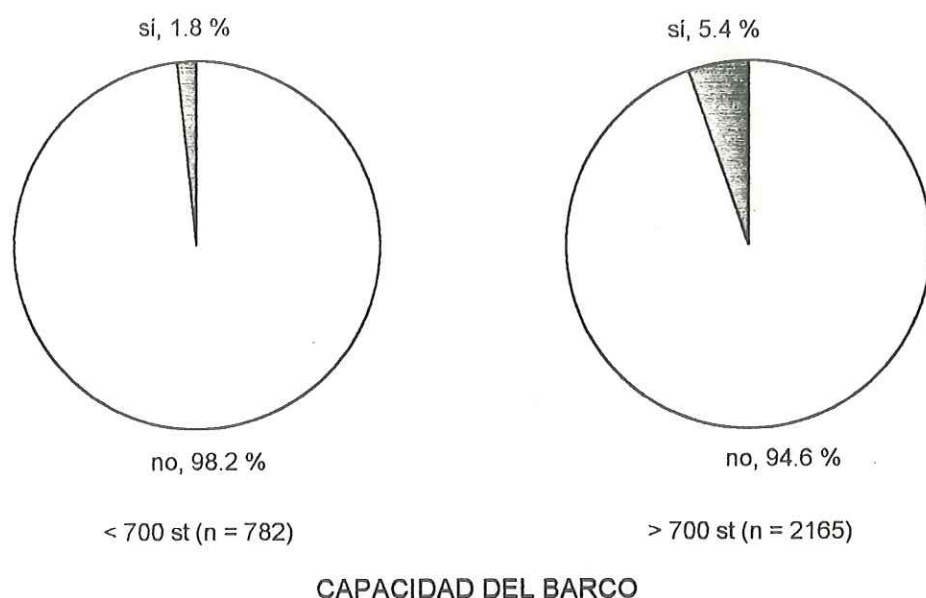


Fig. 14. Uso de explosivos o luces de bengala según la capacidad del barco (flota mexicana, datos del PNAAPD 1992-1995)

La interacción significativa entre área y temporada (Tabla V) probablemente se puede explicar con los movimientos de la flota en el OPO (Fig. 9). La flota pesca durante casi todo el año en el área A, se desplaza hacia el área B de mayo a septiembre y hacia el sur de noviembre a febrero. Como se mencionó anteriormente, la distribución de la flota depende del tamaño y la potencia del barco y esto podría explicar la variación estacional del esfuerzo. La temporada del año también estuvo correlacionada con la ayuda aérea, los explosivos y el número de lanchas, y estos factores a su vez interaccionan con la capacidad (esto es, el tamaño del barco).

El factor año mostró casi las mismas interacciones dobles que el área de esfuerzo (Tabla V). Por lo tanto, se esperaría que el año y el área de esfuerzo tuvieran una doble interacción significativa. Aunque esto no se pudo probar debido a un diseño incompleto, un mapa con lances sobre manchado de altamar (datos

del PNAAPD 1992-1995) estratificados por año muestra que la distribución del esfuerzo (de la flota mexicana) ha variado en los últimos años (Fig. 15).

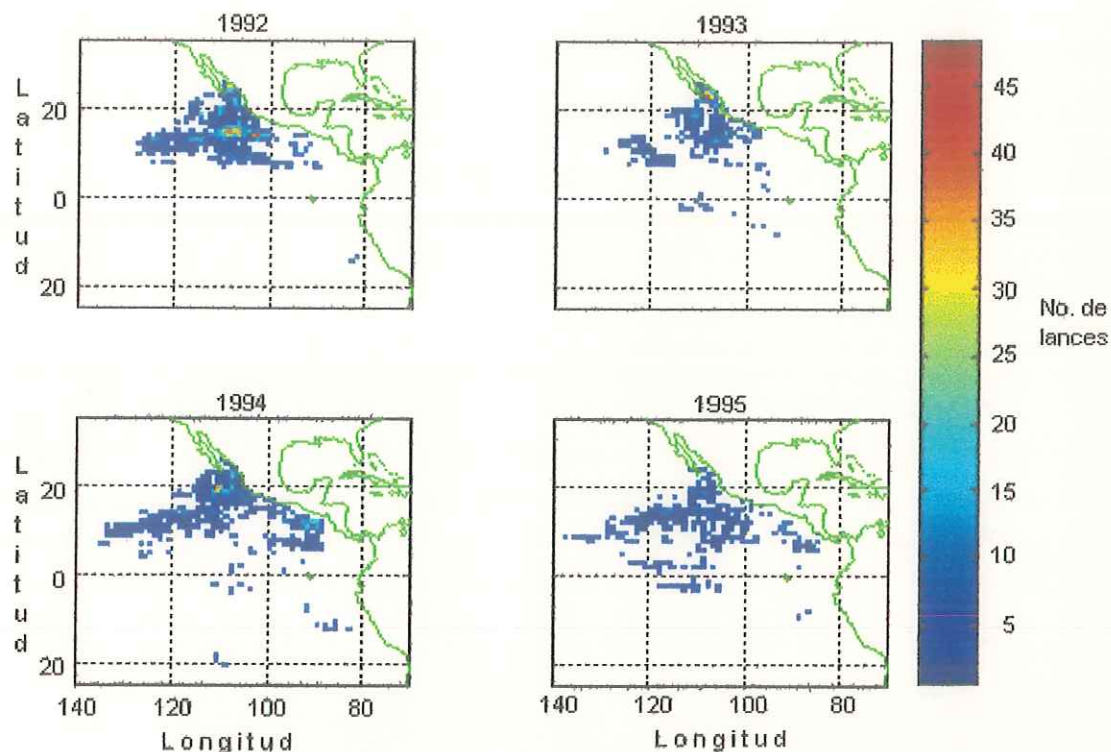


Fig. 15. Lances sobre delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*) por año (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

Índice de evasión por área de esfuerzo pesquero

Para evaluar la variación del índice de evasión según el área de esfuerzo pesquero para el delfín manchado de altamar, se llevaron a cabo comparaciones posteriores dentro de este factor (prueba de diferencias significativas de Tukey). La media del índice de evasión del área A es significativamente mayor que la del área B, probablemente porque su esfuerzo de pesca es más alto que en B (Tabla VI). El área C tiene una mayor media del

índice de evasión que B, aunque esta diferencia no es significativa. Las áreas A y D son significativamente diferentes a todas las demás, aunque A tiene la media más alta y D la más baja (Tabla VI, Fig. 16).

Tabla VI. Prueba de contrastes posteriores del índice de evasión por área de esfuerzo pesquero para el delfín manchado de altamar. En las celdas aparece el nivel de significancia para cada contraste (*significativo con $p < .05$). (Flota mexicana, datos del PNAAPD 1992-1995).

Área de esfuerzo	A	B	C	D
A	-	.000*	.000*	.000*
B	.000*	-	.056	.000*
C	.000*	.056	-	.000*
D	.000*	.000*	.000*	-
Media del índice de evasión	62.64	37.14	47.21	13.60

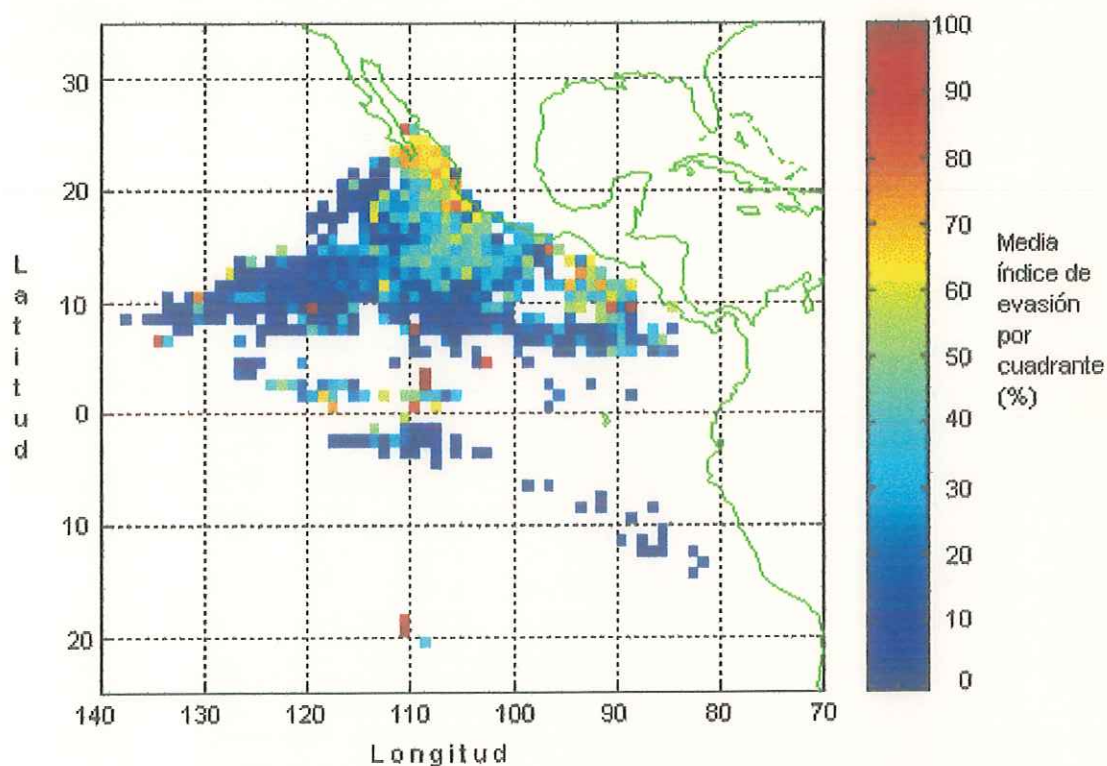


Fig. 16. Media del índice de evasión (% de delfines evadidos por lance en relación al tamaño inicial de la manada) por cuadrante de un grado del delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*) (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

