



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
Unidad Académica Mazatlán



Análisis de las estructuras de tallas del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) con respecto al tipo y tamaño de las manadas de delfines y las variaciones del medio ambiente en el Océano Pacífico Oriental.

T E S I S

Que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias

(Biología Marina)

p r e s e n t a

Biól. Ana Cristina Quan Kiu Rascon

Director de Tesis: Dr. Juan Madrid Vera.

Comité Tutorial: Dr. Luis A. Soto González.

Dr. Luis Medrano González.

Dr. Xavier Chiappa Carrara.

Dr. Enrique Morales Bojorquez.

México 2010.

****El uso y manejo de los resultados sólo podrán hacerse con el consentimiento por escrito del director de tesis.**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*May the road rise up to meet you.
May the wind always be at your back.
May the sun shine warm upon your face,
and rains fall soft upon your fields.
And until we meet again,
May God hold you in the palm of His hand.*

*A mis padres, Ricardo y Ana Cristina,
por que son motivo,
mi fuerza e impulso para cada día que inicia,
cada etapa y cada logro.
Por su paciencia, amor y apoyo
para llegar a donde me encuentro ahora.*

Agradecimientos

Al Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección a Delfines (PNNAPD) por la autorización de uso de datos para la realización de este trabajo.

Al Instituto Nacional de Pesca y al Centro Regional de Investigación Pesquera, (CRIP) Mazatlán, por permitirme utilizar sus instalaciones durante la realización de este trabajo.

Al CONACyT por la beca otorgada para la realización de los estudios de maestría en el Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología.

Al Posgrado e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al M en C. Gabriel Aldana, por el apoyo en la realización de esta tesis.

Al Dr. Juan Madrid, por su paciencia y apoyo en estos dos años de trabajo.

A mi comité tutorial, Dr. Luis Soto, Dr. Luis Medrano, Dr. Enrique Morales, Dr. Xavier Chiappa, por las atinadas observaciones realizadas, comentarios y consejos para la realización de esta tesis.

A los miembros del laboratorio de fauna de acompañamiento del CRIP Mazatlán.

A todo el personal que labora en la coordinación del Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología en México D. F. y en la estación Mazatlán.

Al personal académico de la Unidad Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Margarita Cordero en lo académico y administrativo, Ma. Clara Ramírez Jauregui y Pedro Allende por su ayuda en los acervos bibliográficos, Germán Ramírez y Carlos Suárez por su asistencia técnica.

A mis hermanos, Omar, Ricardo, Yaari.

A la Familia Sakuda Astorga.

A Oscar Guzón y Onca Exploraciones

A la familia Modular, Arody García, Alex García y Suye Kooc, por su invaluable amistad, paciencia y apoyo.

A mis amigos, con quienes compartí una muy buena experiencia de vida en estos dos años, gracias por ser parte de este proyecto profesional y de vida.

ÍNDICE

Índice de tablas y figuras.....	VI
Resumen.....	XII
Abstract.....	XIII
Introducción.....	1
Área de estudio: Océano Pacífico Oriental Tropical.....	4
Interacción Atún-Delfín.....	6
Antecedentes.....	7
Objetivos.....	12
Objetivo general.	
Objetivos particulares.	
Metodología.....	13
Análisis descriptivo.....	14
Análisis de varianza factorial.....	14
Análisis multinomial.....	16
Análisis de componentes principales.....	17
Probabilidades bayesianas.....	18

Resultados	21
Análisis descriptivo.....	21
Análisis multinomial.....	41
Análisis de varianza factorial.....	46
Análisis de componentes principales.....	63
Probabilidades condicionales bayesianas.....	67
Discusión	74
Interacción de las pesquerías y delfines.....	75
Distribución de tallas y cardúmenes.....	76
Tamaños de las manadas y del cardumen.....	79
Los efectos ambientales.....	80
Conclusiones	84
Literatura	86
Anexo. Trabajo de campo	97

Índice de figuras y tablas.

Figura 1. Distribución promedio anual de las capturas realizadas con redes de cerco de aleta amarilla, por tipo de lance, 1990-2004. El tamaño de cada círculo es proporcional a la cantidad de atún aleta amarilla capturado (Tomada del reporte anual de la CIAT 2006).....	3
Figura 2. Ubicación de los lances realizados por la flota cerquera mexicana para los años 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006	22
Figura 3. Abundancias del delfín manchado para los lances analizados.....	23
Figura 4. Abundancias del delfín tornillo oriental para los lances analizados.....	23
Figura 5. Abundancias del delfín tornillo panza blanca para los lances analizados.....	24
Figura 6. Abundancias del delfín común para los lances analizados.....	24
Tabla 1. Número total de delfines observados, toneladas de atún capturados, así como la talla promedio de atún para los lances asociados a mamíferos marinos en los que se registró la talla de atún para los años 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006.....	25
Figura 7. Promedios de Pennington e intervalos de confianza entre 2.5% y 97.5% para la captura de atún(a) y especies de delfines asociadas (b-e) para 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006.....	27
Figura 8. Regiones El Niño bajo las consideraciones del centro de predicción climática de la NOAA. Se observan los valores para 1998, 2001, 2002 y 2006 (Fuente: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/Tropics/).....	29
Figura 9. Datos registrados en las bitácoras de los lances realizados para la captura de atunes aleta amarilla agrupados por mes para los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006 y para las latitudes organizadas en 5°	30
Figura 10. Comparativo de los meses de agosto a noviembre, para las latitudes de 5 a 10°Norte (10L) y de 10 a 15°Norte (15L).....	31

Figura 11. Datos de la longitud furcal promedio del atún aleta amarilla por lance, respecto de la anomalía de temperatura, organizada en intervalos de 1°C. Los datos se dispersan aleatoriamente.....	32
Figura 12. Datos del número de atún aleta amarilla por lance, respecto de la anomalía de temperatura (parte a). Los mismos datos organizados en intervalos de 1°C (parte b), se presenta además el acumulado de las proporciones por intervalo y también un ajuste lineal para conocer el valor de R^2	33
Figura 13. Datos del número de atunes aleta amarilla capturados por mes promedio para cada año del periodo 1998-2006 (parte a) y su arreglo en el intervalo de confianza del 95% (parte b), la línea de división solo es indicativa.....	34
Figura 14. Datos del número de delfines manchados liberados por lance, respecto de la anomalía de temperatura (parte a). Los valores de su arreglo en histograma produce valores de $R^2 < 0.000006$	35
Figura 15. Datos del número de delfines manchados liberados por mes promedio para cada año del periodo 1998-2006 (parte a) y su arreglo en el intervalo de confianza del 95% (parte b), la división solo es indicativa.....	36
Figura 16. Datos del número de delfines tornillo orientales liberados por lance, respecto de la anomalía de temperatura (parte a). Los mismos datos organizados en intervalos de 1°C (parte b), se presenta además el acumulado de las proporciones por intervalo y también un ajuste lineal para conocer el valor de R^2 . En la parte C se presenta un ajuste polinómico de segundo orden.....	37
Figura 17. Datos del número de delfines tornillo orientales liberados por mes promedio para cada año del periodo 1998-2006 (parte a) y su arreglo en el intervalo de confianza del 95% (parte b), la división solo es indicativa.....	38
Figura 18. Datos del número de delfines tornillo panza blanca liberados por lance, respecto de la anomalía de temperatura. Los datos de su arreglo en histograma produce valores de $R^2 < 0.0076$. Un ajuste polinómico de segundo orden produce valores de $R^2 < 0.21$	39

Figura 19. Datos del número de delfines tornillo panza blanca liberados por mes promedio para cada año del periodo 1998-2006 (parte a) y su arreglo en el intervalo de confianza del 95% (parte b), la división solo es indicativa.....	39
Figura 20. Datos del número de delfines comunes liberados por mes promedio del periodo 1998-2006. Los datos de su arreglo en la parte b, en intervalos de 1° C, en un ajuste polinómico de segundo orden produce valores de $R^2 < 0.52$	40
Figura 21. Datos del número de delfines comunes liberados por mes promedio para cada año del periodo 1998-2006 (parte a) y su arreglo en el intervalo de confianza del 95% (parte b), la división solo es indicativa.....	41
Tabla 2. Grupos de clase de tallas promedio (cm) y desviación estándar del atún aleta amarilla para 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006, producidos del análisis multinomial.....	42
Figura 22. Histogramas de grupos de tallas promedio para 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006 y análisis multinomial. En cada gráfica se observan las frecuencias para cada grupo de tallas, denominadas clase.....	44
Figura 23. Distribución de la frecuencia de tallas en densidades, agrupadas en intervalos de 10cm para cada año analizado, obtenidos a partir de la captura por unidad de esfuerzo, multiplicado por el histograma de frecuencias estandarizados de tallas.....	45
Figura 24. Promedio y desviación estándar para las tallas promedio de atún para los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006 así como el total.....	46
Figura 25. Superficie de respuesta para la interacción latitud-anomalía de temperatura para el número de delfines manchados. Los datos corresponden a todo el periodo de estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.....	48
Figura 26. Superficie de respuesta para la interacción latitud-longitud para el número de delfines tornillo oriental. Los datos corresponden a todo el periodo de estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos	49
Figura 27. Superficie de respuesta para la interacción latitud-longitud para el número de delfines tornillo panza blanca. Los datos corresponden a todo el periodo de estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos	50

Figura 28. Superficie de respuesta para la interacción tamaño del cardumen-latitud para el número de delfines tornillo panza blanca. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos	51
Figura 29. Superficies de respuesta para la interacción latitud-longitud-anomalía de temperatura para el número de delfines tornillo panza blanca. K temp: -1 para la anomalía de temperatura fría, K temp: 0 para la anomalía de temperatura normal y K temp: 1 para la anomalía de temperatura cálida, para el conjunto de datos de este trabajo. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.....	52
Figura 30. Superficie de respuesta para la interacción latitud-longitud para el número de delfín común. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.....	53
Figura 31. Superficie de respuesta para la interacción tamaño del cardumen-latitud para el número de delfín común. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos	54
Figura 32. Superficie de respuesta para la interacción anomalía de temperatura-latitud para el delfín común. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos	55
Figura 33. Superficie de respuesta para la interacción anomalía de temperatura-longitud para el delfín común. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos	56
Figura 34. Superficies de respuesta para la interacción latitud-longitud-anomalía de temperatura para el número de delfín común. K temp: -1 para la anomalía de temperatura fría, K temp: 0 para la anomalía de temperatura normal y K temp: 1 para la anomalía de temperatura cálida. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos	57
Tabla 3. Se muestran los valores de R obtenidos a partir del análisis factorial para la latitud, longitud, tamaño del cardumen y sus interacciones para los años analizados. El dato en la columna “Valor de R” representa el porcentaje de la varianza explicada para esa especie para los datos analizados.....	58

Tabla 4. Se muestran los valores de R obtenidos a partir del análisis factorial para la latitud, longitud y su interacción para los años analizados. El dato en la columna “Valor de R” representa el porcentaje de la varianza explicada para los datos analizados para cada año.....	58
Figura 35. Distribución de las zonas de mayor captura para el atún aleta amarilla (Cap), las manadas de delfín manchado (SA), tornillo oriental (SI), tornillo panza blanca (SIpb) y común (Dd), las tallas más grandes de AAA (talla) para 1998 de acuerdo al modelo de varianza factorial.....	59
Figura 36. Distribución de las zonas de mayor captura para el atún aleta amarilla (Cap), las manadas de delfín manchado (Sa), tornillo oriental (SI), tornillo panza blanca (SIpb) y común (Dd), las tallas más grandes de AAA (talla) para 2001 de acuerdo al modelo de varianza factorial.....	60
Figura 37. Distribución de las zonas de mayor captura para el atún aleta amarilla (Cap), las manadas de delfín manchado (Sa), tornillo oriental (SI), tornillo panza blanca (SIpb) y común (Dd), las tallas más grandes de AAA (talla) para 2002 de acuerdo al modelo de varianza factorial.....	61
Figura 38. Distribución de las zonas de mayor captura para el atún aleta amarilla (Cap), las manadas de delfín manchado (Sa), tornillo oriental (SI), tomillo panza blanca (SIpb) y común (Dd), las tallas más grandes de AAA (talla) para 2005 de acuerdo al modelo de varianza factorial.....	62
Figura 39. Distribución de las zonas de mayor captura para el atún aleta amarilla (Cap), las manadas de delfín manchado (Sa), tornillo oriental (SI), tornillo panza blanca (SIpb)y común (Dd), las tallas mas grandes de AAA (talla) para 2006 de acuerdo al modelo de varianza factorial.....	63
Tabla 5. Valor de los tres valores propios obtenidos a partir del análisis de componentes principales (ACP) para las cuatro especies de delfines y atunes así como los parámetros geográficos y temperatura.....	64
Tabla 6. Tabla de factores para el análisis de factores a partir del análisis de componentes principales.....	65

Figura 40. Gráfico de pendiente de los valores propios, se observa el porcentaje de la varianza que representa cada uno de estos componentes; son los utilizados en este análisis ya que presentaron valor propio mayor a uno.....65

Figura 41. Representación tridimensional de los 3 factores obtenidos por componentes principales donde se agrupan los organismos analizados a partir de todos los años analizados: 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006.....67

Figura 42. Probabilidad de asociación y el producto de la probabilidad de los datos respecto de la probabilidad a priori sin ser aún ajustados para el número de atunes, delfín manchado, delfín tornillo oriental, delfín tornillo panza blanca y delfín común para los años analizados.....70

Figura 43. Probabilidad posterior del conjunto o asociación y que se representa como la probabilidad acumulada, se trata de producir un cruce con la recta de la probabilidad intuitiva.....71

Tabla 7. Porcentajes obtenidos como probabilidad posterior para el atún y las especies de delfines para 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006.....72

Figura 44. Porcentajes obtenidos para la asociación de as probabilidades posteriores. La asociación se observa por números: atún (1), delfín manchado (2), delfín tornillo oriental (3), delfín tornillo panza blanca (4) y delfín común o el conjunto (5). Se considera para cada número su asociación con el número anterior. Para el número cinco se incluyen todas las especies de delfines incluyendo el atún o el conjunto.....73

Figura 45. Histograma de frecuencia y distribución esperada del ajuste para la probabilidad de asociación del atún y las especies de delfines, para 100 mil iteraciones dado el al rango del intervalo de clase para las abundancias del conjunto para todos los años.....74

•Resumen.

A partir de la base de datos, proporcionada por el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección a Delfines (PNAAPD), de lances sobre manadas de delfines que incluía un total de 14,089 datos se seleccionó una muestra de 2,070 lances que incluyó la talla promedio del atún aleta amarilla, abundancia de cuatro especies de delfines, captura total de atún, parámetros geográficos y temperatura, realizados por la flota cerquera mexicana en los años 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006, en la zona que abarca desde la línea del ecuador hasta la zona de California y de la línea de costa hasta los 140° de longitud Oeste. A partir de un enfoque univariado (análisis de varianza factorial), uno multivariado (análisis de componentes principales), además del conjunto utilizando probabilidades condicionales bayesianas se analizó la interacción existente entre cuatro especies de delfines, el cardumen de atún así como su relación con la temperatura, la estructura de tallas del cardumen y su cambio en el tiempo. El promedio de longitud furcal para el atún aleta amarilla osciló entre 89 y 102 cm para cinco años analizados en un periodo de ocho años que va de enero de 1998 a noviembre de 2006. Para los lances analizados, la especie de delfín que presenta una asociación mayor con el atún es el delfín manchado (*Stenella attenuata*), en segundo lugar las dos sub especies del delfín tornillo, oriental y panza blanca (*Stenella longirostris orientalis* y *S. longirostris longirostris*), y en último caso el delfín común (*Delphinus delphis*). Las capturas altas y con tallas grandes (49% de probabilidad) se asociaron a lances sobre manadas mixtas de delfín manchado y delfín tornillo oriental; decrece al haber manadas puras de delfín manchado, en tercer lugar manadas de delfín tornillo panza blanca y por último manadas de delfín común. La estructura de tallas del atún aleta amarilla abarcó el intervalo de 30 a 190cm e incluyó los estadios juveniles hasta los adultos. El intervalo de tallas del atún fue generalmente alrededor de los 40-160 cm, aunque la distribución de las tallas varió entre años, la mayor parte de las capturas fue sobre organismos adultos que por lo menos una vez se han reproducido. Los cambios de la frecuencia de tallas pueden haber ocasionado un movimiento de la flota cerquera mar adentro, como es el caso de los años en que se presentó La Niña produciendo un mayor esfuerzo para obtener capturas grandes en comparación a las que realizadas cerca de la costa, observándose que la distribución de estas especies de delfines es principalmente longitudinal. El tamaño del cardumen presentó influencia por la temperatura cálida, así como para las dos sub especies de delfín tornillo; mientras que el delfín manchado y el delfín común están influenciados por las anomalías de temperaturas frías.

Palabras claves: interacción atún-delfín, atún aleta amarilla, delfín manchado

•Abstract

From the database, provided by the national program of exploitation of tuna and dolphin protection (PNAAPD), of sets on dolphin herds that included a total of 14,089 data, a sample of 2,070 sets included the average size yellow fin tuna, an abundance of four species of dolphins, total catch of tuna, geographic parameters and temperature, made by the Mexican purse seine fleet in the years 1998, 2001, 2002, 2005 and 2006 in the area stretching from the line of Ecuador to the area of California and the coastline to 140 ° west longitude. From a univariate approach (factorial ANOVA) a multivariate (principal component analysis) and Bayesian conditional probabilities examined the interaction between four species of dolphins, the shoal of tuna as well as its relationship with temperature, the structure length of the shoal and its change over time, noted that the average fork length for yellow fin tuna ranged between 89 and 102 cm for 5 years analyzed in 8-year period from January 1998 to November 2006. For sets analyzed, the species of dolphin that has a larger association with tuna is spotted dolphin (*Stenella attenuata*), secondly the two subspecies of spinner dolphins, eastern and white belly (*Stenella longirostris orientalis* and *S. longirostris longirostris*), and ultimately the common dolphin (*Delphinus delphis*). The high catches and large sizes (49% probability) were associated with mixed flock sets on spotted dolphin and eastern spinner dolphins; decreases having spotted dolphin herds, flocks third screw dolphin white belly and finally common dolphin herds. The size-structure of yellow fin tuna covered the range of 30 to 190 cm and included juvenile stages to adults. The range of sizes of the fish was usually around 40-160 cm, although the distribution of sizes varied between years, most of the capture data were from adult animals, at least once they've reproduced. Changes in size frequency may have caused a movement of the purse seine fleet to oceanic longitudes, as in the years when it was presented La Niña making a greater effort to obtain larger catches compared to those made near the coast, noted that this dolphin species' distribution is mainly longitudinal. The size of the shoal is impacted by warm temperatures, as well as for the two sub species of spinner dolphin, whereas the spotted dolphin and common dolphin are influenced by cold temperature anomalies.

Key words: Tuna-dolphin interaction, yellow fin tuna, spotted dolphin.

•Introducción.

La estructura de las poblaciones y su relación con otros grupos de especies es el tema de interés a tratar, es decir la formación de conjuntos, ensambles o grupos de especies. La asociación atún delfín es conocida como una relación existente, es un tema de estudio y es un problema real en las pesquerías. Muchos de los aspectos de estas interacciones permanecen sin ser conocidos aún o sin conocerse algunas cuestiones básicas, las cuales se pretendió entender. A partir del estudio de las variaciones de las abundancias entre las poblaciones, por ejemplo, cual es el tamaño de la varianza de las abundancias numéricas. También lo es, conocer las interacciones entre estas abundancias y algunas de las variables tales como la temperatura y la distribución geográfica de las especies en el Océano Pacífico Oriental; y las interacciones entre éstas y la estructura de las poblaciones del atún aleta amarilla respecto del conjunto de especies con las que interactúa.

El Océano Pacífico Oriental (OPO) aporta aproximadamente el 65 % de la pesca de túnidos. La especie más importante en términos de volumen de captura, a nivel mundial, es el barrilete, *Katsuwonus pelamis* (49%). Sin embargo, otras especies de túnidos, aunque con volúmenes de captura menores, alcanzan un mayor valor comercial en función de la calidad del producto al llegar a puerto, el tamaño de los organismos capturados y aspectos de oferta y demanda (Enríquez-Andrade 2004). En 1996, el atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, aportó el 33% de la captura, el patudo, *T. obesus*, 10%, la albacora, *T. alalunga*, 6% y el atún aleta azul, *T. thynnus*, el 2% (INP 2000, CIAT 2008).

En el Océano Pacífico Oriental (OPO) pescan atunes los barcos de 13 países, siendo la flota mexicana la más importante en términos de capacidad de carga, número de embarcaciones de gran capacidad de acarreo y volúmenes de captura. El OPO aporta aproximadamente el 13% de la captura total de atún en el mundo. La pesquería mexicana del atún en esta región se lleva a cabo principalmente dentro de la Zona Económica Exclusiva (ZEE), entre la costa occidental de Baja California Sur, la entrada y parte sur del Golfo de California, y cerca de las islas Revillagigedo así como en aguas internacionales (INP 2000, CIAT 2008).

En México, el atún es la segunda pesquería en volumen, después de la sardina y la segunda en valor, después del camarón. De los 11 estados costeros del Pacífico mexicano, es en Sinaloa, Colima y Chiapas donde se descarga en la actualidad el 89% del atún (SEMARNAP 1999).

El atún aleta amarilla constituye en los últimos años entre 75% y 90% de la captura anual de la flota mexicana, el barrilete representa entre 7% y 20%, mientras que las otras especies (aleta azul, patudo, albacora, bonito) conforman menos del 5% de la captura (INP 2000, Carta Nacional Pesquera 2004, 2006).

La pesca de atún en el OPO se realiza durante casi todo el año, aunque existe un periodo de veda para esta especie, del 22 de noviembre al 31 de diciembre de cada año (CIAT 2008), sin presentarse una estacionalidad muy marcada, mostrando un patrón de capturas relativamente estable durante los últimos años. La disponibilidad de este recurso se ve afectada por perturbaciones climáticas notables, como es el caso del fenómeno "El Niño" (ENSO), que influye directamente en las condiciones ambientales (Fiedler 1992, 1994, INP 2000).

En 1997 todas las especies capturadas por la flota atunera mexicana en el océano Pacífico Oriental comprendieron el máximo histórico de 168,373 toneladas. Con lo que respecta al atún aleta amarilla, que conforma la mayor parte de esa producción, se observó un máximo de 130,107 toneladas en 1989 y un descenso a 93,151 toneladas en 1993, con un promedio de 105,460 toneladas. Para 1998 la captura fue de 151,398 toneladas (CIAT 1999, CIAT 2008).

Los barcos cerqueros utilizan tres maniobras de pesca (lance de pesca) para capturar el atún. Estas maniobras son realizadas de acuerdo al comportamiento del cardumen, es decir, si este, se encuentra asociados a objetos flotantes, a delfines o como cardumen libre (Aldana 2000). De estos tres tipos de lances, los realizados sobre cardúmenes asociados con delfines capturan un mayor tonelaje (INP 2000); este tipo de lance será nuestro objeto de análisis.

La pesca de atún asociados con delfines se considera altamente selectiva por capturar principalmente atunes aleta amarilla de tallas grandes que, al menos una vez en su ciclo de vida ya se han reproducido. Además, presentan los valores más bajos de captura incidental de otras especies, es un factor importante en la sustentabilidad del recurso y en la reducción de los descartes, además de propiciar un mayor valor en el mercado de exportación (Punsly *et al.* 1994).

Los lances sobre delfines presenta una talla promedio mayor a los 97.9 centímetros de longitud furcal, mientras que los lances sobre cardúmenes libres, el promedio de talla es de 79.7

centímetros. Comparativamente con estos lances, los realizados sobre objetos flotantes, se caracterizan por capturar las tallas mas pequeñas de atún, que corresponde a una talla promedio de 60.8 cm (Aldana 2000) (Fig. 1)

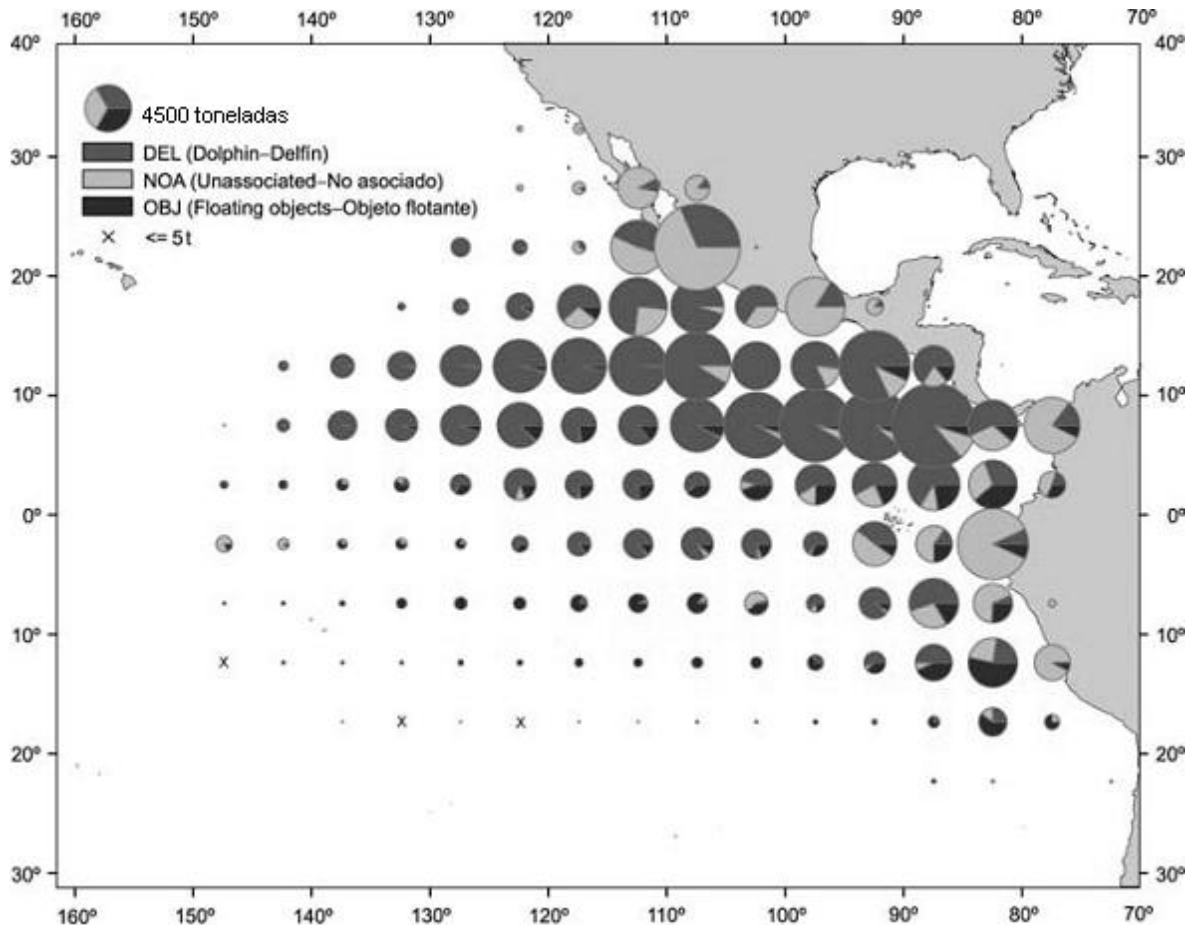


Fig. 1 Distribución promedio anual de las capturas realizadas con redes de cerco de aleta amarilla, por tipo de lance, 1990-2004. El tamaño de cada círculo es proporcional a la cantidad de aleta amarilla capturado (Tomada del reporte anual de la CIAT 2006).

Los principales especies de delfines a los que la flota cerquera mexicana busca para detectar y capturar el atún, son: delfín manchado (*Stenella attenuata*), delfín tornillo (*Stenella longirostris*) y delfín común (*Delphinus delphis*).

• Área de estudio: Océano Pacífico Oriental Tropical.

El Océano Pacífico Oriental Tropical se extiende aproximadamente desde la línea de San Diego y Hawaii oeste hasta el sur de Perú y es uno de las zonas más productivos en los océanos tropicales del mundo. Esta zona se caracteriza por la presencia de especies altamente migratorias como lo son los atunes, marlines y tiburones (Barber y Chávez 1986).

La estructura térmica del Pacífico tropical se caracteriza por una capa de mezcla donde la temperatura es casi constante; una termoclina con un cambio térmico muy fuerte y una capa subsuperficial donde decrece pero con intervalos mucho menores que en la termoclina (Tchernia 1980).

La variación anual de la temperatura superficial fluctúa entre 26° C y 28° C (Shea *et al.* 1992). La intrusión de agua subsuperficial subtropical propicia cambios anuales de 5° C ó más en el área cercana a Cabo Corrientes, mientras que en el Golfo de Tehuantepec oscilan entre 3° y 4° C. Las aguas cálidas del Pacífico Tropical están sujetas a un calentamiento superficial que tiende a reducir la densidad, no obstante, la excesiva evaporación que tiene lugar en el subtrópico, incrementa la densidad del agua superficial y promueve la convección y consecuentemente, un proceso de mezcla constante con una extensión vertical de la capa de mezcla de 20 a 50 metros (Weare *et al.* 1981).

La costa occidental tropical de México está dominada por dos grandes corrientes, la corriente de California y la corriente Norecuatorial (ambas pertenecen a la gran circulación local), la cual es estacional y afecta sólo las capas superficiales del océano (Weare *et al.* 1981, De la Lanza 1991, Martínez-Rincón 2009). En el Océano Pacífico Tropical del Este se distinguen varios tipos de masas de agua superficiales y dos subsuperficiales. Las primeras son: 1) agua superficial tropical, 2) agua superficial subtropical, 3) agua superficial de la corriente de California, 4) agua de la corriente norecuatorial y 5) agua subsuperficial subtropical (Garfield *et al.* 1983).

Corrientes y circulación.

De acuerdo con la circulación general de la atmósfera, México queda comprendido entre la zona anticiclónica sur y la de calmas ecuatoriales. Los vientos que se generan en la zona anticiclónica sur, por efecto de la rotación de la tierra toman dirección SO y se manifiestan en la baja atmósfera, denominada alisios, y al llegar a la zona de calmas ecuatoriales, experimentan

una inversión y se dirigen hacia el norte por la alta atmósfera hasta llegar a la zona anticiclónica (Tamayo 1984, Trasviña 2008).

La región está bajo la influencia de la corriente de California, la contracorriente Norecuatorial, y al corriente de Costa Rica (Wyrski 1966, Baumgartner y Christensen 1985, Xie y Hsieh 1995, Badan 1997). El Pacífico Oriental Tropical está bajo la influencia de las aguas superficiales tropicales en la parte central. Los bordes al norte y al sur de la zona están bajo la influencia de las aguas superficiales subtropicales. En el norte, las aguas subtropicales superficiales están presentes, conformadas con agua superficial templada. La corriente de California aparece como masa de agua fría, apareciendo en el invierno (Fiedler 1992, Fiedler *et al.* 1992). La influencia de la corriente de Costa Rica se expande hasta la punta de la península de Baja California y aparece de agosto a diciembre (Baugmarter y Christensen 1985, Badan 1997). Esta área también está bajo la influencia de la Oscilación Sur-El Niño (Fiedler *et al.* 1992, Ramp *et al.* 1997, Madrid y Sánchez 1997, CIFEN 2006, NOAA 2007).

El Océano Pacífico Oriental Tropical contiene algunas de las aguas más productivas de los océanos del mundo (Barber y Chávez 1986). Los niveles superiores de la red alimenticia pelágica comprenden atunes grandes, delfines, tiburones, peces picudos, y otras especies.

El Niño.

El fenómeno del Niño es una manifestación de varios eventos océano-atmosfera durante un periodo mayor a seis meses. El clima normal está dado por el sistema de alta presión sobre el Pacífico este que permite el flujo de los vientos alisios hacia la baja presión del oeste e induce una corriente fría en esta dirección el agua cálida se apila en el Pacífico Este, mientras que el agua fría regresa en una corriente subsuperficial. Cuando este patrón se rompe se produce un evento de El Niño (Miller 1984).

Cuando se presenta el fenómeno, las corrientes oceánicas cambian en posición y fuerza. La corriente de California gira al Oeste y se debilita, en su lugar surge una contracorriente débil. La corriente Norecuatorial se debilita y se desplaza hacia los polos. En contraste, la Contracorriente Ecuatorial, tiende a ser más extensa latitudinalmente y tiene un núcleo central de mayor velocidad, los que favorece un aporte inusitado de agua hacia el Este (Wyrski 1973, 1975, Franco-Gordo 2008).

• Interacción Atún-Delfín.

Cuando las especies compiten por recursos similares coinciden en el mismo hábitat y tiende a dividirse el recurso disponible (Roughgarden, 1976). Dos o más especies competidoras usualmente dividen los recursos ocupando diferentes locaciones para cazar a la misma presa (Roughgarden 1976, Bearzi 2005, Begon 2006). Estas estrategias han sido observadas en una gran cantidad de taxa, incluidos los primates (Tutin y Fernández 1984, Kuroda *et al.* 1996) y en carnívoros (Wu, 1999). Las investigaciones sobre la división del hábitat y el uso de los recursos para pequeños odontocetos son complicadas debido al hecho de la dificultad de observación de estos animales en mar abierto (Bearzi, 2005).

Los delfines pelágicos comúnmente se encuentran asociados con cardúmenes de atún aleta amarilla. Estas asociaciones poliespecíficas han sido extensamente estudiadas a lo largo del Pacífico Tropical (Perrin *et al.* 1973, Au y Pitman 1986, Au 1991) y comprenden numerosas especies, como los atunes y otros peces, mamíferos marinos, aves marinas y tiburones (Das *et al.* 2000, Gerrodette y Forcada 2005).

Estas agregaciones poliespecíficas al parecer, son integradas cuando especies sociales forman grupos para alimentarse llegando a ser muy grandes, incrementando el éxito en esta actividad evitando la amenaza de los depredadores (Scott y Cattanach 1998, Bearzi 2005). Estos animales son conocidos por alimentarse, interactuar y trasladarse juntos por periodos muy largos (Au 1991). Las agregaciones alimentarias se observan principalmente en aguas tropicales, en donde la presa es llevada hacia la superficie, ya que su abundancia y diversidad permite a los delfines y otras especies como aves marinas y tiburones alimentarse al mismo tiempo (Au y Pitman 1986).

Cada especie parece tener presas preferenciales pero se ha demostrado que los delfines lisos y moteados son especies oportunistas para la alimentación y pueden tomar ventaja de la abundancia local y estacional de las presas (Wurtz y Marrale 1993, Das *et al.* 2000). Se han observado en el OPO especies de delfines que son las más frecuentes en este tipo de interacción como lo son: delfín manchado (*Stenella attenuata*), delfín tornillo (*Stenella longirostris*), delfín común (*Delphinus delphis*), delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) (Lennert-Cody 2005, Wade 2007). Por ejemplo, en el Atlántico Noroeste, la dieta del delfín

común consiste principalmente de peces de gran talla como las capelinas (*Mallotus villosus*) y de macarelas (*Scomber scombrus*) (Overholtz y Waring 1991, Ostrom *et al.* 1993).

No se comprenden bien los motivos del vínculo fuerte entre el atún aleta amarilla y delfines en el OPO, pero su persistencia y fuerza indica claramente que al menos uno de estos animales deriva algún beneficio de la asociación de tipo poliespecífica (Au 1991, Scott y Cattanach 1998, Das *et al.* 2000).

•Antecedentes.

La interacción entre mamíferos marinos y pesquerías de importancia comercial han ocurrido desde varios siglos atrás, pero actualmente han aumentado en frecuencia e intensidad (DeMaster *et al.* 2001, Fromentin 2009). Esta tendencia se debe al continuo crecimiento de la población, el crecimiento industrial de las pesquerías y su expansión a nuevas áreas de pesca a zonas más lejanas de costa o aguas internacionales. El aumento en la demanda de proteína animal ha sido la resultante en el ciclo de intensa pesca llevando al límite los stocks de peces. Como consecuencia, las pesquerías pueden estar alterando la estructura y función de los ecosistemas marinos (Jackson *et al.* 2001, Pauly *et al.* 2002, Myers y Worm 2003, Fromentin 2009). La desaparición de stocks frecuentemente resulta en la intensificación y desplazamiento del esfuerzo pesquero, lo cual incrementa la probabilidad de la interacción con mamíferos marinos (Myers y Worm, 2003).

Estudios sobre evaluación de stocks de delfines en la zona tropical del océano Pacífico Oriental, en particular los involucrados con la pesca del atún, demuestran que actualmente las poblaciones de delfines se encuentran estables, sin presentar ningún indicio de declinación a causa de la mortalidad incidental ejercida por la flota atunera internacional (CIAT, 2000). De los delfines que caen en redes de cerco, más del 99.9% son liberados y la tasa de mortalidad de delfines de la flota mexicana en particular en 2002 fue de 0.005 delfines muertos por lance con delfines encerrados (CIAT 2006).

Estudios realizados por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) demuestran que si se aplicara la pesca de atún únicamente sobre objetos flotantes y cardúmenes libres, se

induciría un daño a la población de atún aleta amarilla y al ecosistema en su conjunto, ya que este tipo de lances solamente captura atunes de talla pequeña, los cuales no se han reproducido, una gran diversidad de especies no objetivo que son regresadas muertas al mar, mientras que los lances asociados a mamíferos marinos captura atunes de tallas mayores y que por lo menos una vez se han reproducido (Punsly *et al.* 1994).

El Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de los Delfines (APICD) requiere una cobertura por observadores del 100% de los viajes de buques cerqueros de más de 363 toneladas métricas de capacidad de acarreo que pesquen atunes en el Océano Pacífico Oriental (OPO). Este mandato es llevado a cabo por el Programa de Observadores a Bordo del APICD, integrado por el programa internacional de observadores de la CIAT y los programas de observadores de Colombia, Ecuador, México, Panamá, la Unión Europea y Venezuela. Los observadores son biólogos, que son capacitados para recabar una variedad de datos sobre la mortalidad de delfines asociados con la pesca, avistamientos de manadas de delfines, capturas intencionales de atunes e incidentales de peces y otros animales, datos oceanográficos y meteorológicos, y otra información utilizada por el personal de la CIAT para evaluar la condición de las distintas poblaciones de delfines, estudiar las causas de mortalidad de delfines, y evaluar el efecto de la pesca sobre los atunes y otros componentes del ecosistema. Los observadores recaban también información pertinente al cumplimiento de las disposiciones del APICD, y datos necesarios para la certificación de la calidad “*dolphin safe*” del atún capturado (CIAT 2006).

El National Marine Fisheries Service (NMFS) ha llevado a cabo cruceros en barcos de investigación y aviones con el propósito de calcular estimaciones de la abundancia de varios stocks de delfines, usando métodos de transectos lineales (Holt *et al.* 1987, Wade y Gerrodette 1993). La ventaja de los barcos de investigación y aviones es que pueden seguir líneas de derrota antes determinadas como las más eficaces para fines estadísticos (aunque el mal tiempo puede forzar cambios en dicha líneas). La desventaja es que reunir datos de esta forma es caro, por lo que se consiguen relativamente pocas observaciones; por este motivo, los límites de confianza de las estimaciones son amplios. No obstante, los estudios de este tipo son de gran valor porque están diseñados con base en los principios de muestreo estadístico y porque abarcan zonas donde la cobertura por los barcos pesqueros es insuficiente.

Los países que poseen flotas atuneras en el Océano Pacífico Oriental, incluidos México y Estados Unidos, entre otros, están sujetos al acta de protección a mamíferos marinos, la cual prohíbe el uso o venta de mamíferos marinos capturados en pesquerías comerciales. Legislaciones similares como el Acuerdo de La Jolla (1992) y la Declaración de Panamá (1995) prohíbe el uso y venta de mamíferos marinos (Read *et al.* 2005).

