

UNIVERSIDAD DEL MAR
Campus Puerto Ángel
DEPARTAMENTO DE POSTGRADO



Distribución, abundancia y hábitos alimentarios de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* Griffith y Smith (SPHYRNIDAE) en la costa de Sinaloa, México durante el evento El Niño 1997-98.

TESIS que para obtener el grado de **MAESTRÍA EN CIENCIAS** con especialidad en ECOLOGÍA MARINA presenta:

Biól. Ana María Torres Huerta

Director de tesis:
Dr. Felipe Galván Magaña

Puerto Ángel, Oaxaca, México.

Agosto de 2004.

RESUMEN de la tesis de **Ana María Torres Huerta**, presentado como requisito parcial para la obtención del Título de **Maestro en Ciencias con especialidad en Ecología Marina**. Puerto Ángel, Oaxaca, México. Agosto de 2004.

“Distribución, abundancia y hábitos alimentarios del tiburón martillo *Sphyrna lewini* Griffith y Smith (SPHYRNIDAE) en la costa de Sinaloa, México durante el evento El Niño 1997-98”

Resumen aprobado por:

Dr. Felipe Galván Magaña
Director de tesis

Se analizó la distribución y abundancia de *Sphyrna lewini* para comparar el efecto del evento El Niño 1997-98 (AN), en relación a un año normal 1996 (ANN). Asimismo, se describió el comportamiento alimentario observado durante el periodo AN. Los tiburones fueron examinados de la captura comercial artesanal de Sinaloa, México. De cada tiburón capturado se registró la zona y profundidad de captura, longitud total, sexo, peso y estado de madurez. Se determinó el grado de digestión y llenado del estómago, importancia, categoría y diversidad de las presas, así como, la amplitud y traslapamiento de la dieta. Se capturaron un total de 704 organismos, de los cuales 465 correspondieron al periodo del ANN y 239 al AN. Se observaron diferencias significativas en las zonas de captura, profundidad de captura y la abundancia del tiburón durante ANN y el AN. En condiciones de AN, tanto machos como hembras se mueven hacia aguas más profundas en busca de su intervalo óptimo de temperatura, disminuyendo su abundancia en la captura comercial. Un total de 33 especies componen el espectro alimentario de *S. lewini*. La especie *Notophtophis brunneus* representa la presa preferencial (47.7% de IIR), la segunda presa más importante fue *Abrialiopsis affinis* (39.1% de IIR) y el resto las presas raras. La mayor diversidad de presas (2.34) se observó en noviembre cuando los tiburones consumieron mayor cantidad de alimento y de manera asincrónica. Durante noviembre los tiburones consumieron principalmente peces demersales y cefalópodos mesopelágicos. Conforme incrementaron su tamaño consumieron cefalópodos mesopelágicos y epipelágicos, y peces epipelágicos. De acuerdo con el índice estandarizado de Levins, el tiburón martillo se comportó a lo largo del AN como un depredador carnívoro de conducta especialista.

Palabras clave: tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, distribución, abundancia, hábitos alimentarios, Golfo de California.

ABSTRACT of thesis by **Ana María Torres Huerta**, presented as a partial requirement to obtain the Master of Sciences with speciality in Marine Ecology. Puerto Ángel, Oaxaca, México. August 2004.

“Distribution, abundance and feeding habits of the scalloped hammerhead *Sphyrna lewini* Griffith and Smith (SPHYRNIDAE) in the coast of Sinaloa, Mexico during El Niño 1997-98

Abstract approved by:

PhD. Felipe Galván Magaña
Thesis Director

The distribution and abundance of *Sphyrna lewini* was analyzed to compare the effect of El Niño 1997-98 (AN), in relation to a normal year 1996 (ANN). Also, the feeding behavior was observed during the period AN. The sharks were caught from the artisanal fishing from Sinaloa, Mexico. Each shark was registered, including the zone and depth of capture, total length, sex, weight and state of maturity. The digestion state, stomach fullness, importance, category, diversity of the prey, niche width and overlapping were analyzed. A total of 704 sharks were caught, of which 465 correspond to the period of ANN and 239 to AN. Significant differences were observed in the zones of capture, depth and abundance of sharks during ANN and the AN. In conditions AN, both sexes moved to deep waters in search of optimal water temperature, diminishing their abundance in the commercial capture. A total of 33 species composed the diet of *S. lewini*. The preferential prey were *Notophthophis brunneus* (47.7% de IIR), the second most important prey were *Abrialiopsis affinis* (39.1% de IIR), and the rest were rare prey. The higher diversity of prey (2.34) was observed in November when the sharks consumed more food and asynchronously. During November the sharks consumed mainly demersal fishes and mesopelagic cephalopods. Also, when they increase their size, they consumed mesopelagic and epipelagic cephalopods, and epipelagic fish. Using the standardized index of Levin's, the hammerhead shark was a carnivorous predator of specialistic conduct.