Diferencias entre los stocks

Con el objeto de analizar si existía una diferencia significativa en la media del índice de evasión entre los stocks *Stenella attenuata* altamar y *Stenella longirostris* oriental y por área de esfuerzo, se aplicó una prueba 't' para varianzas desiguales (Tabla VII, Fig. 17). Paralelamente se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

Tabla VII. Media del índice de evasión por stock (MA=manchado de altamar, TO=tornillo oriental) y área de esfuerzo (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

AREA	Indice de evasión (%)		n		't'	p<...	'U'	p<...
	MA	TO	MA	TO				
A	62.64	77.09	501	272	6.43	.001*	50679	.001*
B	37.14	52.85	1859	161	6.17	.001*	108524	.001*
			2360	433				

* diferencia significativa

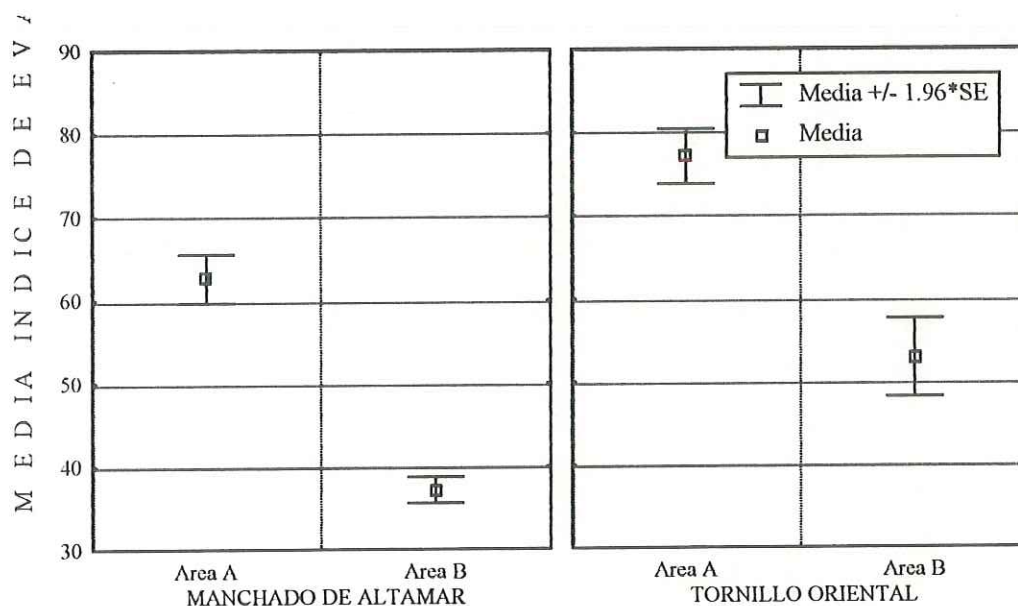


Fig. 17. Media del índice de evasión por stock (*S. attenuata* altamar y *S. longirostris* oriental) y en las áreas de esfuerzo A y B (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

Se encontró que *Stenella longirostris* oriental tiene un índice de evasión significativamente más alto que *Stenella attenuata* altamar, y esto ocurre igualmente en las dos áreas de esfuerzo analizadas (Tabla VII). Las diferencias fueron significativas de acuerdo a las pruebas t y de Mann-Whitney para dos muestras independientes. El índice de evasión de ambos stocks es significativamente mayor en el área A que en el área B (manchado: $n = 433$, $t=14.92$, $p<.001$; $U = 277220$, $p<.001$. Tornillo: $n = 433$, $t = 8.46$, $p<.001$; $U= 11345$, $p<.001$). El nivel de significancia encontrado con la prueba 't' coincidió con el de la prueba de Mann-Whitney.

El comportamiento de dispersión de las manadas de *Stenella attenuata* altamar y *S. longirostris* oriental se analizó sólo para el área de esfuerzo A (Tabla VIII; Fig. 18) debido a que el tamaño de muestra del tornillo oriental era demasiado pequeño en otras áreas. Se observa que las manadas de ambos stocks tienden a dispersarse de una etapa del lance a la siguiente; durante el encierro, el código de agrupamiento 3 (el cual indica que la manada se ha dividido en más de 3 subgrupos) aumenta y presenta la mayor frecuencia en el manchado de altamar (Tabla VIII). Las manadas del delfín manchado de altamar tienden a estar más divididas desde antes de la caza que el tornillo oriental y a dispersarse más durante las etapas sucesivas (Fig. 18).

Tabla VIII. Dispersión de manadas de *Stenella attenuata* altamar y *S. longirostris* oriental, en el área de esfuerzo A (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995). Los números indican lances.

Códigos de agrupamiento*	<i>Stenella attenuata</i> altamar (n = 303 lances)			<i>Stenella longirostris</i> oriental (n = 235 lances)		
	Etapas del lance **			Etapas del lance **		
	AC	DC	DE	AC	DC	DE
1	155	113	106	179	138	133
2	82	116	85	42	71	69
3	66	74	112	14	26	33

* Códigos de agrupamiento:

- 1 - Un grupo
- 2 - Dos o tres grupos
- 3 - Más de tres grupos

** Etapas del lance:

- AC - Antes de la caza
- DC - Durante la caza
- DE - Durante el encierro

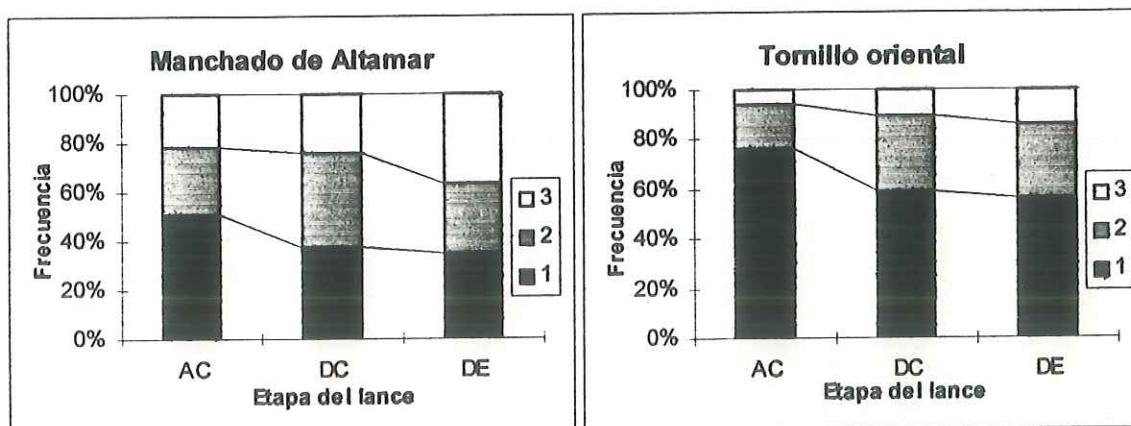


Fig. 18. Dispersión de manadas *Stenella attenuata* altamar y *S. longirostris* oriental, en el área de esfuerzo A (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

Por otro lado, se analizó el número de lances en los que ambos stocks presentaban o no evasión por debajo de la red. *Stenella longirostris* oriental evade con mayor frecuencia por debajo de la red ($n = 793$, g.l. = 1, $\chi^2 = 113.18$, $p < .001$; Fig. 19). Además, la media del índice de evasión del tornillo oriental al evadir por

debajo de la red (43.90 %) es significativamente mayor que la del manchado de altamar (11.10 %) (prueba t para muestras independientes, $n = 793$ lances, $t=12.40$, $p<.001$; Fig. 20).

También se contabilizó la frecuencia de lances en los que las manadas de ambos stocks evadieron sobre la red y no se encontraron diferencias significativas ($n = 793$, g.l. = 1, $\chi^2 = 3.677$, $p<.100$; Fig. 19). La media del índice de evasión es mayor en el manchado de altamar (0.38 %) que en el tornillo oriental (0.40 %), aunque la diferencia no es significativa ($n = 793$, $t = .05$, $p<.956$; Fig. 20).