La mayoría de las especies de mamíferos marinos presentan interacciones frecuentes con operaciones de pesca las cuales, ocasionalmente tienen como resultado la captura de estos animales en distintos artes de pesca (Northridge y Hoffman 1999, Hall *et al.* 2000, Northridge 2002). Actualmente se tiene conocimiento de un total de 106 especies de mamíferos marinos (74 cetáceos, 31 focas y nutrias marinas) que presentan interacciones con pesquerías comerciales a nivel mundial (Northridge, 1984; Jennings, Kaiser y Reynolds 2001, Matthiopoulos *et al.* 2008).

Las interacciones con mamíferos marinos y las pesquerías tienen diferentes formas: algunas son de tipo operacional, en las cuales los mamíferos marinos entran en contacto directo con los artes de pesca (Mitchell 1975, Beverton 1985). Probablemente el caso más estudiado de interacciones entre pesquerías y mamíferos marinos es en el Océano Pacífico Oriental Tropical e incluye la pesquería de atún con redes de cerco (Au y Pitman 1986, Silva *et al.* 2002). En otras, los mamíferos marinos y las pesquerías interactúan a través de las redes tróficas. Como respuesta a estas dos formas de interacciones típicas, se requieren diferentes formas de manejo (Northridge y Hoffman, 1999).

Las interacciones operacionales, pueden resultar en la muerte o en el daño serio de mamíferos marinos que son capturados por accidente, un proceso conocido como pesca incidental (Alverson *et al.* 1994). En algunas zonas del mundo, los mamíferos marinos son capturados sin intención, pero son retenidos para consumo o venta (Hall 1996) distinguiéndose así, aquellos que son retenidos sin intención como captura incidental y son referidos como capturas no objetivo (Northridges 2002). Ambas, captura incidental y no específica, tienen consecuencias demográficas en las poblaciones de mamíferos marinos (IWC 2001). La naturaleza de las interacciones operacionales puede cambiar a lo largo del tiempo. En algunas pesquerías, los mamíferos marinos son capturados en un inicio como captura incidental, luego son retenidos como especies no objetivo ya que su valor como alimento y finalmente se convierten en el objetivo de la pesquería por si mismos (Read *et al.* 1988, Leatherwood y Reeves 1989).

Las especies de delfines que forman manadas de cientos o miles, típicamente viven en hábitats pelágicos donde se cree que la presión de depredación debe ser mayor; mientras que las especies costeras y ribereñas típicamente forman manadas mucho más pequeñas (Norris y Dohl 1980, Wells *et al.* 1980, Scott y Chivers 1990, Reilly 1990).

Hasta los últimos años se pensaba que la explicación más probable de la relación era que los delfines poseen una mayor habilidad para encontrar alimento que los atunes gracias a su capacidad de ecolocalización, estos argumentos han sido formulados con base a modelos matemáticos y energéticos, así como ventajas potenciales en la alimentación (Mullen 1984, Edwards 1992, Würsig *et al.* 1994). Asociaciones compuestas de todas estas especies de depredadores son comunes en aguas tropicales del Océano Pacífico Oriental, existiendo una correlación positiva entre las manadas de delfines, parvadas y los cardúmenes (Au y Pitman 1986, 1988). Durante 1992 y 1993, miembros del personal de la CIAT, en cooperación con miembros del NMFS, el PNAAPD, la Universidad de Hawaii, y la Universidad Nacional de Costa Rica, realizaron estudios de la relación entre el delfín manchado y el atún aleta amarilla mediante el marcado simultáneo de delfines y atunes de las mismas agregaciones, los delfines con radiotransmisores y los atunes con transmisores sónicos. Se creía que la información obtenida del rastreo simultáneo de ambas especies sería valiosa por dos motivos. En primer lugar, el estudio de los desplazamientos e interacciones de las dos especies, en conjunto con estudios de hábitos alimenticios realizados por la CIAT y el NMFS, ayudarían a establecer la dinámica del vínculo atún-delfín y el grado en el cual se basa en el alimento.

En segundo lugar, se podría quizá determinar si el vínculo se relaja o se rompe bajo ciertas condiciones y, de ser así, si los atunes serían vulnerables a la captura con red de cerco en esas ocasiones.

Los resultados indicaron que las dos especies a menudo se alimentan a distintas horas, a distintas profundidades, y a veces de distintas presas. Los delfines manchados parecen alimentarse primordialmente al anochecer, de noche, y a primera hora de la mañana, y con peces y cefalópodos epipelágicos y mesopelágicos (Hassani *et al.* 1997). Los atunes aleta amarilla parecen alimentarse durante el día en la capa de mezcla con peces epipelágicos, cefalópodos, y crustáceos y, en menor grado, de noche con cefalópodos epipelágicos y

mesopelágicos (Hassani *et al.* 1997). En general, los resultados sugieren que la alimentación con especies presas compartidas podría no ser el motivo principal de la asociación, y que se deberían explorar otras causas. Cada especie parece tener preferencia por ciertas presas pero ha sido demostrado que tanto los delfines manchados como los comunes son consumidores oportunistas y pueden tomar ventaja de la abundancia local y estacional de presas (Wúrtz y Marrale 1993, Blanco *et al.* 1995, Young y Cockcroft 1995). Los datos también insinuaron, pero no comprobaron, que la asociación se relaja de noche (Au y Pitman 1986, CIAT 1994).

En 1993 la CIAT, en cooperación con el National Marine Fisheries Service (NMFS), inició un estudio de los hábitos alimenticios y la dinámica trófica de atunes aleta amarilla, delfines, y otros depredadores grandes que concurren y que son capturados en agregaciones multiespecíficas por barcos atuneros cerqueros en el OPO. El contenido estomacal del atún aleta amarilla y delfines capturados juntos en el mismo lance cerquero fue comparado con aquél de aletas amarillas y otros depredadores capturados cuando no se encontraban asociados con delfines, es decir, capturados en asociación con objetos flotantes o en cardúmenes no asociados, en las mismas zonas y al mismo tiempo. Se realizaron también análisis de los isótopos estables de carbono, nitrógeno y cadmio en el tejido de los atunes, delfines, y otros depredadores grandes a fin de determinar el grado de superposición trófica entre los mismos, observando así que los atunes y los delfines comunes capturan presas similares y específicas; concluyendo que es posible delimitar las relaciones tróficas en este tipo de asociaciones (CIAT 1994, Das *et al.* 2000).

El atún aleta amarilla se agrupa en tres tipos de cardúmenes principalmente: cardumen libre, asociado a palos y brisas y asociado a mamíferos marinos. Cada tipo de cardumen tiene una distribución espacial particular. El asociado a delfines tiene un área de distribución especialmente importante al norte del Ecuador. El asociado a objetos flotantes se presenta, por el contrario, en zonas ecuatoriales costeras, y en particular los artificiales se han desarrollado al sur del Ecuador, a lo largo de una franja que se extiende a áreas muy alejadas de la costa, donde poco atún aleta amarilla es capturado. Finalmente, los no asociados son generalmente costeros. En el caso de México, el esfuerzo está dirigido especialmente a la pesca asociada con delfines. Normalmente un 60% de los lances son sobre estos cardúmenes (Dreyfus y Robles, 2008a, 2008b).

•Objetivo General.

Analizar en espacio y tiempo el tamaño del cardumen del atún aleta amarilla y su estructura de tallas, con respecto al tipo y tamaño de la manada de delfines.

•Objetivos Particulares.

Analizar la asociación de los delfines manchados (*Stenella attenuata*), delfines tornillos (*Stenella longirostris*), delfín común (*Delphinus delphis*) con el atún aleta amarilla.

Determinar la estructura de tallas del atún aleta amarilla asociado a manadas de delfín manchado (*Stenella attenuata*), delfín tornillo (*Stenella longirostris*) y delfín común (*Delphinus delphis*) y su relación con la temperatura.

Evaluar si existe alguna variación en la composición de los cardúmenes y las manadas de delfines respecto a las variaciones interanuales, las de la Oscilación del Sur- El Niño y la influencia decadal.

•Metodología.

Los datos de los lances de pesca, captura, tipo y tamaño de manada, temperatura superficial del mar, así como las tallas de los atunes aleta amarilla, fueron proporcionados por el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y de Protección de Delfines (PNAAPD), bajo compromisos de publicación autorizada y uso adecuado de los datos. Esta información está contenida en los formatos que son proporcionados por el PNAAPD, al observador para el registro de las actividades de pesca. Específicamente para este estudio, se utilizó la información de dos formatos, que fueron: Informe Diario (ID) y Registro de Observaciones de Mamíferos Marinos y Datos del Lance (ROMMDL). Los datos a considerar son los obtenidos por los observadores del PNAAPD a bordo de la flota cerquera mexicana para los periodos de 1998, 2001 - 2002 y 2005 - 2006. Las tallas del atún aleta amarilla, se obtuvieron a bordo por los observadores científicos designados por el PNAAPD de acuerdo al diseño de muestreo propuesto por Aldana (2000).

Se revisaron los datos proporcionados sobre los cruceros de pesca de atún; seleccionando solamente los lances realizados sobre cardúmenes asociados a delfines (LANMAM), formando una base de datos inicial. Estos se revisaron con el fin de que la información existente no se repitiera y los datos estuvieran completos.

Una vez revisados todos los cruceros que se tuvieron registrados para estos años, se seleccionaron únicamente los datos de los cruceros que coincidieran para las dos series de datos proporcionadas de la flota atunera, es decir, que tuvieran tanto los valores de tallas de los atunes como la especie y el número de delfines que conformaban de delfines quedando un total de 2070 lances para estos años, que incluía posición geográfica, captura total de atún, temperatura superficial del mar, talla de atún, especie y número de delfines observados en la manada.

A partir de estos lances se realizó una revisión del número de delfines por especie por mes y el promedio de tallas para cada año antes mencionado.

El área del OPO, se subdividió para su análisis desde 0° a 30° N y desde la línea de costa hasta los 120° W. Posteriormente esta área, se subdividió en cuadrantes de cinco grados cada uno. Para la latitud de 0° a 30° latitud N y longitud de 85° a 120° longitud W se obtuvieron los intervalos agrupando cada 5 grados tanto para la latitud como para la longitud.

Para estimar la composición y el número total de delfines por lance, se utilizaron los datos del formato ROMMDL (PAG. Inciso...) que corresponde a la mejor estimación de la manada.

De los formatos del Informe Diario (ID), se obtuvo la información referente a: posición del lance, temperatura del lance en °C, y captura de atún aleta amarilla.

•Análisis descriptivo.

A partir del uso de mapas se desplegó el esfuerzo de captura de la flota cerquera para 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006, así como para cada una de las especies de delfines asociadas y sus abundancias. Además, la talla promedio del atún (en centímetros) y la captura total del atún para cada año, para obtener un indicador de las abundancias para cada especie así como sus límites de confianza utilizando el promedio de Pennington, esto debido al número de celdas vacías o datos cero existentes en la base de datos.

Se llevó un análisis descriptivo de los datos a partir de la temperatura superficial del océano y de las anomalías de temperaturas, la Oscilación de Sur- El Niño y la Niña para el periodo analizado. Se llevó a cabo un análisis de dispersión de datos con respecto a las anomalías de temperatura, observando si existe alguna relación entre estos parámetros, además del valor de R o el porcentaje de la varianza que explican, intentando obtener el mejor ajuste posible. Este análisis se llevó a cabo para la talla promedio de atún, número promedio de atunes y cuatro especies de delfines.

•Análisis de varianza factorial.

Considerando que el diseño no es balanceado se procedió como análisis preliminar el de componentes de varianza considerando un diseño tipo factorial (Montgomery 1991) para:

- Número de delfines manchados (*Stenella attenuata*) contra latitud, longitud, anomalía de temperatura, año, tamaño del cardumen y la interacción.
- Número de delfines tornillo oriental (*Stenella longirostris orientalis*) contra latitud, longitud, anomalía de temperatura, año, tamaño del cardumen y la interacción.
- Número de delfines tornillo panza blanca (*Stenella longirostris longirostris*) contra latitud, longitud y su anomalía de temperatura, año, tamaño del cardumen y la interacción.

- Número de delfines común (*Delphinus delphis*) contra latitud, longitud, anomalía de temperatura, año, tamaño del cardumen y la interacción.
- Captura total de atún (en toneladas) contra latitud, longitud, anomalía de temperatura, año y la interacción.
- Talla de atún (en centímetros) contra latitud, longitud anomalía de temperatura, año y la interacción.

Así, el tipo más básico del diseño factorial incluyó: las tallas de los atunes, la captura total y las especies de delfines asociadas. Utilizando las combinaciones que resultan útiles para poder determinar la correlación.

El modelo factorial general:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \beta_k + (\alpha\tau)_{ij} + (\alpha\beta)_{ik} + (\tau\beta)_{jk} + (\alpha\beta\tau)_{ijk} + e_{ijk}$$

μ = Promedio Total

α_i = Efecto del *i*-ésimo tratamiento.

τ_j = Efecto del *j*-ésimo tratamiento.

β_k = Efecto de *k*-ésimo tratamiento.

$(\alpha\tau)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el *i*-ésimo y el *j*-ésimo tratamiento.

$(\alpha\beta)_{ik}$ = Efecto de la interacción entre el *i*-ésimo y el *k*-ésimo tratamiento.

$(\tau\beta)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre el *j*-ésimo y el *k*-ésimo tratamiento.

$(\alpha\beta\tau)_{ijk}$ = Efecto de la interacción entre el *i*-ésimo, el *j*-ésimo tratamiento y el *k*-ésimo tratamiento.

e_{ijk} = Error aleatorio distribuido como normal e independiente.

Si el análisis es significativo y el valor de R, que se deriva de la suma de cuadrados del modelo respecto de la suma del cuadrado del error, para indicar el porcentaje de la varianza explicada. Se obtuvieron los valores de la distribución F y para el estadístico de prueba de la varianza del efecto sobre el error y la probabilidad asociada *p*.

Solamente se graficaron los casos en los que hubo diferencias significativas para las interacciones, estas se graficaron como una superficie de respuesta, en el espacio que correspondiera, ya sea geográfico (latitud-longitud), escala de anomalía de temperatura (cálido 1, normal 0 y frío -1), escala del tamaño del cardumen (chico 0, mediano 1 y grande 2).

•Análisis multinomial.

Se procedió a construir los histogramas de frecuencias. A partir de éstas se calcularon los grupos de edad o tallas y las modas observadas en las distribuciones utilizando la distribución multinomial (Haddon 2001), de la forma:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_k) = \frac{n!}{x_1! x_2! \dots x_k!} p_1^{x_1} p_2^{x_2} \dots p_k^{x_k}$$

Donde xi es el número de veces que un evento i sucede en n muestras, n es el tamaño de la muestra, y Pi son las probabilidades de cada uno de los eventos k posibles. Para la estimación de los parámetros del modelo, se transformó la ecuación previa en una expresión de verosimilitud:

$$-\ln L(x_1, x_2, \dots, x_k) = \sum_{i=1}^k x_i \ln p_i$$

El principal supuesto para la estimación de los parámetros, es que la distribución de tallas para cada longitud promedio o modal puede ser estimada con una distribución normal, determinando que cada moda corresponde a una cohorte diferente en la población. Bajo esta condición, las estimaciones de las proporciones relativas esperadas de cada categoría se describen con la función de densidad:

$$p_{LF} = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{(L_F - \mu_F)^2}{2\sigma_n^2}}$$

Donde μ_F y σ_F son los promedios y la desviación estándar de la longitud total de cada cohorte. Para estimar las frecuencias esperadas y estimar los parámetros del modelo, se contrastan los valores estimados y observados a través de la siguiente función logarítmica de distribución multinomial (Haddon 2001):

$$-\ln L(\mu_F, \sigma_F) = -\sum_{i=1}^n L_i \ln \phi_i = -\sum_{i=1}^k L_i \ln \left(\frac{\hat{L}_i}{\sum \hat{L}_i} \right)$$

En esta expresión los parámetros μ_F y σ_F corresponden a los promedios y las desviaciones estándar de la longitud total correspondientes a los n promedios que están presentes en la distribución de longitudes de cada periodo. Los parámetros del modelo fueron estimados cuando la función de verosimilitud fue minimizada con el algoritmo de búsqueda directa de Newton (Haddon 2001, Gelman 2004).

•Análisis de componentes principales.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) se utilizó para producir una síntesis de la información, y para reducir la dimensionalidad del problema. Las soluciones, producidas a través del eigenanálisis o análisis propio, del cual se producen los componentes principales que serán una combinación lineal de las variables originales y su solución, soluciones independientes entre sí.

El análisis de componentes principales (ACP) permitió analizar una serie de datos agrupados en variables heterogéneas con respecto a sus medias o con respecto a sus desviaciones estándar, calculando los vectores propios o principales a partir de matrices de covarianza o correlación.

Una vez normalizados estos vectores propios, se encuentran los componentes principales. Con esta técnica, se pudo resumir a unas pocas dimensiones el gran número de datos y permitiendo conocer la cantidad de varianza explicada por los ejes. El número de componentes extraídos nunca rebasará el número total de variables originales.

Este método multivariante tiene el objetivo de convertir información estadística muy compleja resultante de los datos, en otra equivalente, pero manejable sin pérdida significativa de información. Se llevó a cabo en el programa de computo *Statistica*, el cual no permite realizar la exploración en tres dimensiones, es por esto que se utilizó el análisis de factores, el cual permite esta representación, utilizando en el cálculo de los valores propios las variables ambientales pero no al graficarlos; es decir, se tomaron el número de atunes y delfines de las cuatro especies, además de las variables

ambientales y geográficas para llevar a cabo el análisis. Solamente fueron graficados el número de atunes y el número de delfines.

Variables ambientales: Latitud, longitud, anomalía de temperatura.

Organismos: Número de atunes, delfín manchado, delfín tornillo oriental y panza blanca, delfín común.

•Probabilidades bayesianas.

Como último análisis, se procedió a utilizar probabilidades condicionales o Bayesianas para poder obtener un valor de probabilidad para la asociación de estas especies o en conjunto, es decir, la probabilidad de asociación que tendrá el atún con cada una de las especies de delfines y en conjunto con las 4 especies.

Como primera etapa de este análisis, se obtuvieron las distribuciones; a partir de la base de datos utilizada para todos los análisis, se obtuvieron dos series de datos: la primera es el promedio Aritmético y la segunda es el promedio de Pennington (Pennington 1996).

Para ambas series de datos se obtuvieron: promedio, error estándar, intervalos de confianza al 2.5% y al 97.5%, desviación estándar y N (para el aritmético) ó M (para Pennington) estos datos se obtuvieron para: la captura, talla de atún y número de atunes, delfín manchado (Sa), delfín tornillo oriental (Si), delfín tornillo panza blanca (Slpb), delfín común (Dd), estos datos fueron utilizados también para observar los promedios y sus intervalos de confianza de manera independiente para el atún y delfines así como para la captura.

A partir de los datos obtenidos, se utilizaron para obtener las distribuciones de probabilidad y se realizó un análisis para conocer las probabilidades condicionales a través del teorema de Bayes, utilizando la siguiente fórmula:

$$P(A_i|B) = \frac{P(B|A_i)P(A_i)}{P(B)} = \frac{P(B|A_i)P(A_i)}{\sum_{j=1}^n P(B|A_j)P(A_j)}$$

donde:

$P(A_i)$ son las probabilidades a priori.

$P(B | A_i)$ es la probabilidad de B en la hipótesis A_i .

$P(A_i | B)$ son las probabilidades a posteriori.

Se construyó una hoja de cálculo utilizando solamente el número de atunes y delfines; se resolvió en 3 ocasiones este teorema, obteniendo inicialmente los valores de probabilidad condicional, a partir de la distribución de Pennington se comparan las distribuciones de tipo normal respecto de si.

Primera resolución ó *A Priori*: Calculados los valores de los promedios aritmético (A) y de Pennington (P) para todas las variables, fueron utilizados como referencia a las distribuciones de probabilidad, a partir de los cuales se obtuvieron las proporciones por columna, es decir para cada especie, así como la suma total de estos y también sus proporciones, es decir la de todas las especies. Cada celda contiene la proporción con la que contribuye en cada columna o especie en este caso. Se procede a obtener el producto de cada celda respecto al total, de la proporción por especie respecto de la proporción total. Se dividió el dato de cada celda o entre el total de la suma realizada del renglón de los multiplicandos la suma de esta división da un valor igual a 1. Se realizó el producto de cada uno de los valores de los promedios por el valor de la suma para cada renglón: (A ó P/ suma total fila); de igual manera se sumaron estos dos valores para cada variable A a partir de este cálculo solamente se utilizaron los datos obtenidos para Pennington. O probabilidades a priori para Pennington.

Para cada especie se generaron sus probabilidades suponiendo una distribución normal, utilizando su promedio, su desviación estándar y un intervalo de datos que van de 0 al máximo observado al inicio del proceso de análisis, así tal distribución puede escribirse como $\sim N(\nu, \sigma, \psi)$, ν es el Ln promedio, σ es Ln desviación estándar, ψ se refiere al dato para el que se calcula la probabilidad y que va de 0 al máximo en el inicio. Se supone que $N(\nu, \sigma, \psi) \sim p(\theta/data)$ ψ se multiplica por la *a priori* de la primera resolución para producir $p(\theta/data)p(data)$. Se produce $\sim p(\theta/data)/\sum p(\theta/data)$ cuya suma vale 1 para cada especie.

Segunda resolución.

La probabilidad posterior de cada especie es la segunda resolución. La suma de estas columnas produce una nueva columna total o vector que fue dividido entre su suma total produciendo así la probabilidad posterior del conjunto

Tercera resolución.

Para obtener la probabilidad intuitiva, se dividen los intervalos de clase inicial entre el final para toda la columna.

Se obtuvieron las probabilidades acumuladas utilizando los datos del cociente de probabilidades sumado al dato anterior, dando una probabilidad acumulada final de 1. De igual manera se obtuvo la columna de probabilidad intuitiva dividiendo los intervalos de clase de la misma manera que la anterior.

Para obtener porcentajes se obtiene el producto de la probabilidad intuitiva por el dato del cociente de probabilidades de cada variable para el caso del primer dato; a partir del segundo dato se realiza el mismo producto más la probabilidad del dato anterior. Se grafica el porcentaje, seleccionando únicamente la última fila de datos de los porcentajes obtenidos de cada variable, que integra el porcentaje explicado para el promedio de esa distribución, la distribución posterior para cada especie y para el ensamble o conjunto.

Para obtener la posible solución a las distribuciones se simularon n intervalos de clase de manera aleatoria, considerando primero una búsqueda cercana al valor máximo de 0.5 o 50% para el promedio de cada distribución, y entre ese conjunto de valores, para observar las variaciones en un rango determinado que produjera los mejores ajustes, se graficó y se utilizó un macro con el intervalo de clase, el porcentaje final de las probabilidades condicionales y el intervalo de clase máximo. Se obtuvo así la probable solución del modelo para las variables de cada año.

•Resultados.

•Análisis descriptivo.

Los datos de este trabajo, corresponden a los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006, se seleccionaron 2,070 lances realizados en el Pacífico Oriental, por la flota cerquera que contienen datos sobre manadas de delfines (cuatro especies), talla de atún y temperatura superficial del océano.

Los lances realizados sobre manadas de delfines se muestran en la figura 2, se observó la cobertura de la flota cerquera mexicana, así como la similitud con las zonas de mayor captura de atún.

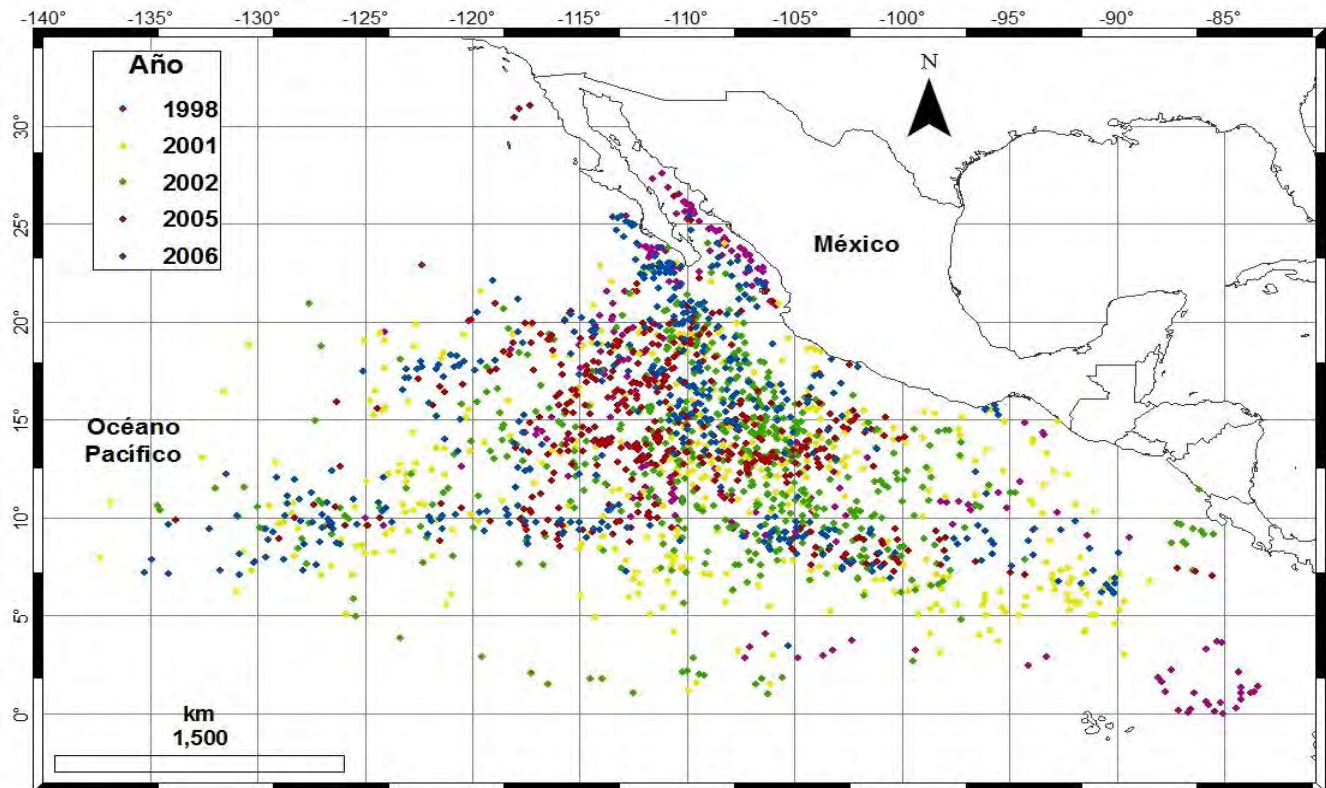


Fig. 2. Ubicación de los lances realizados por la flota cerquera mexicana para los años 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006.

Los siguientes mapas muestran las abundancias por especie de delfín analizadas para todos los años en la zona de estudio (Figuras 3-5).

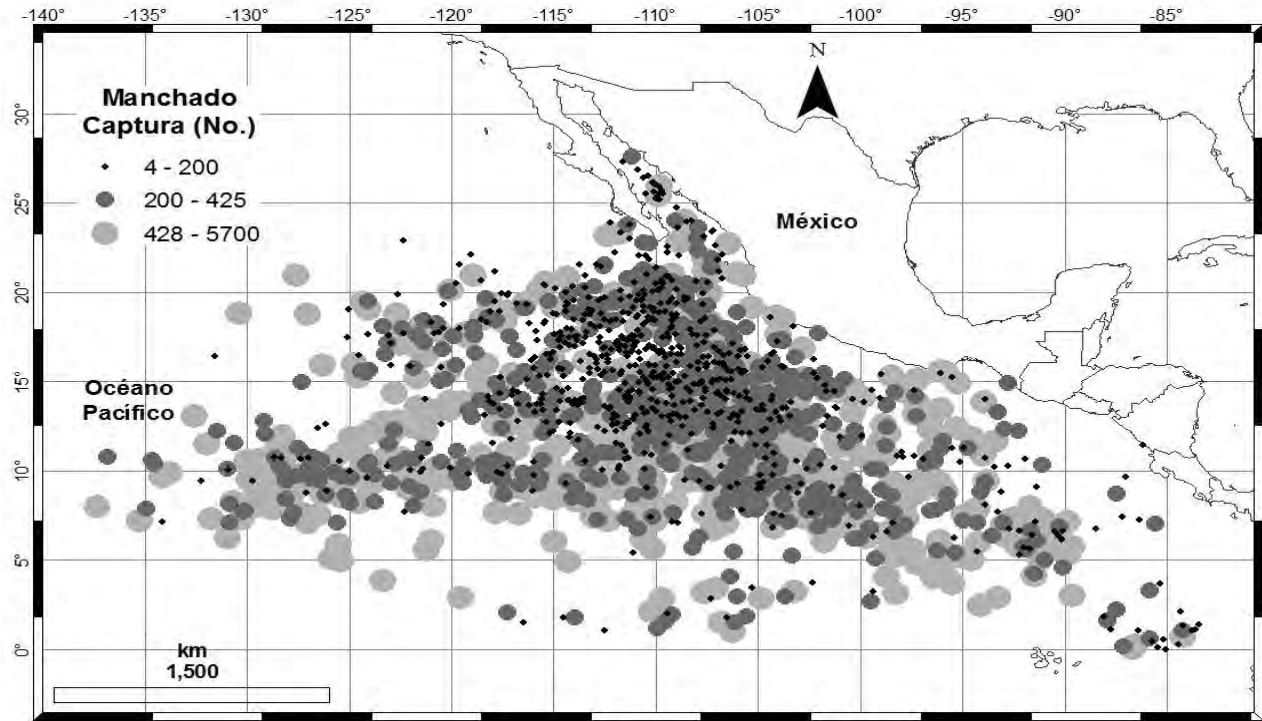


Fig. 3. Abundancia del delfín manchado para los lances analizados.

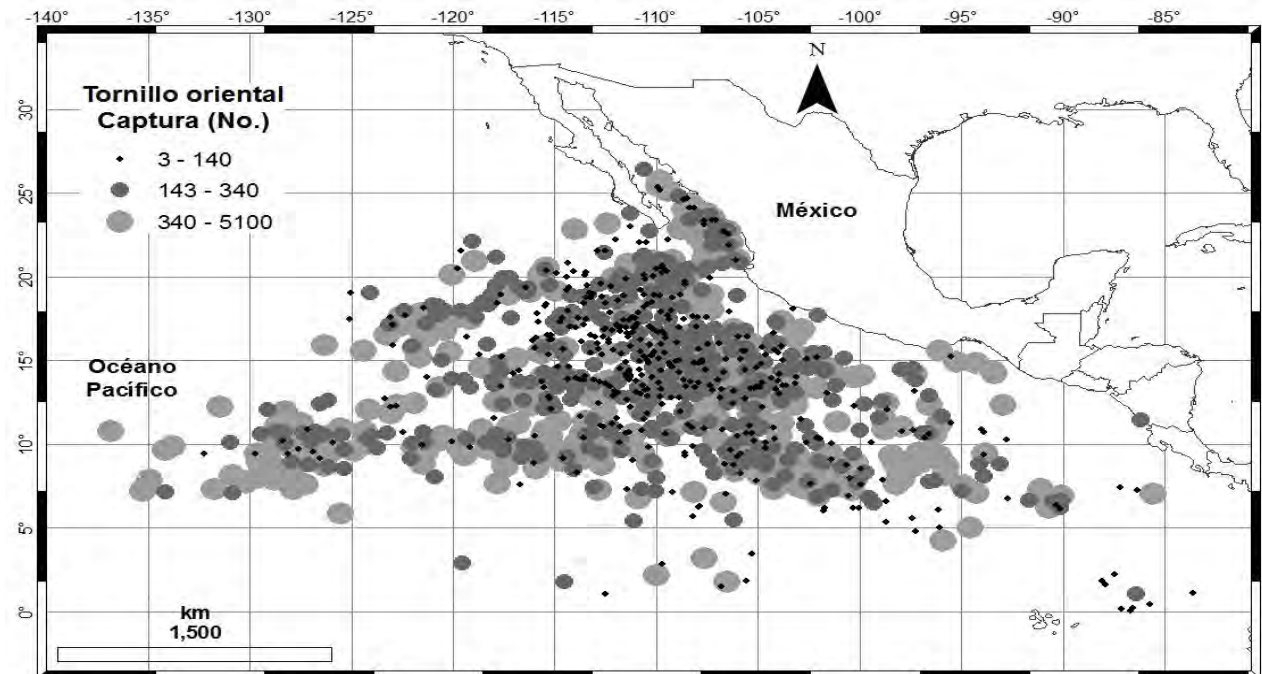


Fig. 4. Abundancias del delfín tornillo oriental para los lances analizados.

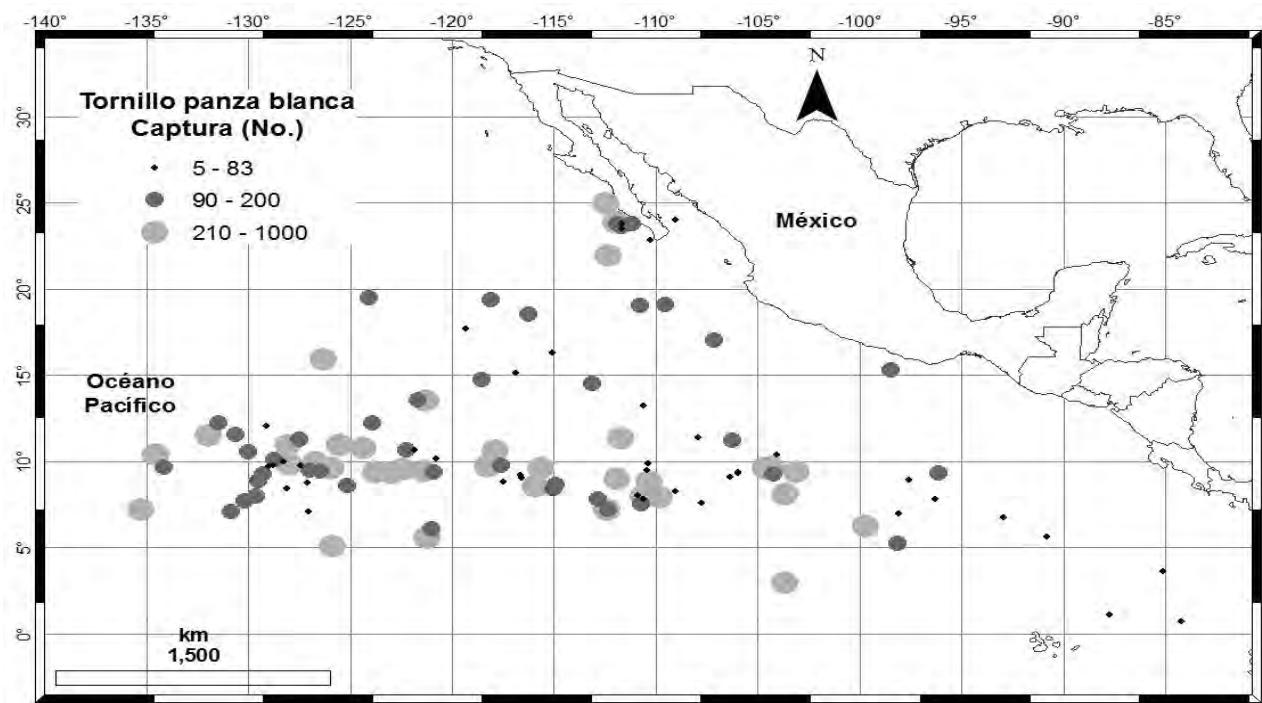


Fig. 5. Abundancia del delfín tornillo panza blanca para los lances analizados.

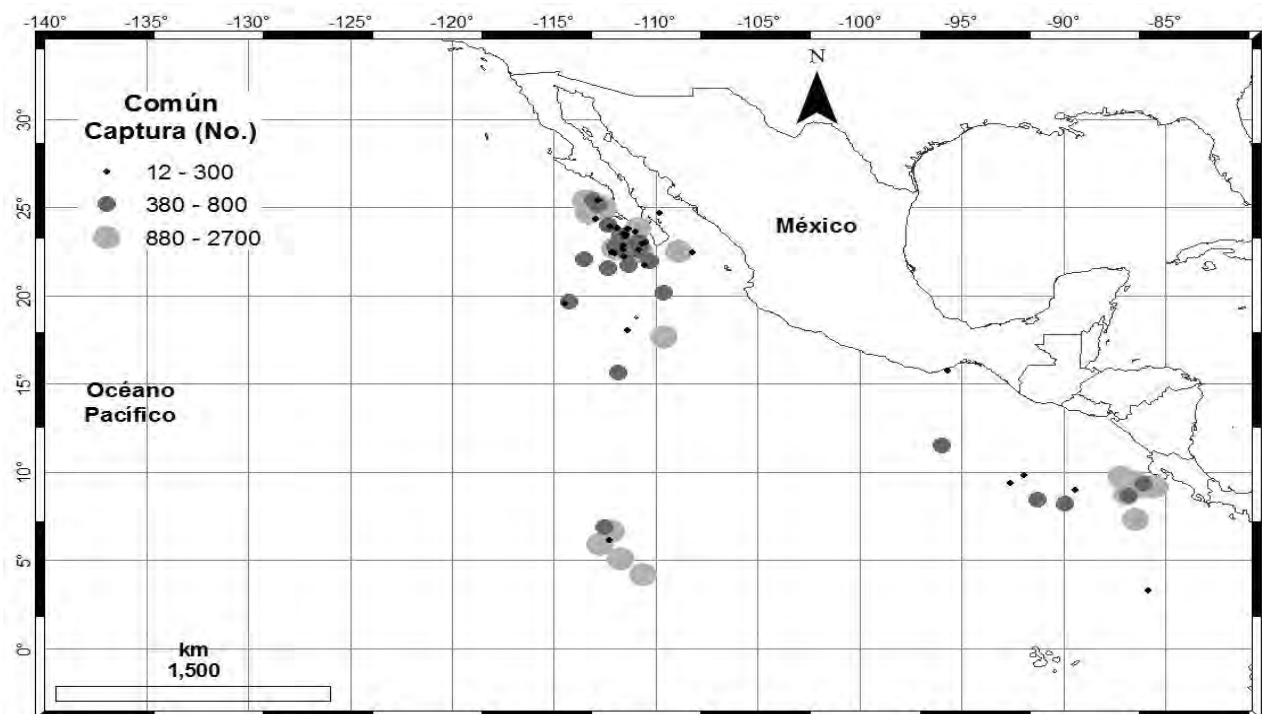


Fig. 6. Abundancia del delfín común para los lances analizados.

A partir de los datos analizados, se obtuvo la siguiente tabla, se muestra el total de organismos asociados a la pesca de atún por cada año: cuatro especies de delfines, captura total de atún y la talla promedio, solamente para los lances asociados a mamíferos marinos en los que se registró la talla de atún (Tabla 1).

Tabla 1. Número total de delfines observados, toneladas de atún capturados, así como la talla promedio de atún para los lances asociados a mamíferos marinos en los que se registró la talla de atún para los años 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006.

	1998	2001	2002	2005	2006	Total
Captura de atún (ton)	4,627	15,086	11,589	5,661	7,143	44,106
<i>Stenella attenuata</i>	44,431	215,733	217,627	120,293	130,101	728,185
<i>Stenella longirostris orientalis</i>	22,240	46,364	43,803	120,293	130,101	362,801
<i>Stenella longirostris longirostris</i>	1,885	6,752	4,323	2,106	7,854	22,920
<i>Delphinus delphis</i>	1,402	10,595	17,400	500	28,022	57,919
Talla promedio de atún (cm)	89.9	102.031	101.40	89.7	93.1	95.23
Número de lances	232	449	540	415	434	2070

Se observó en los mapas y en la tabla anterior, que la especie más abundante que se encuentra asociada a los cardúmenes del atún aleta amarilla es el delfín manchado (*Stenella attenuata*), seguido por el delfín tornillo oriental (*Stenella longirostris orientalis*), delfín tornillo panza blanca (*Stenella longirostris longirostris*) y por último el delfín común (*Delphinus delphis*), se observó que el número de organismos varía entre cada año y se discute más adelante. La talla promedio del atún presentó una variación desde los 89 hasta los 102 cm.