Key words: Scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, distribution, abundance, feeding habits, Gulf of California.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1 Causas y efectos de El Niño sobre los recursos pesqueros.....	2
I.2 Antecedentes.....	5
I.3 Justificación del estudio.....	7
II. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	9
III. OBJETIVO GENERAL.....	10
III.1 Objetivos Particulares.....	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	
IV.1 Área de estudio.....	11
IV.2 Obtención de datos de la captura comercial.....	13
IV.3 Relación longitud total-peso.....	16
IV.4 Procesamiento y análisis del contenido estomacal.....	16
IV.5 Pruebas estadísticas.....	21
V. RESULTADOS	
V.1 Número y presencia de organismos.....	25
V.2 Distribución horizontal.....	25
V.3 Distribución vertical.....	27
V.4 Abundancia.....	28
V.5 Frecuencia de tallas y proporción de sexos.....	30
V.6 Relación longitud total-peso.....	32
V.7 Número de estómagos examinados.....	33
V.8 Consumo de alimento.....	33
V.9 Análisis estomacal.....	35
V.10 Variación de los componentes alimentarios.....	36
V.11 Riqueza de especies, diversidad, equidad y amplitud de la dieta.....	39
V.12. Índice de traslapamiento.....	39
VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	
VI.1 Distribución y abundancia en condiciones normales (ANN).....	40
VI.2 Distribución y abundancia bajo condiciones de El Niño (AN).....	42
VI.3 Relación longitud total-peso.....	44
VI.4 Consumo de alimento.....	45
VI.4 Dietas y hábitos alimentarios.....	47
IX. CONCLUSIONES.....	51
Referencias citadas.....	54

Lista de tablas

Tabla	Página
I Número de tiburones martillo capturados por campo pesquero durante el Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98).....	62
II Intervalo de profundidad de captura del tiburón martillo durante el ANN (1996) y ANN (1997-98) con su correspondiente intervalo de temperatura.....	62
III Composición de la dieta del tiburón martillo en las costas de Sinaloa durante el Año Niño 1997-98.....	62
IV Composición de la dieta del tiburón martillo durante noviembre del Año Niño 1997-98.....	63
V Composición de la dieta del tiburón martillo durante febrero del Año Niño 1997-98.....	65
VI Composición de la dieta del tiburón martillo durante mayo del Año Niño 1997-98.....	67
VII Variación temporal de los atributos ecológicos del espectro alimenticio del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).....	68
VIII Resultados del índice de Levin en su forma estandarizada de la amplitud de la dieta del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).....	68
IX Porcentaje del número de presas por mes de muestreo durante el año Niño...	70

Lista de figuras

Figura	Página
1. Historia pesquera del tiburón en el Pacífico mexicano de 1940 a 2000 y anomalías de la temperatura de 1950 a 2000.....	69
2. Vista lateral de un ejemplar de <i>Sphyrna lewini</i> y vista ventral de la cabeza.....	69
3. Área de estudio y localización de los campos pesqueros visitados para este estudio.....	70
4. Representación esquemática del palangre utilizado para capturar tiburón en Sinaloa.....	71
5. Esquema de los órganos internos del tiburón.....	71
6. Categorías de estómagos considerando el grado de digestión de las presas y la repleción gástrica.....	72
7. Localización geográfica de las zonas de captura durante noviembre del Año No Niño (1996) y Año Niño (1997-98).....	73
8. Localización geográfica de las zonas de captura durante febrero del Año No Niño (1996) y Año Niño (1997-98).....	74
9. Localización geográfica de las zonas de captura durante mayo del Año No Niño (1996) y Año Niño (1997-98).....	75
10. Localización geográfica de las zonas de captura durante agosto del Año No Niño (1996) y Año Niño (1997-98).....	75