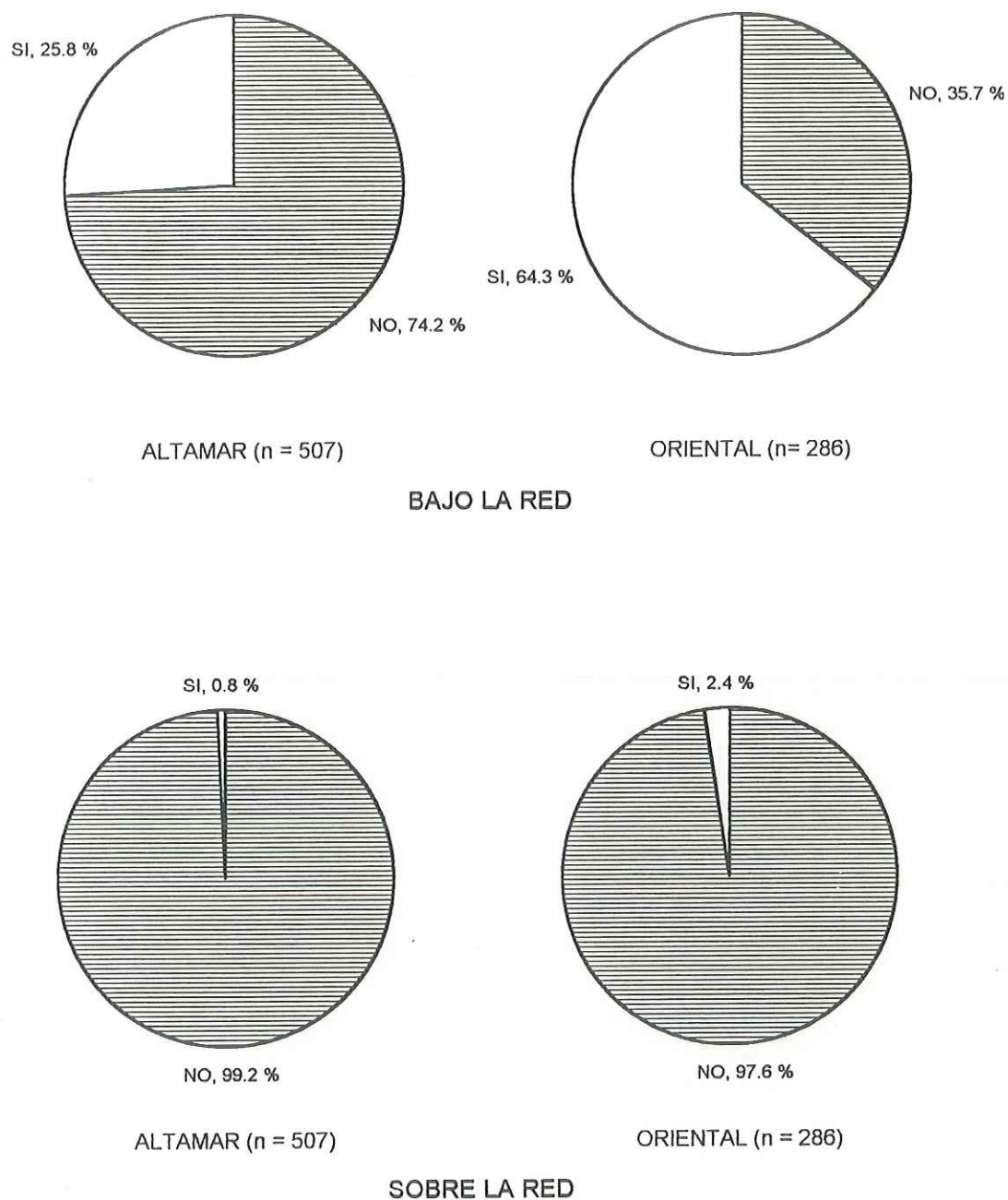


Fig. 19. Lances en los que sí ocurrió evasión o no de acuerdo a la estrategia (evasión debajo o sobre la red) y por stock (manchado de altamar y tornillo oriental) (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

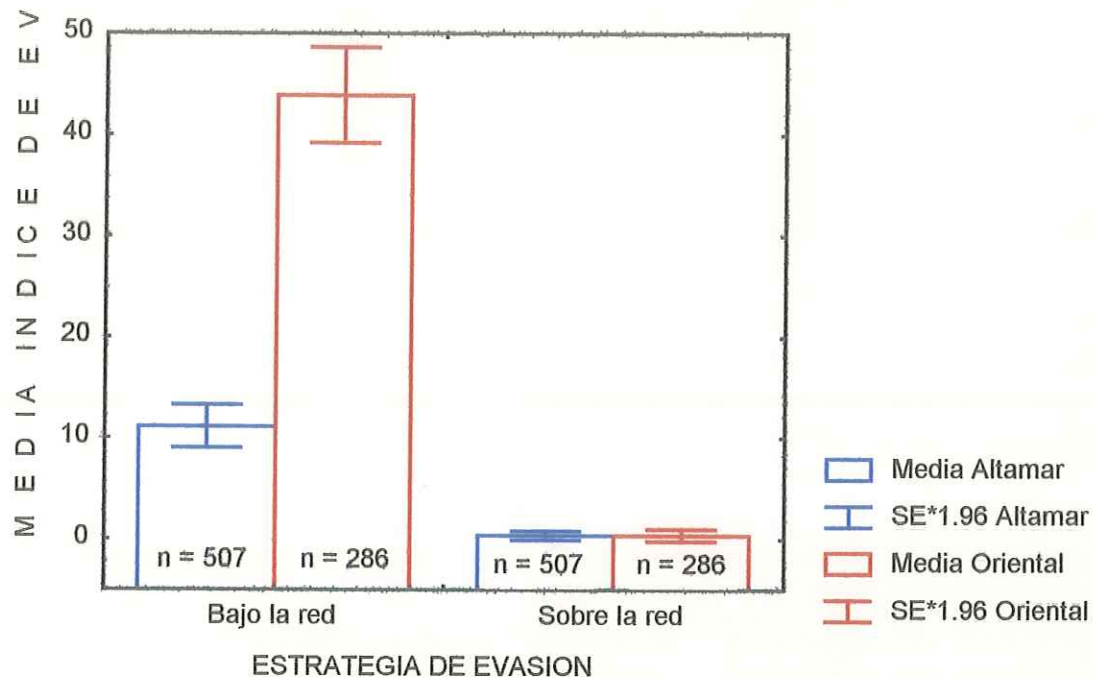


Fig. 20. Media del índice de evasión por estrategia (debajo y sobre la red) y por stock (manchado de altamar y tornillo oriental) (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

Evasión en manadas mixtas

La Tabla IX y la Fig. 21 presentan el índice de evasión en manadas mixtas con *Stenella attenuata* altamar y *S. longirostris* oriental. Se puede observar que la media del índice de evasión por intervalo de clase (según composición de la manada) desciende conforme aumenta el porcentaje de manchado de altamar (Fig. 21). El ANOVA de un factor, aplicado después de verificar la normalidad y homoscedasticidad de los datos en cada intervalo, indicó una diferencia significativa entre todos ellos ($F = 15.09$, $p < .001$). Sin embargo, las diferencias entre pares de intervalos no siempre fueron significativas (comparaciones posteriores, Tabla IX).

Tabla IX. Media del índice de evasión por intervalo de clase (según composición de la manada) en manadas mixtas de *Stenella attenuata* altamar y *S. longirostris* oriental (flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

% S.a.	n	Porcentaje de <i>S. attenuata</i> altamar en la manada									
		1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-99
1-10	105	-	1.0	1.0	.99	.99	.38	.08	.02*	.00*	.00*
11-20	99	1.0	-	1.0	.99	.99	.46	.13	.04*	.00*	.00*
21-30	126	1.0	1.0	-	1.0	.99	.44	.09	.02*	.00*	.00*
31-40	136	.99	.99	1.0	-	.99	.55	.13	.03*	.00*	.00*
41-50	188	.99	.99	.99	.99	-	.83	.26	.06	.00*	.00*
51-60	263	.38	.46	.44	.55	.83	-	.99	.79	.05*	.00*
61-70	322	.08	.13	.09	.13	.26	.99	-	.99	.37	.00*
71-80	441	.02*	.04*	.02*	.03*	.06	.79	.99	-	.70	.00*
81-90	439	.00*	.00*	.00*	.00*	.00*	.05*	.37	.70	-	.37
91-99	254	.00*	.00*	.00*	.00*	.00*	.00*	.00*	.00*	.37	-
Total n=2373		* diferencias significativas									
Media del índice de evasión (%)		40.60	40.40	39.51	38.69	36.40	31.64	29.11	27.46	23.94	18.16