El análisis de la dispersión de los datos de las abundancias, se presenta, en las siguientes gráficas y corresponden al promedio de Pennington y los intervalos de confianza al 2.7 y 97.5% para cada una de las variables que se enlistan (Figura 7a-e):

- a) Captura total de AAA.
- b) Delfín manchado.
- c) Delfín tornillo oriental.
- d) Delfín tornillo panza blanca.
- e) Delfín común.

Se observó en la gráfica de las capturas de atún aleta amarilla (Fig. 7a) que esta ha variado a lo largo de los años que se analizaron. Se observó que el máximo es cercano a las 30 toneladas promedio por lance para el año 2002, seguido del año 2001 con un promedio de 27 toneladas, posteriormente seguido del año 1998 con un promedio de 20 toneladas. Los valores más bajos con 16 y 14 toneladas promedio son para los años 2005 y 2006 respectivamente. Y el promedio total de 21 y desviación estándar de 6.

El delfín manchado (Fig. 7b) muestra variaciones en el tamaño promedio de la manada, el valor máximo se registró en el año 2001 con un promedio de 500 individuos por manada, seguida por manadas promedio de 450 individuos para el 2002; para 2005 y 2006 el promedio es cercano a los 300 individuos. El promedio más bajo para esta especie fue en el año 1998 con 200 individuos por manada. El promedio total de 345 y desviación estándar de 112 delfines.

Para el delfín tornillo oriental (Fig. 7c) se observaron dos grupos principalmente; para los años 1998, 2001 y 2002 las manadas no rebasaron los 100 individuos promedio y los intervalos de confianza se van reduciendo, siendo el mayor para 1998 y disminuyó hasta llegar al 2002. Las manadas más grandes de esta especie fueron en 2005 y 2006, con un promedio de 300 individuos.

En los registros del delfín tornillo panza blanca (Fig. 7d), se observó que es la especie que presenta mayor variación en el tamaño de la manada. Para el año 1998, el promedio fue de tan solo siete individuos, para el 2001, el promedio aumentó hasta los 16 individuos; en el 2002, este promedio volvió a disminuir, con valores similares al año 1998. El año 2005 fue el año con el promedio más bajo de los años analizados con tan sólo cinco individuos por manada, el intervalo de confianza va desde 1 hasta los 12 delfines. El año 2006 fue el año que sobresalió con las manadas más grandes, obtuvo un promedio de 24 delfines por manada, los intervalos de confianza que van desde los 10 hasta los 35 individuos.

Para el delfín común (Fig. 7e) se observó en el año 1998 manadas de cinco individuos promedio, para 2001 y 2002 se observaron de 40 y 37 animales promedio respectivamente, los intervalos de confianza fueron muy grandes, desde los siete hasta los 65 individuos. Para 2005 el promedio de la manada fue cero. Para 2006, se observaron las manadas más grandes de esta especie, con un promedio de 75 delfines y los intervalos de confianza desde los 35 hasta los 115 individuos que conformaron la manada.

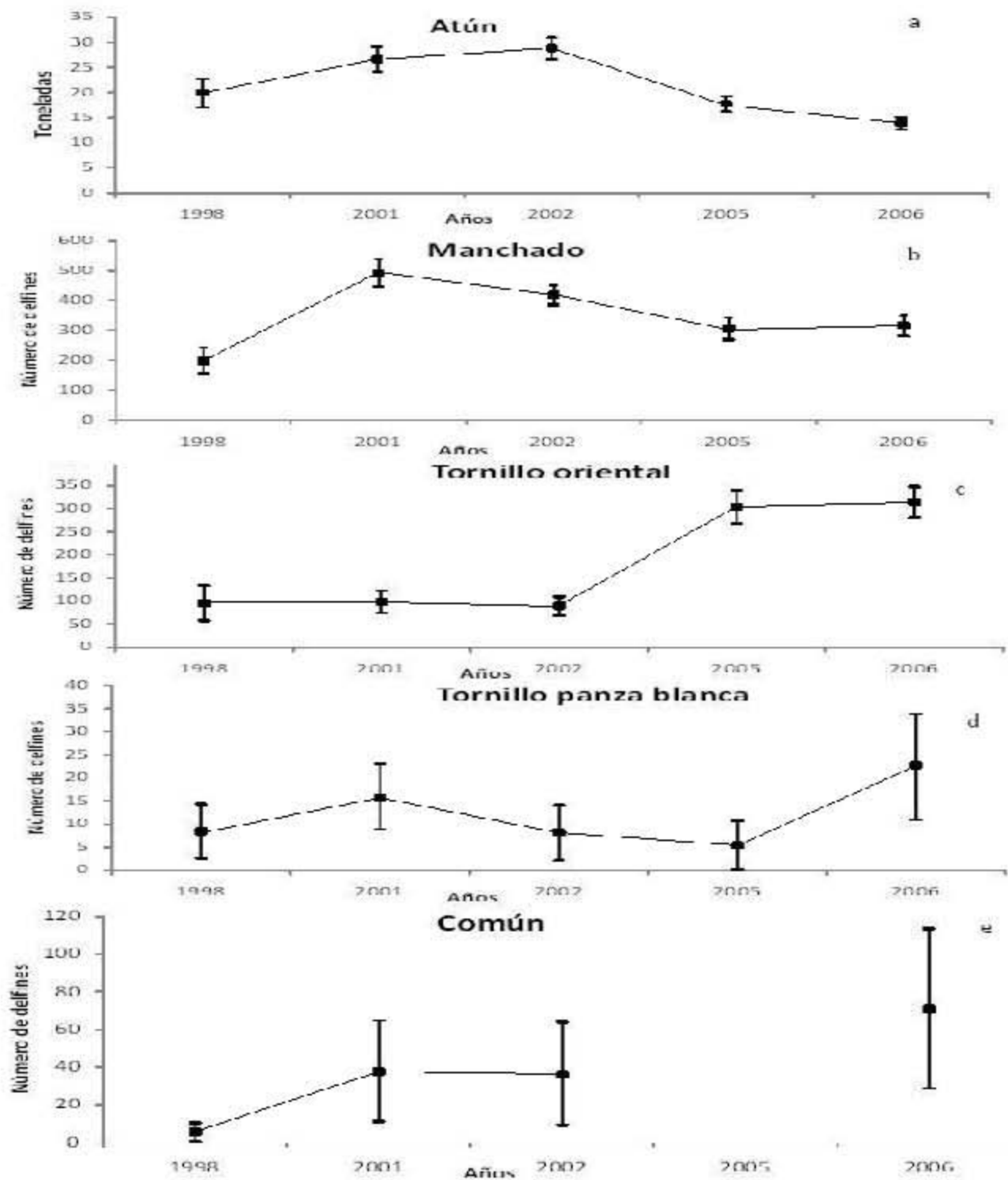


Fig.7. Promedios de Pennington e intervalos de confianza entre 2.5% y 97.5% para la captura de atún (a) y especies de delfines asociadas (b-e) para 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006.

En la figura 8 se presentan los datos de las anomalías de temperatura publicadas por el centro de predicción del clima de la NOAA (NOAA, PMEL, TAO Project Office. El Niño Theme Page, (www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/Tropics/).

Se pueden observar datos para las cuatro regiones El Niño (Niño 1+2 (0-10° Sur y 90° Oeste-80° Oeste) Niño 3 (5° Norte-5° Sur y 150° Oeste-90° Oeste), Niño 4 (5° Norte-5° Sur y 160° Este-150° Oeste) y el Niño 3.4 (5° Norte-5° Sur y 170-120° Oeste).

La descripción de los datos permite deducir, que a medida que se pasa de las zonas 1+2 a la 3.4 que el periodo de anomalías positivas desde 1990 a inicios de 1995, hay oscilaciones positivas mayores en 1992. Y de nueva cuenta las del Niño de 1997 hasta comienzos de 1998. En la región 1+2 se observa La Niña desde finales de 1998 y se prolonga como periodos fríos hasta finales de 2001. Un nuevo Niño se observa desde comienzos de 2006 a inicios de 2008.

En la región 3 se observa La Niña desde el inicio de 1998 y se prolonga como periodos fríos hasta finales de 2001. Hay valores máximos positivos a comienzos de 2001 y 2002. Un nuevo Niño se observa desde comienzos de 2006 a inicios de 2008, de nuevo la magnitud es menor que la de 1997 hasta comienzos de 1998.

En la región 3.4, se observan las anomalías positivas de 1990 a 1995, a comienzos de 1997 se observan anomalías positivas y se inicia el ascenso de las anomalías positivas más intensas del periodo de 1990 a 2009. Se observa La Niña desde finales de 1998 y se prolonga como periodos fríos hasta finales de 2001. Se observan valores positivos en el inicio de 2002 y éste se prolonga hasta comienzos de 2007. Un nuevo Niño se observa desde comienzos de 2006 hasta inicios de 2008, de nuevo la magnitud es menor a la de 1997 hasta comienzos de 1998.

En la región 4, de nuevo se observan las anomalías positivas de 1990 a 1995, a finales de 1996 se observan anomalías positivas y se inicia las anomalías positivas más intensas del periodo de 1990 a 2009. Se observa La Niña desde finales de 1998 y se prolonga como periodos fríos hasta finales del año 2001. Hay máximos en los valores positivos a comienzos de 2001. Un nuevo Niño se observa desde comienzos de 2006 a inicios de 2008, su magnitud es menor a la de 1997 hasta comienzos de 1998. Se observa el periodo de anomalías positivas de mediados de 2001 a mediados de 2007.

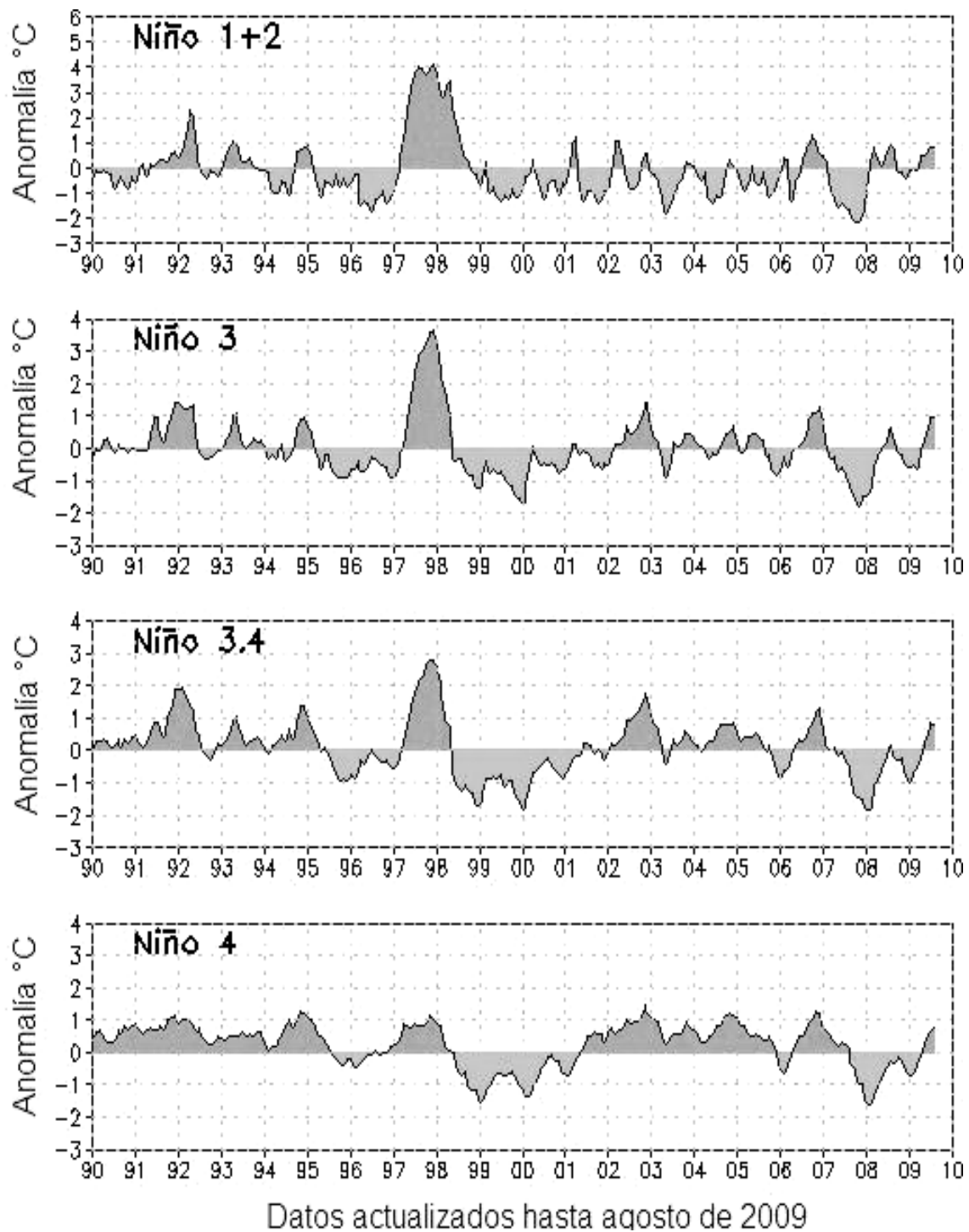


Figura 8. Regiones El Niño bajo las consideraciones del centro de predicción climática de la NOAA. Se observan los valores para 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006 (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/Tropics/>).

En la figura 9 se presentan los datos registrados en las bitácoras de los lances realizados para la captura de atún aleta amarilla agrupado por mes para los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006 y para las latitudes organizadas en 5°. En la parte superior (0 L) se presentan los datos de 0 a 5° Norte y los valores oscilan alrededor de la temperatura promedio de 26.6°C. En la siguiente figura (10 L) se presentan los datos de 5 a 10° Norte (10 L) y los valores de enero a junio son anomalías positivas para el periodo estudiado y desde julio hasta noviembre las anomalías son negativas.

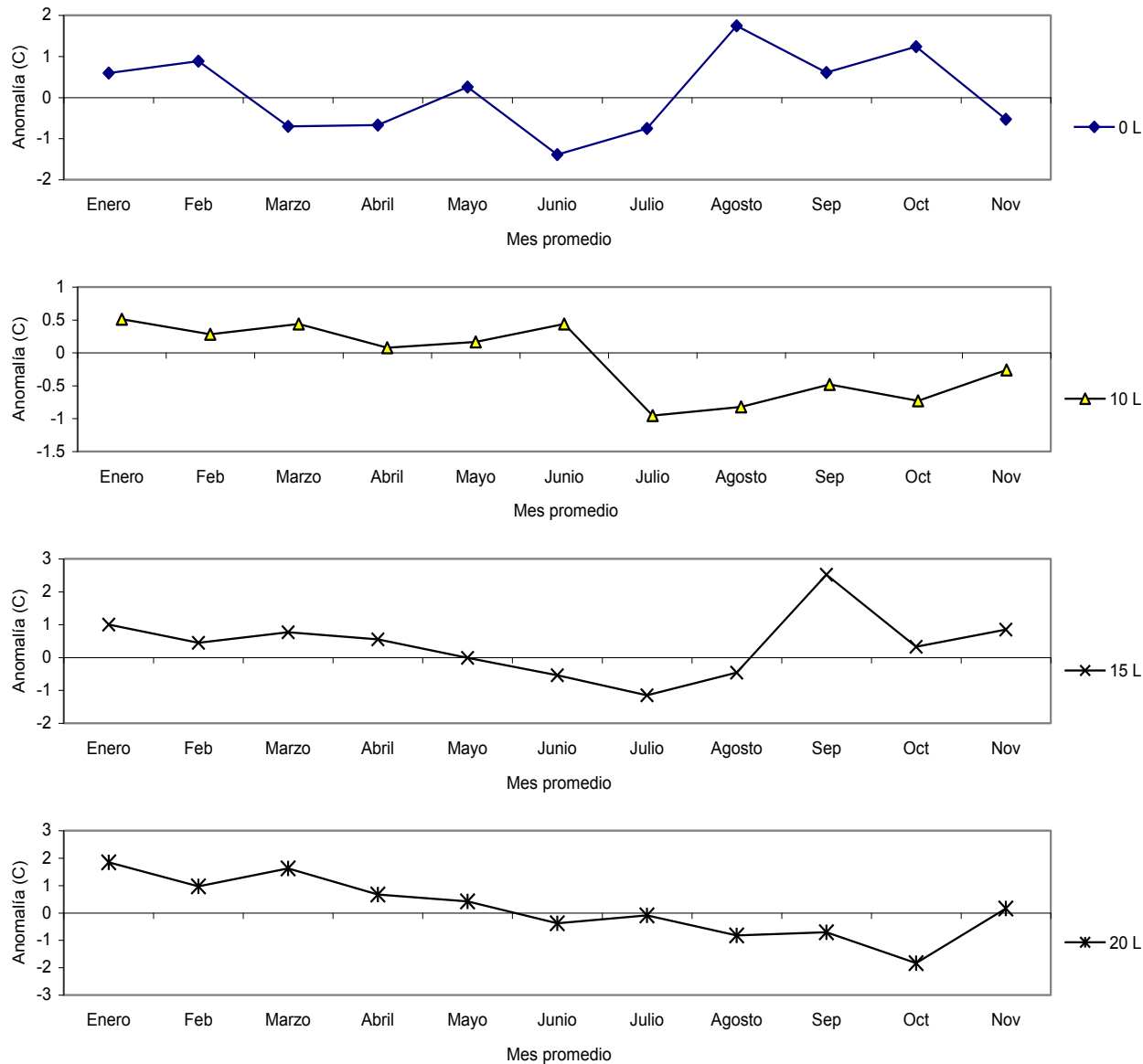


Figura 9. Datos registrados en las bitácoras de los lances realizados para la captura de atunes aleta amarilla agrupados por mes para los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006 y para las latitudes organizadas en 5°.

La siguiente figura (15 L), es la correspondiente a los datos de 10 a 15° Norte y los valores de enero a abril son anomalías positivas, en mayo están en el promedio para el periodo estudiado; en julio y agosto aparentemente son anomalías negativas y en septiembre hay un máximo para las anomalías positivas que detallamos párrafos adelante, las anomalías positivas se prolonga hasta noviembre.

En la parte inferior de la figura (20 L), se presenta la información correspondiente a los datos de 15 a 20° Norte y los valores de enero a mayo son anomalías positivas, en mayo están en el promedio para el periodo estudiado; en junio y julio están alrededor del promedio del periodo estudiado (1998 a 2006) y de nuevo de agosto a octubre, aparentemente son anomalías negativas, en noviembre de nuevo están alrededor del promedio.

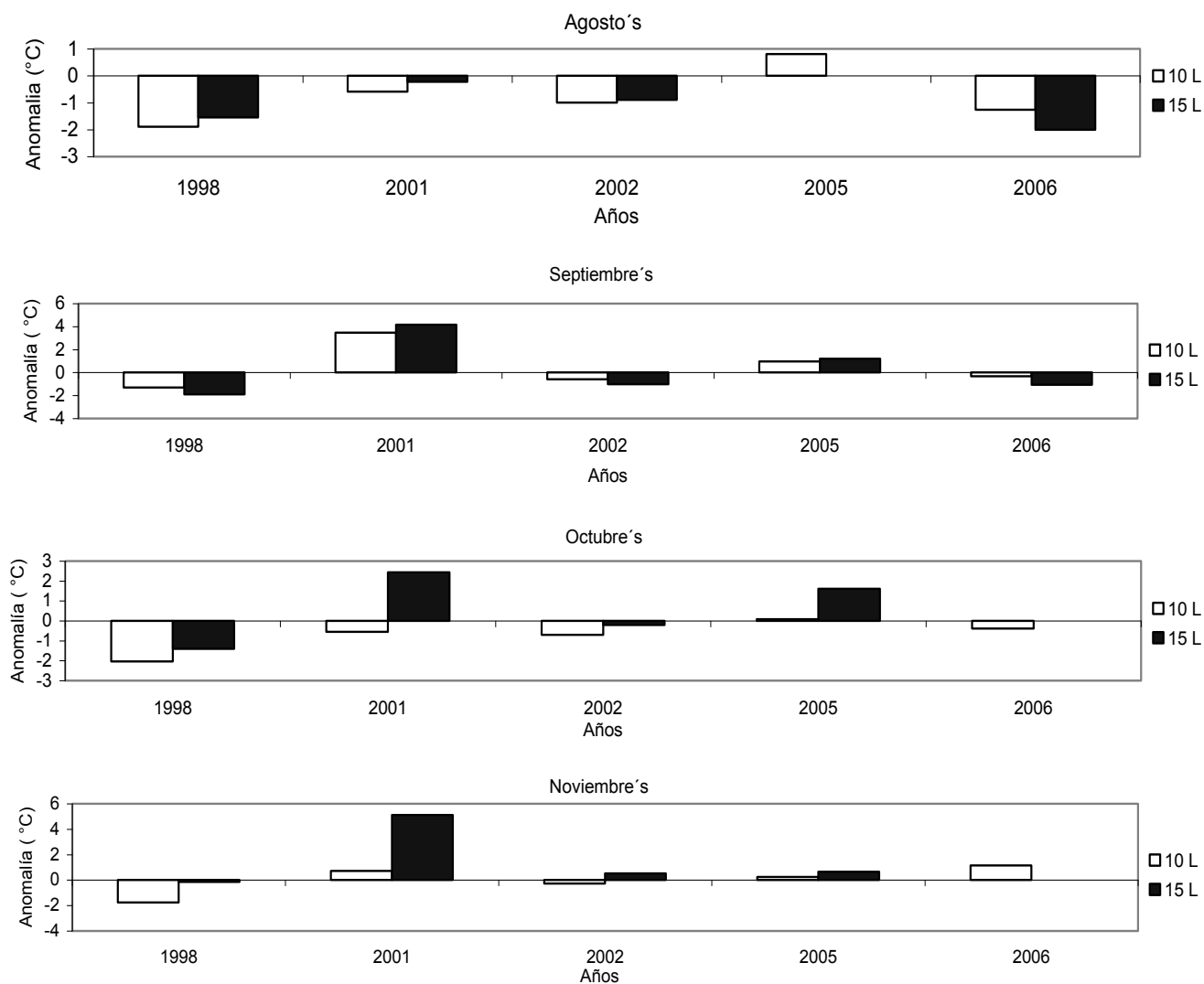


Figura 10. Comparativo de los meses de agosto a noviembre, para las latitudes de 5 a 10°Norte (10L) y de 10 a 15°Norte (15L).

La comparación de los meses de agosto a noviembre, para las latitudes de 5 a 10° Norte (10 L) y de 10 a 15° Norte y los años estudiados se presentan en la figura 10. Se observa que en agosto de 1998, 2001 y 2002 se observó que las anomalías fueron negativas, en 2005 fueron.

En septiembre de 1998, 2002 y 2006 las anomalías fueron negativas, para 2001 y 2005 fueron positivas. Para 2001 la anomalía positiva fue mayor en los 15°N mientras que en 2005 esta no rebaso los 2°C en los 15°N.

En octubre, la parte central de la figura 10, se observan anomalías negativas en 1998, en 2001 en el intervalo de 5 a 10° Norte (10L) fueron también negativas aunque no distintivas, en 2001, 2002 y 2006 fueron nuevamente negativas; y fueron positivas las anomalías en 2001 y 2005 en el intervalo de 10 a 15°Norte.

En noviembre la parte inferior de la figura 10 se observan anomalías negativas en 1998, positivas en 2001, alrededor del promedio en 2002 y ligeramente positivas en 2005 y 2006.

-Atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*)

Una primera aproximación a las relaciones de las especies respecto de las variaciones ambientales se presenta en las siguientes figuras.

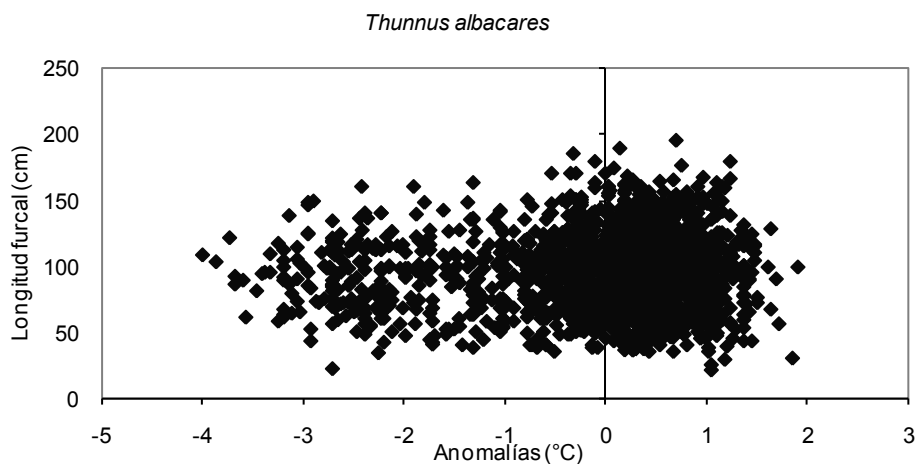


Figura 11. Datos de la longitud furcal promedio del atún aleta amarilla por lance, respecto de la anomalía de temperatura, organizada en intervalos de 1° C. Los datos se dispersan aleatoriamente.

En la figura 11, se presentan los datos de las tallas promedio por lance respecto de las anomalías o dispersión de las temperaturas registradas por lance en los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006. No se observan ningún patrón y los datos se dispersan aleatoriamente, aparentemente no hay relación en el tamaño de los organismos y las anomalías.

En la figura 12, se presentan los datos del número promedio atunes aleta amarilla por lance respecto de las anomalías o dispersión de las temperaturas registradas en los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006. Una aproximación permite suponer que los datos se dispersan hacia los valores positivos de anomalía (parte a figura 12). Los mismos datos organizados en intervalos de 1° C (parte b), se presenta el acumulado de las proporciones por intervalo y un ajuste lineal para conocer el valor de R^2 el cual asciende a 0.337, el cual permite señalar que al menos en esta perspectiva, en el número de atunes hay cierta parte de la varianza que puede ser explicada por la temperatura.

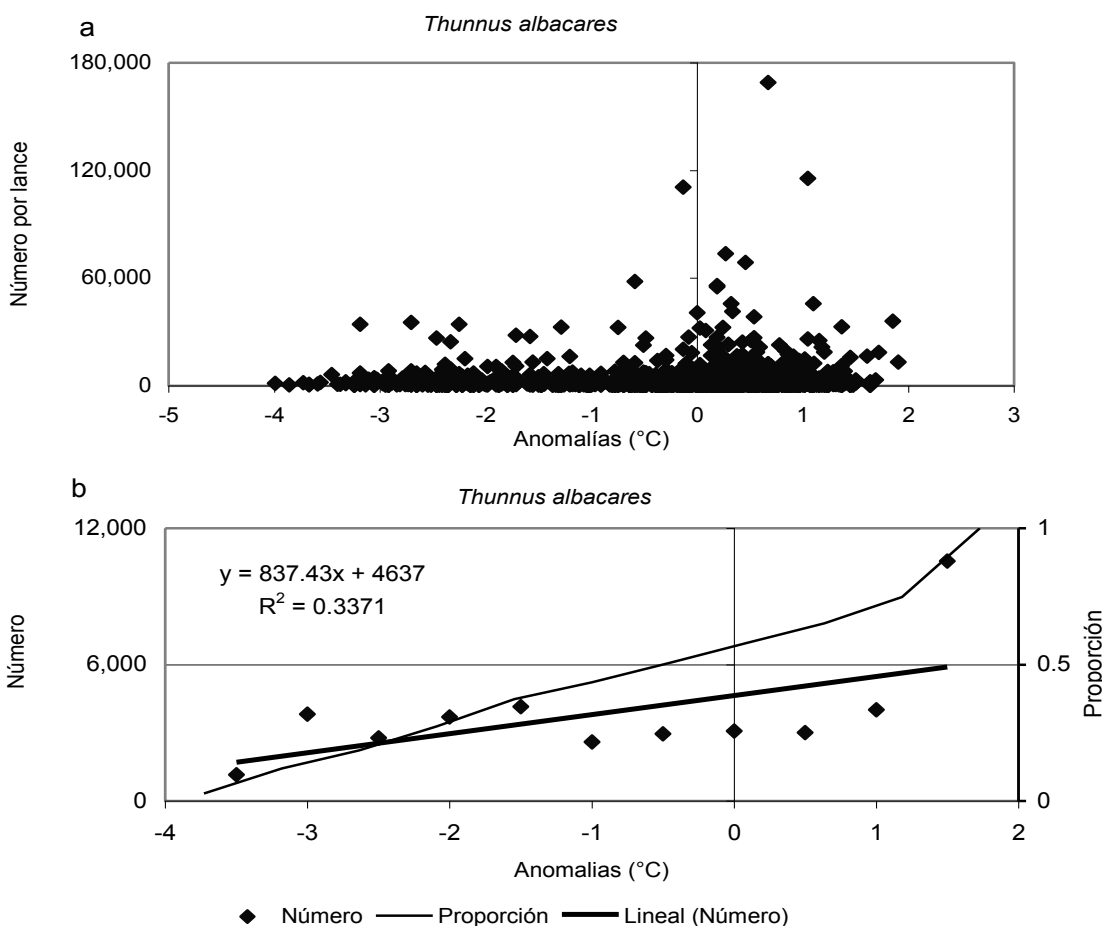


Figura 12. Datos del número de atún aleta amarilla por lance, respecto de la anomalía de temperatura (parte a). Los mismos datos organizados en intervalos de 1° C (parte b), se presenta además el acumulado de las proporciones por intervalo y también un ajuste lineal para conocer el valor de R^2 .

Un desglose de las abundancias en número por mes produce la figura 13. En general (parte a), considerando el promedio total, las abundancias se mantienen alrededor del promedio y se puede distinguir por encima del promedio los inicios de 1998 ligados con El Niño de 1997 y en general 2002. En la parte b de los datos agregados se puede discernir que las mayores varianzas en el periodo se observaron en enero y en julio.

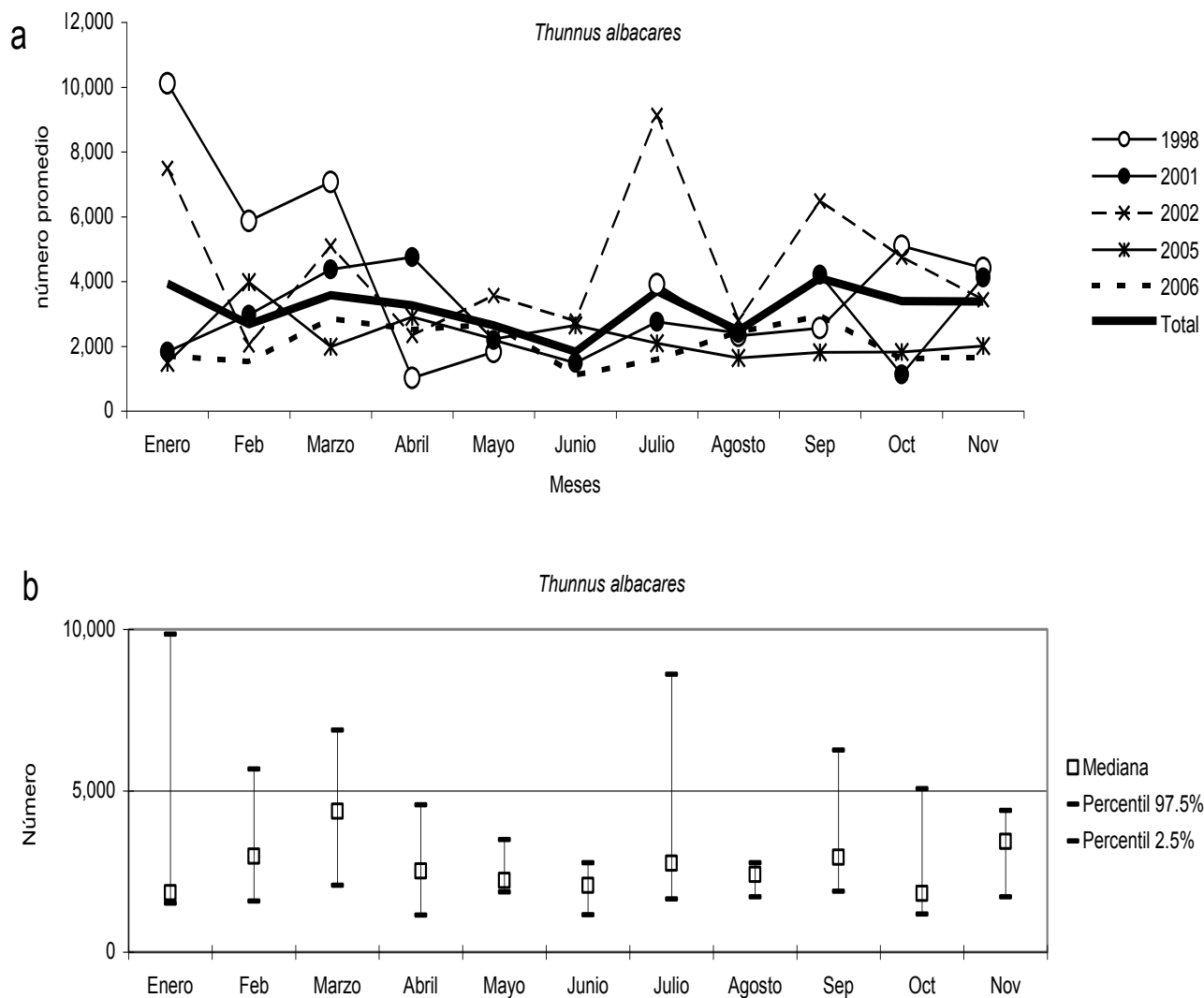


Figura 13. Datos del número de atunes aleta amarilla capturados por mes promedio para cada año del periodo 1998-2006 (parte a) y su arreglo en el intervalo de confianza del 95% (parte b), la línea de división solo es indicativa.

-Delfín Manchado (*Stenella attenuata*)

En la figura 14 se presentan los datos del número de delfines manchados por lance respecto de las anomalías o dispersión de las temperaturas registradas en los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006. Una aproximación es que los datos se dispersan aleatoriamente. Los mismos datos organizados en intervalos de 1° C, que no se presentan ahora como en la figura anterior, produce un valor de $R^2 < 0.000006$.

Un desglose de las abundancias en número por mes produce la figura 15. En general (parte a) se considera el promedio total, las abundancias se mantienen alrededor del promedio, pero son distintivos los valores de 1998, que están por debajo del promedio después de abril, con un máximo en marzo, los inicios de 1998 están relacionados con El Niño de 1997, después se inicia La Niña. En la parte b de los datos agregados se puede discernir que las mayores varianzas se presentan en los primeros meses del año promedio del periodo de estudio.

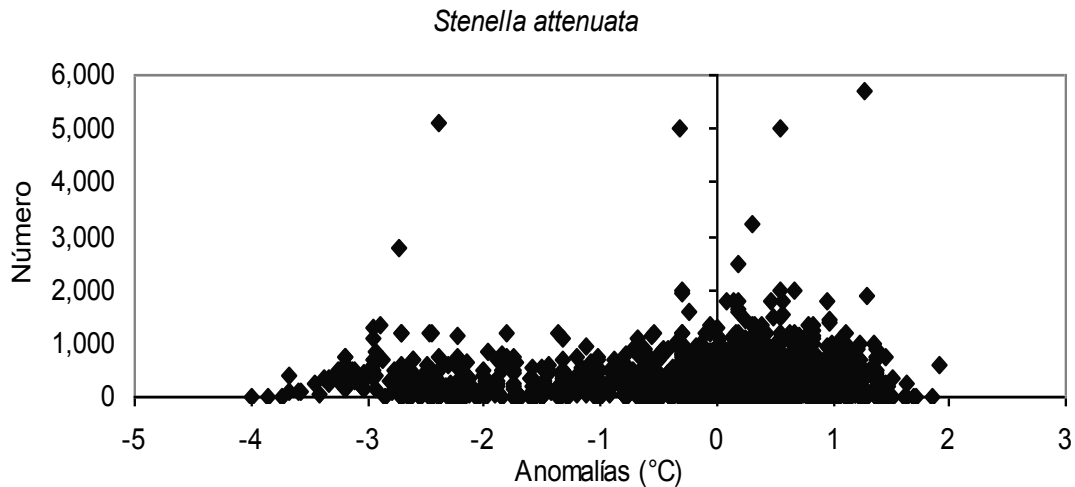


Figura 14. Datos del número de delfín manchado por lance, respecto de la anomalía de temperatura (parte a). Los valores de su arreglo en histograma produce valores de $R^2 < 0.000006$

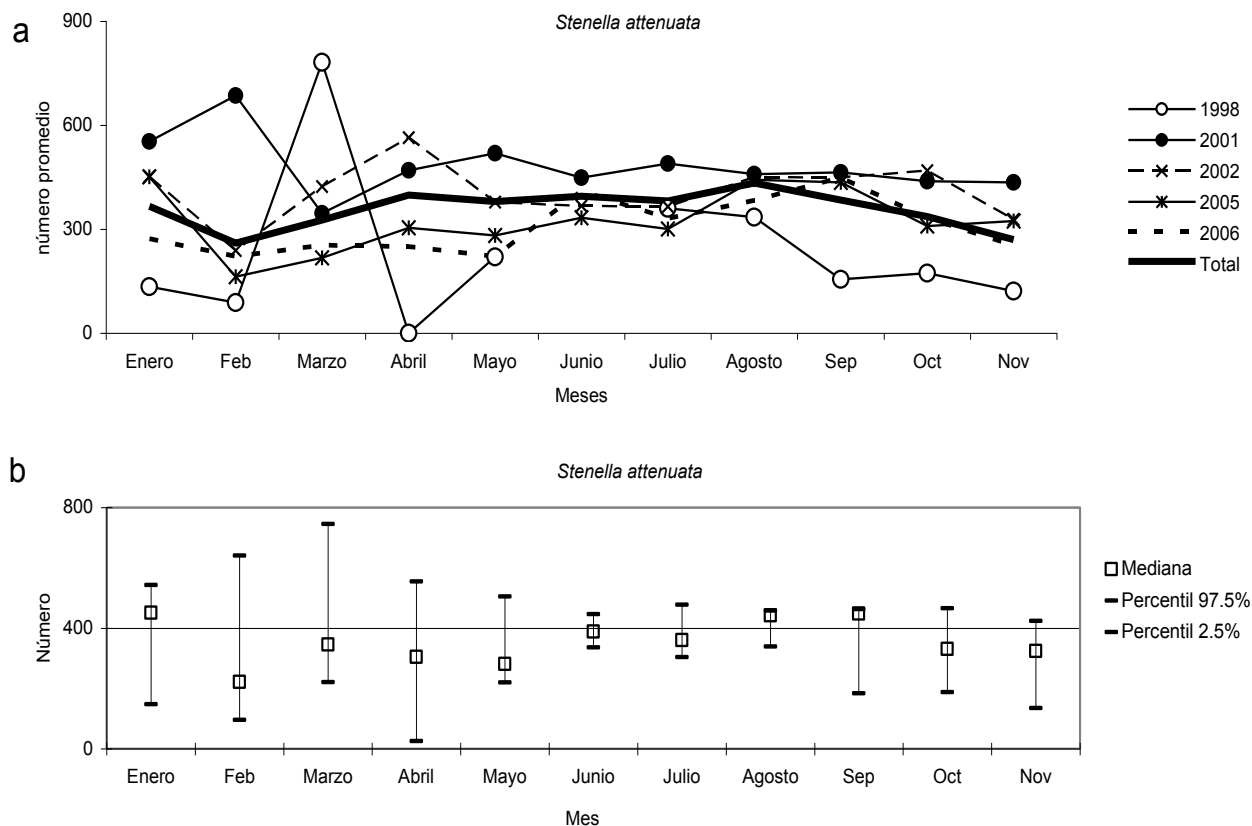


Figura 15. Datos del número de delfines manchados por mes promedio para cada año del periodo 1998-2006 (parte a) y su arreglo en el intervalo de confianza del 95% (parte b), la división solo es indicativa.