Figura	Página
Niño (1996).....	76
11. Gráfico de caja de la distancia de captura del tiburón martillo en los diferentes meses de muestreo del Año No Niño (1996).....	77
12. Gráfico de caja de la distancia de captura del tiburón martillo en los diferentes meses de muestreo del Año Niño (1997-98).....	77
13. Gráfico de caja de la distancia de captura del tiburón martillo durante el Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98).....	78
14. Gráfico de caja de la profundidad de captura del tiburón martillo durante el Año No Niño (1996).....	78
15. Gráfico de caja de la profundidad de captura del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).....	79
16. Gráfico de caja de la profundidad de captura del tiburón martillo en el periodo de muestreo del Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98).....	79
17. Abundancias observadas del tiburón martillo durante el Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98). En agosto del AN no se realizó muestreo.....	80
18. Abundancias observadas por estado de madurez del tiburón martillo durante el Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98).....	80
19. Gráfico de caja de la abundancia por día del tiburón martillo registrada por mes de muestreo durante el Año No Niño (1996).....	81
20. Gráfico de caja de la abundancia por día del tiburón martillo registrada durante el Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98).....	81
21. Frecuencia de tallas observadas durante el periodo de Año No Niño (1996).....	82
22. Frecuencia de tallas observadas durante el periodo de Año Niño (1997-98).....	82
23. Variación de tallas por mes de muestreo durante el periodo de Año No Niño.....	83
24. Variación de tallas por mes de muestreo durante el periodo de Año Niño.....	84
25. Relación longitud total-peso para hembras y machos del tiburón martillo en Sinaloa durante el AN (1997-98).....	85
26. Relación longitud total-peso del tiburón martillo por mes de muestreo durante el Año Niño (1997-98).....	85
27. Curva de presas acumuladas.....	86
28. Variación de la frecuencia de estómagos sin alimento y con alimento del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).....	86
29. Mapa perceptual de las categorías de los estómagos del tiburón martillo por mes de muestreo durante el Año Niño (1997-98).....	87
30. Variación del peso del contenido estomacal del tiburón martillo por mes de muestreo durante el Año Niño (1997-98).....	87
31. Representación grafica tridimensional del número, peso y frecuencia de ocurrencia de los grupos alimenticios del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).....	88
32. Representación grafica tridimensional del número, peso y frecuencia de ocurrencia de las presas del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).....	88
33. Representación grafica tridimensional del número, peso y frecuencia de los grupos alimenticios del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).....	89
34. Representación grafica tridimensional del número, peso y frecuencia de ocurrencia de las presas del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).....	90
35. Dendograma del análisis de cluster para separar por zonas de alimentación....	91

“La naturaleza es desordenada, violenta y anárquica. Es nuestro temor del caos lo que nos incita a dominarla”

James Burke

I. INTRODUCCIÓN

En México, la captura comercial de tiburón es una actividad tradicional que aporta una importante fuente de alimento e ingresos económicos a miles de familias. Considerada como la pesquería artesanal de tiburón más grande del mundo, inicia un importante desarrollo a partir de los años sesentas como consecuencia de la demanda mundial de aletas y otros productos (Hernández-Carvallo, 1976; SEMARNAP-INP, 2000). La participación en esta etapa de las Cooperativas de Producción Pesquera permitieron acelerar el desarrollo de la actividad, y de 1976 a 1981 los volúmenes de captura anuales se incrementaron en casi 15,000 toneladas. La máxima captura se realizó en 1981 con 25,562 toneladas, mostrando a partir de este año una tendencia estable de 20,370 toneladas en promedio (SEMARNAP-INP, 2000). La actividad se realiza en ambos litorales mexicanos durante todo el año, registrándose las mayores capturas entre marzo y octubre, meses en los que normalmente la temperatura del agua se incrementa (Castro-Aguirre, 1967; Applegate *et al.*, 1979; Castillo-Geniz, 1992).

Este incremento en las capturas, es debido a que, los tiburones son peces de amplia distribución que realizan migraciones periódicas determinadas por la disponibilidad de alimento, sus ciclos reproductivos y factores ambientales, entre los que se incluyen la temperatura, el oxígeno disuelto, la luz y las corrientes oceánicas. La temperatura es el

factor más importante, ya que afecta no solo la densidad del agua y la solubilidad del oxígeno sino también la tasa metabólica de los tiburones. Estos organismos se caracterizan por ser poiquiloterms o de sangre fría, la temperatura de sus cuerpos se mantiene a la misma temperatura del agua circundante. Los cambios en la temperatura del agua inducen a muchas especies de tiburón a migrar de acuerdo a sus límites de tolerancia determinados por su propio metabolismo o adaptaciones (Castro, 1996).