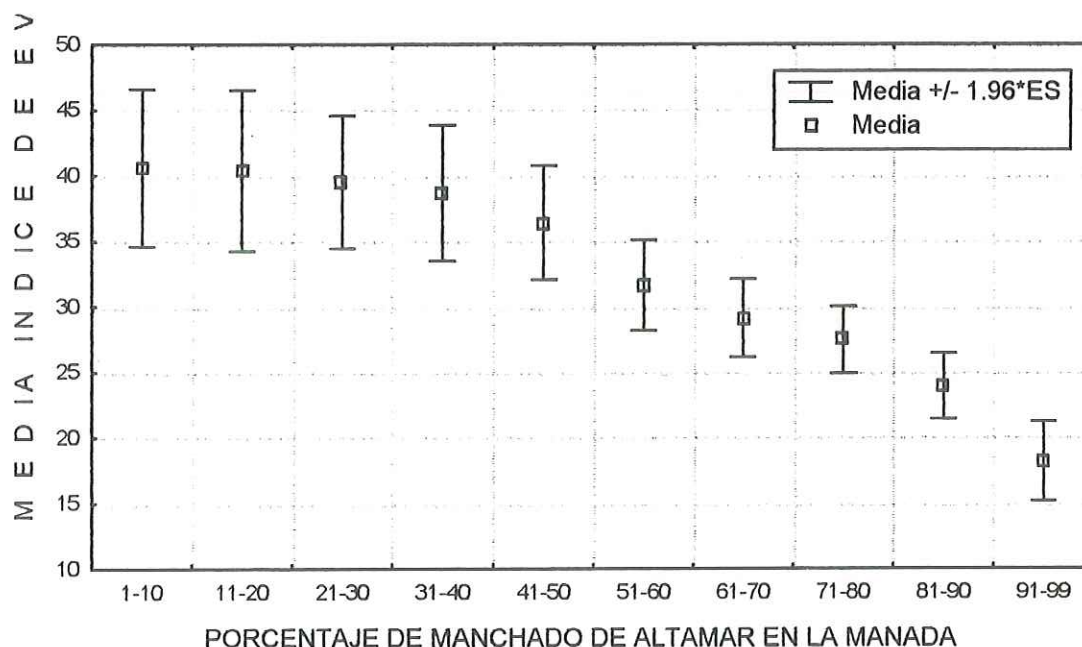


Fig. 21. Media del índice de evasión por intervalo de clase (según composición de la manada) en manadas mixtas de *Stenella attenuata* altamar y *S. longirostris* oriental (n = 2373, flota mexicana, datos del PNAAPD de 1992 a 1995).

IV. DISCUSIÓN

Análisis de los datos de evasión del delfín manchado de altamar

Factores de influencia en el comportamiento de evasión

Todos los factores analizados presentaron diferencias significativas en el índice de evasión por lance (Tabla IV), aunque se encontró que el área de esfuerzo es el factor más importante. Los factores también fueron significativos de acuerdo a la prueba no paramétrica de la mediana (excepto corriente fuerte).

Las interacciones dobles pueden indicar en qué medida el segundo factor está actuando sobre el primero. El área de esfuerzo fue el factor que presentó más interacciones dobles (Tabla V). La interacción área-tamaño de manada probablemente se debe a que el esfuerzo pesquero (de la flota mexicana) se concentra en las áreas A y B, donde se presentan con mayor frecuencia las manadas con menos de 200 delfines (ver también pág. 32 y Fig. 10). En cambio, se observa que el esfuerzo sobre las manadas mayores a 200 delfines se extiende hacia el sur del Ecuador. Esto coincide con Hall y Boyer (1986) quienes mencionan que el tamaño de manada tiende a aumentar hacia los márgenes de la pesquería del atún en el OPO.

La capacidad de bodega del barco se considera aquí una medida indirecta de su tamaño y potencia. Los barcos grandes (> 700 st) son más rápidos que los pequeños (< 700 st) y por lo tanto pueden recorrer distancias más largas. También tienen la capacidad de permanecer en altamar por más tiempo que los barcos pequeños; por lo tanto, es posible que tiendan a pescar en áreas más alejadas de la costa o hacia el sur. Esto probablemente explique la interacción área-capacidad del barco (Tabla V). Debido a que los barcos grandes generalmente tienen un helicóptero (la interacción barco-ayuda aérea fue significativa, Tabla V) y más

lanchas (Fig. 13) para perseguir y agrupar a los delfines con mayor eficiencia, esto podría explicar la interacción área-ayuda aérea y área-número de lanchas. Dicho de otra manera, es posible una interacción área-barco-ayuda aérea-número de lanchas, aunque esto no se pudo verificar debido a un diseño incompleto del ANOVA. Sin embargo, resultó significativa la triple interacción área-ayuda aérea-no. de lanchas.

La interacción de área y temporada (Tabla V) puede explicarse por los movimientos de la flota en el OPO. Ésta pesca durante casi todo el año en la boca del Golfo de California (área A, Fig. 9), se desplaza al oeste de mayo a septiembre (área B, Fig 9) y al sur del Ecuador de noviembre a febrero. Las variaciones temporales de la distribución de la flota se deben probablemente a los cambios en la distribución de los delfines y los atunes asociados, que a su vez está dada por las variaciones en las condiciones oceanográficas. *Stenella attenuata* y *Stenella longirostris* prefieren aguas cuyas características tienen o adquieren características tropicales, es decir, con temperaturas superficiales mayores de 25°C, salinidades menores de 34 ‰, con una termoclina marcada ($> 2^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$) y a profundidades menores de 50 m (Au y Perryman, 1985). Estas aguas se encuentran al norte del Ecuador y hasta los 10°N, entre las zonas de convergencia, las cuales se desplazan hacia el sur o el norte estacionalmente. Sus rasgos principales son las variaciones relativamente pequeñas de la temperatura media anual y el afloramiento de la termoclina durante el verano entre los 120° y 140°W, aumentando consecuentemente la productividad biológica de la zona (Cromwell, 1958; citado por Au y Perryman, 1985).

La flota atunera mexicana se desplaza hacia el oeste de mayo a septiembre (Fig. 9). Además, el esfuerzo en general se reduce debido a la temporada de huracanes, que afecta principalmente a la pesquería cercana a la costa (Figs 8 y 9). El cambio estacional en las condiciones oceanográficas del OPO que probablemente afecta más la distribución de los delfines es el movimiento del límite

sureño de las aguas tropicales (Au y Perryman, 1985). Durante el invierno en el hemisferio norte, las condiciones tropicales usualmente se extienden hasta aproximadamente 15° al sur de las islas Galápagos, donde se desarrolla una capa superficial somera de agua tropical sobre lo que en realidad es agua subtropical. Durante el verano en el hemisferio norte, las corrientes frías de Perú y surecuatoriales se fortalecen y usualmente se desarrolla un frente termal que marca el límite sur del agua superficial tropical. Este frente ecuatorial se localiza unos pocos grados al norte del Ecuador, excepto en una corta sección al este de las Galápagos. Es por ello que, durante el verano en el hemisferio norte (invierno en el hemisferio sur) estas aguas son menos visitadas por los delfines manchado y tornillo, de hábitos tropicales. En cambio, se observan con mayor frecuencia al sur del Ecuador durante el invierno en el hemisferio norte (verano en el hemisferio sur) (Au y Perryman, 1985). Por consiguiente, parte de la flota atunera se desplaza a esas latitudes de noviembre a febrero (Fig. 9). Sin embargo, en esos meses se observa una mayor concentración del esfuerzo en la boca del Golfo de California, lo cual probablemente se deba a que esta región es de alta productividad biológica. Asimismo, para la mayor parte de la flota mexicana podría resultar más rentable pescar cerca de sus puertos de arribo que desplazarse grandes distancias hacia el sur del Ecuador.

Otros factores biológicos que también pueden influir la capacidad de evasión de los delfines son la temporada de reproducción y las clases de edad que componen las manadas en diferentes meses del año. Hohn y Hammond (1985) mencionan que la mayoría de los partos ocurren en mayo y septiembre, es decir que las manadas incluyen en esta temporada neonatos, sobre todo las manadas grandes (Hohn y Scott, 1983). Esta presencia de neonatos probablemente reduce la capacidad de evasión de los delfines (Pryor y Kang, 1980; Norris *et al.*, 1994).

La temporada presentó interacciones dobles significativas con ayuda aérea y número de lanchas (Tabla V), y estos factores a su vez están relacionados con la

capacidad del barco (Tabla V, Fig. 13). Por lo tanto, es posible que los barcos grandes (con helicóptero y más lanchas) se desplacen hacia el oeste y el sur en diferentes temporadas del año. La doble interacción de temporada y explosivos también se podría explicar por la interacción de este último factor con la capacidad del barco (ver Tabla V; Fig. 14).