-Delfín tornillo oriental (*Stenella longirostris orientalis*)

En la figura 16 se presentan los datos del número de los delfines tornillo oriental por lance respecto de las anomalías o dispersión de las temperaturas registradas en los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006. Los datos se dispersan hacia los valores positivos de anomalía (parte a figura 16), con datos extremos en las negativas. Los mismos datos organizados en intervalos de 1° C (parte b), con el acumulado de las proporciones por intervalo y un ajuste lineal produce valores explicados de varianza o R^2 de cual asciende a 0.383, que permite señalar que al menos en esta perspectiva, que el número de delfines tornillo, al menos que hay cierta parte de la varianza que puede ser explicada por la temperatura, un ajuste polinómico de segundo orden con interés de investigar esta relación produce valores de R^2 de 0.419 (parte c).

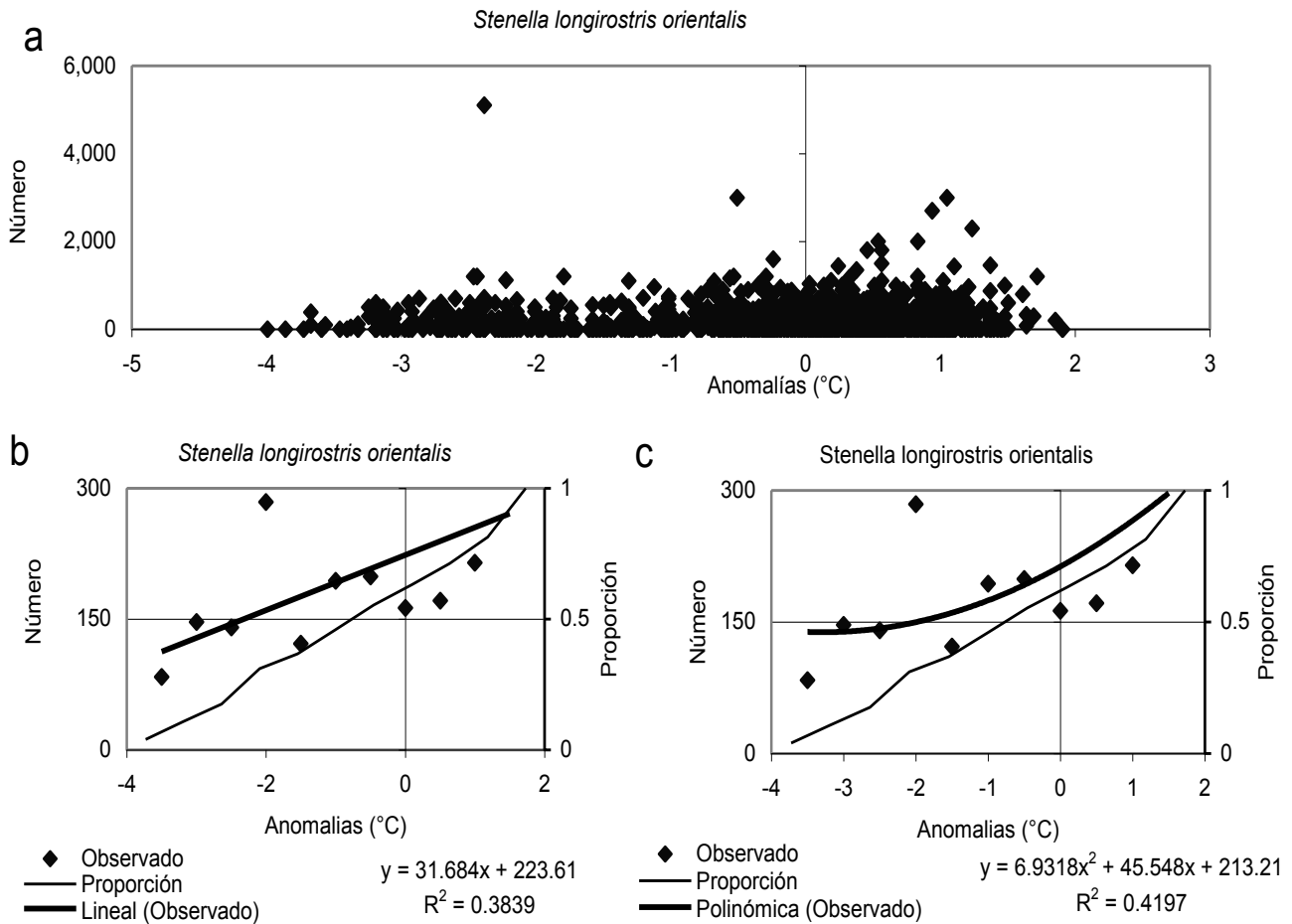


Figura 16. Datos del número de delfines tornillo oriental por lance, respecto de la anomalía de temperatura (parte a). Los mismos datos organizados en intervalos de 1°C (parte b), se presenta además el acumulado de las proporciones por intervalo y también un ajuste lineal para conocer el valor de R^2 . En la parte C se presenta un ajuste polinómico de segundo orden.

Un desglose de las abundancias en número por mes por año produce la figura 17 parte a. Considerando el promedio total, las abundancias de 2005 y 2006 se mantiene por encima del promedio, y 1998, 2001 y 2002 se mantienen en general por debajo del promedio. Aparentemente se diferencian entre la parte de anomalías positivas y el periodo de anomalías negativas. En la parte b de los datos agregados se puede observar grandes variaciones o varianzas a lo largo del año promedio, siendo la menor en febrero.

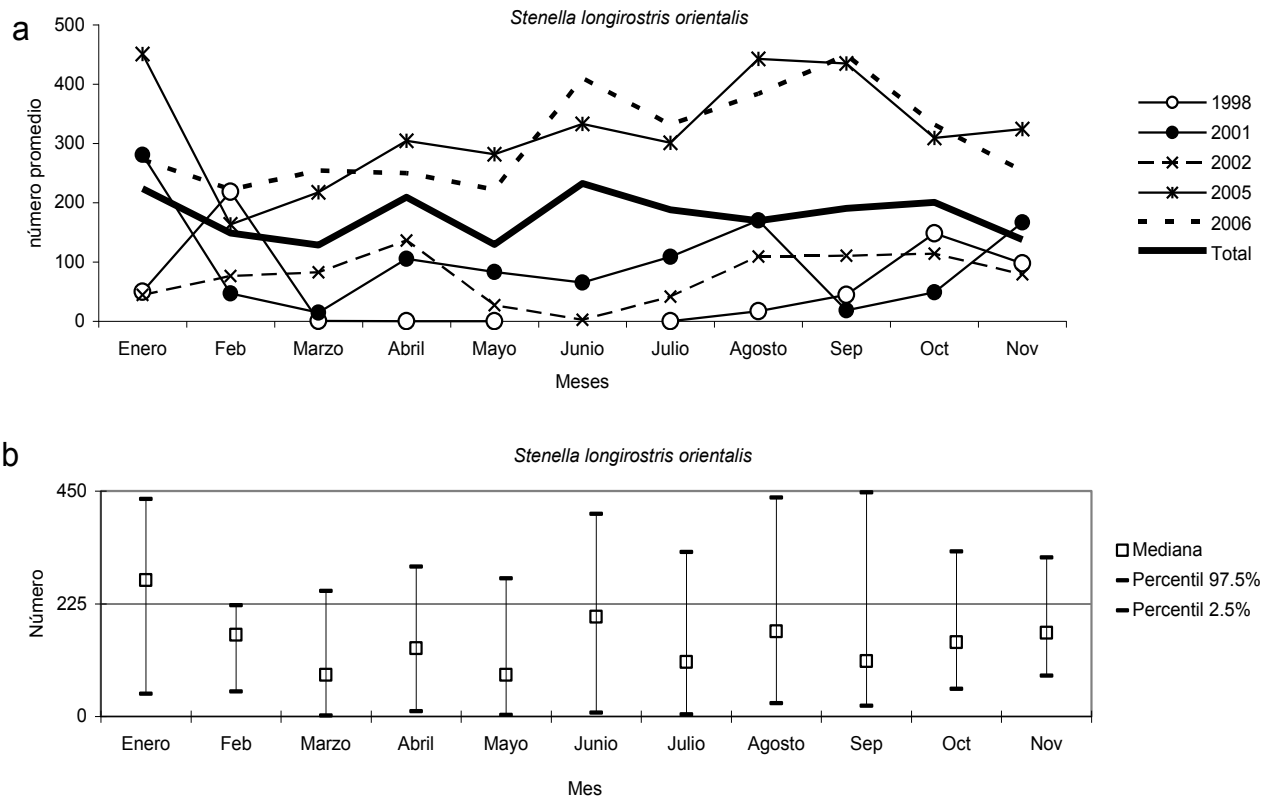


Figura 17. Datos del número de delfines tornillo oriental por mes promedio para cada año del periodo 1998-2006 (parte a) y su arreglo en el intervalo de confianza del 95% (parte b), la división solo es indicativa.

-Delfín tornillo panza blanca (*Stenella longirostris longirostris*)

En la figura 18 se presentan los datos del número de delfines tornillo panza blanca por lance respecto de las anomalías o dispersión de las temperaturas registradas en los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006. Una aproximación es que los datos se dispersan hacia los valores positivos de anomalía, sin embargo es necesario otro tipo de análisis, por ejemplo los mismos datos organizados en intervalos de 1°C (no se presenta esta parte), produce valores de $R^2 < 0.007$, que no permite señalar que parte de la varianza que puede ser explicada por la temperatura, un ajuste polinómico de segundo orden con interés de investigar esta relación produce valores de R^2 de 0.21 (que no se presentan) y de nuevo son valores muy bajos de varianza explicada. Para avanzar en la discusión hemos considerado valores de $R^2 > 0.3$. El valor encontrado para estas poblaciones puede estar reflejando influencias menores, como veremos en otras aproximaciones más adelante.

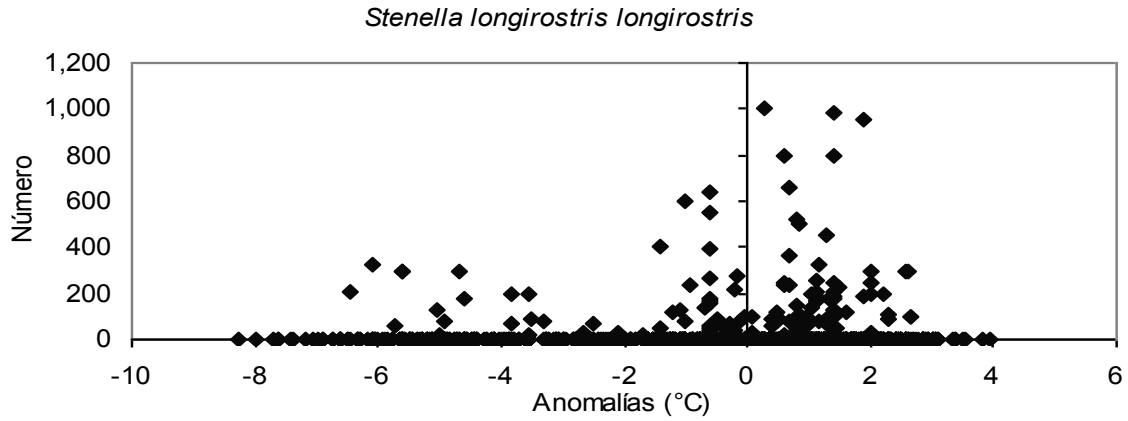


Figura 18. Datos del número de delfín tornillo panza blanca por lance, respecto de la anomalía de temperatura. Los datos de su arreglo en histograma produce valores de $R^2 < 0.0076$. Un ajuste polinómico de segundo orden produce valores de $R^2 < 0.21$.

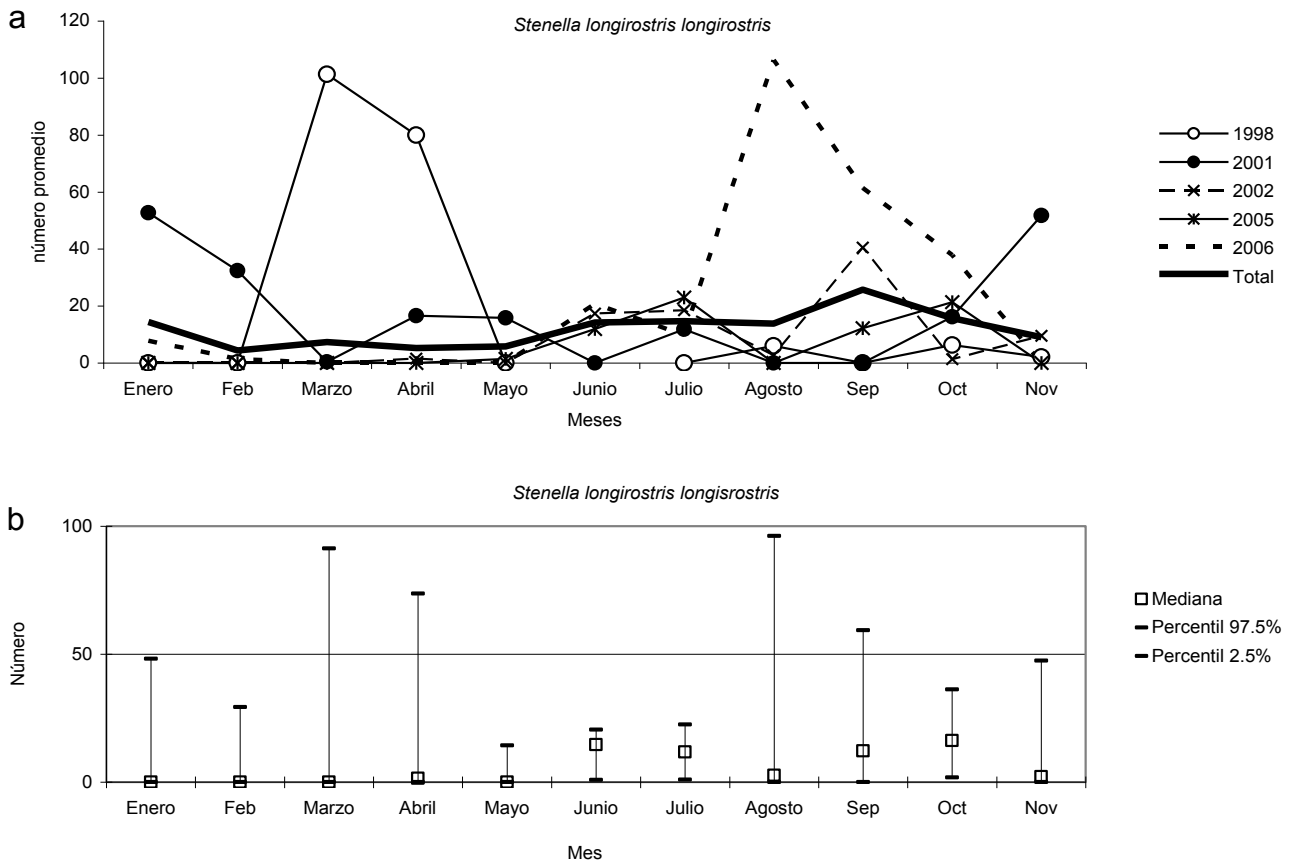


Figura 19. Datos del número de delfines tornillo panza blanca por mes promedio para cada año del periodo 1998-2006 (parte a) y su arreglo en el intervalo de confianza del 95% (parte b), la división solo es indicativa.

Un desglose de las abundancias en número del delfín tornillo panza blanca, por mes por año produce la figura 19. Los años mencionados son los del periodo de análisis de este trabajo. Considerando el promedio total, las abundancias puntuales en marzo y abril de 1998 y agosto y septiembre de 2006 se mantiene por encima del promedio, el conjunto de datos tienen valores en general por debajo del promedio. Estos datos de abundancia puntuales extremas aparentemente se diferencian y se pueden ubicar a finales de el Niño de 1997 e inicios de 1998 y las anomalías positivas del Niño de 2006.

-Delfín común (*Delphinus delphis*)

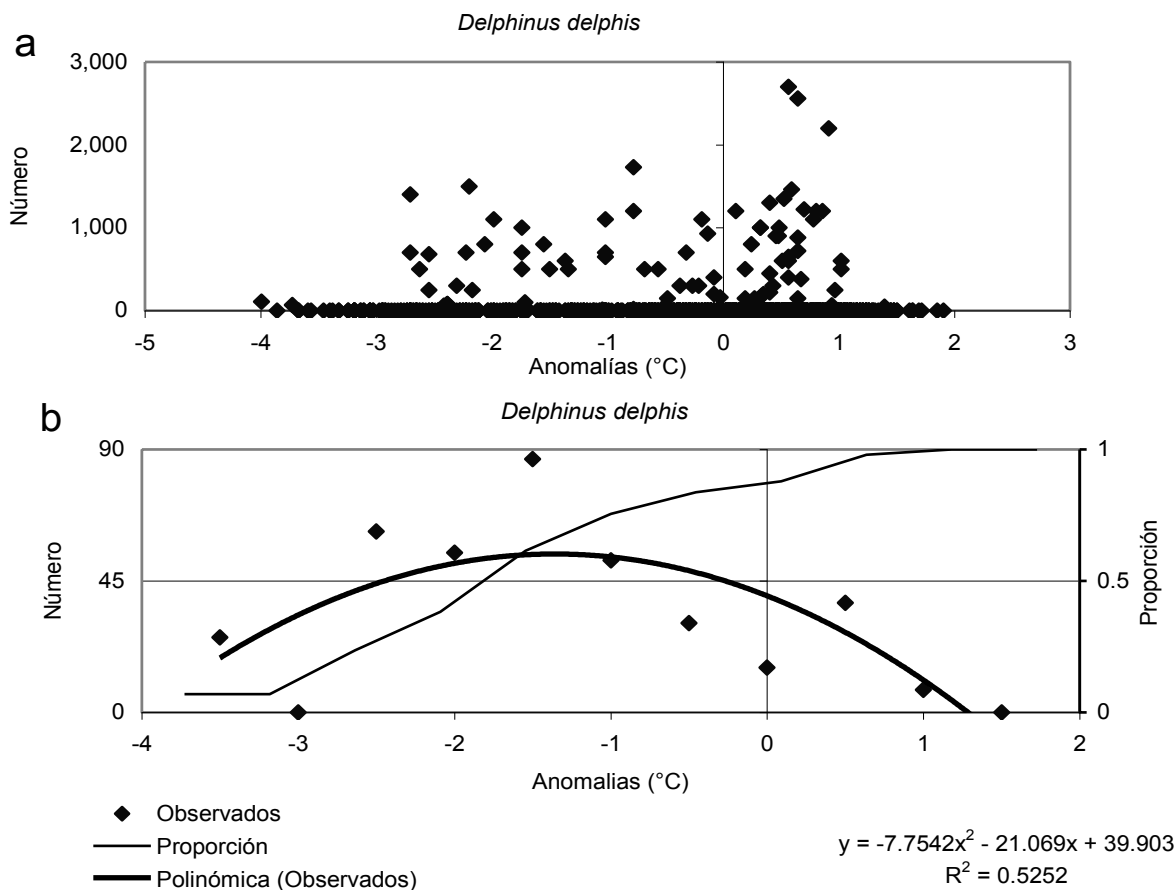


Figura 20. Datos del número de delfines comunes por mes promedio del periodo 1998-2006. Los datos de su arreglo en la parte b, en intervalos de 1° C, en un ajuste polinómico de segundo orden produce valores de $R^2 < 0.525$.

En la figura 20 se presentan los datos del número del delfín común por lance respecto de las anomalías o dispersión de las temperaturas registradas en los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006. Una aproximación es que los datos se dispersan hacia ambos lados de los valores de anomalía (parte a figura 20). Los mismos datos organizados en intervalos de 1° C (parte b), con el acumulado de las proporciones por intervalo se intersecta en la proporción 0.5 en cerca de -1.8° C. Un ajuste polinómico de segundo orden con interés de investigar esta relación produce valores de R^2 de 0.525 (parte b).

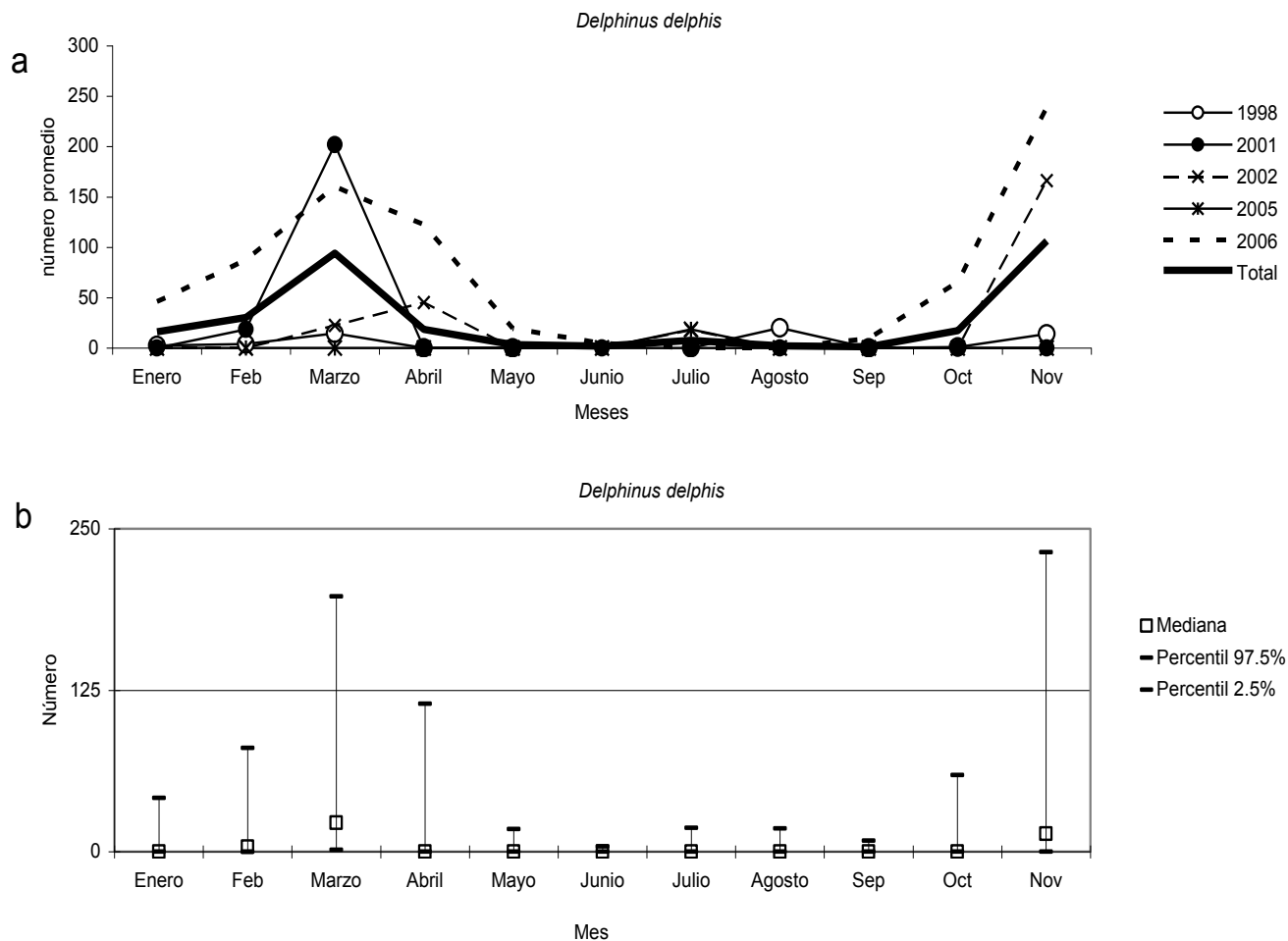


Figura 21. Datos del número de delfines comunes por mes promedio para cada año del periodo 1998-2006 (parte a) y su arreglo en el intervalo de confianza del 95% (parte b), la división solo es indicativa.

Un desglose de las abundancias en número del delfín común, por mes por año produce la figura 21. Los años mencionados son los del periodo de análisis de este trabajo. Considerando el promedio total, las abundancias puntuales en marzo de 2001, marzo, abril y octubre y noviembre de 2006 y noviembre de 2002 se mantiene por encima del promedio, en general son meses de temperaturas templadas en el periodo de estudio y al parecer el promedio total las describe. En la parte b, los meses de mayor dispersión o varianza en el intervalo de confianza del 95% son los meses de temperaturas templadas del otoño y el inicio de la primavera.

•Análisis multinomial.

Para conocer si las tallas de atún aleta amarilla asociadas a las manadas de delfines y analizar si han cambiado en el tiempo se llevó a cabo un análisis multinomial con las tallas promedio que fueron registradas en los lances asociados con mamíferos marinos, es decir, se analizaron un total de 2070 lances que contenían datos de tallas para 5 años: 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006. En la siguiente tabla se observan los grupos de tallas y desviaciones estándar que se registraron (Tabla 2).

Tabla 2. Grupos de clase de tallas promedio (cm) y desviación estándar del atún aleta amarilla para 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006, producidos del análisis multinomial.

Año	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7
1998		70 ± 15	105 ± 12	130 ± 7	150 ± 9	180 ± 1	
2001	50 ± 6	95 ± 11	120 ± 8	150 ± 6	190 ± 6		
2002	50 ± 7	75 ± 6	100 ± 8	120 ± 8	140 ± 6	160 ± 5	190 ± 1
2005		85 ± 18	120 ± 8	150 ± 6	170 ± 4		
2006		70 ± 12	100 ± 7	120 ± 7	140 ± 4	160 ± 7	

Para el año 1998 se observaron 5 grupos de edad (figura 22), que van desde los 70 hasta los 180 cm de longitud furcal. Para 2001, también se registraron 5 grupos de edad, para este año se registró un grupo de talla más pequeño que en 1998, que correspondió a los 50 cm y el grupo más grande es de 190 cm, siendo más grande que el año anteriormente analizado.

Para 2002, se obtuvieron 7 grupos de edad, siendo este año en el que se encontró mejor representada la estructura del stock, incluye los grupos de edad del 1998 y las tallas máximas y mínimas que fueron registradas en el año anterior, 2001.

En 2005 se observó una disminución en los grupos de edad, registrándose solamente 5 grupos, el valor mínimo fue de 85 cm de longitud furcal y la talla máxima fue de 170 cm (Figura 22).

Para 2006 se observaron tallas menores en comparación al año anterior, y menores en comparación a la talla máxima del año anterior y de años anteriores, teniendo el grupo de 160 cm de longitud furcal como talla máxima del stock.

En general, se pudo observar que la estructura de tallas del atún ha sido modificada de acuerdo a los años (figura 22), aunque solamente en uno fueron registradas las tallas máximas de 190 cm de longitud furcal, se observó también que se han obtenido organismos juveniles de apenas 50 cm.

En las siguientes gráficas se observa la distribución de las tallas y los grupos de tallas o edad asociada del atún aleta amarilla en los años analizados (figura 22).

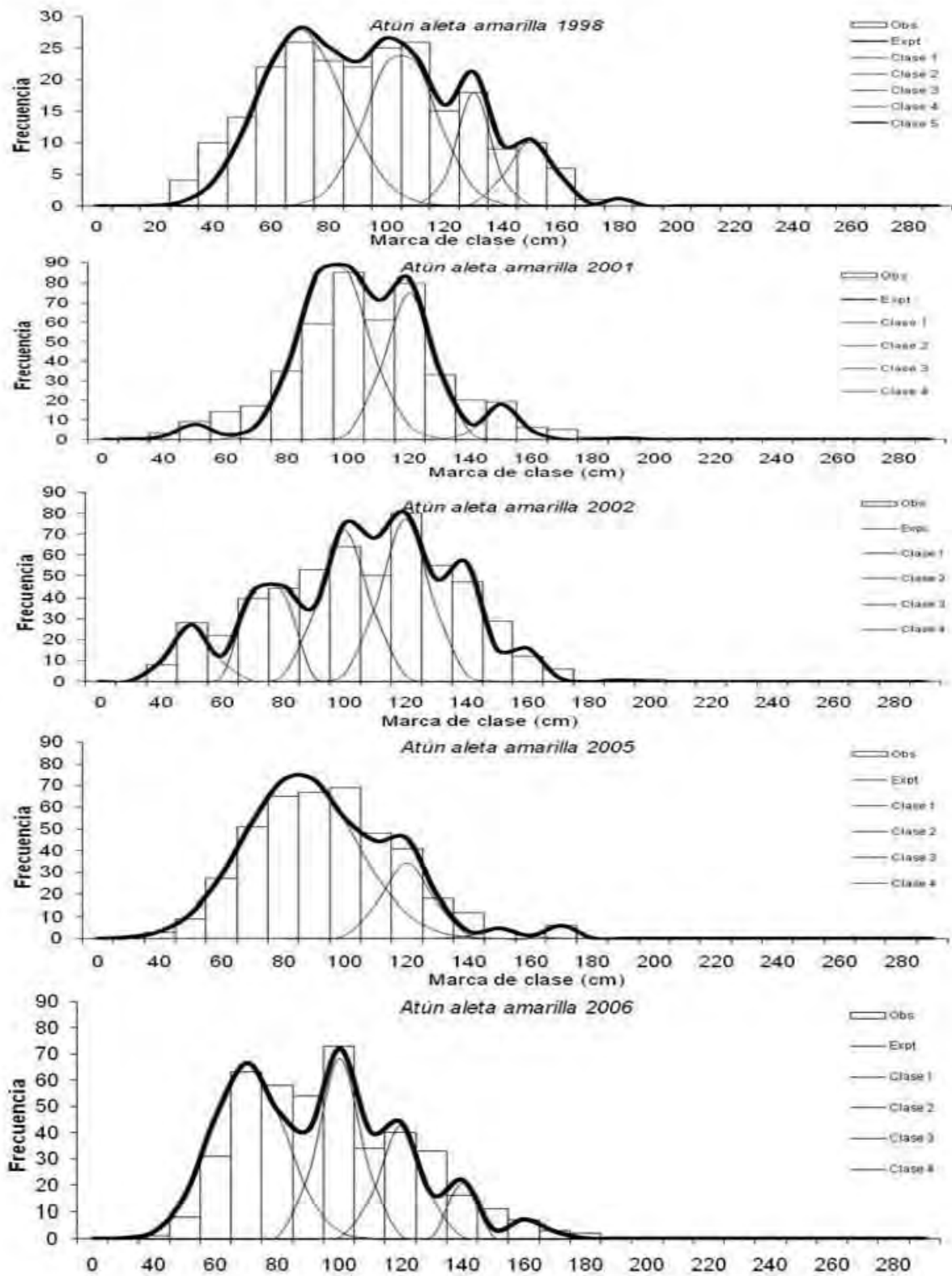


Fig. 22. Histogramas de grupos de tallas promedio para 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006 del análisis multinomial. En cada gráfica se observan las frecuencias para cada grupo de tallas, denominadas clase.

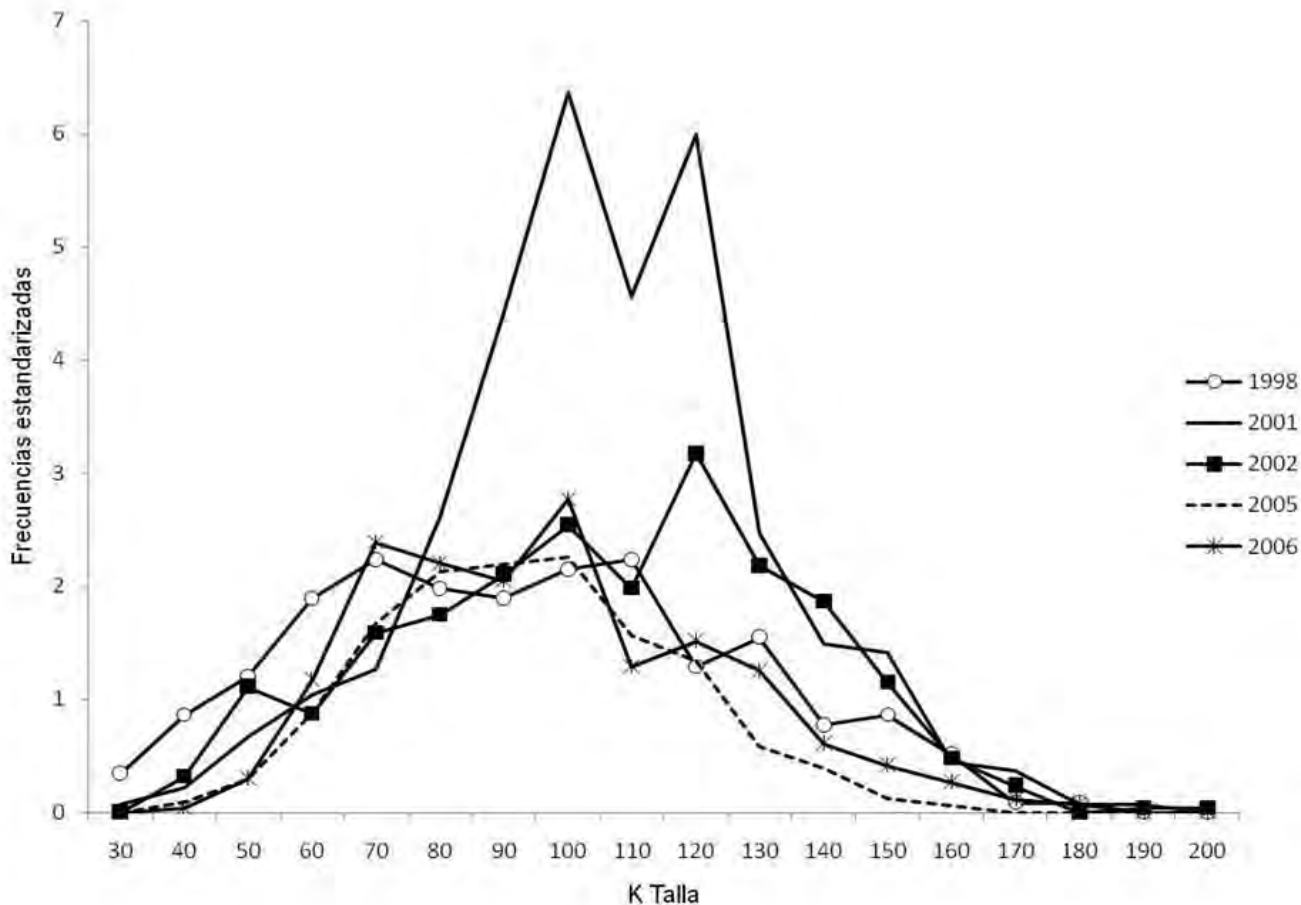


Fig. 23. Distribución de la frecuencia de tallas en densidades, agrupadas cada 10 cm para cada año analizado, obtenidos a partir de la captura por unidad de esfuerzo, multiplicado por el histograma de frecuencias estandarizados de tallas.

En las densidades de las frecuencias de tallas (figura 23) para 1998, se observó que es el año que presentó frecuencias de densidad mayores a cero para la talla de 30 cm, teniendo como frecuencias máximas en los 70 y 110 cm de longitud.

Se observó que en las tallas más pequeñas (50- 80 cm) las frecuencias tienden a aumentar para 1998, 2002, 2005 y 2006, pero a partir de los 110 cm de longitud se observó que en estos años las frecuencias tienen a disminuir, con excepción del año 2002 que presentó un aumento para las tallas de 120 cm hasta un mínimo de las frecuencias en los 180 cm (figura 23).

El máximo de las frecuencias, se observó en el año 2001, de tallas a partir de los 70 cm hasta los 130 cm, disminuyendo las frecuencias de tallas en los 180 cm (Figura 23).

En 2002 se observó un aumento constante para las frecuencias, con un primer máximo en los 50 cm, seguido de los 100 cm y posterior en 120 cm de longitud y disminuye hasta los 180 cm en frecuencia cero (figura 23).

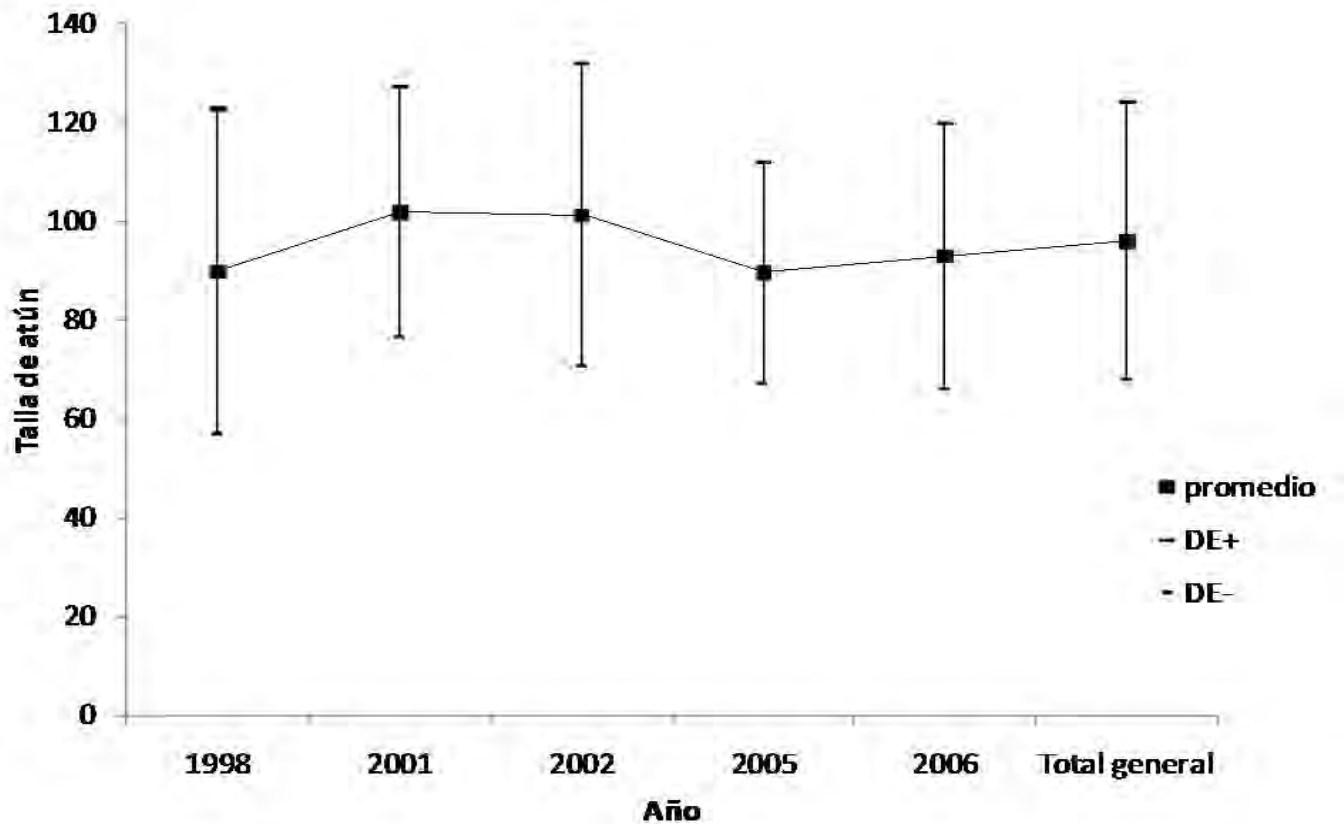


Fig.24. Promedio y desviación estándar para las tallas promedio de atún para los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006 así como el total.

Al obtener y comparar los valores del promedio y la desviación estándar para la talla de atún (figura 24), se observó que en 1998 el intervalo de tallas obtenido, desde los 60 hasta los 120 cm, con un promedio de de 89 cm de longitud furcal. Para 2001, el intervalo de tallas es menor, va de 80 cm hasta casi 130 cm con un promedio de 102 cm de longitud furcal (figura 24).

En 2002 el promedio, en este contexto, es similar al año anterior (101 cm), el intervalo de tallas abarcó desde los 70 hasta los 130 cm de longitud furcal (figura 24).

En 2005 se observó el promedio mas pequeño para la longitud furcal, de 89 cm aproximadamente, el intervalo de tallas abarcó desde los 70 hasta 100 cm. Además, en ese año, se observó el intervalo de

tallas y el promedio más pequeño de los años analizados. Para 2006, el promedio se ubicó en los 93 cm con un intervalo que va desde los 70 hasta los 120 cm de tallas (figura 24).

El total general muestra un promedio de 96 cm de longitud, y el intervalo de tallas va desde los 65 hasta los 120 cm de longitud, sin presentar diferencias estadísticas significativas (figura 24).

Tamaño del cardumen.

Los datos de las poblaciones de atún aleta amarilla se presentaron en toneladas y para poder compararlas con los delfines cuyos datos se proporcionan en número. Así, se procedió a convertir las capturas de atún en número de individuos, utilizando el modelo de la relación peso-longitud para el Océano Pacífico Este, elaborada por Zhu et al., 2008: $W = aL^b$ donde: w =peso (kg) y L = longitud (cm); $a=0.00418$ y $b= 3.244$.

Obtenido el número de atunes que conformaron el cardumen, se procedió al análisis de las abundancias numéricas. El análisis de componentes de varianza mostró que hay diferencias significativas para el año y la latitud, mientras que las anomalías de temperatura no presentaron diferencias significativas; ninguna de las interacciones tuvo diferencias significativas ($p>0.05$). Se observó que el número de atunes que conformaron el cardumen tiene un número variable a lo largo de los años y que está directamente relacionado con la talla de estos; el número de individuos al parecer presenta cambios y aumentó conforme se aleja del ecuador ($30^\circ N$).

•Análisis de varianza factorial.

Como primer análisis se tomó como variables a cada una de las especies de delfín, el tamaño del cardumen, latitud, longitud, anomalía de temperatura y el año.

Para el caso del delfín manchado se observó que las manadas más grandes de esta especie de delfín se encuentran asociadas a un cardumen de tamaño chico ($F= 5.23$, $p=0.0054$); para la longitud, se observó que las manadas van disminuyendo su tamaño conforme se alejan de la línea del ecuador, para el caso de la longitud, se observó que las manadas más grandes asociadas al atún se encuentran más alejadas de la costa ($135^\circ W$). Solamente se obtuvo diferencias significativas para la interacción latitud-temperatura ($F=2.067$, $p=0.023$) (Figura 25).

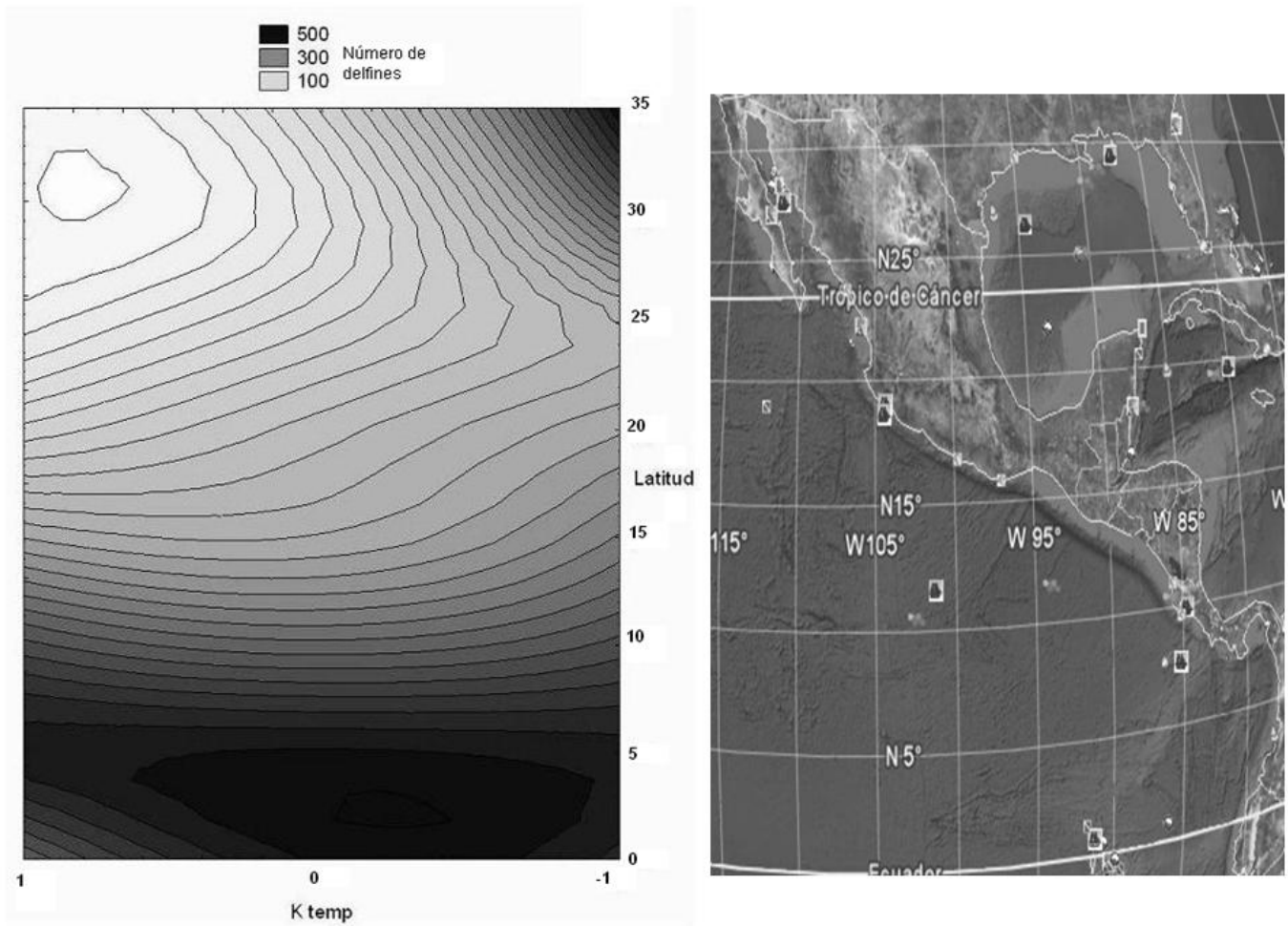


Fig.25. Superficie de respuesta para la interacción latitud-anomalía de temperatura para el número de delfines manchados. Los datos corresponden a todo el periodo de estudio. Mapa tomado de Google Earth, sólo para fines indicativos.

Se observa (Figura 25) que las manadas mas grandes de delfines manchados (300-500) se encuentran entre los 0° y 10° N, en los tres rangos de anomalía de temperatura, disminuyendo en número conforme se alejan del ecuador y en los 30°N, se observó una mayor asociación principalmente en la anomalía fría. Las manadas más pequeñas se observaron más alejadas del ecuador en las anomalías de temperatura normal (0) y cálidas (1).

El delfín tornillo oriental presentó diferencias significativas en los factores de manera independiente, menos la temperatura; situación similar a la del delfín manchado y la única interacción significativa fue la interacción latitud-longitud ($F= 1.93, p=0.00067$) (Figura 26).

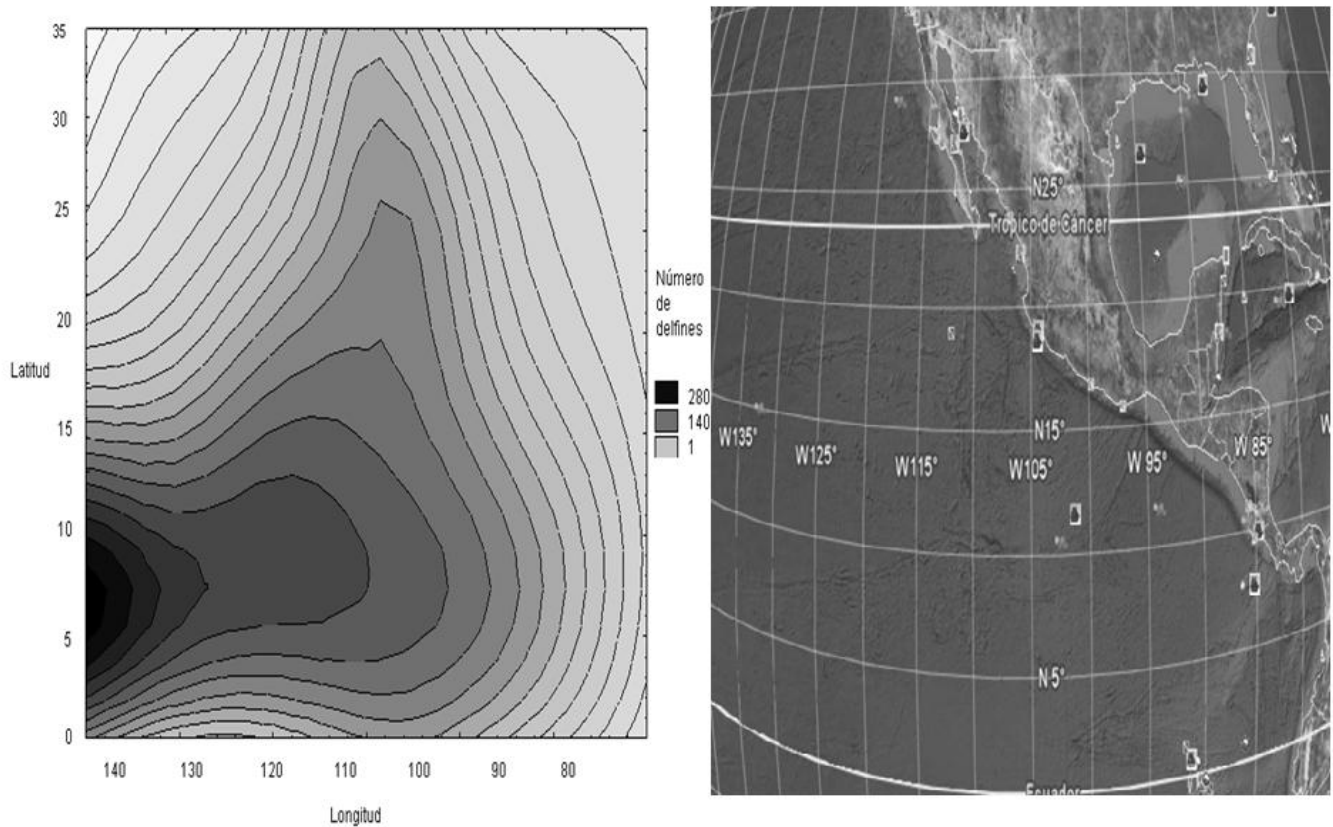


Fig.26. Superficie de respuesta para la interacción latitud-longitud para el número de delfines tornillo oriental. Los datos corresponden a todo el periodo de estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.

Las manadas de esta especie tuvieron un tamaño variable conforme se alejan de la línea del ecuador, mientras que el tamaño aumenta conforme se alejan de la línea de costa (Figura 26); también se observa que las manadas más grandes de esta especie se encuentran asociadas a los cardúmenes de tamaño mediano, aumentando el tamaño de la manada hasta casi 400 delfines, en general los registros muestran estos valores para los años 2005 y 2006.

La tercera especie asociada es el delfín tornillo panza blanca, la cual presentó diferencias significativas para la latitud, longitud, tamaño del cardumen y año de manera independiente. Se observa (figura 27) que el número de delfines de esta especie disminuyó conforme se alejan de la línea del ecuador, mientras que el tamaño máximo de la manada se observó en longitudes oceánicas (130°W). Se obtuvieron diferencias significativas para la interacción latitud-longitud ($F= 2.76, p>0.05$); latitud-tamaño del cardumen ($F= 2.14, p=0.045$) y latitud-longitud-anomalía de temperatura ($F=2.02, p=0.00012$) presentaron diferencias significativas. Se observó en la gráfica que las manadas más grandes del delfín tornillo panza blanca se encuentran más alejadas de la costa entre los 5° y 10°N (Figura 27).

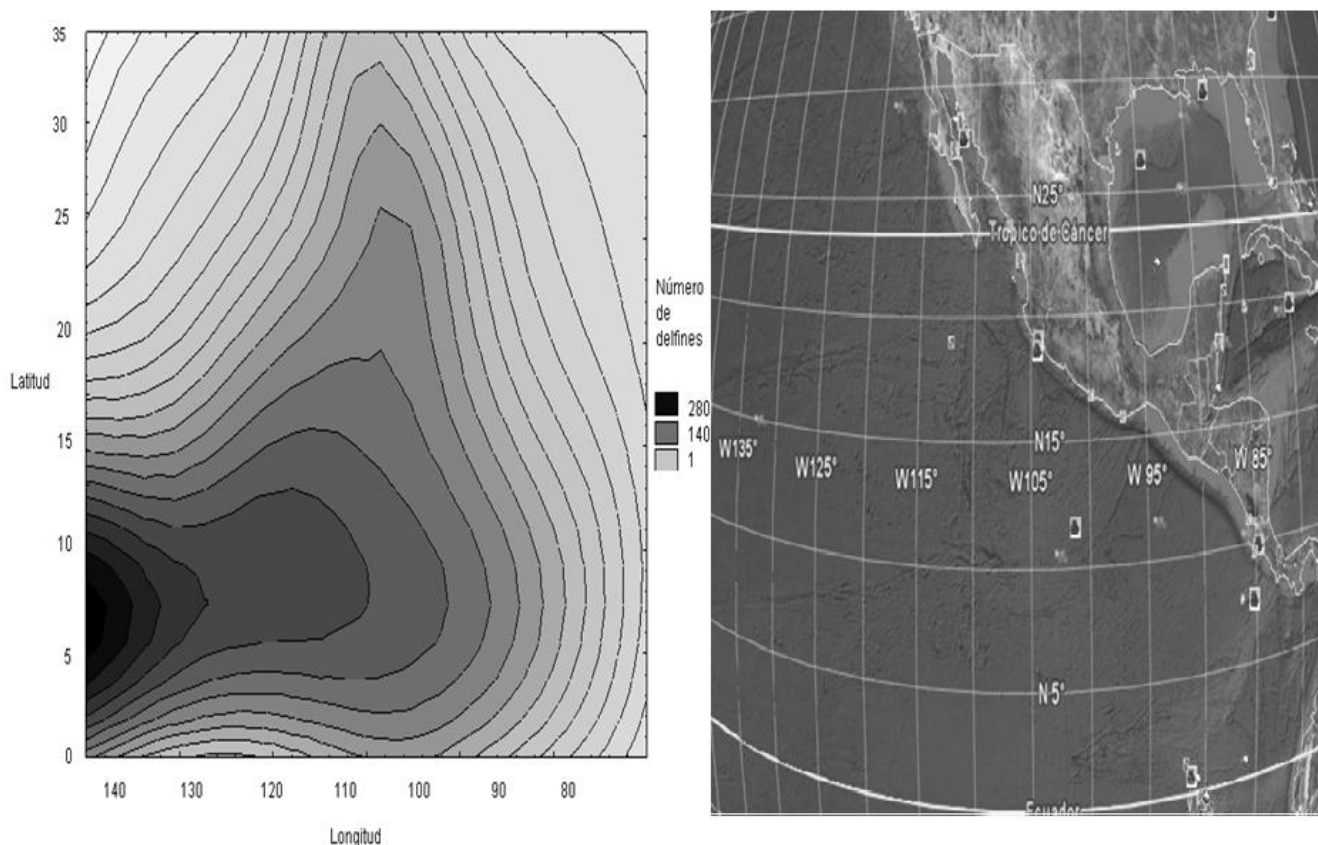


Fig.27. Superficie de respuesta para la interacción latitud-longitud para el número de delfines tornillo panza blanca. Los datos corresponden a todo el periodo de estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.

Las manadas del delfín tornillo panza blanca se encontraron asociadas principalmente a cardúmenes de tamaño mediano en los 20°N. Para manadas de entre 20 y 40 individuos se observa una asociación para cardúmenes chicos y medianos entre los 5° y 10° N. Entre los 15° y 25°N se observó una variación en el tamaño de la manada que va desde 1 hasta los 60 individuos (Figura 28).

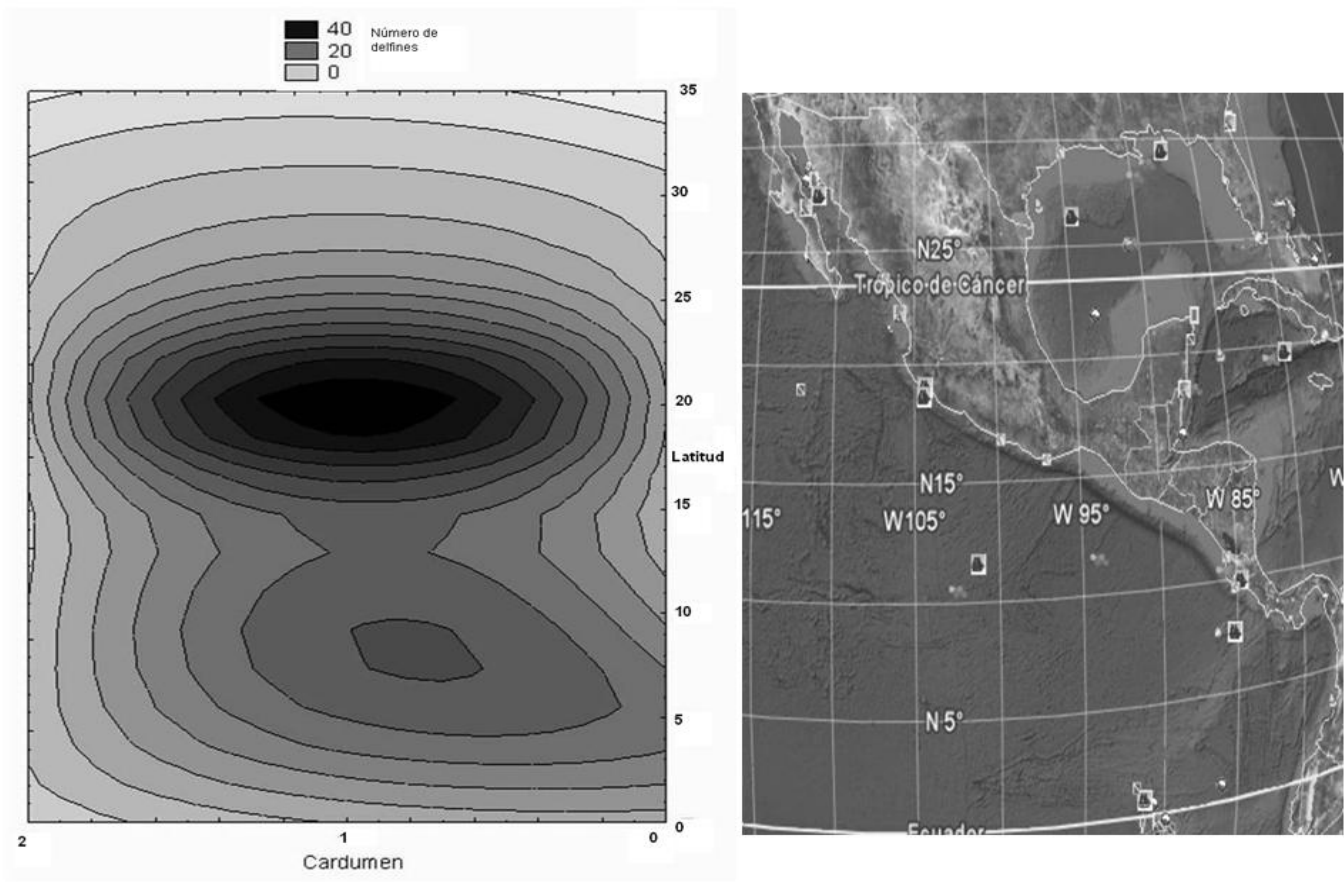


Fig.28. Superficie de respuesta para la interacción tamaño del cardumen-latitud para el número de delfines tornillo panza blanca. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.

La interacción latitud-longitud-anomalía de temperatura mostró que las manadas más grandes estuvieron asociadas a la anomalía fría (-1) con un número máximo en la escala de 60 individuos en la línea del ecuador mar adentro (135° W). Mientras que para la anomalía de temperatura cálida (1) se observó manadas de aproximadamente 25 individuos en la zona de los 10° y 15°N mar adentro. Para cuando las anomalías están dentro de lo normal (0) no se observa un aumento en el tamaño de la manada de esta especie (Figura 29).

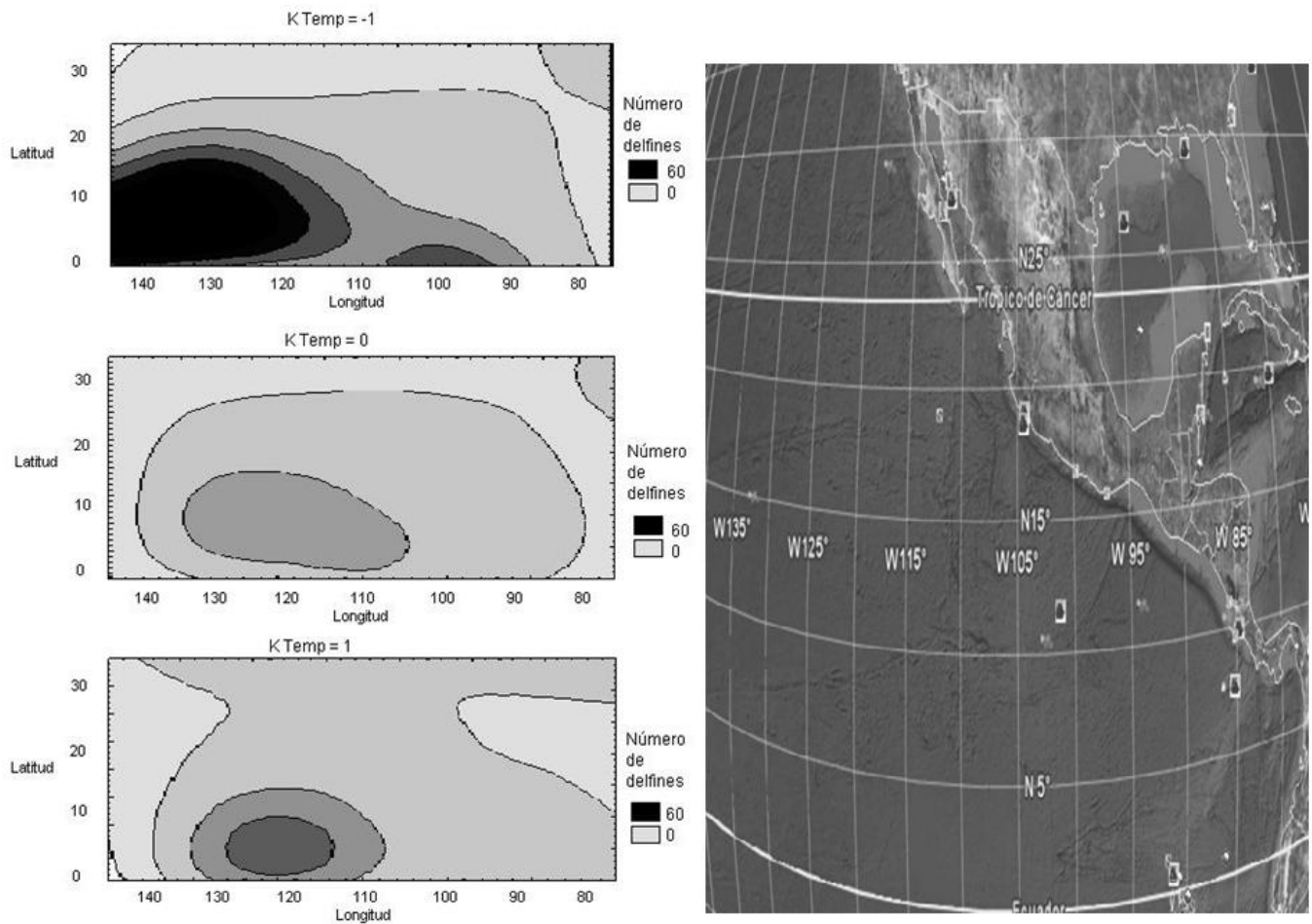


Fig.29. Superficies de respuesta para la interacción latitud-longitud-anomalía de temperatura para el número de delfines tornillo panza blanca. K temp: -1 para la anomalía de temperatura fría, K temp: 0 para la anomalía de temperatura normal y K temp: 1 para la anomalía de temperatura cálida, para el conjunto de datos de este trabajo.

Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.

El delfín común, presentó diferencias significativas para la latitud, longitud, año, tamaño del cardumen y temperatura, se observó que las manadas de esta especie son pequeñas pero presentan un gran aumento conforme se alejan de la línea del ecuador y de la línea de costa.

Se obtuvieron diferencias significativas para la interacción latitud-longitud ($F=9.24$, $p>0.05$), latitud-tamaño del cardumen ($F= 47.05$, $p>0.05$), latitud-temperatura ($F=8.70$, $p>0.05$), longitud-temperatura ($F= 7.23$, $p>0.05$) y latitud-longitud-temperatura ($F= 3.36$, $p>0.05$).

Se observó que las manadas más grandes de esta especie se encuentran entre los 5° - 25°N y 100°-110°W, conformada por un máximo de 100 individuos (Figura 30).

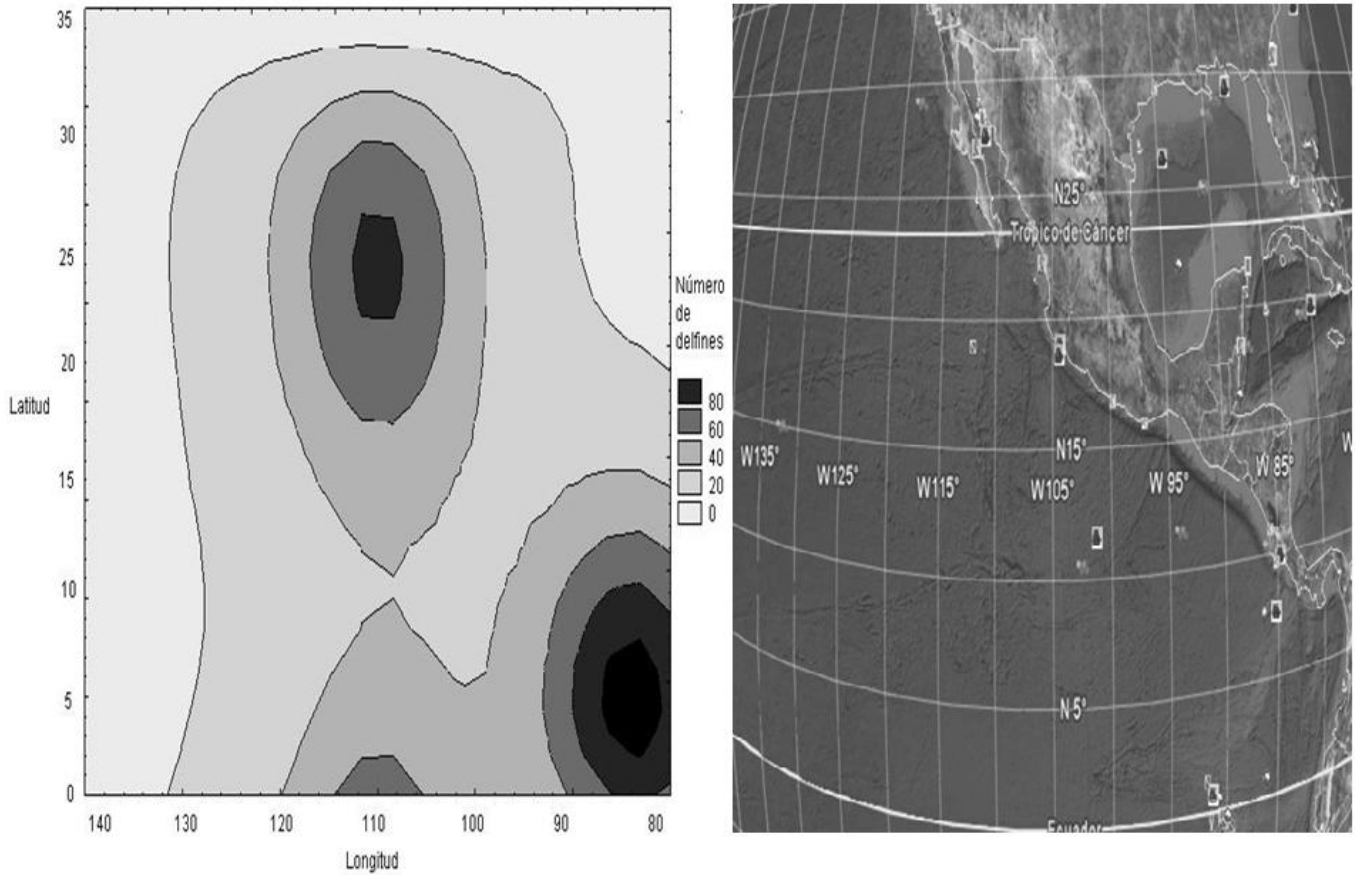


Fig.30. Superficie de respuesta para la interacción latitud-longitud para el número de delfín común. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.

Para la interacción latitud-tamaño del cardumen, se observó que las manadas más grandes de esta especie están cercanas a los 20°N asociadas a cardúmenes de tamaño pequeño. Disminuyendo el tamaño de la manada conforme se alejan hacia el norte o al sur (Figura 31).

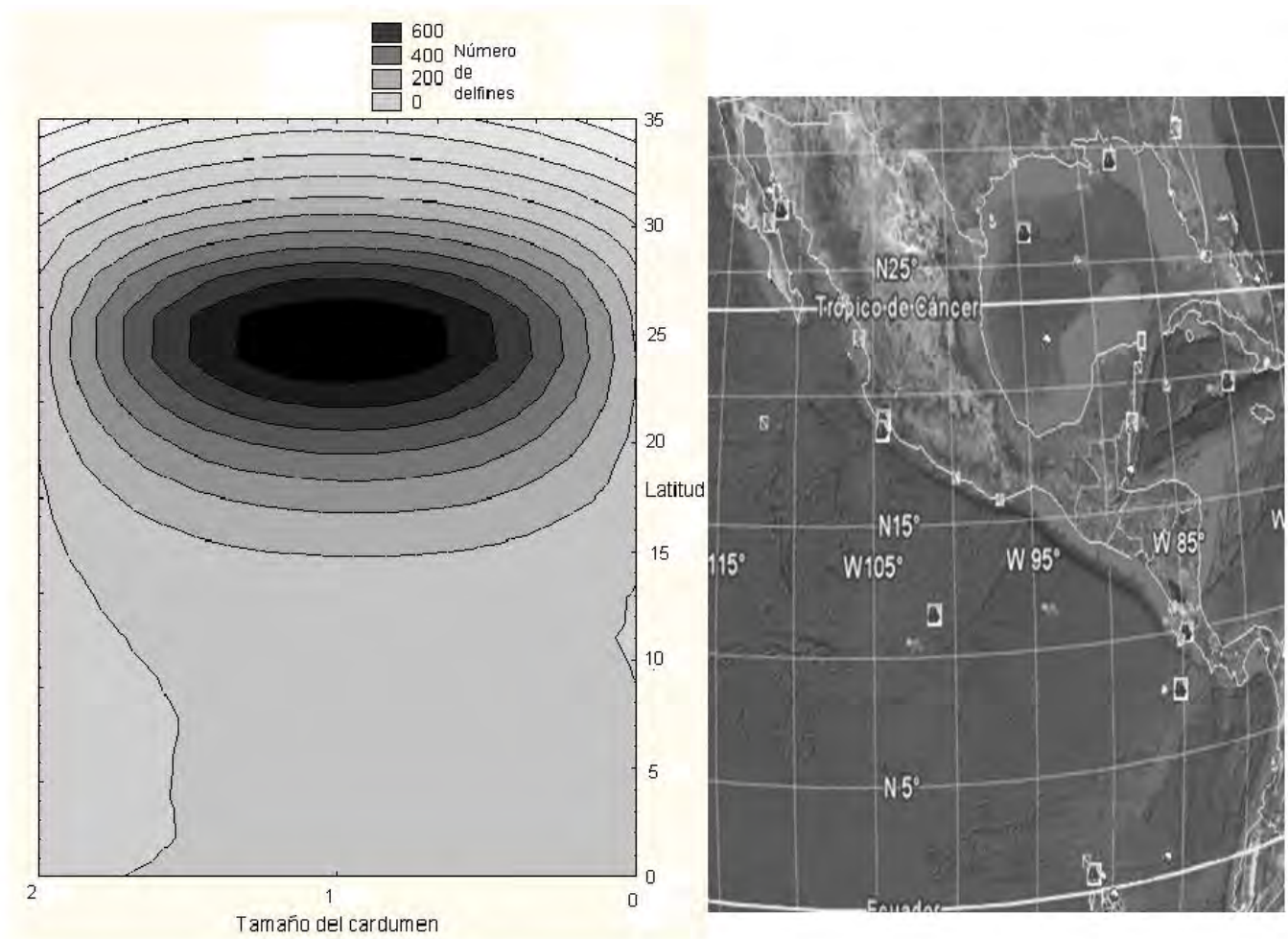


Fig.31. Superficie de respuesta para la interacción tamaño del cardumen-latitud para el número de delfín común. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.

Se observó que las manadas más grandes de delfín común están asociadas a la anomalía de temperatura cálida (1) con un número de 800-1000 individuos y en la anomalía de temperatura normal (0) las manadas mas pequeñas, todas estas alejadas de la línea del ecuador (20° – 30° N) (Figura 32).

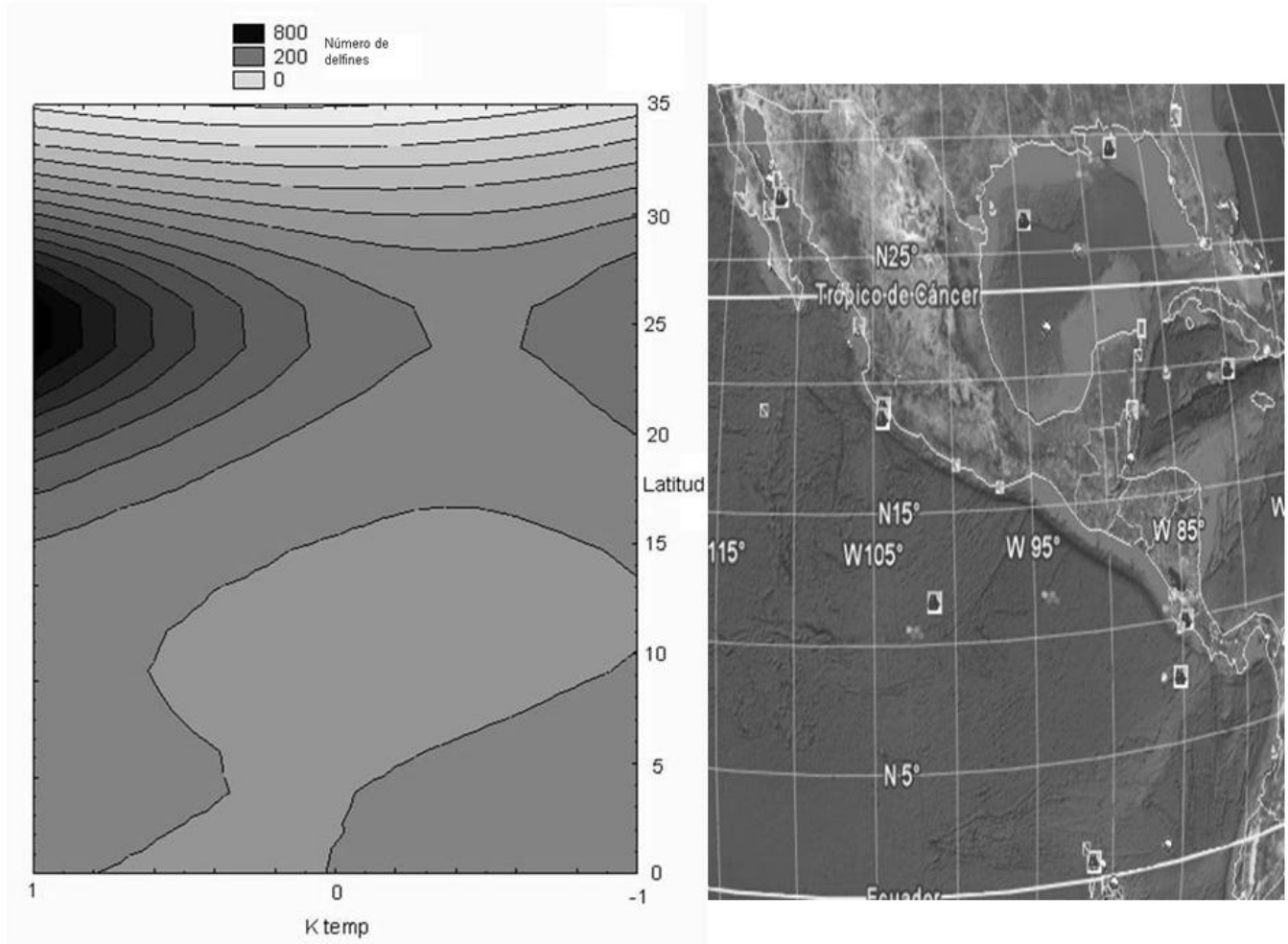


Fig.32. Superficie de respuesta para la interacción anomalía de temperatura-latitud para el delfín común. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.

Para la interacción longitud-anomalía de temperatura se observaron dos máximos de las manadas más grandes de delfín común; el primero, asociado a la anomalía de temperatura fría (-1) con un número de 200-400 delfines en los 85° W y el segundo grupo asociado a la anomalía de temperatura cálida (1) con un número de 100-200 delfines en la misma longitud. Se observa que las manadas más pequeñas (0-100) se encuentran distribuidas en todas las coordenadas (Figura 33).

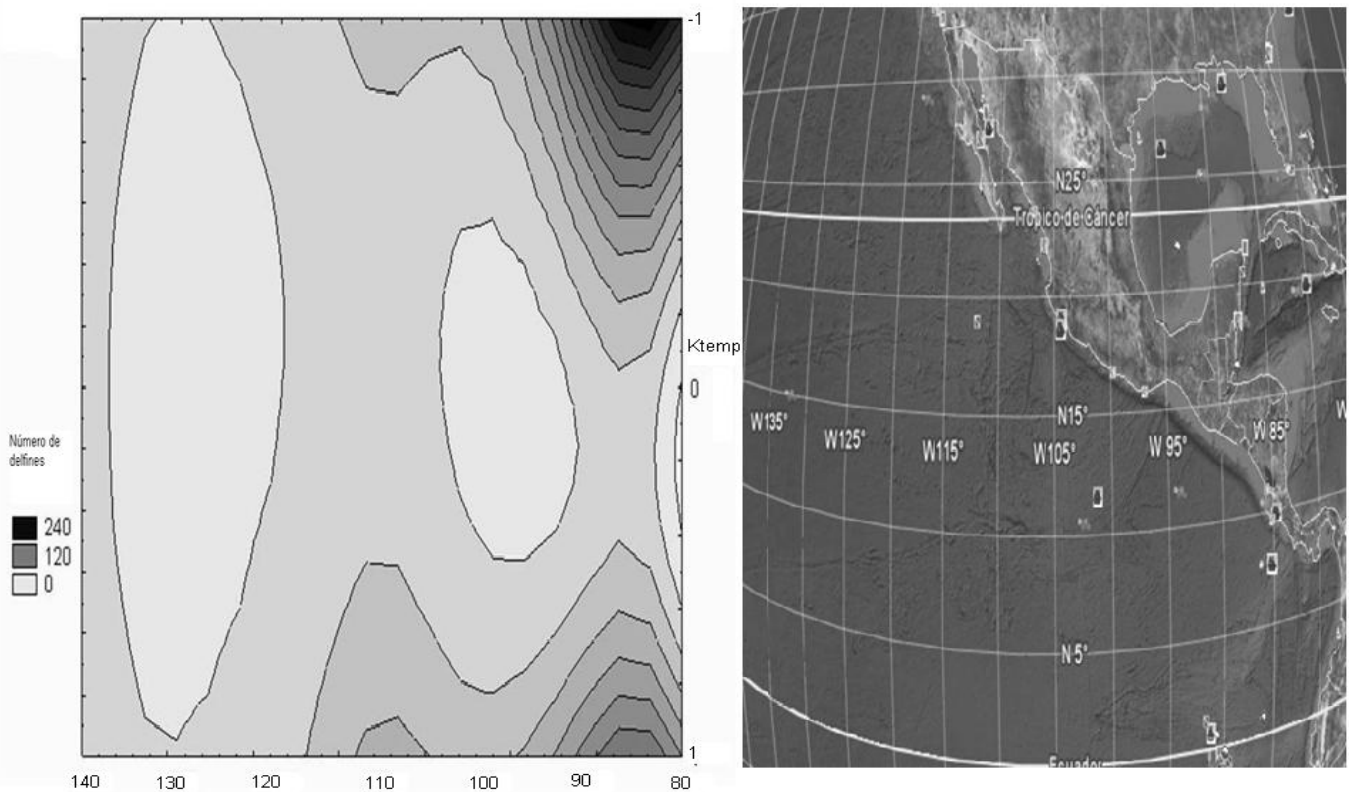


Fig.33. Superficie de respuesta para la interacción anomalía de temperatura-longitud para el delfín común. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.