El factor año tuvo interacciones dobles con temporada, capacidad del barco, asistencia aérea y número de lanchas (Tabla V). Esto coincide con casi todas las interacciones del área de esfuerzo y por lo tanto se esperaría que estos dos factores (año y área) hubieran tenido interacción. No fue posible probar esto debido a un diseño incompleto. Sin embargo, si el esfuerzo de pesca (lances por cuadrante) se localiza en mapas por año (Fig. 15), es posible observar que en 1992 los lances se concentraron en el área B, en 1993 en el área A y en 1994 y 1995 tendieron a alejarse de la costa y a desplazarse hacia el sur. Las condiciones oceanográficas (temperatura, salinidad y densidad superficiales del agua, profundidad y fuerza de la termoclina, concentración de clorofila) pueden variar de un año a otro, principalmente debido a fenómenos "Niño" y "Niña" alternantes. Con ello, puede modificarse la distribución de las diferentes especies de delfines involucradas en la pesca del atún (Reilly y Fiedler, 1994). Estos cambios oceanográficos interanuales pueden influenciar de manera importante en el desplazamiento de la flota, aunados al clima e incluso las variaciones del mercado de atún y la situación económica del país. Al variar el esfuerzo pesquero de año en año (Fig. 15), esto podría ser la razón por la cual el año interactúa con casi los mismos factores que el área de esfuerzo.

Índice de evasión por área de esfuerzo pesquero

Las medias del índice de evasión calculadas para las áreas de esfuerzo A, B, C y D coinciden aproximadamente con la medición del esfuerzo de pesca (Figs 11 y 12, Tabla II). Esto es, decrecen del área A a la D (Tabla VI). Sin embargo, el área C presenta una media del índice de evasión más alta que B (aunque esta diferencia no es significativa). Esto puede explicarse si se considera el número de años que la flota internacional ha pescado con delfines de 1959 a 1994 (Fig. 11). En las áreas cerca de la costa (como el área C) se ha pescado con delfines desde hace 35 años (promedio por cuadrante, Tabla II), mientras que el esfuerzo en el área B ha sido por 30 años (promedio por cuadrante). Aunque este índice de esfuerzo se calculó para todas las especies de *Stenella* (*S. attenuata*, *S. longirostris*, *S. coeruleoalba*) y *Delphinus delphis*, es posible que la evasión del delfín manchado de altamar observada en el área C esté más relacionada con el esfuerzo histórico y el esfuerzo reciente de la flota internacional que con el esfuerzo de la flota mexicana de 1992 a 1995.

Por lo tanto, es posible concluir que la media del índice de evasión por área guarda una relación con el esfuerzo del área geográfica en cuestión. Dicho de otra manera, los delfines que han sido expuestos en cierta zona geográfica a un mayor esfuerzo (como es el caso del área A) probablemente han sido capaces de aprender a evadir más en relación a otras áreas donde ha habido menos esfuerzo (como el área D). Esto concuerda con lo reportado por Norris *et al.* (1978), Stuntz y Perrin (1979) y Pryor y Kang (1980). El área A coincide aproximadamente con la distribución de ciertas manadas de delfines costeros llamados por los pescadores "los intocables" (Norris y Pryor, 1978). Estos delfines son capaces de evadir completamente la maniobra del barco y las lanchas aún antes del lance de la red (National Research Council, 1992).

El aprendizaje de los delfines se ha observado desde hace decenas de años en cautiverio (Brown y Norris, 1956; Irvine, 1970; Pryor, 1973; Isaza-Lay y Aguayo, 1988). Los entrenadores de delfines pasan largas horas tratando de enseñarles actos a estos animales que estimulan con alguna señal visual o sonora y recompensan con comida. Cabe mencionar que los actos que realizan los delfines usualmente son conductas que llevan a cabo en vida libre (nadar rápido, saltar, encontrar objetos en el fondo del estanque), y lo que procura el entrenador es que repita esta conducta cuando él la requiere. De manera análoga, es probable que los delfines involucrados en la pesca del atún han aprendido a evadir las lanchas y el barco como si se tratara de un depredador natural (por ej. *Pseudorca crassidens*, *Feresa attenuata* y *Orcinus orca*; Perryman y Foster, 1980). Parece lógico que sean capaces de aprender a evadir mejor conforme se les exponga a un mayor esfuerzo de pesca, es decir, cuando aumenta su experiencia. Una evasión más eficiente puede deberse a una mejor coordinación de los movimientos de la manada, y en algunos momentos a la "explosión" de la manada en subgrupos (esto último ha sido descrito por Allen *et al.*, 1980).

Aunque el esfuerzo pesquero (no. de lances por cuadrante acumulados durante varios años) y el esfuerzo histórico (no. de años que se ha pescado por cuadrante) parecen ser una medición adecuada de la experiencia de los delfines, sería conveniente calcular la probabilidad de cuántas veces un delfín haya sido capturado dentro de su ámbito hogareño a lo largo de varios años. Este sería posiblemente un cálculo más confiable, ya que se trata de saber cuántas veces se ha repetido la experiencia de la caza en cada individuo. Ciertamente resulta complicado ya que, por un lado, es necesario considerar el ámbito hogareño (o distribución) del stock al que pertenece el individuo y, por el otro, calcular la probabilidad de caza a partir de la abundancia que se ha estimado para ese stock y del esfuerzo pesquero que se ha realizado en el ámbito hogareño que

corresponde. En el cálculo de esa probabilidad también se deben considerar los factores que pueden influenciarla (ver Tabla III de este trabajo).

Diferencias entre los stocks

El delfín tornillo oriental (*Stenella longirostris orientalis*) presenta una media del índice de evasión significativamente mayor que el manchado de altamar (*S. attenuata*) en las áreas de esfuerzo A y B (Tabla VII). Otros autores han descrito el que el delfín tornillo oriental evade más que el manchado de altamar (Norris *et al.*, 1978). Esto también puede estar relacionado con el nivel de actividad de los delfines. Schramm (en revisión) encontró que el tornillo es más activo que el manchado durante todo el lance, lo cual probablemente favorece una mayor evasión. Por otro lado, la diferencia entre las áreas de esfuerzo es significativa para ambos stocks (Fig. 17), por lo cual es probable que también el tornillo oriental haya tenido un proceso de aprendizaje como el mencionado anteriormente para el manchado de altamar. La diferencia en la media del índice de evasión entre las zonas A y B es aún mayor en el tornillo oriental que en el manchado de altamar.

El análisis de las estrategias de evasión indica que el delfín tornillo oriental se dispersa menos que el manchado de altamar (Fig. 18) y evade más por debajo de la red (Figs 19 y 20). Por lo tanto, es posible que la diferencia en la media del índice de evasión entre los stocks se deba a una mayor cohesión de las manadas de tornillo oriental (pues se dispersan menos), y por lo tanto realicen movimientos de evasión más coordinados que el manchado de altamar. La evasión por debajo de la red probablemente también contribuya de manera importante al índice de evasión del delfín tornillo oriental. Según estudios sobre contenidos estomacales de delfines tornillo y manchados, se piensa que el delfín tornillo suele alimentarse a profundidades mayores (aprox. 250 m) que el manchado (aprox. 30 m) (Fitch y Brownell, 1968). Por lo tanto, puede encontrar menor dificultad en escapar por

debajo de la red, la cual mide hasta aproximadamente 200 m de profundidad antes de cerrarse.

La evasión sobre la red es una estrategia prácticamente ausente, ya que se presentó en un número muy pequeño en ambos stocks ($n = 4$ lances de 5097 para el manchado, $n = 7$ lances de 286 para el tornillo; Fig. 19), y la media de índice de evasión de la evasión sobre la red es menor al 1 % en ambos stocks (Fig. 20). Por lo tanto, esta estrategia de evasión es un comportamiento esporádico en el delfín manchado de altamar y el tornillo oriental.

Evasión de manadas mixtas

La media del índice de evasión por intervalo de clase (según composición de la manada) tiende a disminuir conforme aumenta el porcentaje de manchado de altamar en la manada (Tabla IX; Fig. 21). Esto coincide con lo encontrado en el párrafo anterior, pues el delfín tornillo oriental parece tener una mayor capacidad de evasión que el manchado de altamar.

V. CONCLUSIONES

1. El comportamiento de evasión del delfín manchado de altamar (*Stenella attenuata*) es influenciado significativamente ($p < .05$) por diversos factores: área de esfuerzo, tamaño de manada, capacidad de bodega del barco, ayuda aérea, número de lanchas rápidas, uso de explosivos, año, temporada del año, mes, hora del día, nivel Beaufort y corriente fuerte. Estos factores interaccionan entre ellos; el área de esfuerzo presentó más interacciones dobles que ningún otro factor y, además, una interacción triple con la capacidad del barco y la ayuda aérea.
2. Esfuerzo de pesca y aprendizaje de delfines:
 - a) La media del índice de evasión por área de esfuerzo pesquero de las manadas del delfín manchado de altamar es mayor en áreas del Océano Pacífico Oriental (OPO) donde el esfuerzo ha sido mayor. Por lo tanto, es posible que estos delfines hayan sido capaces de aprender a evadir con mayor eficiencia a lo largo de los años en que se ha lanzado sobre ellos en la pesca del atún aleta amarilla.
 - b) La media del índice de evasión por área de esfuerzo del delfín tornillo oriental (*S. longirostris orientalis*) fue significativamente mayor en el área A (de mayor esfuerzo) que en el área B (de menor esfuerzo). Lo anterior indica que probablemente este stock ha tenido un proceso de aprendizaje similar al del manchado de altamar.
3. Diferencias del comportamiento de evasión entre stocks:
 - a) El delfín tornillo oriental (*Stenella longirostris orientalis*) presenta una media del índice de evasión significativamente mayor que el

manchado de altamar (*S. attenuata*), y es posible que esto se deba a que utiliza estrategias de evasión más eficientes.