En la interacción latitud-longitud-anomalía de temperatura, se observó que en la anomalía fría (-1) hay dos grupos principalmente, uno muy pequeño en los 5°N y 85°W con un máximo de 150 individuos. Para la anomalía cálida (1) se observan también dos grupos de 150 delfines aproximadamente, el primero en los 5°- 10°N y 90°W; el segundo en los 35°N y 120°W. La anomalía de temperatura normal no muestra cambios en el tamaño de las manadas (Figura 34).

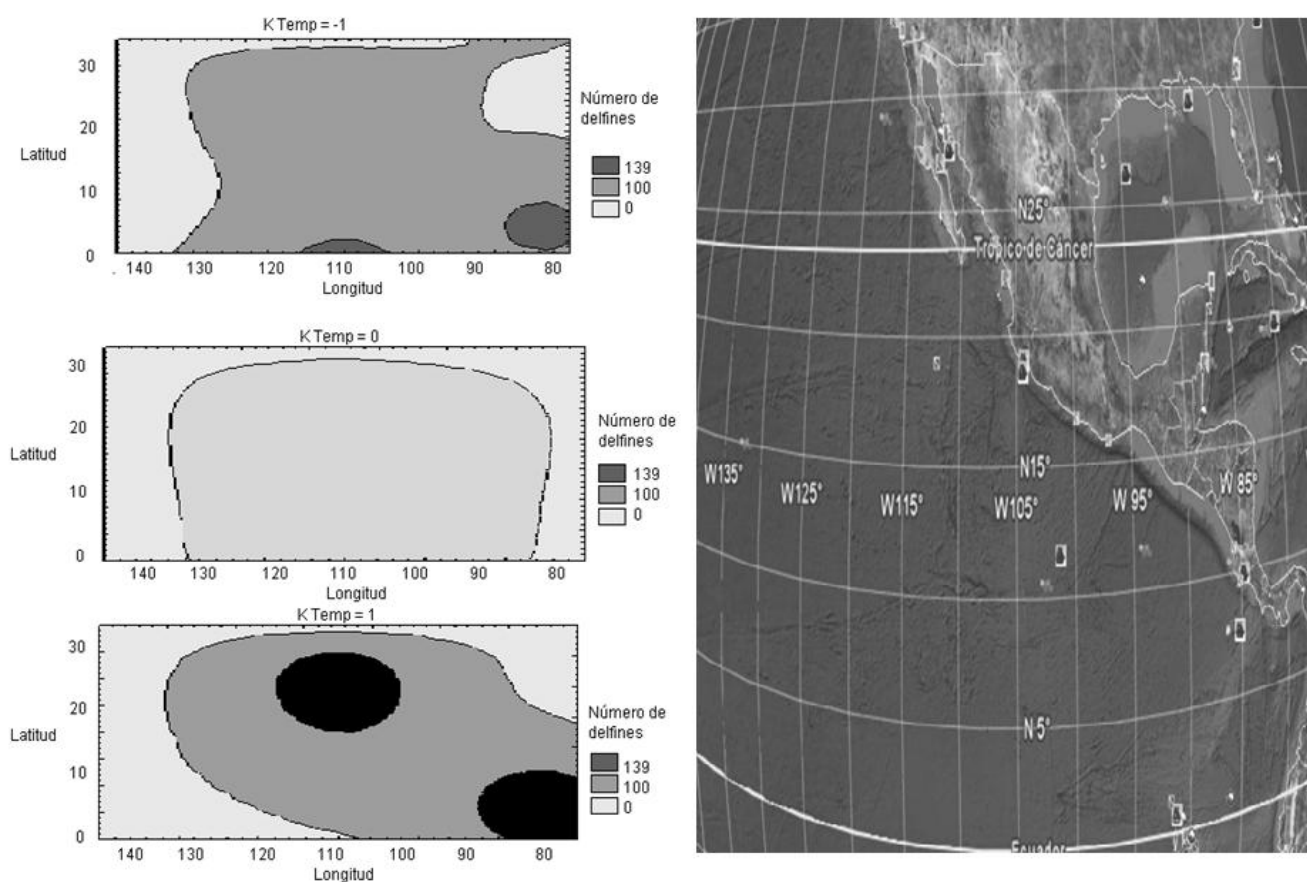


Fig.34. Superficies de respuesta para la interacción latitud-longitud-anomalía de temperatura para el número de delfín común. K temp: -1 para la anomalía de temperatura fría, K temp: 0 para la anomalía de temperatura normal y K temp: 1 para la anomalía de temperatura cálida. Para el conjunto de datos de este estudio. Mapa tomado de Google Earth sólo para fines indicativos.

En la siguiente tabla se muestran los valores de la varianza que se explica a partir de este modelo ó R obtenidos a partir del análisis factorial para el número de delfines de acuerdo a la latitud, longitud y el tamaño del cardumen para todos los años analizados (Tabla 3):

Tabla 3. Se muestran los valores de R obtenidos a partir del análisis factorial para la latitud, longitud, tamaño del cardumen y sus interacciones para los años analizados. El dato en la columna “Valor de R” representa el porcentaje de la varianza explicada para esa especie para los datos analizados.

Especie de delfín	Valor de R
Delfín manchado	0.13
Delfín tornillo oriental	0.10
Delfín tornillo panza blanca	0.13
Delfín común	0.36

También se realizó este análisis para la captura total de atún aleta amarilla en los años antes mencionados, los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas para la latitud, longitud y la interacción latitud-longitud. Las zonas de mayor captura se muestran en los mapas anexos (figuras 35-39), así como la asociación con las diferentes manadas de delfines y las zonas de captura de las mayores tallas de atún aleta amarilla para cada año. Los valores de R obtenidos para la captura por año son muy variables, estos se muestran a continuación:

Tabla 4. Se muestran los valores de R obtenidos a partir del análisis factorial para la latitud, longitud y su interacción para los años analizados. El dato en la columna “Valor de R” representa el porcentaje de la varianza explicada para los datos analizados para cada año.

1998	0.066
2001	0.133
2002	0.084
2005	0.090
2006	0.117

Los siguientes mapas son la representación de las distribuciones obtenidas en el análisis de varianza factorial utilizando los promedios de cada una de las variables de cada año analizado, 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006, la ubicación de las zonas de mayor captura de atún aleta amarilla (Cap), las zonas donde se ubicaron las tallas más grandes de atún (Talla), y las manadas más grandes de las 4 especies de delfines: delfín manchado (Sa), delfín tornillo oriental (SI), delfín tornillo panza blanca (Slpb) y delfín común (Dd) (Figuras 35-39).

Distribución 1998

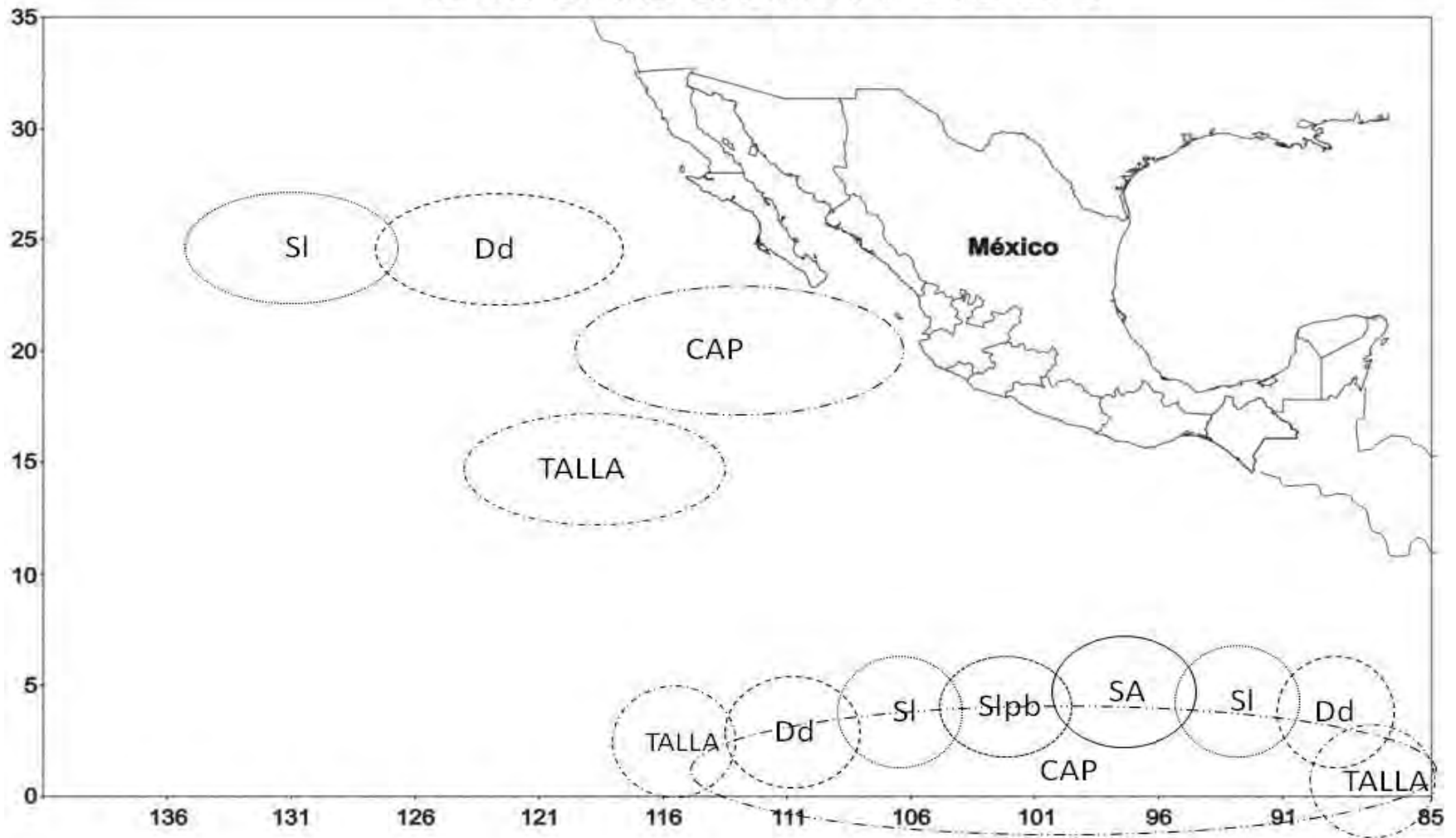


Fig.35. Distribución de las zonas de mayor captura para el atún aleta amarilla (Cap), las manadas de delfín manchado (SA), tornillo oriental (SI), tornillo panza blanca (Slpb) y común (Dd), las tallas mas grandes de AAA (talla) para 1998 de acuerdo al modelo de varianza factorial.

Distribución 2001

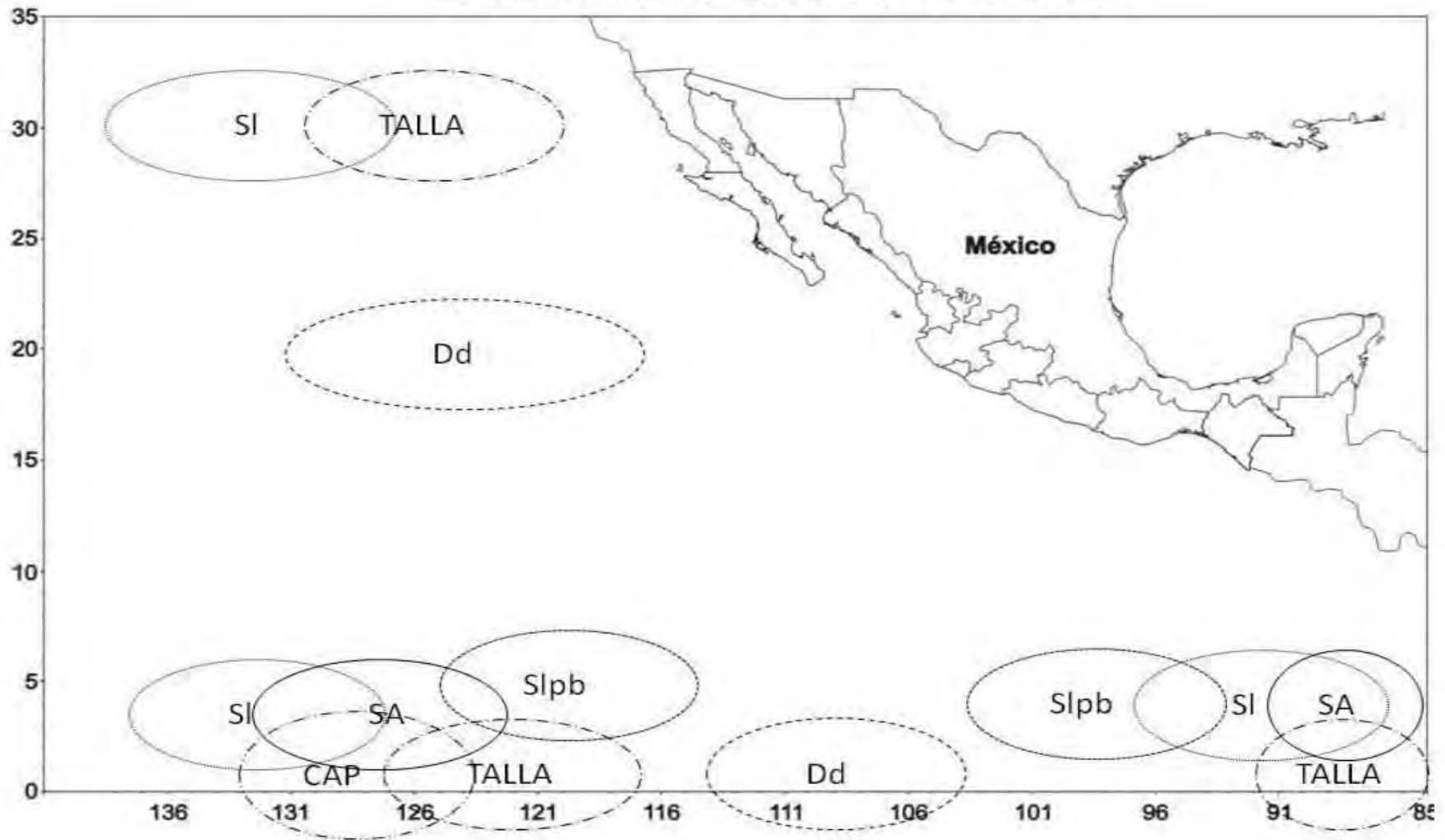


Fig. 36. Distribución de las zonas de mayor captura para el atún aleta amarilla (Cap), las manadas de delfín manchado (Sa), tornillo oriental (Sl), tornillo panza blanca (Slpb) y común (Dd), las tallas mas grandes de AAA (talla) para 2001 de acuerdo al modelo de varianza factorial.

Distribución 2002

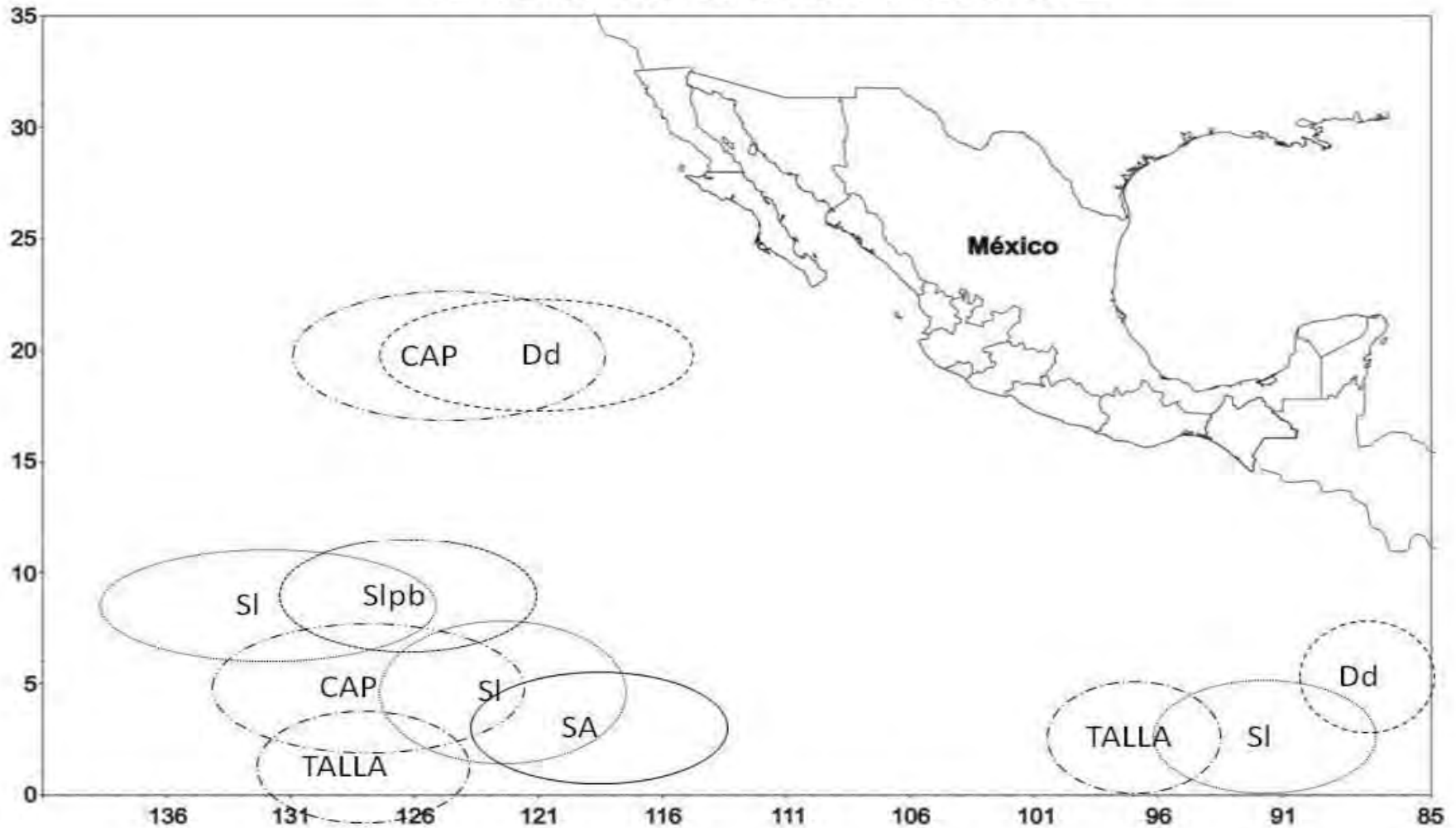


Fig. 37. Distribución de las zonas de mayor captura para el atún aleta amarilla (Cap), las manadas de delfín manchado (Sa), tornillo oriental (SI), tornillo panza blanca (Slpb) y común (Dd), las tallas mas grandes de AAA (talla) para 2002 de acuerdo al modelo de varianza factorial.

Distribución 2005

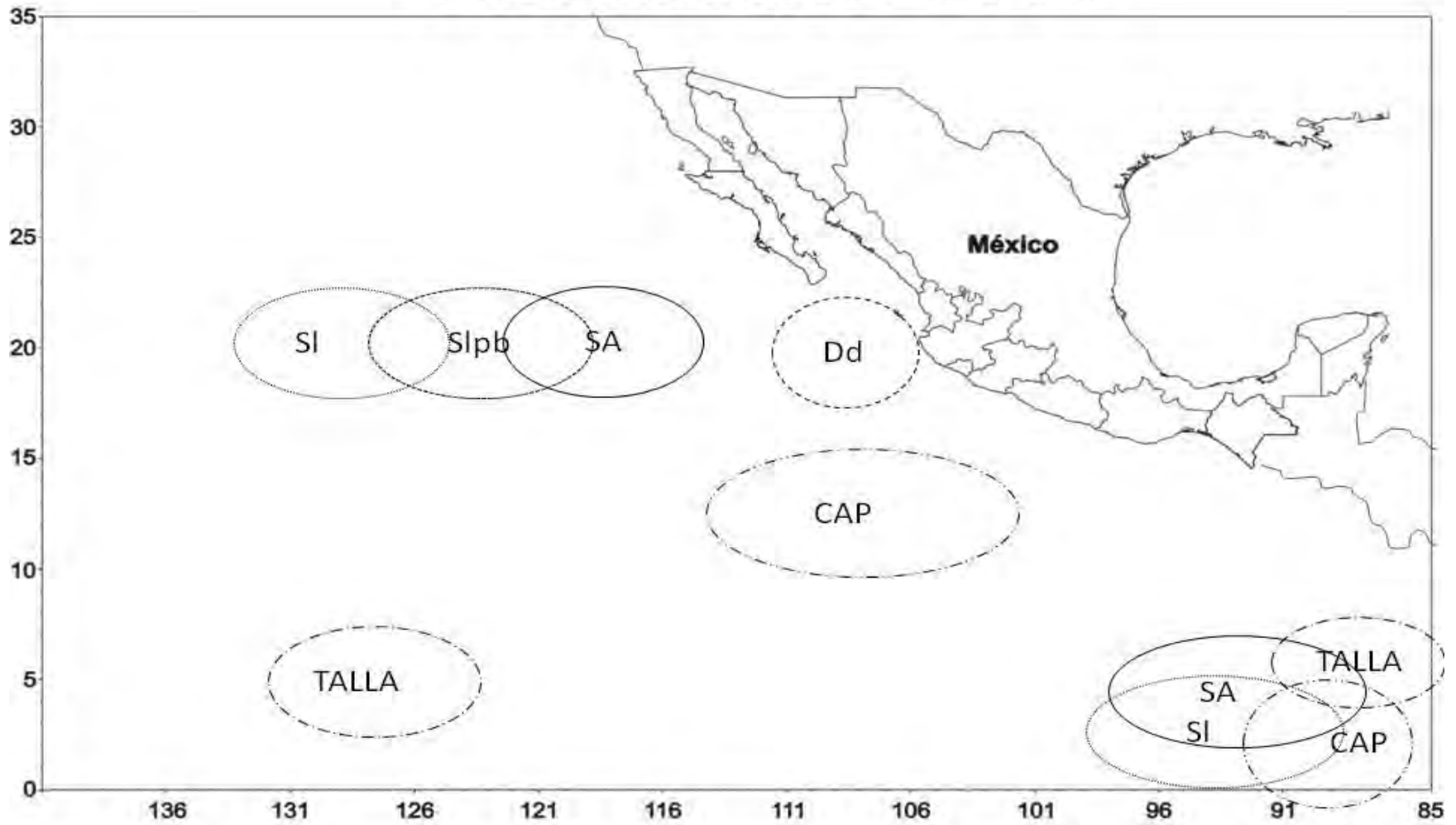


Fig.38. Distribución de las zonas de mayor captura para el atún aleta amarilla (Cap), las manadas de delfín manchado (Sa), tornillo oriental (Si), tornillo panza blanca (Slpb) y común (Dd), las tallas mas grandes de AAA (talla) para 2005 de acuerdo al modelo de varianza factorial.

Distribución 2006

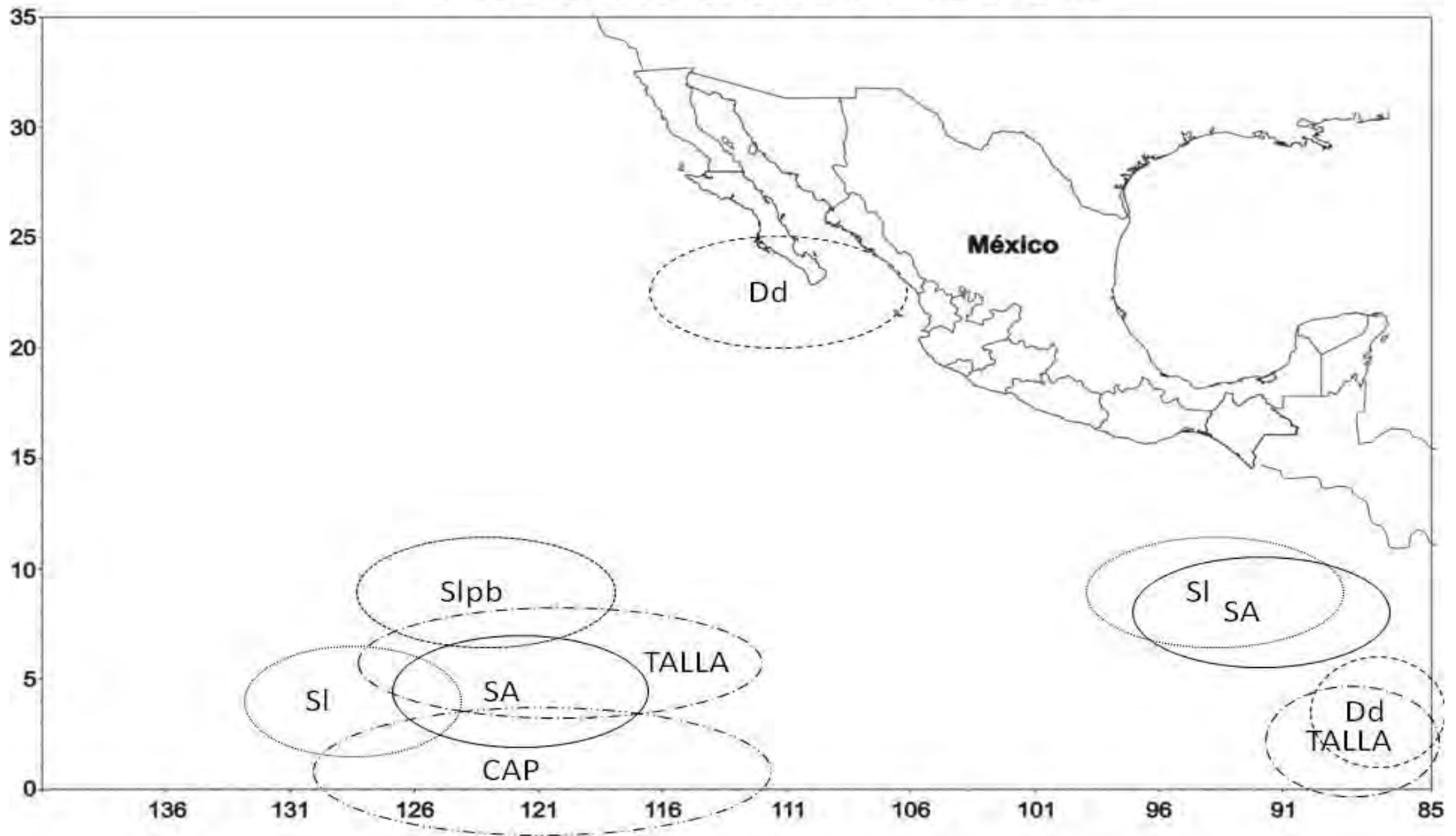


Fig. 39. Distribución de las zonas de mayor captura para el atún aleta amarilla (Cap), las manadas de delfín manchado (Sa), tornillo oriental (SI), tornillo panza blanca (Slpb) y común (Dd), las tallas mas grandes de AAA (talla) para 2006 de acuerdo al modelo de varianza factorial

•Análisis de componentes principales.

Se obtuvieron los valores propios para las cuatro especies de delfines, el número de atunes y los parámetros ambientales (latitud, longitud y anomalía de temperatura), estos fueron obtenidos a partir del ACP. Se observa el porcentaje de la varianza que representa cada uno de los valores propios, el valor acumulado y el porcentaje acumulado de la varianza que representan. A partir de los datos en la tabla 5 se obtuvieron los valores de cada uno de los factores a partir del análisis de factores (Tabla 6):

Tabla 5. Valor de los tres auto valores obtenidos a partir del análisis de componentes principales (ACP) para las cuatro especies de delfines y atunes así como los parámetros geográficos y temperatura.

	Valores propios	% Total	Acumulado	Acumulado de la varianza
	2.042480	40.84959	2.042480	40.84959
	1.224705	24.49410	3.267185	65.34370
	0.989516	19.79033	4.256701	85.13402

A partir de la tabla obtenida en el ACP, se obtuvo el valor para 3 valores propios, el porcentaje total que representan, así como el porcentaje acumulado de la varianza que explican para el conjunto de datos.

Solamente los primeros dos componentes presentan valores propios mayores a 1, y al graficar los porcentajes se observa que solamente los dos primeros componentes se consideran significativos. Para este caso el valor del tercer componente es cercano a 1 (0.98), por lo tanto se tomó en cuenta para este análisis y de igual manera fue graficado (Figura 40).

El valor propio del primer componente principal (2.04) explicó un porcentaje de varianza de 40.84%, el segundo componente (1.22) explicó un porcentaje de varianza de 24.49%, el tercer componente tuvo un valor de 0.98, explicando un 19.79%; estos tres componentes en conjunto explican así el 85.13% de la varianza como valor acumulado (Tabla 5).

Tabla 6. Tabla de factores para el análisis de factores a partir del análisis de componentes principales.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
ATUNES	0.038554	0.814551	-0.335942	0.469714	-0.039153
MANCHADO	-0.801483	0.130512	-0.025421	-0.102021	0.574053
TORNILLO OR	-0.699470	0.032018	-0.411551	-0.340494	-0.473716
TORNILLO PB	-0.387010	0.309580	0.831515	0.074599	-0.239586
DELFIN COMUN	0.417821	0.515544	0.063459	-0.739962	0.089827
*K Latitud	0.246502	0.035484	-0.035745	-0.023442	-0.146206
*K Longitud	-0.105554	0.009188	0.125286	0.019649	-0.109352
*temperatura	-0.024433	-0.006932	-0.000132	0.036007	0.021907

En la tabla 6 se observan los valores obtenidos para las variables utilizadas en el análisis de componentes principales y análisis de factores, a simple vista se observa que los parámetros ambientales obtuvieron los valores mas bajos, es decir, ninguno de ellos, latitud, longitud o temperatura obtuvieron un valor mayor a 0.30; mientras que la especie de delfín que obtuvo el valor mas alto, cercano a uno (negritas) fue el delfín tornillo panza blanca (0.8315) en el factor 3, seguido del atún, que presento un valor de 0.81 para el factor 2, le sigue el delfín manchado con un valor de -0.80 en el factor 1. El delfín común obtuvo un valor de -0.739 en el factor 4 y por último el delfín tornillo oriental con un valor de -0.699 en el factor 1.

A continuación se muestra la representación en tres ejes de los factores obtenidos por extracción de componentes principales; de tal manera que se agrupan las variables de acuerdo a la similitud en las variables. Se puede observar la distribución que presentó cada uno de los organismos analizados; los factores se organizaron por rotación ortogonal (varimax).

Los factores obtenidos (1, 2 y 3) fue a partir de componentes principales, se utilizaron todos los años de los análisis, 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006, los parámetros ambientales (latitud, longitud), temperatura, número de atunes y de delfines de las cuatro especies; obteniendo primero los eigenvectores (tabla 5), los cuales se utilizaron como una tabla transpuesta para obtener por el análisis de factores (tabla 6) la representación tridimensional de las variables (atunes y delfines), además de la tabla de valores propios que incluye el porcentaje de la varianza que representa cada uno de estos, el acumulado de la varianza, el valor de cada uno de estos valores propios y su acumulado; obteniendo así, la representación asociada a los factores 1, 2 y 3. Se obtuvo un 85% de la varianza explicada para 3 factores, mientras que tan solo para los factores 1 y 2 se explicaba el 65% de la varianza.

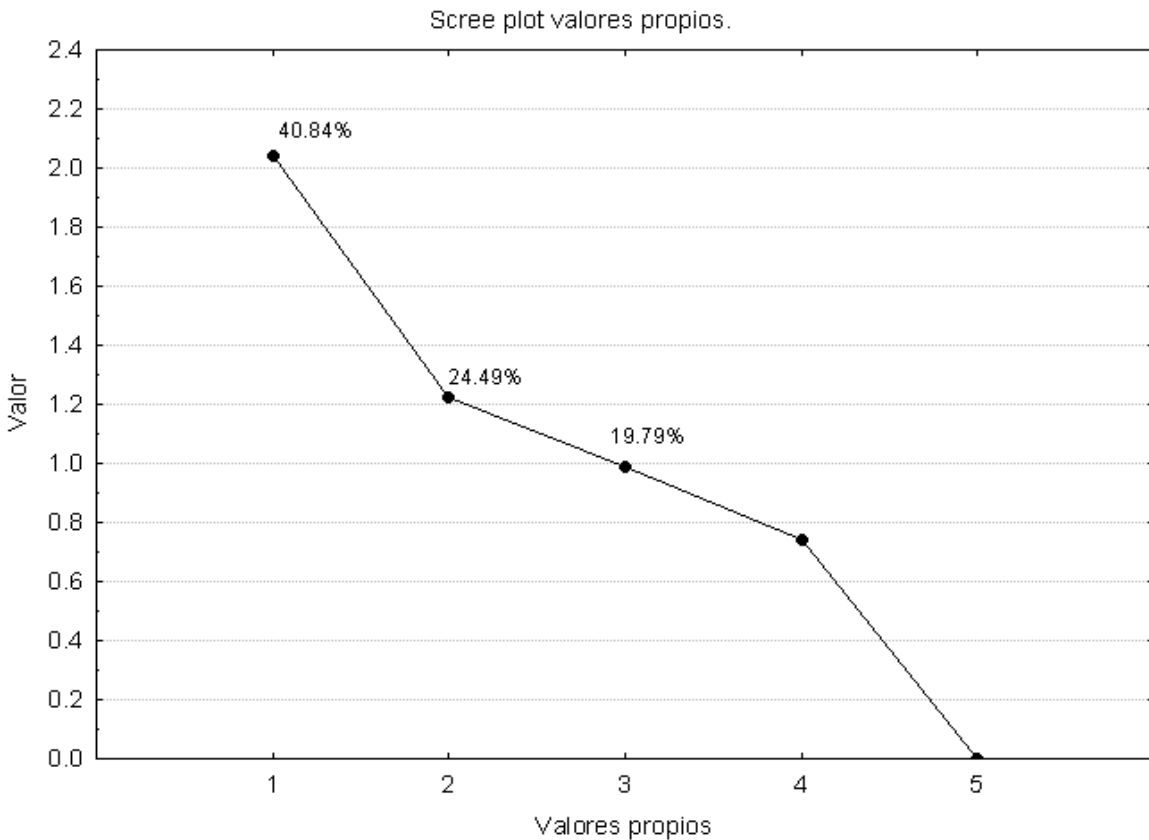


Fig.40. Gráfico de pendiente de los valores propios, se observa el porcentaje de la varianza que representa cada uno de estos componentes; son los utilizados en este análisis ya que presentaron valor propio mayor a uno.

Se observó en la figura 41 que al tomar en cuenta solamente los factores 1 y 2 de la gráfica, en el eje positivo-positivo, se ubican los atunes y el delfín tornillo oriental. El valor propio obtenido para los atunes en el factor 1 y 2 es alto (0.7, 0.7), mientras que para el caso del delfín tornillo oriental la combinación de valores obtenidos se encuentra en 1.0 para el factor 1 y es cero para el factor 2.

Para el eje positivo-negativo, siguiendo el movimiento de las manecillas del reloj, en primer lugar se encuentra el delfín manchado con un valor del factor 1 de 0.6 lo cual es alto y para el factor 2 es de -0.4, seguido del delfín tornillo panza blanca con valor de los factores 1 y 2 de 0.5 y -0.6 para los cuadrantes negativo-negativo, no se ubicaron ninguna de las especies analizadas; mientras que en el cuadrante negativo-positivo, se ubicó el delfín común, con valores para los factores 1 y 2 de -0.1 y 0.5 (Figura 41).

Factor 1 vs. Factor 2 vs. Factor 3

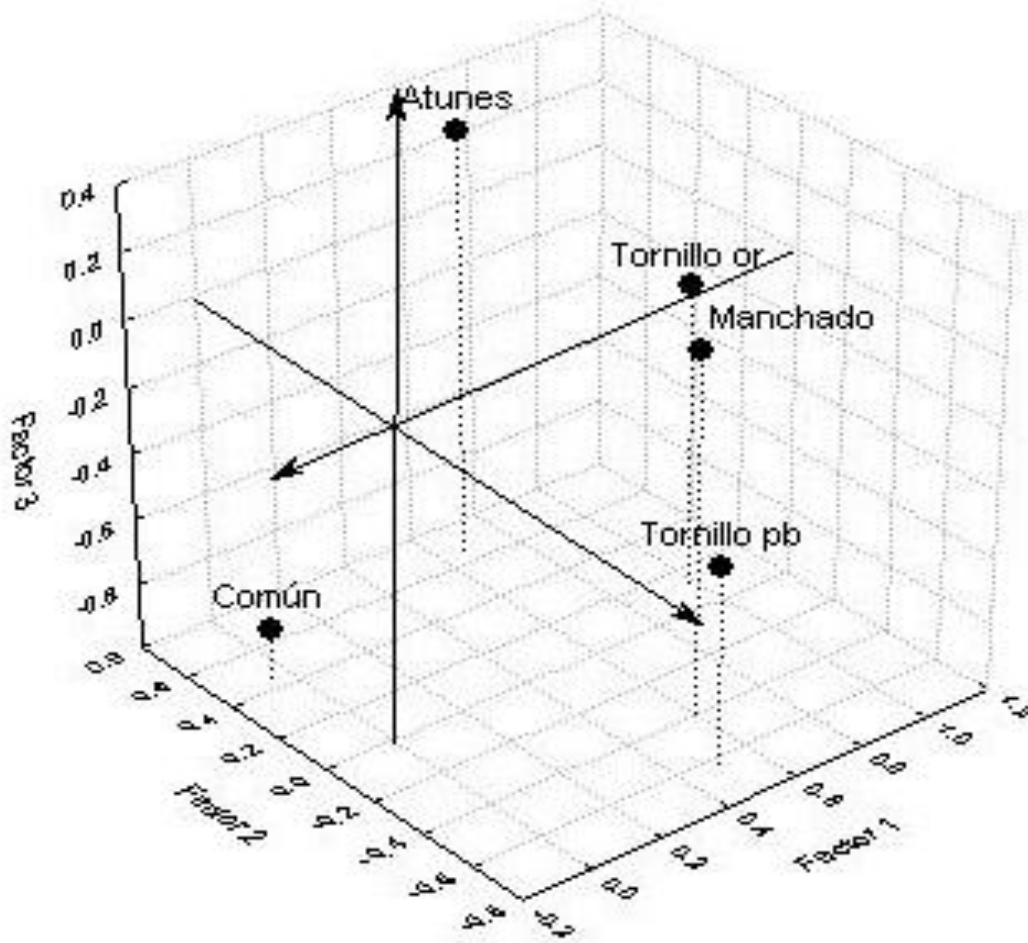


Fig.41. Representación tridimensional de los 3 factores obtenidos por componentes principales donde se agrupan los organismos analizados a partir de todos los años analizados: 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006.