- b) Estrategias de evasión:
 - i) El delfín manchado de altamar presenta mayor división de sus manadas en las tres etapas del lance (antes de la caza, durante la caza y durante el encierro) que el tornillo oriental, es decir que se dispersa más durante la maniobra de pesca. Sin embargo, una mayor cohesión de las manadas de tornillo oriental (ya que están menos dispersas) puede ayudar a que los movimientos de evasión sean más coordinados.
 - ii) El delfín tornillo oriental evade más por debajo de la red que el manchado de altamar. Esta estrategia y los movimientos de evasión coordinados podrían explicar el mayor índice de evasión del tornillo oriental.
 - iii) La evasión sobre la red es un comportamiento esporádico en los delfines manchados y tornillo, aunque son capaces de saltar sobre la red.
- 4. La media del índice de evasión por intervalo de clase (según composición de la manada) de manadas mixtas de manchado de altamar y tornillo oriental tiende a disminuir conforme aumenta el porcentaje de delfín manchado presente en la manada. Esto probablemente se deba a una mayor capacidad de evasión del delfín tornillo.

VI. REFERENCIAS

- Academia Internacional de Derecho Pesquero. 1984. Situación de la industria atunera. **Derecho Pesquero**. 9:7-14.
- Allen, R.L., D.A. Bratten, J.L. Laake, J.F. Lambert, W.L. Perryman y M.D. Scott. 1980. Report on estimating the size of dolphin schools, based on data obtained during a charter cruise of the M/V Gina Anne, October 11 - November 25, 1979. Data Report No. 6. Inter-American Tropical Tuna Commission. La Jolla, California.
- Argue, A.W., P. Kleiber, R.E. Kearney y J.R. Sibert. 1986. Evaluation of methods used by the South Pacific Commission for Identification of Skipjack Population Structure. Págs. 242-251. **En:** Symass, P.E.K., P.M. Miyake y G. Sakagawa (eds.). Informe de la Conferencia sobre el Programa del Año Internacional del Listado de ICCAT. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, España.
- Au, D. y W. Perryman. 1982. Movement and speed of dolphin schools responding to an approaching ship. **Fishery Bulletin**. 80:371-379.
- Au, D. y W. Perryman. 1985. Dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. **Fishery Bulletin**. 83:623-642.
- Bojórquez Z., J.M., C.S. Monsiváis Peñúñuri y F. Saucedo C. 1989. Algunos aspectos de la relación atún-delfín en el Océano Pacífico Oriental. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. 72 pp.
- Brown, D.H. y K.S. Norris. 1956. Observations of captive and wild cetaceans. **Journal of Mammalogy**. 37(3):311-326.
- Buckland, S.T., K.L. Cattanch y A.A. Anganuzzi. 1992. Estimating trends in abundance of dolphins associated with tuna in the eastern tropical Pacific Ocean using sighting data collected on commercial tuna vessels. **Fishery Bulletin**. 90:1-12.
- Caudillo C., O.E. 1992. La industria atunera mexicana. Tesis profesional. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 257 pp.

- Cochran, W.G. 1977. Sampling Techniques. John Wiley and Sons. Londres, Gran Bretaña.
- Coe, J.M., D.B. Holts y R.W. Butler. 1984. The "tuna-porpoise" problem: National Marine Fisheries Service dolphin mortality reduction research, 1970-81. **Mar. Fish. Rev.** 46:18-33.
- Compeán J., G.A. 1993. Aprovechamiento del atún y protección del delfín. Págs. 129-138. **En:** Salazar-Vallejo, S.I. y N.E. González (eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
- Compeán J., G.A. 1994. Resultados del programa mexicano de protección a los delfines y estimaciones de la mortalidad incidental en el período 1986-1993. **Calidad Ambiental.** 1(12).
- Compeán J., G.A., I. Méndez G.-H. e I. Méndez R. En revisión. Annual estimates of incidental mortality for dolphin species associated with the Mexican tuna fishery during 1992-1995. Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines.
- Compeán J., G.A. y M.J. Dreyfus L. En revisión. Interaction between the northern and southern yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) fisheries in the Eastern Pacific. Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines. Second Expert Consultation on Interaction of Pacific Tuna Fisheries. Shimizu, Japan, Jan. 23-31, 1995.
- Dizon, A.E., W.F. Perrin y P.A. Akin. 1994. Stocks of dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern tropical Pacific. A phylogeographic classification. NOAA Technical Report NMFS 119. La Jolla, California. 20 pp.
- Du Toit, S.C., A.G.W. Steyn y R.H. Stumpf. 1986. Graphical Exploratory Data Analysis. Springer-Verlag New York, USA. 307 pp.
- Edwards, E.F. 1992. Energetics of associated tunas and dolphins in the eastern tropical Pacific Ocean: A basis for the bond. **Fishery Bulletin.** 90:678-690.
- Fitch, J.E. y R.L. Brownell, Jr. 1968. Fish otoliths in cetacean stomachs and their importance in interpreting feeding habits. **J. Fish. Res. Bd. Canada.** 25(12):2561-2574.

- Graves, J.E. y A.E. Dizon. 1986. Mitochondrial DNA genetic similarity of Atlantic and Pacific skipjack tuna and its management implications. Págs. 237-241. **En:** Symass, P.E.K., P.M. Miyake y G. Sakagawa (eds.). Informe de la Conferencia sobre el Programa del Año Internacional del Listado de ICCAT. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, España.
- Guillén C., A.E. y E. Campos B. 1993. Aportación al estudio de la efectividad que ofrece la maniobra de retroceso en conjunto con el paño protector en relación al índice de supervivencia de delfines. Tesis profesional. Instituto Tecnológico del Mar. Boca del Río, Veracruz, México. 105 pp.
- Gulland, J.A. 1983. Fish Stock Assessment. John Wiley & Sons. Gran Bretaña. 223 pp.
- Hall, M.A. y S.D. Boyer. 1986. Incidental Mortality of dolphins in the eastern tropical pacific tuna fishery: Description of a new method and estimation of 1984 mortality. **Rep. Int. Whal. Commn** 36: 375-381.
- Hohn, A.A. y P.S. Hammond. 1985. Early postnatal growth of the spotted dolphin, *Stenella attenuata*, in the offshore eastern tropical Pacific. **Fishery Bulletin**. 83(4).
- Hohn, A.A. y M.D. Scott. 1983. Segregation by age in schools of spotted dolphin in the eastern tropical Pacific. 5th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Boston, Massachusetts, USA.
- Holts, D.B. 1977. Sistema del paño superprotector. Fabricación e instalación. Southwest Fisheries Center. Admin. Rep. LJ-77-30. La Jolla, California, USA. 11 pp.
- Irvine, B. 1970. Conditioning marine mammals to work in the sea. **Tech. Soc. J.** 4(3):47-52.
- Isaza-Lay, T. y A. Aguayo L. 1988. Comparación entre el aprendizaje de *Tursiops truncatus* y de *Zalophus californianus*. **An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso**. 19:99-110.
- Joseph, J. 1994. The tuna-dolphin controversy in the eastern Pacific Ocean: Biological, economic, and political impacts. **Ocean Development and International Law**. 25:1-30.

- Lennert, C. y M.A. Hall. 1995. Estimates of incidental mortality of dolphins in the Eastern Pacific Ocean tuna fishery in 1993. **Rep. int. Whal. Commn** 45:387-390.
- Lennert, C. y M.A. Hall. En prensa. Incidental mortality of dolphins in the Eastern Pacific Ocean tuna fishery in 1995. Inter-American Tropical Tuna Commission. La Jolla, California, USA.
- Macotela A., S.A. 1995. Océano Pacífico, aves marinas, delfines y atunes tropicales. **Oceanología**. 1(5):19-30.
- Marine Mammal Commission. 1994. The Marine Mammal Protection Act of 1972 as Amended (September 1994). Washington, D.C., USA. 113 pp.
- Méndez G.-H., I. 1995. Análisis exploratorio de la pesquería mexicana del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico Oriental. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California, México. 74 pp.
- Méndez R., I. 1991. Modelos Estadísticos Lineales en la Investigación Comparativa. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas. México, D.F. 53 pp.
- National Research Council. 1992. Dolphins and the Tuna Industry. National Academy Press. Washington, D.C., USA. 175 pp.
- Norris, K.S., W.E. Stuntz y W. Rogers. 1978. The behavior of porpoises and tuna in the eastern tropical Pacific yellowfin tuna fishery - preliminary studies. Marine Mammal Commission. Contract No. MM6AC022, Publication No. PB-283-970. National Technical Information Service. Springfield, Virginia, USA. 86pp.
- Norris, K.S. y T.P. Dohl. 1980. Behavior of the Hawaiian spinner dolphin, *Stenella longirostris*. **Fishery Bulletin**. 77 (4):821-849.
- Norris, K.S., B. Würsig, R. S. Wells, M. Würsig, S.M. Brownlee, C.M. Johnson y J. Solow. 1994. The Hawaiian spinner dolphin. University of California Press. Berkeley, California, USA. 408 pp.