Al tomar en cuenta el factor 3 (eje z) se observa que solamente los atunes presentaron un valor mayor a cero para este factor (0.2), mientras que las especies de delfines asociadas, se encontraron por debajo de cero: delfín tornillo oriental (-0.2), delfín manchado (-0.3), delfín tornillo panza blanca (-0.4) y el delfín común (-0.8).

Se observó que las especies que muestran una mayor asociación con el atún son el delfín manchado, el delfín tornillo oriental y el tornillo panza blanca, el caso más alejado fue el delfín común.

•Probabilidades bayesianas.

Para el análisis de Bayes, se consideraron las probabilidades condicionales para cada año, utilizando el número de individuos que conforman el cardumen y el número de delfines de las cuatro diferentes especies para poder determinar la asociación.

Se puede observar en la figura 42, el conjunto de datos a explicarse cuando se ha considerado el primer paso para conocer la probabilidad de asociación y el producto de la probabilidad de los datos respecto de la probabilidad a priori sin ser aún ajustados, es el problema por resolver y se puede observar que los valores asignados como probabilidad son bajos o muy bajos. El número de individuos utilizado en este análisis fue en logaritmo. Siguiendo este esquema, para todos los años se observa que las manadas de delfín manchado y el atún presentan un mismo patrón, es decir, el promedio de las manadas de esta especie tendrán un número entre 400 y 3000 delfines (en Ln es igual a 5-9 delfines) con un rango de probabilidad desde 0.015 (1998) hasta 0.04 de probabilidad de ocurrencia para los últimos cuatro años. Mientras que para el delfín tornillo oriental, panza blanca, el promedio de individuos de la manada oscila entre los 150 y 400 delfines (en Ln es igual a 5-6 delfines) con valores de probabilidad desde 0.02 (1998) hasta 0.05 para los siguientes años; para el delfín común, el promedio de individuos de la manadas entre 50 y 400 delfines (en Ln es igual a 4-6 delfines), con un probabilidad desde 0.02 (1998), 0.07 (2001), 0.06 (2002) y 0.05 (2006); en el año 2005 esta especie no se incluyo para el análisis ya que para el remuestreo de los datos en el promedio de Pennington el valor obtenido fue de cero, por lo tanto, y como caso único, se elimino la especie para realizar el análisis. Dividiendo lo anterior por sus sumas quedó resuelto el teorema de Bayes para calcular la probabilidad posterior de cada especie.

Como segunda etapa se calculó la probabilidad posterior del conjunto o asociación y que se representa como la probabilidad acumulada, se trató de resolver que en el 0.5 de probabilidad acumulada del problema o de la asociación se produzca un cruce con la recta de la probabilidad intuitiva, el mejor ajuste visual o a ojo se observa para cuando la probabilidad posterior se acerca al 0.25 de probabilidad pero no se cruza esta recta.

Para el año 1998 en la probabilidad acumulada, el mejor ajuste visual que se obtuvo para la probabilidad posterior cruzó en 0.2 de probabilidad sin llegar a cruza la recta intuitiva, mostrando un sesgo hacia la derecha en los datos (Figura 43).

Para 2001 y 2006 la probabilidad acumulada no cruzó la recta intuitiva. Para el caso de 2006, la probabilidad acumulada se encontró mas cerca de la recta intuitiva pudiendo cruzar en un valor muy cercano a cero (Figura 43).

Para el año 2002, en la probabilidad acumulada, el mejor ajuste visual que se obtuvo para la probabilidad posterior cruza en 0.2 de probabilidad, cruzando la recta intuitiva (Figura 43).

En 2005 para la probabilidad acumulada, el mejor ajuste visual que se obtuvo para la probabilidad posterior cruzó en 0.25 de probabilidad, cruzando la recta intuitiva (Figura 43).

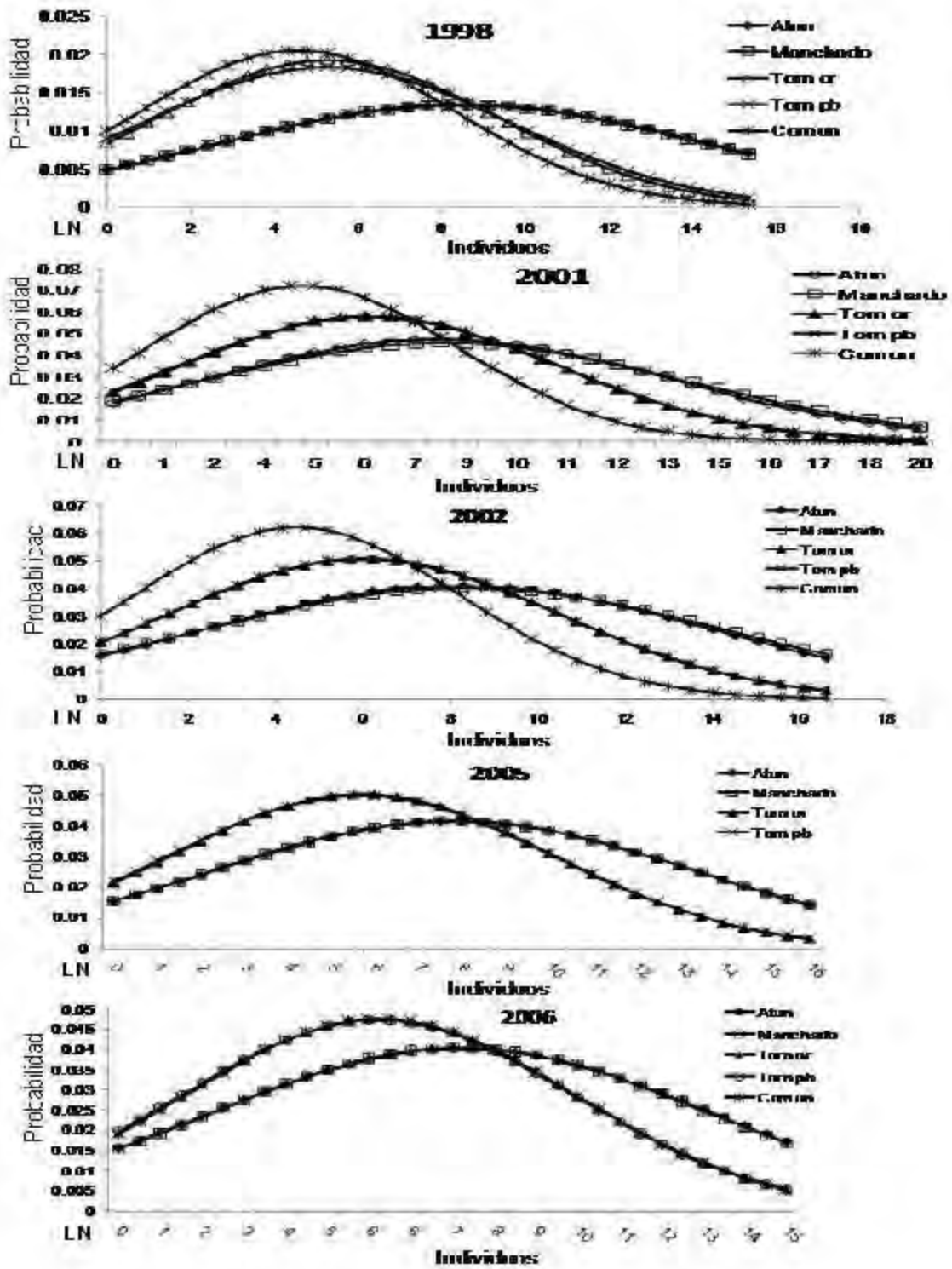


Fig.42. Probabilidad de asociación y el producto de la probabilidad de los datos respecto de la probabilidad a priori sin ser aún ajustados para el número de atunes, delfín manchado, delfín tornillo oriental, delfín tornillo panza blanca y delfín común para los años analizados en logaritmos.

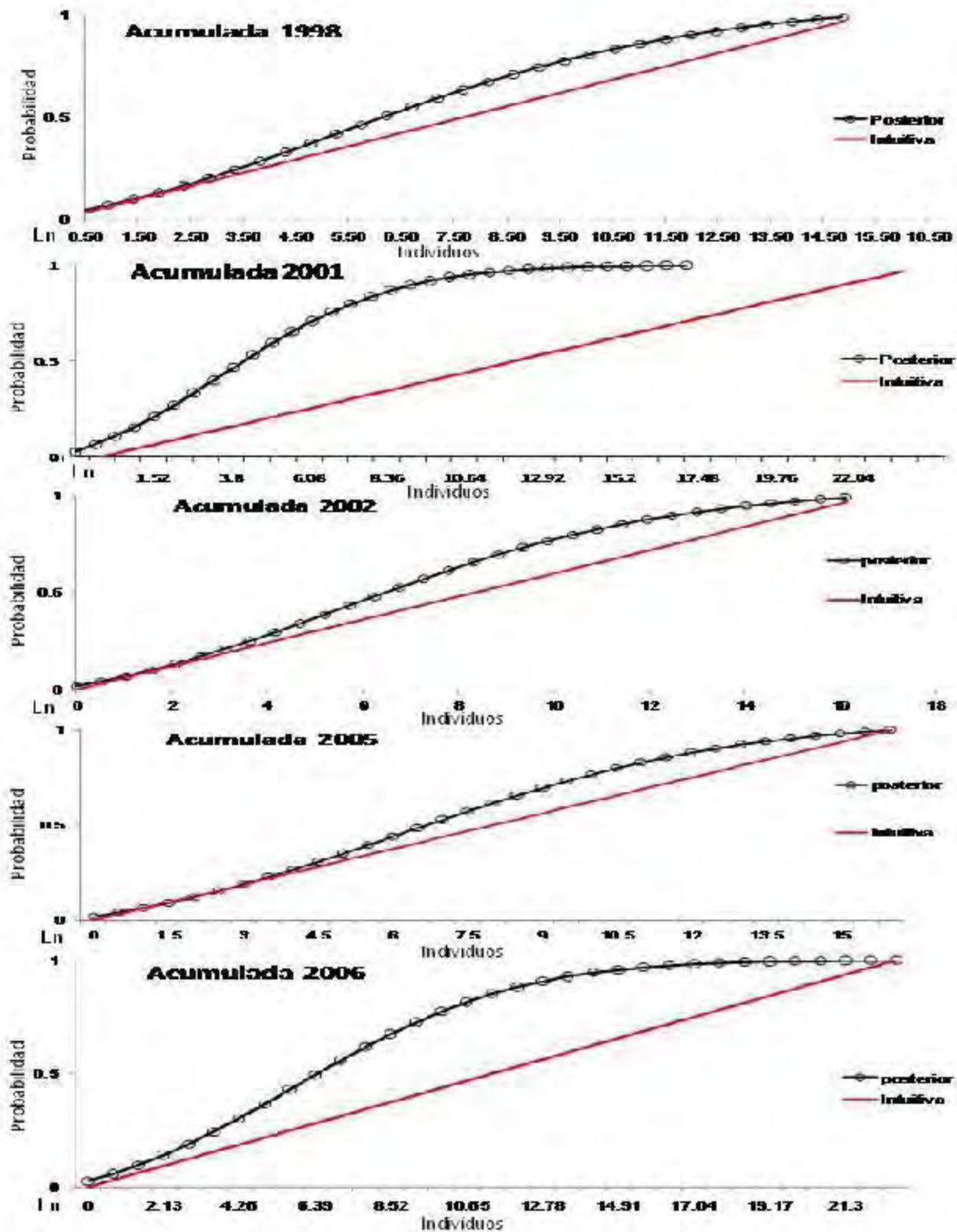


Fig.43. Probabilidad posterior del conjunto o asociación y que se representa como la probabilidad acumulada, se trata de producir un cruce con la recta de la probabilidad intuitiva en logaritmos.

En los porcentajes obtenidos para la asociación de las probabilidades posteriores, se observó que la mayor probabilidad por definición son para los cardúmenes de atún, se mantiene altas considerando al atún con el delfín manchado, al considerar un mayor número de especies disminuye el valor del promedio de la asociación: al considerar al atún, al delfín manchado y al delfín tornillo y así sucesivamente hasta un valor cercano del 40% de que esta asociación se de, cuando el máximo para cualesquier promedio es del 50% (Figura 44).

Para 1998, 2002 y 2005, los porcentajes obtenidos llegaron al 50% o es cercano a este, mientras que el porcentaje para la asociación (5) no obtuvo valores menores al 40% con excepción de los años 2001 y 2006 el porcentaje máximo obtenido es de 45% y el valor menor para la asociación (5) llega hasta el 37% (Figura 44 y Tabla 6). Se pueden observar de manera comparativa los porcentajes obtenidos en cada año en la siguiente tabla:

Tabla 7. Porcentajes obtenidos como probabilidad posterior para el atún y las especies de delfines para 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006.

Año	%pp 1	%pp 2	%pp 3	%pp 4	%pp final
1998	0.496	0.495	0.446	0.422	0.399
2001	0.485	0.487	0.461	0.447	0.421
2002	0.496	0.498	0.465	0.449	0.422
2005	0.494	0.494	0.462	----	0.445
2006	0.490	0.489	0.461	0.446	0.438

La búsqueda de estos valores de porcentaje se realizó cambiando el valor del intervalo de clase de las abundancias dadas en logaritmos, para generar miles de soluciones posibles; la solución para las simulaciones de la probabilidad posterior de la asociación se presenta en la figura 45. Se observó que a partir de las frecuencias obtenidas y los valores observados la probabilidad máxima es de 0.4 para 1998, 2001 y 2005, mientras que el valor mas bajo de probabilidad es de 0.37 para los años 2002 y 2006 (Figura 45).

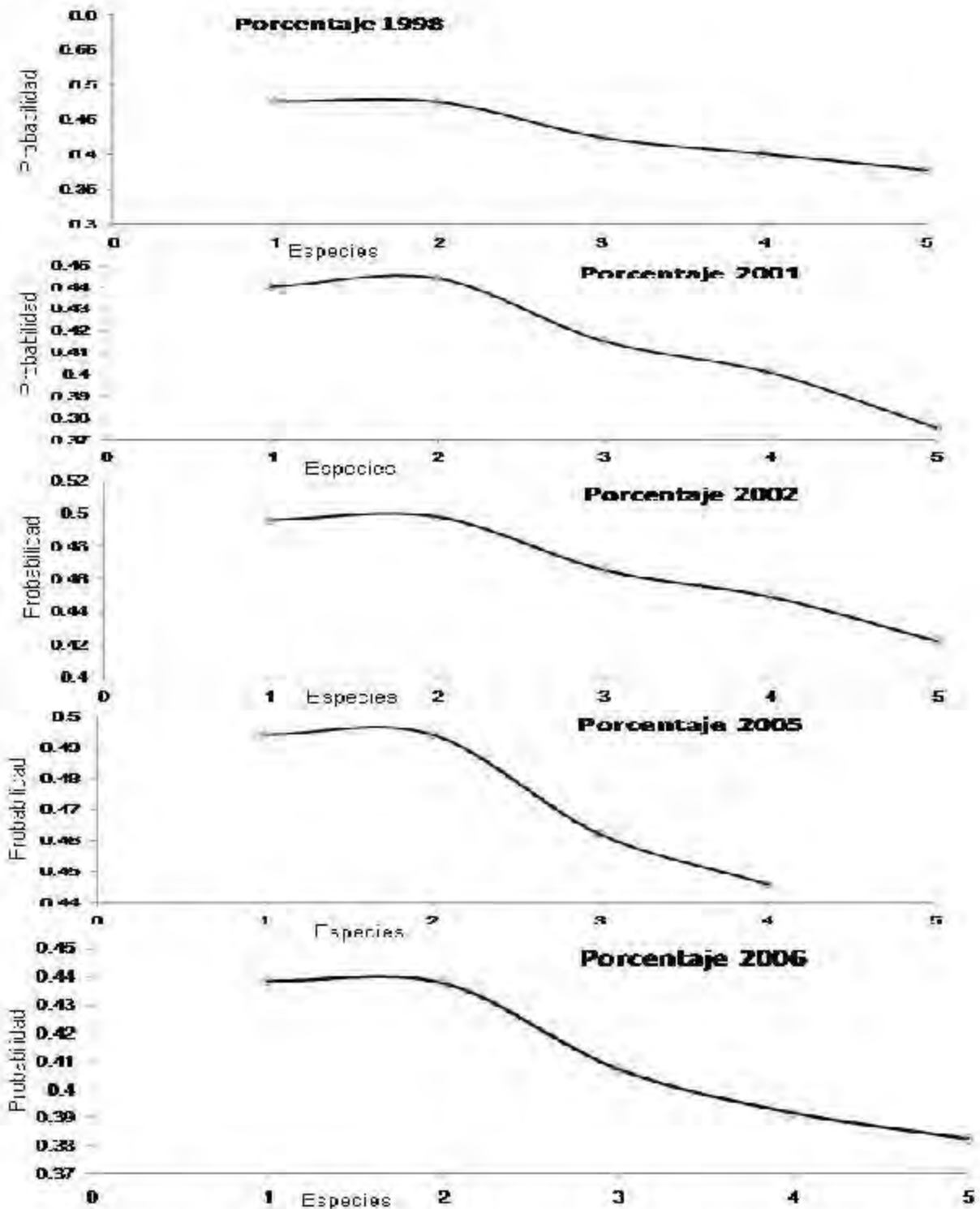


Fig.44. Porcentajes obtenidos para la asociación de as probabilidades posteriores. La asociación se observa por números: atún (1), delfín manchado (2), delfín tornillo oriental (3), delfín tornillo panza blanca (4) y delfín común o el conjunto (5). Se considera para cada número su asociación con el número anterior. Para el número cinco se incluyen todas las especies de delfines incluyendo el atún o el conjunto.

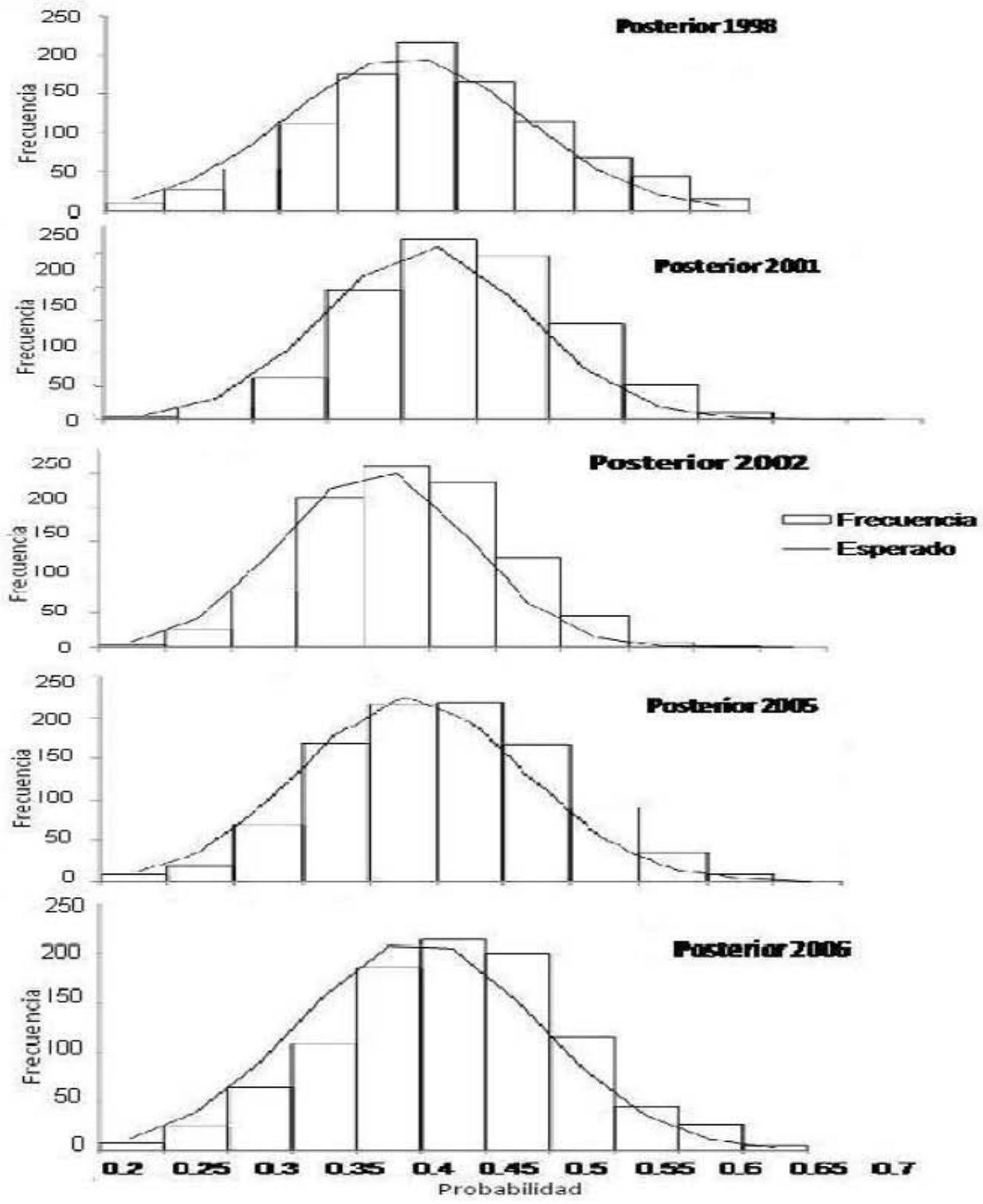


Fig.45. Histograma de frecuencia y distribución esperada del ajuste para la probabilidad de asociación del atún y las especies de delfines, para 100 mil iteraciones dado el al rango del intervalo de clase para las abundancias del conjunto para todos los años.

•Discusión.

La base de datos que hemos analizado en este trabajo fue proporcionada por el programa nacional de aprovechamiento del atún y protección a delfines; conformada por los lances de pesca con fecha, ubicación geográfica, temperatura número de crucero, toneladas capturadas de atún, talla de atún, tipo de delfín, número de primera y segunda estimación de delfines realizada por el observador a bordo, y número de delfines de cuatro diferentes especies de delfines. De esta base de datos se analizaron un total de 2,070 lances asociados a mamíferos marinos (LANMAM), tomando el número de segunda estimación de los observadores para las abundancias de las especies de delfines, en los cuales se registró la talla del atún aleta amarilla. La zona de captura de atún aleta amarilla mostró ciertos patrones en las zonas de captura, abarcando la zona marítima exclusiva, desde Ensenada Baja California hasta el Ecuador. Se analizaron los años de 1998, 2001, 2002, 2005 y 2006, en los que se incluyen periodos climáticos normales, periodo de anomalías frías y cálidas como La Niña o El Niño, conocidos como El Niño/Oscilación del Sur y se abarcó un periodo que puede incluir a una variación decadal, relacionada a la circulación del sistema de la corriente de Kuroshio. Los datos, el área y los periodos abarcados pueden sustentar la consideración de que contienen información suficiente para poder analizar el problema de la interacción de atunes y delfines.

Una primera aproximación, que ya ha sido intentada en trabajos clásicos del tema (Mitchell 1975, Reilly 1990, Fiedler y Reilly 1994, Caddy y Majkowski 1996, Scott y Cattanch 1998, Finneran *et al.* 2000, Schaefer y Oliver 2000, Bearzi 2002, Edwards 2002, Enríquez-Andrade y Vaca-Rodríguez 2004, Hoyle y Maunder 2004, Gerrodette y Forcada 2005, Cramer *et al.* 2008) interpretando la información descriptiva básica, las tendencias centrales y la dispersión de los datos.

En este trabajo se realizó como primera etapa, el acomodo de la información de manera descriptiva, tendencias centrales, dispersión de los datos, para poder analizar los efectos medio ambientales sobre las especies analizadas en ese periodo; también se utilizaron métodos como el análisis de varianza que en este caso fue un diseño factorial, que permitió analizar los efectos de la distribución a través de los datos de ubicación geográfica, los del ambiente como anomalías de temperatura del océano, las interacciones biológicas como la captura de atún, talla promedio, una sola especie de delfín y año, permite conocer la interacción de estas variables. En general este

enfoque fue de una sola variable, permitiendo obtener un primer enfoque sobre la interacción de la especie con el medio ambiente.

Para analizar el problema con un enfoque que consideró un mayor número de variables o más de una variable, se utilizó un enfoque multivariado a partir del análisis de componente principales y análisis de factores, los cuales permitieron utilizar todas las especies de delfines en conjunto, el atún, así como variables medio ambientales, temperatura superficial del océano, posición geográfica (latitud, longitud) para los años utilizados, observando si existe alguna relación sobre la abundancia e interacción de los organismos.

Estos dos métodos presentaron dificultades para analizar los datos, pero principalmente para conocer la asociación existente en estos organismos y la influencia que tiene el medio ambiente, por lo que se optó por utilizar métodos que permitieron analizar la probabilidad de asociación, a partir del teorema de Bayes, utilizando el número de individuos de cada una de las especies de delfines, así como del atún.

Interacciones de las pesquerías y delfines.

Para el caso de la interacción atún-delfín se pensaba hasta los últimos años que la explicación más probable de la relación era que los delfines poseen una mayor habilidad para encontrar alimento que los atunes gracias a su capacidad de ecolocalización; estos argumentos han sido formulados con base a modelos matemáticos y energéticos, así como a ventajas potenciales en la alimentación (Mullen 1984, Edwards 1992, Würsig *et al.* 1994), pero solamente las dietas del atún y del delfín manchado coinciden. (Finneran *et al.* 2000, INE, 29/08/2005).

Asociaciones compuestas de todas estas especies de depredadores son comunes en aguas tropicales del Océano Pacífico Oriental, y existiendo una correlación positiva entre las manadas de delfines, parvadas y las escuelas de atunes; se ha considerado una interacción a partir de la red trófica (Au y Pitman 1986, 1988).

Se puede decir que al tomar en cuenta que la flota cerquera avista a las mandas de delfines, de acuerdo al conocimiento de que los atunes asociados a manadas de delfines son de talla más grande y que actualmente estos son los lances que mas lleva a cabo la flota se podría considerar un tipo de interacción operacional; se observó que esta interacción al parecer tiene un orden específico en la presencia de especies de delfines asociadas, de tal manera que la probabilidad de obtención de mayor captura y de tallas mas grandes aumenta, los resultados obtenidos para esta interacción fueron los siguientes: atún asociado a manadas mixtas de delfín manchado y delfín tornillo oriental con la probabilidad mas alta (50% ó 0.5), en segundo lugar atún asociado en el OPO con manadas de delfín manchado, en tercer lugar atún con manadas mixtas de delfín manchado, tonillo oriental y tonillo panza blanca, y en último lugar los cardúmenes asociados a manadas mixtas de las cuatro especies analizadas. Las probabilidades de mayores capturas y mayores tallas se encontraron en un rango de 0.40 (las más bajas) hasta 0.50 la mas alta (o 50% de probabilidad, que es la del promedio por definición) para los cardúmenes asociados a manadas mixtas de delfín manchado y delfín tornillo oriental. Todavía no se conoce con precisión la naturaleza de la interacción atún-delfín, aunque actualmente se ha aprovechado esta circunstancia para la captura del atún.

Distribución de tallas y cardúmenes.

La región noroccidental de México, integrada por las entidades de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit (costa occidental de la península y Golfo de California) es la zona pesquera más productiva del país, no sólo por los volúmenes de captura que oscilan entre el 40 y 50% de la captura nacional, sino por que muchos de ellos son recursos de alto valor tanto en el mercado de exportación como en el nacional; por ejemplo: el camarón, atún, barrilete, tiburón, langosta, abulón, erizo y algunas especies de almejas y algas (Carta nacional pesquera, 2004, 2006).

Se ha observado que los atunes adultos y maduros sexualmente se encuentran en su gran mayoría relacionados a manadas de delfines, mientras que los atunes juveniles están asociados a brisas y objetos flotantes (Caddy y Majkowski 1996, Anónimo, 1997).

Se observó que los lances asociados a mamíferos marinos (LANMAM) son los que realiza con mayor frecuencia la flota mexicana, se obtuvo promedio de tallas en el periodo analizado que van desde los 98 hasta los 102 cm de longitud furcal.

Se observó que para los lances asociados a delfines realizados por la flota cerquera mexicana en el periodo analizado, la especie de delfín que presenta una asociación mayor o más frecuente con el atún es el delfín manchado (*Stenella attenuata*), en segundo lugar las dos sub especies del delfín tornillo, oriental y panza blanca (*Stenella longirostris orientalis* y *longirostris longirostris*), y en último caso el delfín común (*Delphinus delphis*), obteniendo las capturas más grandes. El atún aleta amarilla en el rango de peso de 10 a 40 kg frecuentemente se encuentra asociado a mamíferos marinos, especialmente al delfín manchado, (*Stenella attenuata*), delfín tornillo (*S. longirostris*), y delfín común (*Delphinus delphis*) y el delfín común costero (*D. capensis*) en una pequeña población en el Pacífico Este (CIAT 2001).

Las embarcaciones atuneras han observado que las capturas de atún aleta amarilla son maximizadas al avistar manadas de delfines o parvadas marinas en el Océano Pacífico Oriental. En este trabajo se documentó, que la probabilidad de capturas altas y de tallas grandes se da en lances asociados a delfines manchados y esta probabilidad es aún mayor si se avistan manadas mixtas de delfines manchados y tornillo oriental (*S. attenuata* y *S. longirostris orientalis*) como se mencionó anteriormente.

En algunos trabajos se han comentado que la pesquería del atún para mantener la sustentabilidad del recurso y en la reducción de los descartes debería orientarse, a la captura de organismos de tallas igual o mayor a 60 cm de longitud furcal (CIAT 2000, 2003, 2005, 2006, NOM-EM-04-PESC-2001, Punsly *et al.* 1994), ya que de acuerdo a la biología de este organismo se considera que a los 60 cm es probable que se haya reproducido por lo menos en una ocasión.

En este trabajo se observó que la estructura de tallas del atún aleta amarilla abarca el intervalo de 30cm-190cm de acuerdo a la descripción de esta especie, incluyendo los estadios juveniles hasta los adultos que por lo menos una vez se han reproducido. Considerando los datos de 2002, 2005 y 2006 el intervalo de tallas del atún fue de 40-160cm, aunque la distribución de las tallas varió entre años analizados. Mientras que las capturas mayores o iguales al intervalo de 60 cm, el porcentaje mínimo fue del 87% y el promedio fue de 96% de que fueran mayores o iguales a 60 cm. Considerando las capturas mayores o iguales al intervalo de 70 cm el porcentaje mínimo fue del 78% y el promedio fue de 90% mayor o iguales a 70 cm. El promedio de talla oscilo entre los 98 y 102 cm, de acuerdo a los límites que menciona la Norma Oficial Mexicana antes mencionada.

Los resultados obtenidos en el análisis multinomial para las tallas de atún aleta amarilla, muestran que para el año 1998 el mayor porcentaje de captura para la marca de clase de los 60cm de

longitud furcal (18.9% de la pesca de ese año), los cuales se consideran reclutas de acuerdo a la NOM-EM-04-PESC-2001, seguidos de un 13 y 18% en talla de 150 y 160 cm respectivamente; seguidos de un 25% para las tallas de 180cm. Para el año 2001, los porcentajes más altos de pesca se agruparon principalmente entre los 90 y 170cm de longitud furcal, siendo este el último el más alto con 33% de la pesca. En 2002 los porcentajes de tallas se agruparon hacia las tallas más grandes con los mayores valores de porcentaje entre el 35 y 45% de la pesca total, para las tallas entre los 130 y 160cm; siendo este año el mejor representado para la estructura del stock, ya que se obtuvieron porcentajes altos en todas las tallas, así como las tallas máximas registradas de 190 cm de longitud furcal. En 2005, un año en el cual se observó un desplazamiento de pesca hacia tallas 60-90cm, las cuales tuvieron los porcentajes de pesca más altos, sin registro de tallas mayores a 170cm como en años anteriores. Por último, en 2006, se presenta un caso similar en el cual las tallas con porcentaje más altos de pesca se ubican entre los 70 y 90 cm, sin registros de tallas mayores a 180cm.

La estructura del stock para los años analizados se considera estable en cuanto a que la frecuencia de tallas existente, es decir el intervalo, contiene a organismos de tallas menores a grandes. Sin embargo, las capturas de tallas menores pueden estar reflejando que esa estabilidad puede no ser real, ya que el movimiento que se presenta en la estructura de tallas mostró un decremento en tallas máximas como es el caso del año 2005, después de haberse registrado las tallas máximas en años previos como 2002.

De acuerdo a la CIAT, NOAA y la NOM-EM-04-PESC-2001, entre otros, los lances realizados sobre mamíferos marinos obtienen las mayores tallas de atún aleta amarilla, se puede decir que obtienen un promedio de tallas alto (98-102 cm), pero se observó que también se están obteniendo tallas menores, las cuales corresponden a organismos juveniles que no se pueden considerar aún como reclutas al estadio adulto. Si se elimina la pesca de juveniles se aumentaría el rendimiento de la pesquería de acuerdo a la norma de pesca antes mencionada.

La estructura de tallas del atún aleta amarilla presenta variaciones en los años analizados, los cuales incluyó desde las tallas mínimas (50 cm) hasta las tallas máximas registradas (200cm) solamente para 2002, siendo este año en el que se encontró mejor representada la estructura del stock. Se puede decir que la pesca del atún ha incluido desde organismos juveniles en muy pocos casos (en una fase cercana a la primera madurez) hasta organismos adultos (en la mayoría de los años).

Al observarse un movimiento en las frecuencias de tallas hacia las más pequeñas o más grandes, se puede decir que, durante ciertos años la mayor parte de los lances sobre delfines realizados por la flota, cercanos a la costa fueron agotando estos grupos de tallas, produciendo un movimiento de la flota hacia mar adentro donde generalmente se encuentran tallas más grandes, produciendo un mayor esfuerzo para poder obtener capturas similares a las realizadas cerca de costa, ocasionando una variación en el tonelaje de captura. Se observa un aumento en la pesca de tallas menores a 90 cm, ocasionando el incremento de la pesca de tallas menores con grandes desplazamientos de la flota como se observó en los mapas del análisis de varianza factorial para los años 1998, 2005 y 2006.

Los factores ambientales también son un factor para ocasionar el desplazamiento de la flota, ya que en zonas de alta producción, se da un aumento en el fitoplancton y zooplancton, lo cual forma centros de gran productividad, como las zonas de surgencias en el Golfo de Tehuantepec y en la boca del Golfo de California, para especies pelágicas, aves marinas, entre otras (Chávez *et al.* 1999, 2002, Ballance *et al.* 2006, CIAT 2007). De acuerdo a la CIAT (2002), el resultado del análisis de tallas y el posterior análisis de edades puede ser utilizado para el conocimiento del aumento/reducción de la biomasa así como de condiciones oceanográficas.

Tamaño de las manadas y cardumen.

Las manadas de delfín manchado presentan un número variable desde los 100 hasta los 1000 individuos, se observa que su distribución es cercana a la línea del ecuador, no mas allá de los 10° N, a partir de este punto, la manada empieza a disminuir su tamaño, y longitudinalmente las manadas más grandes no se encuentran mas allá de los 115°W aunque existen casos mas alejados de línea de costa pero su número es menor (hasta 500 individuos). El delfín tornillo oriental forma manadas de menores a 1000 individuos, siendo la segunda especie en abundancia asociada al atún; se observó que las manadas más grandes se encuentran en la línea cercana al ecuador hasta los 25°N y longitudinalmente se pueden observar manadas grandes hasta los 135°W, aunque este número puede variar a lo largo de los cuadrantes, con un número mínimo de 700 individuos, similar a los datos reportados por Reilly (1990).

El delfín tornillo panza blanca forma manadas de no mas de 300 individuos, se pueden observar estos en número máximo hasta la línea de los 25°N y en longitudes desde los 105°W o mayores.

Su número puede variar, aunque el número promedio obtenido para la manada es de 200 individuos.

Se ha observado que estas especies tienen una asociación en zonas donde las masas de agua tienen una mayor estratificación, además de una mayor profundidad (Dizon 1994, Gerrodette 1996, Scott y Cattanach 1998, Palacios 2003, Ballance *et al.* 2006, Benoit y Au 2009).

Para el caso del delfín común se observa que el número de individuos de la manada puede variar desde los 10 hasta los 1000, y se pueden distribuir desde la línea del ecuador hasta latitudes de 35°N y desde zonas cercanas a la línea de costa hasta mar adentro, siendo esta la especie de delfín que tiene una menor probabilidad de interacción con el atún. Se ha documentado que esta especie presenta una preferencia de hábitat en zonas de surgencias y templado (Dizon 1994, Carretta *et al.* 2005, Palacios, 2003) y zonas cercanas a la costa (Scott y Cattanach 1998, Ballance *et al.* 2006).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza factorial se observó que las únicas especies de delfines que se encuentran asociados a un cardumen en particular (mediano), es decir, que obtuvieron diferencias significativas ($p > 0.05$) con las manadas más grandes entre los 20° y 25°N fue con el delfín tornillo panza blanca y el delfín común. Mientras que el delfín manchado y el delfín tornillo oriental no mostraron diferencias significativas para la asociación con un tamaño de cardumen en particular.

Se observó también que las manadas de delfín manchado y de delfín tornillo oriental se encuentran asociadas a las zonas de mayor captura de acuerdo a los análisis realizados; además el delfín manchado presenta asociación con las tallas más grandes de atún, como se puede observar en los mapas realizados para el análisis de varianza factorial.

Los efectos ambientales.

La temperatura superficial del océano juega un papel importante en la distribución de las especies así como en su abundancia, influyendo en las zonas de alta productividad, características de las masas de agua, entre otros.

Al tomar en cuenta la ubicación geográfica y las anomalías de temperatura, estas también juegan un papel importante para cada una de las especies que intervienen en la interacción atún-delfín. Se observó que para el delfín manchado, las anomalías de temperatura no juegan un papel importante en su distribución, mostrándose esto en el análisis de varianza factorial y en el análisis de anomalías, es decir se distribuye aleatoriamente.

El delfín tornillo panza blanca presenta una distribución asociada a las anomalías de temperatura cálidas, lo cual no fue observado en el análisis de varianza factorial; el número que conforma las manadas es muy variable, concluyendo que esta especie si se ve afectada por la temperatura superficial del océano; mientras que el delfín tornillo panza blanca, obtuvo diferencias significativas para la interacción latitud-longitud-anomalía de temperatura; para la anomalía fría, se observó un núcleo con un número máximo de 60 delfines; mientras que en la anomalía cálida, también se observa un núcleo en los 5°N y 120°W con el mismo número de delfines, similar a la distribución de los datos con respecto a las anomalías, mostrando una tendencia hacia las anomalía positivas. Estas especies se ven afectadas por los eventos de El Niño.

La última especie asociada es el delfín común, es la especie que mas interacciones significativas presentó en el caso del análisis de varianza factorial; en la interacción latitud-anomalía de temperatura se observó que esta especie está asociada hacia la anomalía cálida en los 25° N con manadas de hasta 800 individuos; para la interacción longitud-anomalía de temperatura, se observó que se encuentran asociados a la anomalía fría en los 80° W con manadas de hasta 240 individuos. La interacción latitud-longitud-anomalía de temperatura también fue significativa, mostrando dos núcleos principales de agregación para esta especie que está asociada a dos anomalías, para la fría entre los 80°W-110°W y 5°N y a la anomalía cálida en la misma longitud en los 30°N. Estos resultados son similares al analizar las anomalías de temperaturas con el análisis de varianza factorial, mostrando una dispersión de los datos, con cierta tendencia hacia las anomalías frías, resultados que son similares. Para ambos métodos se puede explicar una gran cantidad de la varianza para esta especie; en el análisis de las anomalías de temperatura se obtuvo un valor de 0.52, mientras que en el factorial se obtuvo un valor de 0.36, siendo estos los valores mas altos obtenidos para las especies analizadas. Esta especie se ve distribuida cerca de la costa, en la zona de Baja California o cercano a la línea del ecuador (5°N) donde se ha observado el aumento de zooplancton así como cambios más drásticos en las anomalías de temperatura en años que se presentó un Niño, pero su asociación a los cardúmenes no es notoria como las otras especies, además de que no forma manadas muy grandes.