- Northridge, S.P. 1991. An updated world review of interactions between marine mammals and fisheries. FAO Fish. Tech. Paper No. 251, Suppl. 1. FAO, Rome, Italy. 58 pp.
- Perrin, W.F. 1969. Using porpoise to catch tuna. **World Fishing**. 18(6):42-45.
- Perrin, W.F. y J.R. Hunter. 1972. Escape behavior of the Hawaiian spinner porpoise (*Stenella* cf. *S. longirostris*). **Fishery Bulletin**. 70(1):49-60.
- Perrin, W.F., M.D. Scott, G.J. Walker y V.L. Cass. 1985. Review of geographical stocks of tropical dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the Eastern Pacific. NOAA Technical Report NMFS 28. National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 28 pp.
- Perryman, W.L. y T.C. Foster. 1980. Preliminary report on predation by small whales, mainly the false killer whale, *Pseudorca crassidens*, on dolphins (*Stenella* spp. and *Delphinus delphis*) in the eastern tropical Pacific. Southwest Fisheries Center. Admin. Rep. LJ-80-05. La Jolla, California, USA.
- Peterson, C.L. and W.H. Bayliff. 1985. Organización, funciones y resultados de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. Informe Especial No. 5. CIAT. La Jolla, California, USA. 61 pp.
- PNAAPD (Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines). 1995. Reducción de la muerte incidental de delfines. **El Vigía**. 1(1):5.
- PNAAPD (Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines). 1996. Avances en materia del levantamiento del embargo atunero. **El Vigía**. 1(2):16.
- Pryor, K. 1973. Behavior and learning in porpoises and whales. **Naturwissenschaften**. 60:412-420.
- Pryor, K. y K.S. Norris. 1978. The tuna/porpoise problem: behavioral aspects. **Oceanus**. 21(2):31-37.

- Pryor, K. e I. Kang. 1980. Social behavior and school structure in pelagic porpoises (*Stenella attenuata* and *S. longirostris*) during purse seining for tuna. Southwest Fisheries Center. Admin. Rep. LJ-80-11C. La Jolla, California, USA.
- Punsly, R.G. 1983. Estimation of the number of purse-seiner sets on tuna associated with dolphins in the eastern Pacific Ocean during 1959-1980. IATTC Bulletin. 18(3).
- Reilly, S.B. y P.C. Fiedler. 1994. Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific: Research vessel surveys, 1986-1990. **Fishery Bulletin**. 92:434-450.
- Salvadó, C.A.M., P. Kleiber y A.E. Dizon. 1992. Optimal course by dolphins for detection avoidance. **Fishery Bulletin**. 90:417-420.
- Schramm U., Y. En revisión. Nivel de actividad de los delfines manchado de altamar (*Stenella attenuata*) y tornillo oriental (*S. longirostris*) en redes atuneras, en el Océano Pacífico Oriental. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California, México. 61 pp.
- Scott, M.D. 1994. Tracking study of dolphins and tuna. **Tuna Newsletter**. U.S. National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Center. La Jolla, California, USA.
- Stuntz, W.E. y W.F. Perrin. 1979. Learned evasive behavior by dolphins involved in the eastern Tropical Pacific tuna purse seine fishery. Third Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. Octubre 7-11, 1979, Seattle, Washington, USA.
- United States International Trade Commission. 1986. Competitive Conditions in the U.S. Tuna Industry. Washington, DC, USA. 320 pp.
- Vargas, J. 1980. El atún y el derecho. **Técnica Pesquera**. 151:33-42.
- Wade, P.R. y T. Gerrodette. 1992. Estimates of dolphin abundance in the eastern Tropical Pacific: Preliminary analysis of five years of data. **Rep. Int. Whal. Commn** 42: 533-539.

APÉNDICE A: Definiciones

Composición por especie de la manada: Porcentaje de cada especie y stock que se presenta en una misma manada. Este dato es anotado por los observadores en el apartado 9 del ROMMDL.

Dispersión de la manada: Para saber si una manada se dispersó durante el lance, se utilizaron los códigos de agrupamiento anotados por los observadores en el apartado 3 del ROMMDL. Estos son: 1, la manada está compuesta por un solo grupo; 2, la manada está compuesta por dos o tres grupos; 3, la manada se encuentra en más de tres grupos. Estos códigos se anotan para tres etapas del lance: antes de la caza, durante la caza y durante el encierro. Si los códigos presentan un orden ascendente, esto se puede interpretar como dispersión de la manada durante la maniobra de pesca.

Esfuerzo de pesca: En este trabajo se refiere a los lances sobre delfines asociados a atunes en el OPO.

Estrategias de evasión: Desplazamientos de la manada o de los subgrupos de delfines en relación al barco, las lanchas rápidas y la red (cuando se esté largando y antes de subir los anillos) para intentar escapar de la captura.

Stock: Término que en biología pesquera se refiere a la existencia o la fracción de la población de una especie de interés comercial que está accesible a la pesca y que se determina para tomar decisiones sobre el manejo del recurso. Se estima básicamente por medio de las capturas desembarcadas en puerto (Gulland, 1983). Es responsable de la mayor parte de la producción

de una pesquería determinada. Esta unidad tiene al menos algunas de las propiedades de una subpoblación (Argue *et al.*, 1986). Estas propiedades son: distribución geográfica, morfología externa, parámetros poblacionales como reproducción y crecimiento, y características genéticas (Graves y Dizon, 1986).

APÉNDICE B: Supuestos en ANOVA

Escala: La variable dependiente o de respuesta (en este caso, el índice de evasión por lance) debe estar medida por lo menos en escala de intervalo. El supuesto se cumple, ya que está medida en escala de razón.

Distribución normal: En el modelo lineal de ANOVA, si las poblaciones son de grado de generalidad relativamente reducido, se espera que la variabilidad de los errores sea semejante, y por lo tanto se distribuyan normalmente ($\varepsilon_{ji} \sim N[0, \sigma^2]$) (Méndez, 1991). En el caso de las variables categóricas aplicadas, se verificó el supuesto por medio de gráficas de probabilidad y se comprobó que efectivamente existía distribución normal en todos los casos. Además, el tamaño de las muestras permite mencionar al teorema del límite central como apoyo al supuesto de normalidad.

Homoscedasticidad: Se supone que las varianzas de los diferentes grupos del diseño son iguales. Como se puede apreciar en la Tabla IV, algunas variables no cumplen este supuesto. Aunque se ha comprobado que el ANOVA es relativamente robusto a la violación del supuesto, se aplicó una prueba no paramétrica equivalente (prueba de la mediana) y el nivel de significancia coincidió en todos los casos.

Independencia: Para obtener una interpretación adecuada de los resultados, es necesario que las muestras sean independientes. Aunque es conocida la capacidad de desplazamiento de los delfines, es difícil establecer con precisión su velocidad o alcance. Por lo tanto, en este análisis se parte de la suposición que los delfines permanecen más o menos en la misma área. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que los barcos involucrados en la pesca son los mismos y que frecuentemente lanzan repetidas veces sobre la misma manada. Además, los factores de tiempo (año, temporada, mes, hora del día) necesariamente guardan una relación intrínseca. Por lo tanto, debe considerarse que sí hay cierta violación de la independencia en estos factores.

APÉNDICE C: Análisis exploratorio gráfico de los datos del delfín manchado de altamar (datos del PNAAPD 1992-1995)

El número de delfines evadidos en cada lance puede estar correlacionado con el tamaño inicial de la manada. Por ello se realizó una gráfica de "Número de delfines evadidos contra tamaño de manada" (Fig. A), y se puede apreciar que los datos tienen una relación lineal y la dispersión aumenta con la cantidad de delfines. Además, hay cierta agrupación de las observaciones en tamaños de manada como 1000, 1500 y 2000 delfines, debido a que la estimación es hecha "a ojo" por el observador. Los datos de índice de evasión por lance se agruparon en cinco clases del tamaños de manada para observar si eran diferentes. Los intervalos de tamaño de manada que se eligieron fueron: manadas hasta 100 delfines, de 101 a 200, de 201 a 400, de 401 a 700, y mayores de 700 delfines. Sin embargo, se puede considerar que el índice de evasión por lance utilizado elimina este sesgo porque no hay relación entre el índice de evasión y el tamaño de manada en cada lance (Fig. B).