Se observó que de manera conjunta las abundancias del atún y del tornillo oriental aumentan a lo largo del año, especialmente en las anomalías positivas o cálidas, mientras que para el delfín manchado y el delfín tornillo panza blanca sus abundancias aumentan mas allá del promedio en el primer trimestre del año.

En los análisis realizados en este trabajo se observó que la distribución de las especies de delfines esta relacionada a la distribución latitudinal y con esto se quiere enfatizar en la distribución de las masas de aguas y las corrientes marinas (Corriente de California, Corriente Norecuatorial, Contracorriente Norecuatorial y el Domo de Costa Rica) de lo cual diversos trabajos han avanzado en esto (Reilly 1990, Au y Perriman 1985, Ballance *et al.* 2006, Trasviña y Barton 2008). Para las manadas, la Longitud juega un papel importante solamente al tomar en cuenta el tamaño que esta presenta así como su asociación con el tamaño del cardumen, esto probable a que en longitudes lejanas a la costa al abarcar un área mayor en una manada más grande la posibilidad de éxito en la alimentación es mayor, y la asociación con el atún es mayor, registrándose así las mayores capturas para estos años; la fuerza de esta interacción indica claramente que al menos uno de estos animales deriva algún beneficio de la asociación de tipo poliespecífica (Das *et al.* 2000, Au 1991, Scott y Cattanach 1998); ya que al establecer un vínculo de presencia con las especies de delfín en la captura de atún se observó que la probabilidad de obtener los atunes de mayores tallas y por lo tanto las mayores capturas es en asociación con el delfín manchado (0.49 de probabilidad de acuerdo al análisis de Bayes, cuando el máximo es 0.5) y aunque este valor va disminuyendo de acuerdo al número de especies presentes, si se observa una fuerte asociación para los lances asociados a delfines.

Norris y Dohl 1980, Wells *et al.* 1980, Scott y Chivers 1990, reportaron que las especies de delfines que forman manadas de cientos o miles, típicamente viven en hábitats pelágicos donde se cree que la presión de depredación debe ser mayor; mientras que las especies costeras y ribereñas típicamente forman manadas mucho mas pequeñas; de igual manera este tamaño también va a depender del tamaño del cardumen al cual se encuentra asociado. Benoit-Bird y Au (2009), Ballance *et al.* (2006), Palacios (2003), Perrin y Hohn (1994) reportan que las manadas de delfines manchados, tornillo oriental y panza blanca se encuentran principalmente en zonas lejanas a la costa, coincidiendo con los tamaños más grandes de cardúmenes asociados a las manadas más grandes de las especies mencionadas anteriormente.

Se pueden observar desplazamientos de la flota en los mapas realizados para el análisis de varianza factorial donde se observa que las mayores capturas estuvieron situados hacia puntos mas alejados de la costa en los años 2001, 2002 y 2006, probablemente debido a las corriente marinas, las cuales arrastran una mayor cantidad de nutrientes y por consiguiente presas optimas para los atunes y delfines; coincidiendo en que las anomalías de temperatura en esos años eran mas frías, ya que se presentaba un evento de La Niña. Mientras que a finales de 1998 y 2005 se registraron anomalías de temperatura cálidas (evento El Niño) en los cuales las capturas fueron más cercanas a la línea de costa.

La abundancia en biomasa se ve asociada a las fluctuaciones de fitoplancton y zooplancton y por la intensidad de El Niño (Hampton *et al.* 2004); aunque en la mayoría de los casos la temperatura ejerce cierta influencia sobre el cardumen; en este caso, el delfín manchado y tornillo con sus dos sub especies se mueven de manera conjunta o similar, siendo el factor relacionado principal la latitud geográfica en que se ubica como se mostró para el diseño factorial y en segundo grado por la longitud geográfica en que se ubica; la distribución considerando la longitud, no muestra una influencia tan marcada. Sin embargo, para el delfín común su ubicación longitudinal al igual que la temperatura si es un factor determinante.

El atún aleta amarilla presenta asociaciones con diferentes especies como las aves marinas, delfines y hasta tiburones o ballenas (Das *et al.* 2000, Rogan *et al.* 2007); para el caso de las especies de delfines, se observa que la influencia del medio ambiente y por consiguiente la asociación se modifica de acuerdo a la especie así como para la ubicación geográfica del lance realizado.

La selectividad de lances asociados a mamíferos marinos ha permitido liberar el 99.9% de los delfines que quedan dentro de los cercos de pesca. Para la realización de este trabajo, ningún delfín fue lastimado, muerto o puesto en riesgo.

•Conclusiones.

- El promedio de longitud furcal para el atún aleta amarilla osciló entre 89 y 102 cm para cinco años analizados en un periodo de ocho años.
- Para los lances asociados a delfines realizados por la flota cerquera, la especie de delfín que presenta una asociación mayor con el atún, es el delfín manchado (*Stenella attenuata*), en segundo lugar las dos sub especies del delfín tornillo, oriental y panza blanca (*Stenella longirostris orientalis* y *Stenella longirostris longirostris*), y al final el delfín común (*Delphinus delphis*).
- La probabilidad de capturas altas y de tallas grandes de atún se da en lances asociados a manadas mixtas de delfín manchado y delfín tornillo oriental; decrece al haber manadas puras de delfín manchado, en tercer lugar manadas de delfín tornillo panza blanca y por último, manadas de delfín común o que incluyeran a las cuatro especies de delfines.
- La estructura de tallas del atún aleta amarilla abarca el intervalo de 30-200 cm de longitud furcal de acuerdo a la descripción de esta especie, se incluyen los estadios juveniles hasta los adultos. El intervalo de tallas del atún fue generalmente alrededor de los 40-160 cm, aunque la distribución de las tallas varió entre años.
- Las tallas de atún aleta amarilla del intervalo de 60-200cm de longitud furcal ascienden en promedio al 96% de las capturas. Las tallas de atún aleta amarilla del intervalo de 90-200cm de longitud furcal ascienden al 66% de las capturas.
- Las manadas de delfín manchado y de delfín tornillo oriental se encuentran asociadas a las zonas de mayor captura; además, el delfín manchado presenta asociación con las tallas más grandes de atún.

- Los años en que se presentan las anomalías asociadas a La Niña, la flota se desplaza hacia puntos más distantes de la costa donde se obtuvieron mayores capturas.
- La distribución de las especies de delfines analizadas en este trabajo presentan diferencias latitudinales.
- La distribución del delfín manchado es al parecer aleatoria; la distribución del delfín común se asocia a las anomalías frías.
- Las anomalías cálidas de la temperatura ejercen cierta influencia sobre el número de atunes que conforman el cardumen y en las dos especies de delfín tornillo.
- La estructura de tallas del atún alera amarilla mostró 5 grupos de tallas para 1998 y 2001, 7 grupos para 2002, siendo este año el que mejor representó la estructura del stock; 5 grupos para 2005 y 5 grupos para 2006.
- Ningún delfín fue lastimado en la realización de este trabajo.
- No existe correlación entre el tamaño de la manada y los volúmenes de captura de atún.
- Es importante determinar en análisis futuros la estructura poblacional de la manada de delfines contra la estructura de tallas del atún.

•Literatura.

Aldana, G. (2000). Análisis por tipo de lance de las frecuencias de longitudes del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*, Bonaterre, 1865), obtenidas mediante un diseño de muestreo probabilístico a bordo de barcos cerqueros mexicanos. Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León, 84 pp.

Alverson, D. L., M. H. Freeburg, S. A. Murawski, y J. G. Pope. (1994). A global assessment of fisheries by catch and discards. Fisheries technical paper 339. Food and Agriculture Organization, Rome. 233pp.

Anónimo. (1997). Informe anual de la comisión Interamericana del Atún Tropical- CIAT 1995. La Jola California. 334pp.

Au, D. W. K. y R.L. Pitman. (1988). Seabird relationships with tropical tunas and dolphins. Pp. 174 - 212 En: J. Burger, (Ed). Seabirds and other marine vertebrates: Competition, predation and other interactions. Columbia University Press New York, NY. 339pp.

Au, D. W. y R.L. Pitman. (1986). Seabird interactions with dolphins and tuna in the Eastern Tropical Pacific. The Condor 88: 304-317.

Au, D. W. K.; Perriman, W.L. (1985). Dolphin habitats in the eastern tropical Pacific. Fishery Bulletin. 83(4): 623-643.

Au, D. W. (1991). Polyspecific nature of tuna schools: shark, dolphin and seabird associates. Fishery Bulletin 89, 343- 354.

Badan, A. (1997). La Corriente Costera de Costa Rica en el Pacífico Mexicano. En: F.M. Lavin (Eds.) Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Unión Geofísica Mexicana, Monografía 3, 99-113.

Ballance, L. T., R. L. Pitman y P. C. Fiedler (2006). Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the Eastern tropical Pacific: A review. Progress in Oceanography 69, 360-390.

Barber, R. T., y F. P. Chávez. (1986). Ocean variability in relation to living resources during the 1982/83 El Niño. Nature 319: 279-285.

Baumgartner, R.T., N.J. Christensen (1985). Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. Journal of Marine Research 43: 825-848.

Bearzi G. (2002). Interactions between cetacean and fisheries in the Mediterranean Sea. In: G. Notarbartolo di Sciara (Ed.) Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies. A report to the ACCOBAMS Secretariat, Monaco, February 2002. Section 9, 20 pp.

- Bearzi, M. (2005). Dolphin sympatric ecology. *Marine Biology Research*. 1:165-175.
- Begon, M; C.R. Townsend, J. L. Harper. (2006). *Ecology. From individuals to ecosystems*. 4th ed. Blackwell Publishing. UK. 759 pp.
- Beverton, R. J. H. (1985). Analysis of marine mammal-fisheries interactions. p.3–33 En: J. R. Beddington, R. J. H. Beverton, y D. M. Lavigne, (Eds). *Marine mammals and fisheries*. George Allen & Unwin, London. 354 pp.
- Benoit-Bird, A. y W.W.L. Au (2009). Cooperative prey herding by the pelagic dolphin, *Stenella longirostris*. *Journal of the Acoustical Society of America*. 125 (1).
- Blanco, C., J. Aznar y J.A. Raga. (1995) Cephalopods in the diet of the striped dolphin *Stenella coeruleoalba* from the western Mediterranean during an epizootic in 1990. *Journal of Zoology*. 237: 151-158.
- Caddy, J.F. y J. Majkowski (1996). Tuna and trees: a reflection on a long-term perspective for tuna fishing around floating logs. *Fisheries Research*. 25(3-4): 369-376.
- Carta Nacional Pesquera (2004). En: *Diario Oficial de la Federación*, 15 de marzo del 2004.
- Carta Nacional Pesquera (2006). Sitio web:
www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_carta_nacional_pesquera_
- Carretta, J. V.; K. A. Forney; M. M. Muto; J. Barlow; J. Baker; B. Hanson y M.S. Lowry (2005). U.S. Pacific Marine Mammals Stock assessments: 2004. NOAA Technical Memorandum NMFS.
- Centro de predicción climática NOAA. Sitio web: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/Tropics/>
- Chatwin, B. M. (1959). The relationship between length and weight of yellow fin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack tuna (*Katsunonus pelamis*) from the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*. 3: 305-352.
- Chávez, F. P., P.J. Struton, G.E. Friederich. (1999). Biological and chemical response of the equatorial Pacific Ocean to the 1997–98 El Niño. *Science* 286: 2126– 2131.
- Chávez, F.P., J.T. Pennigton, C.G. Castro. (2002). Biological and chemical consequences of the 1997–1998 El Niño in central California waters. *Progress in Oceanography*. 54: 205– 232.
- CIAT, (1994). *Reporte de la Comisión Interamericana del Atún Tropical*. La Jolla, California, E.U.A. 104pp.
- CIAT (Comisión Interamericana del Atún Tropical). (1999). *El año pesquero 1998*. Documento 1, 63ª Reunión de la CIAT, Guayaquil, Ecuador. 27pp.

CIAT. (1994). Investigaciones Atún Delfín. Documento N° 6, 53° Reunión de la CIAT/IATTC. Cumana Ven. (7 al 9 de junio de 1994). 19 pp.

CIAT. (2000). Revisión de las estimaciones de abundancia de delfines. La Jolla, California, 11 pp.

CIAT, (2001). Reporte de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. La Jolla, California, E.U.A. 155pp.

CIAT, (2002). Reporte de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. La Jolla, California, E.U.A. 153pp.

CIAT, (2005). Reporte de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. La Jolla, California, E.U.A. 104pp.

CIAT, (2006). Reporte de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. La Jolla, California, E.U.A. 116pp.

CIAT, (2007). Reporte de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. LA Jolla, California, E.U.A. 125pp.

CIAT, (2007). Reporte AH04 Capturas de atún aleta amarilla en 2006. La Jolla California, E.U.A. 2pp.

CIAT, (2008). Reporte de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. La Jolla, California, E.U.A. 36pp.

CIFEN, (2006). Septiembre 2006: "El Niño/La Niña: La Perspectiva en el Pacífico Oriental .Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño (CIFEN). <http://www.cifem-int.org/>

Cole, J. S. (1980). Synopsis of biological data on the yellow fin tuna (*Thunnus albacares*), in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Spec. Rep. 2 : 71-150.

Collette, B. B. (1978). Adaptations and systematics of the mackerels and tunas. En: Sharp, G. D. y Dizon, A. E. (Eds). The Physiological ecology of tunas. New York Academic Press, E.U.A. 7 - 39 pp.

Connor, R. C., R. Wells, J. Mann y A. Read. (2000). The bottlenose dolphin: social relationships in a fission-fusion society. Pp. 91-126. En: Mann, J., R. C. Connor, P. L. Tyack y H. Whitehead (Eds.) Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales. University of Chicago Press, E.U.A. 448 p.

Cramer, K.L., W.L. Perryman, T. Gerrodette. (2008). Declines in reproductive output in two dolphin populations depeleted by the yellow fin tuna purse seine fishery. Marine Ecology Progress Series. 369: 273-285.

Dammannagoda, S.T.; D. A. Hurwooda y P. B. Mather. (2007). Evidence for fine geographical scale heterogeneity in gene frequencies in yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) from the north Indian Ocean around Sri Lanka. *Fisheries Research*. 90 (1-3):147-157.

Das, K.; G. Lepoint ; V. Loizeauà ; V. Debacker ; P. Dauby y J.M. Bouquegneau. (2000). Tuna and Dolphin Associations in the North-east Atlantic: Evidence of Different Ecological Niches from Stable Isotope and Heavy Metal Measurements. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (2): 102-109.

De la Lanza, G. (1991). *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor, S.A. México. 569p.

DeMaster, D. J.; C.W. Fowler; S.L. Perry y M.E. Richlen. (2001). Predation and competition: the impact of fisheries on marine mammal populations over the next one hundred years. *Journal of Mammalogy* 82: 641–651.

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, National Marine Fisheries Service 119: 1-20.

Dolar, L. M. L., S. Leatherwood, C. L. Hill, y L.V. Aragonés. (1994). Directed fisheries for cetaceans in the Philippines. *Reports of the International Whaling Commission* 44: 439–450.

Dreyfus, M. y Robles (2008a). Tallas (longitud furcal) del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, capturado por la flota atunera mexicana durante 2007. *El Vigía*, 33: 5-7.

Dreyfus, M. y Robles, H. (2008b). Talla (longitud furcal) del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, de la pesca de cerco en el OPO durante 2008. *El Vigía* 34:4-6.

Edwards, F. (1992). Energetics of associated tunas and dolphins in the Eastern tropical Pacific Ocean: A basis for the bond. *Fishery Bulletin*, US. 90:678-690.

Edwards, E.F. (2002). Energetics consequences of chase by tuna purse-seiners for spotted dolphins (*Stenella attenuata*) in the Eastern tropical Pacific ocean. Southwest Fisheries Science Center National Marine Fisheries Service, NOAA (2002) ADMINISTRATIVE REPORT LJ-02-29. 33pp.

Enríquez - Andrade, R. y J.G. Vaca - Rodríguez (2004). Evaluating ecological tradeoffs in fisheries management: a study case for the yellow fin tuna fishery in the Eastern Pacific Ocean. *Ecological Economics*. 48: 303-315.

Fiedler, C. P. (1992). Seasonal climatologies and variability of Eastern Tropical Pacific surface waters. NOAA Technical Report NMFS 108.

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

Fiedler, P. C. y S.B. Reilly (1994). Interannual variability of dolphin habitats in the eastern tropical Pacific.11: Effects on abundances estimated from tuna vessel sightings, 1975-1990. *Fishery Bulletin* 92: 451-463.

Finneran, J. J.; CH.W Oliver, K.M. Schaefer, S.H. Ridgway. (2000). Source levels and estimated yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) detection ranges for dolphin jaw pops, breaches, and tail slaps. *Journal of the Acoustical Society of America*. 107 (1): 649-656.

Franco-Gordo, C., E. Godínez-Dominguez, E. Suárez-Morales y J. Freire. (2008). Interannual and seasonal variability of the diversity and structure of ichthyoplankton assemblages in the central Mexican Pacific. *Fisheries oceanography*. 17 (3):178-190.

Fromentin, J.M. (2009). Lessons from the past: investigating historical data from blue fin tuna fisheries. *Fish and Fisheries*, 10 (2): 197-216.

Garfield, P. C.; T. T. Packard; O. E. Friederich y L. A. Codispoti. (1983). A subsurface particle maximum layer and enhanced microbial activity in the secondary nitrite maximum of North-Eastern Tropical Pacific ocean. *Journal Marine Research*. 41:747-768.

Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.S., Rubin, D.B. (2004). *Bayesian data analysis*. 2da.edición. Chapman & Hall/CRC. E.U.A. 83-85 p.

Gerrodette, T. (1996). A comparison of mortality limits for eastern tropical Pacific dolphins under the declaration of Panama and under potential biological removal (PBR) management. Southwest Fisheries Science Center. National Marine Fisheries Service, NOAA. 13pp.

Gerrodette, T. y J. Forcada. (2005). Non-recovery of two spotted and spinner dolphin populations in the eastern tropical Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series*. 291: 1- 21.

Haddon, M. (2001). *Modelling and quantitative methods in fisheries*. Chapman and Hall/CRC, 406 pp.

Hall, M. A. (1996). On by-catches. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 6:319–352.

Hall, M.A., D.L. Alverson y K.I. Metuzals. (2000). Bycatch: problems and solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 41, 204–219.

Hampton, J., P. Kleiber, A. Langley y K. Hiramatsu. (2004). Stock assessment of yellow fin tuna in the western and central Pacific Ocean. 17th Meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish SCTB17 Working Paper SA-1. Marshall Islands, 9-18 August 2004.

Harrison, R. y M. M. Brayden. (1988). *Whales, Dolphins and Porpoises*. Intercontinental Publishing Corporation, E.U.A. 245 pp.

Hassani, S.; L. Antoine; V. Ridoux. (1997) Diet of Abacore, *Thunnus alalunga*, and dolphins, *Delphinus delphis* and *Stenella coeruleoalba*, caught in the North-east Atlantic albacore drift-net fishery: A progress report. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 22: 119-123.

Holt, R. S., T. Gerrodette, J. B. Colagne. (1987). Research vessel survey design for monitoring dolphin abundance in the eastern tropical Pacific. *Fishery Bulletin* 85 (3): 435-446.

Hoyle, D. y M.N. Maunder. (2004). A bayesian integrated population dynamics model to analyze data for protected species. *Animal Biodiversity and Conservation*, 27(1): 247p.

INP (Instituto Nacional de la Pesca). (2000). Breviario de la pesquería de atún en el Océano Pacífico. Instituto Nacional de la Pesca. México, 51 - 72 pp.

INE (Instituto Nacional de Ecología). www.ine.gob.mx Fecha de última actualización: 29/08/2005.

IWC (International Whaling Commission). (2001). Report of the scientific committee. *Journal of Cetacean Research & Management (Supplement)* 3:1-76.

Jackson, J. B. C. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293:629-637.

Jennings, S.; M.J. Kaiser; y J.D. Reynolds. (2001). *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Science, Oxford, UK. 432pp.

Joseph, J. (1994). The tuna-dolphin controversy in the Eastern Pacific Ocean: Biological, economic, and political impacts. *Oceanic Development International Law*. 25:1-30.

Kitagawa, T., A. M. Boustany; CH. J. Farwell; T. D. Williams; M. R. Castleton y B. A. Block. (2007). Horizontal and vertical movements of juvenile blue fin tuna (*Thunnus orientalis*) in relation to seasons and oceanographic conditions in the eastern Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*. 16 (5): 409-421.

Kuroda, S.; T. Nishihara; S. Suzuki y R. Oko. (1996). Sympatric chimpanzees and gorillas in the Ndoki forest, Congo. En: McGrew, W.C.; L.F. Marchant, T. Nishida. (Eds). *Great Ape Societies*. Cambridge: Cambridge University Press. 71 - 81p.

Leatherwood, S. y R. Reeves. (1989). Marine mammal research and conservation in Sri Lanka, 1985-1986. Marine mammal technical report 1. United Nations Environment Programm, Nairobi, Kenya. 287pp.

Lennert-Cody, C. E. y M. Scott. (2005). Spotted dolphin evasive response in relation of fishing effort. *Marine Mammal Science*. 21 (1): 13-28.

Madrid, V. J. y P. Sánchez (1997). Patterns in marine fish communities as shown by artisanal fisheries data on the shelf off the Nexpa River, Michoacán, Mexico. *Fisheries Research*. 33: 149- 158.

Matthiopoulos, J., S. Smout, A. J. Winship, D. Thompson, I. L. Boyd y J. Harwood. (2008). Getting beneath the surface of marine mammal - fisheries competition. *Mammal Rev*. 38: (2-3): 167-188.

Maunder, M.N y G.M. Watters. (2001). Status of the yellow fin tuna in the Eastern Pacific Ocean. Inter - American Tropical Tuna Commission Stock Assessment Report. 2, 5-90p.

Maunder, M.N. (2002). The relationship between fishing methods, fisheries management and the estimation of maximum sustainable yield. Fish and Fisheries. 3: 251-260.

Maunder, M.N. (2002). Status of yellow fin tuna in the Eastern Pacific Ocean in 2001 and Outlook for 2002. Inter - American Tropical Tuna Commission Report. 88pp.

Miller, F.R. (1984). Anomalías de la temperatura superficial del mar en el océano pacífico oriental tropical y algunas consecuencias que se pueden presentar en la pesca del atún durante el niño de 1982-83. Revista Com. Perm. Pacífico Sur. 15: 67-83.

Mitchell, E. (1975). Porpoise, dolphin and small whale. Fisheries of the world. Status and problems. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), Morges, Switzerland. 125pp.

Montgomery, C. D. (1991). Design and analysis of experiments. 3ra. ed. John Wiley and Sons. E.U.A. 649 pp.

Mullen, A. J. (1984). Autonomic tuning of a two predator, one prey system via commensalism. Mathematical Biosciences 72 (7): 1-81.

Myers, R. A. y B. Worm. (2003). Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. Nature 423:280–283

NOAA, 2007. December 2006 updated January 16, 2007. Tropics. Climate Diagnostic Bulletin, National Oceanic and Atmospheric Administration. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin_1206

Norris, K. S. y T. P. Dohl. (1980). The structure and function of cetacean schools. Pp. 21 1-261 En: L. Herman (Ed). Cetacean behavior: Mechanisms and functions. John Wiley & Sons, New York, NY

Northridge, S. P. (1984) World Review of Interactions between Marine Mammals and Fisheries. FAO fisheries technical paper 251. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 190pp.

Northridge S.P. y R.J. Hoffman. (1999). Marine mammal interaction with fisheries. En: Twiss, J.R., y R.R. Reeves. (Eds.). Conservation and management of marine mammals. Smithsonian Institution, Washington and London. Pp.99-119.

Northridges, S.P. (2002). Incidental catches. En: Perrin, W. F.; B. Würsig y J.G.M. Thewissen (Eds.). Encyclopedia of marine mammals. Academic press. Pp. 612-614.

Ostrom, P. H., J. Lien y S.A. Macko. (1993). Evaluation of the diet of Sowerbys beaked whale, *Mesoplodon bidens*, based on isotopic comparisons among north-western Atlantic cetaceans. Canadian Journal of Zoology. 71 : 858-861.

Overholtz, W. J. y G.T. Waring. (1991). Diet composition of pilot whales *Globicephala sp.* and common dolphins *Delphinus delphis* in the mid-Atlantic Bight during spring 1989. Fishery Bulletin. 89 : 723-728.

Pacheco-Bedoya, L. (2007). Distribución y abundancia de *Thunnus albacares* en aguas ecuatorianas. Proceso IRBA-EEP. Instituto Nacional de Pesca Ecuador. 13pp.

Palacios, D.M. (2003). Oceanographic conditions around the Galápagos Archipelago and their influence on cetacean community structure. Ph.D. thesis, Oregon State University, Corvallis, Oregon. 178 pp.

Pauly, D; V. Christensen; S. Guenette; T. J. Pitcher; U. R. Sumaila; C. J. Walters; R. Watson y D. Zeller. (2002). Towards sustainability in world fisheries. Nature 418:689–695.

Pennington, M. (1983). Efficient estimators of abundance, for fish and plankton surveys. Biometrics. 39(1), 281-286.

Perrin, W. F.; R.R. Warner; C.H. Fiscus; D.B. Holts. (1973). Stomach contents of porpoise, *Stenella spp.*, and yellow fin tuna, *Thunnus albacares*, in mixed-species aggregations. Fishery Bulletin. 71, 4 : 1077-1092.

Perrin, W.F.; A.A. Hohn.1994). Pantropical spotted dolphin- *Stenella attenuate*. En: Handbook of marine mammals. Ridgway, S.H., Harrison, S.R. (Eds.) Vol.5 The first book of dolphins. Academic Pres. London. 71-98p.

Pinkas, L. (1971). Food habits of albacore, blue fin tuna, and bonito in California waters. En: Pinkas, L.; Oliphant, M.S. y Iverson, I.L.K. Fish Bulletin. E.U.A. 105 pp.

Punsly, R. G.; P.K. Tomlinson y A.J. Mullen. (1994). Potential tuna catches in the eastern Pacific Ocean from schools not associated with dolphins. Fish Bulletin. 92 : 132 -143.

Ramp, R. S., L. J. McClean, A. C. Collins, J. A. Semtner y A. S. K. Hays. (1997). Observations and modeling of the 1991-1992 El Niño signal off central California. Journal of Geophysical Research 102, C3, 5553-55582.

Read, A. J., K. Van Waerebeek, J. C. Reyes, J. S. McKinnon y L. C. Lehman. (1988). The exploitation of small cetaceans in coastal Peru. Biological Conservation 46:53–70.

Read, A. J.; P. Drinker y S. Northdrige. (2005). Bycatch of marine mammals in the U.S. and global fisheries. Conservation biology, 20 (1): 63-169.

Reilly, S.B. (1990). Seasonal changes in distribution and habitat differences among dolphins in the eastern tropical Pacific. Marine Ecology Progress Series, 66: 1-11p

Rogan, E. y M. Mackey. (2007). Megafauna bycatch in drift nets of albacore tuna in the NE Atlantic. *Fisheries Research*. 86: 6-14p.

Roughgarden, J. (1976). Resource partitioning among competing species: a coevolutionary approach. *Theoretical Population Biology*. 9 : 388- 424.

Scott, M. D. y S.J. Chivers. (1990). Distribution and herd structure of bottlenose dolphins in the eastern tropical Pacific Ocean. Pages 387-402 *En*: S. Leatherwood y R. Reeves. (Eds). *The bottlenose dolphin*. Academic Press, San Diego, CA. 653pp.

Scott, M. D. y K.L. Cattanch. (1998). Diel patterns in aggregations of pelagic dolphins and tunas in the eastern Pacific. *Marine Mammal Science*. 14, 3 : 401-428.

Schaefer, K.M. y C.W. Oliver (2000). Shape, volume and resonance frequency of the swimbladder of yellow fin tuna (*Thunnus albacares*). *Fishery Bulletin*. 98:364–374.

SEMARNAP. (1999). Anuarios estadísticos de pesca. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

Shea, D.J., K.E., Trenberth, R.W. Reynolds. (1992). A global monthly sea surface temperature climatology. *Journal of Climate*, 5: 987-1001.

Shorp, G. D.; A. E. Dizon. (Eds). (1978). *The physiological ecology of tunas*. Resumen del Proceedings of the tuna physiology workshop held at the national marine fisheries service southwest fisheries center at La Jolla, California, Enero 10-15, 1977. New York Academic Press, E.U.A. 485 pp.

Silva, M. Interactions between cetaceans and the tuna fishery in the Azores. *Marine Mammal Science*, 18(4): 893-901.

Solana-Sansores, R. (1999). El mar inicia en las montañas: La pesca del atún sobre objetos flotantes. *Avance y Perspectiva*, CINVESTAV del IPN. 18: 11-19.

Solana-Sansores, R., G. Aldana-Flores; G. Campeán – Jimenez. (2001). Muestras a bordo de barcos mexicanos para estimar la estructura poblacional del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) del Pacífico Oriental. *Hidrobiológica*, 11 (2): 123-132.

Su, N., S. Yeh, Chi. Sun, A. E. Punt, Y. Ch., Sh. Wang. (2008). Standardizing catch and effort data of the Taiwanese distant-water long line fishery in the western and central Pacific Ocean for bigeye tuna, *Thunnus obesus*. *Fisheries Research*. 90: 235-246.

Suárez-Sánchez, J., W. Ritter-Ortiz, C. Gay-García y J. Torres Jacome. (2004). ENSO-tuna relations in the Eastern Pacific Ocean and its prediction as a non-linear dynamic system. *Atmósfera*. 245-258p.

Tamayo, J.L. (1984). *Geografía moderna de México*, 9ª edición. Ed. trillas, México 400pp.

Tchernia, P. (1980). Descriptive regional oceanography, Pergamon Press, Nueva York, 216-245p.

Trasviña, A. y E.D. Barton (2008). Summer circulation in the Mexican tropical Pacific. *Deep Sea Research I*. 55: 587-607.

Tutin, C. E. G. y M. Fernández. (1984). Nationwide census of gorilla (*Gorilla g. gorilla*) and chimpanzee (*Pan t. troglodytes*) populations in Gabon. *American Journal of Primatology* 6 : 313-336.

Wade, P. R.; G.M. Watters; T. Gerodette y S.B. Reilly. (2007). Depletion of spotted and spinner dolphins in the eastern tropical Pacific: modeling hypothesis for their lack of recovery. *Marine Ecology Progress Series*. 343 : 1-14.

Wade, P.R., T. Gerodette. (1993). Estimates of cetacean abundance and distribution in the eastern tropical Pacific. *Reports of the International Whaling Commission* 43: 477–493.

Wang, C., P.C. Fiedler. (2006). ENSO variability in the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69 (2-4): 239-266.

Wells, R, S.; A. B. Irvine y D. M. D. Scott. (1980). The social ecology of inshore odontocetes. P. 263-317 En: L. Herman, ed. *Cetacean behavior: Mechanisms and functions*. John Wiley & Sons, New York, NY. 463pp.

Wells, R. S. y M.D. Scott. (1999). Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagü, 1821). pp. 137-182. En: Ridgway, S. H. y R. Harrison. (Eds.) *Handbook of marine mammals*, vol. 6. The second book of dolphins and porpoises. Academic Press, E.U.A. 486 pp.

Wexler, J.B.; S. Chow; T. Wakabayashi; K. Nohara y D. Margulies. (2007). Temporal variation in growth of yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) larvae in the Panama Bight, 1990–97. *Fisheries Bulletin*. 105:1–18.

Wu, H. Y. (1999). Is there current competition between sympatric Siberian weasels (*Mustela sibirica*) and ferret badgers (*Melogale moschata*) in a subtropical forest ecosystem of Taiwan?. *Zoological Studies*. 38 (4) : 443 - 451.

Wurtz, M. y D. Marrale. (1993). Food of striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, in the Ligurian Sea. *Journal of the Marine Biological Association of UK*. 73: 571 - 578.

Wûrsig, B.; R. S. Wells y D.K.S. Norris. (1994). Food and feeding. Pages 216 - 231 En: K. Norris, B. Wursig, R. Wells y M. Wursig, (Eds). *The Hawaiian spinner dolphin*. University of California Press, Berkeley, CA. 408pp.

Wyrtki, K. (1965). Surface currents of the Eastern tropical pacific ocean. *Bulletin interamerican tropical tuna commission*. Vol. IX. (5): 269-304.

Wyrski, K. (1966). Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *Oceanography and Marine Biology: an annual review* 4: 33-68.

Wyrski, K. (1973). Teleconnections in the Equatorial Pacific Ocean. *Science*. 180: 66-68.

Wyrski, K. (1975). Sea level during the 1972 El Niño. *Journal of Physical Oceanography*. 7:779-787.

Xie, L. y W. W. Hsieh. (1995). The global distribution of wind-induced upwelling. *Fisheries Oceanography* 4: 52-67

Young, D. D. y V. G. Cockcroft. (1995). Stomach contents of stranded common dolphins *Delphinus delphis* from the south-east of Southern Africa. *Zeitschrift für Säugetierkunde*. 60 : 343-351.

Zhu, G., Xu, L., Zhou, Y. y Dai, X. (2008). Length-frequency compositions and weight-length relations for big eye tuna, yellow fin tuna, and albacore (Perciformes: Scombrinae) in the Atlantic, Indian, and Eastern Pacific Ocean. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 38 (2): 157–161.

•Anexo: Trabajo de campo.

Debido a la necesidad de llevar a cabo salidas al campo para conocer la metodología en la toma de datos, se participó en dos cruceros (Talud XII y Talud XII) a bordo del B/O El Puma a cargo del Dr. Michel Hendrickx, realizando 4 horas diarias de observaciones (2 horas por la mañana y 2 horas por la tarde) y avistando mamíferos marinos en la ruta que llevaba el crucero, realizando una bitácora donde se tomaron los siguientes datos en las observaciones:

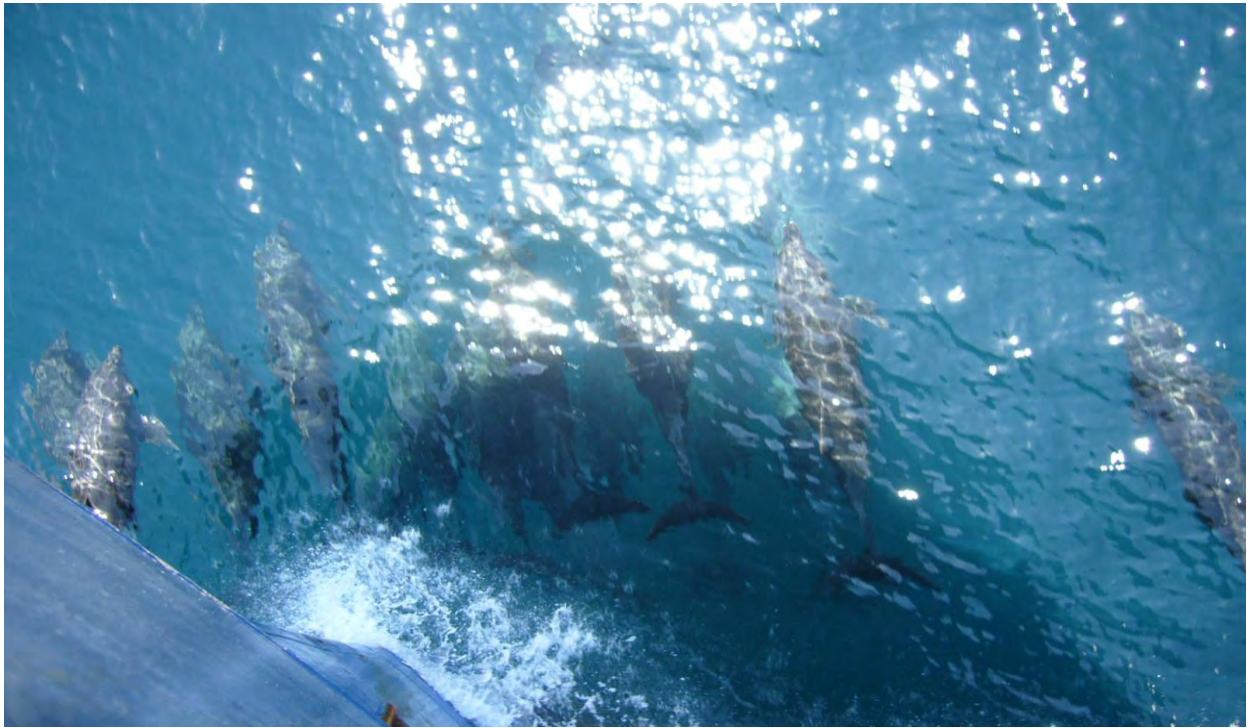
- Número de estación.
- Posición geográfica y hora de inicio y final del avistamiento.
- Número de individuos y especie.
- Comportamiento.
- Especies asociadas.

Además de los cruceros realizados, se formó parte de la tripulación en los tours realizadas por la agencia Onca Exploraciones a cargo del M. en C. Oscar Guzón para avistar delfines y ballenas, en los meses de diciembre de 2008, enero y febrero de 2009.

En estas salidas, se realizaron viajes de entre 3 y 4 horas en búsqueda de animales, en las cuales, al observarlos, se posicionaba la embarcación lo mas cercana a los animales, tomando datos similares a las actividades anteriores, ambientales y foto identificación de los organismos, ya sea de las aletas dorsales para el caso de los delfines y de las caudales para el caso de las ballenas.

A continuación se presentan algunos de los avistamientos del crucero Talud XII a bordo del B/O El Puma con fechas del mes de marzo-abril del 2008.

- 26 de marzo 2008: Estación 29.
19° 17' 48N, 105° 26' 17W. Hora de inicio: 10:00 am Hora final: 10:15 am
Se observó una manada de aproximadamente 20 individuos, en dirección al sur. Se les observó de manera intermitente por 15 min; se encontraban muy lejos para poder identificar la especie.
Se observaron numerosas aves marinas y tortugas.
- 30 de marzo 2008: Estación 13.
17° 45' 16, 102° 00' 29W. Hora de inicio: 08:00 am Hora final: 08:10 am
Se observó un grupo de 6 delfines, 5 adultos y una cría; en tránsito dirección SE.
Especie: *Stenella attenuata*.
Se observaron también 2 peces vela (saltos), tortugas, aves marinas.
Hora de observación: 09:15 am.
- 1 abril 2008: Estación 24.
18° 30' 53N y 104° 1' 19W. Hora de inicio: 09:40 am. Hora final: 10:30 am.
Se observó una manada de aproximadamente 100 animales en dirección norte-sur. Un grupo de 7-10 animales en alimentación cercanos a la proa. Se observaron adultos y crías.
Especie: *Stenella attenuata*.
- 1 abril 2008: Estación 24-25.
18° 28.239N y 104° 16.029W - 18°24.797N y 104° 13.875W Hora de inicio: 11:20 am Hora final: 11:40 am
Se observó una manada de delfines tornillo, máximo 100 animales. Se observan algunos saltos, en traslado hacia el sur. Se observan de manera intermitente en grupos de entre 5 y 15 animales.
Se observó un tiburón (aleta), numerosas tortugas.
- 2 abril 2008: Rumbo a estación 28.
18° 48.772N y 104° 33.199W Hora de inicio: 10:30 am Hora final: 11:30 am
Especie: Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Primera observación a las 10: 30 am. Segunda observación a las 10:45 - 11:00 am. Se pudieron observar dos aletas caudales en 18° 50.559 N y 104° 34.515 W.



Avistamiento de delfines manchados en la proa del B/O El puma. Marzo 2008.



Avistamiento de delfines manchados con la agencia Onca Exploraciones. Enero 2009.