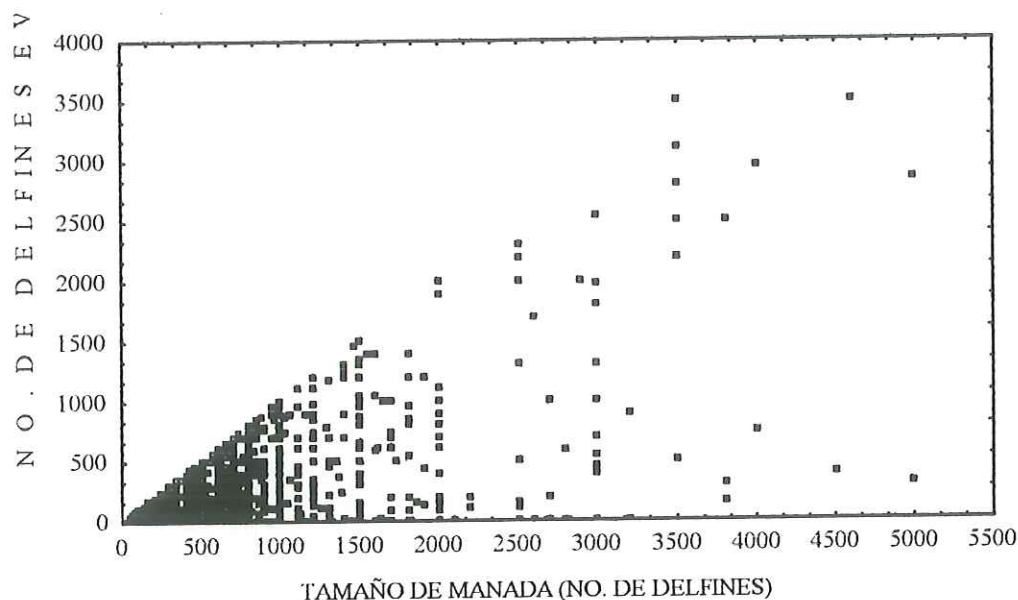


Fig. A. Número de delfines evadidos vs. tamaño de manada del delfín manchado de altamar ($n = 3674$ lances). Existe una relación lineal entre estos dos juegos de datos y la dispersión aumenta conforme los números son más grandes.

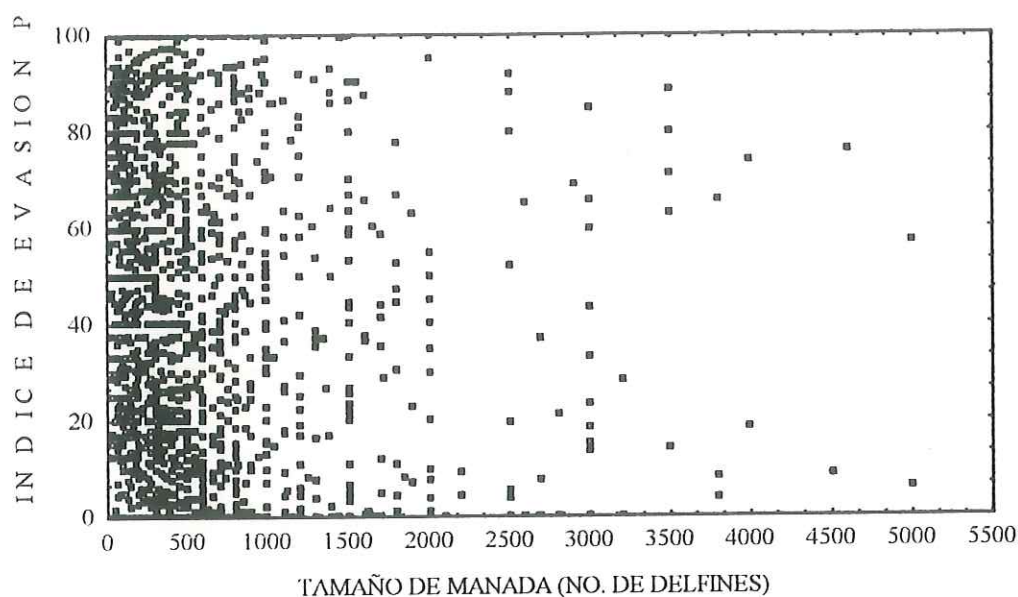


Fig. B. Índice de evasión por lance (% de delfines evadidos en relación al tamaño inicial de la manada ($n = 3674$ lances sobre delfín manchado de altamar). No existe relación entre los dos juegos de datos.

Se hicieron diagramas de tallo y hoja con el índice de evasión por área (Fig. C). Todas las áreas presentan muchos datos con valor "cero". El índice de evasión por lance aumenta gradualmente en el área A desde la segunda clase en adelante y la mayoría de las observaciones se encuentran en la clase más alta. La mediana en el área A se localiza en la clase 70-79 (índice de evasión por lance 70 a 79 %). La mediana en el área B está en la clase 30-39 y en el área C en la clase 40-49, lo cual probablemente indica que en el área C ocurra mayor evasión que en B. La mediana en las áreas D, E y F se encuentra en la clase 10-19.

ARRA: A			
Tallo	Hojas (x 10)	n	porcentajes
0	00000000000000000389	62	
1	0156	11	
2	001356689	27	
3	00334577	25	
4	000001456	31	25%
5	00000023455777	44	
6	0001225566666	40	
7	00001235555567	46	mediana
8	00000123333455566777888	69	
9	00000011223355679	48	75%
10	0000000000000000000000000000000000	98	

[illegible]

AREA: C			
Tallo	Hojas ($\times 10$)	n	percentiles
0	0000000000000000000034444567	27	
1	144457888	9	25%
2	00022557	8	
3	00000011233358	14	
4	0000123344	10	mediana
5	0000000224667	13	
6	223666666	9	
7	001355588	9	75%
8	34456678	8	
9	000333355	10	
10	0000000000000000	14	

[illegible][illegible]

Fig. C. Diagramas de tallo y hoja del índice de evasión por lance para cada área de esfuerzo. Una gran cantidad de datos muestra valores de “cero”.

Debido a que una gran cantidad de datos mostró "cero" en el índice de evasión, se hizo un análisis con diagramas de pastel (o de sector). Las observaciones se dividieron por lances de acuerdo a si había ocurrido evasión o no, también divididos por área (Fig. D). El área de esfuerzo con mayor cantidad de lances donde sí ocurrió evasión es el área A, seguida por C, luego B, E, F y D. Aparentemente, en las áreas E y F hay más lances con evasión que en el área D, lo cual puede ser un error debido a que se trata de áreas grandes y muy heterogéneas, y que el muestreo es más escaso. Por lo tanto, es necesario excluir las áreas E y F del cálculo de la media del índice de evasión por área de esfuerzo para evitar interpretaciones erróneas.

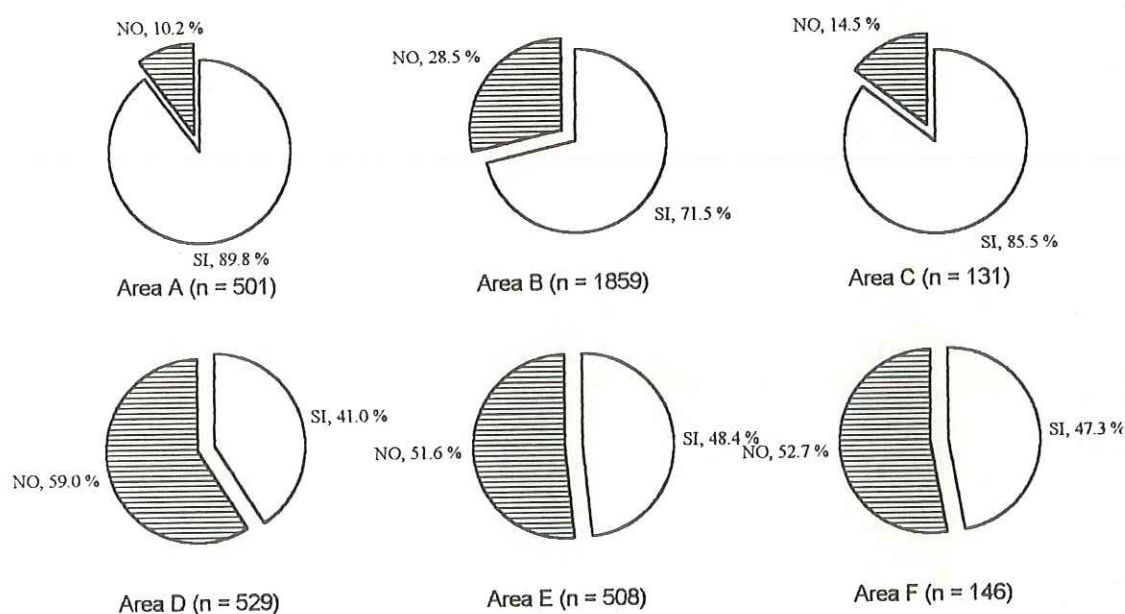


Fig. D. Gráficas de pastel sobre lances donde sí ocurrió evasión o no por cada área de esfuerzo.