Algunas especies de tiburones realizan migraciones masivas hacia aguas someras con fines de alumbramiento y en busca de alimento. En el caso de los cazones, la migración está asociada a la abundancia de calamar, sardina, macarela y otras especies de abundancia estacional que también responden a los cambios en la temperatura (SEMARNAP-INP, 2000). Los tiburones juegan un importante papel como depredadores superiores en los ecosistemas marinos, al regular el balance de la cadena alimenticia. La mayoría de las especies son depredadores oportunistas que ocupan los niveles superiores en la cadena alimenticia, alimentándose de peces, crustáceos, cefalópodos y mamíferos marinos (Castillo-Geniz, 1992).

I.1 Causas y efectos de El Niño-Oscilación del sur (ENOS) sobre los recursos pesqueros

El fenómeno El Niño-Oscilación del sur es una perturbación interanual del sistema climático, oceánico y atmosférico con intensas y amplias consecuencias para la sociedad y los ecosistemas en todo el mundo. Por una parte, El Niño representa el calentamiento de las aguas superficiales y subsuperficiales en el Pacífico central y oriental; mientras que la Oscilación del sur representa el desplazamiento en la atmósfera de los sistemas de formación de nubes y ascenso de humedad del Pacífico tropical Indonesio hacia el Pacífico americano (McPhaden, 1993).

En el Océano Pacífico tropical, la circulación atmosférica normal produce vientos alisios del sureste que ocurren sobre el flanco oriental del giro anti-ciclónico del Pacífico sur. Estos vientos acumulan el agua tropical más caliente hacia el lado oeste; mientras que, en la zona oriental, estos vientos generan surgencias de aguas frías, ricas en nutrientes y altamente productivas a lo largo de la costa tropical de América del sur y sobre la banda ecuatorial del Océano Pacífico oriental (Huyer *et al.*, 1987; Wilkerson *et al.*, 1987). Durante El Niño los vientos alisios se debilitan por lo que las aguas cálidas, se distribuyen a lo largo del ecuador, ocasionando que la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico central y oriental incremente hasta en 5° C (Álvarez *et al.*, 2001). Para un evento débil implicaría una diferencia de temperatura de alrededor de 1 a 2 °C (De la Cuadra, 1998).

Ecológicamente El Niño es la falta de renovación de nutrientes y el descenso de la termoclina a profundidades donde el fitoplancton se encuentra concentrado, ocasionando reducciones en la productividad y biomasa del fitoplancton en el Océano Pacífico central y oriental (Jordán, 1987; Tsukayama y Santander, 1987). Como consecuencia, la cadena alimenticia se ve afectada desde los productores primarios hasta los depredadores, dando lugar a una redistribución de los organismos y en casos extremos provocando la muerte (Chávez, 1987).

Las observaciones realizadas por Tsukayama y Santander (1987) en los recursos del mar peruano, señalan que dichos efectos pueden manifestarse en:

- a) Cambios en los patrones de distribución y comportamiento de las especies marinas, originando una mayor o menor vulnerabilidad del recurso a la flota pesquera.
- b) Alteraciones en los procesos fisiológicos, con incrementos o reducciones en las tasas de crecimiento en tamaño y peso por individuo.

- c) Alteraciones en el índice gonadosomático y cambios en el patrón reproductivo.
- d) Cambios en los niveles de abundancia debido a mayor o menor mortalidad por pesca, mortalidad natural, inmigración, emigración, variaciones en el reclutamiento, etc.

De acuerdo a Jiménez (1987), Méndez-Zamorano (1987) y Tsukayama y Santander (1987) los efectos del fenómeno El Niño son importantes en las pesquerías oceánicas del Pacífico oriental tropical. En el caso de la sardina, el barrilete, el atún aleta amarilla y la sierra, al incrementar la temperatura superficial del mar, se produce una redistribución de éstas especies, obligando a los peces de la zona oceánica a emigrar hacia las áreas costeras, desplazándose hacia el sur de sus límites de distribución habitual en busca de aguas más frías con alimento. Otros peces como la merluza y la anchoveta, no dejan la región, sino que se mueven hacia aguas más profundas, lo que los hace inaccesibles para sus depredadores e incluso para su captura (Chávez, 1987; Tsukayama y Santander, 1987). Los peces incapaces de migrar mueren por falta de alimento o por la elevación de la temperatura del agua (Chávez, 1987).

Los efectos físicos y biológicos de El Niño no sólo afectan al Océano Pacífico tropical, sino a varios miles de kilómetros hacia el norte y sur, provocando impactos sobre las especies ligadas a la zona costera, afectando su distribución y abundancia (Jiménez, 1987; Jordán, 1987; Tsukayama y Santander, 1987).

I.2 Antecedentes

El Golfo de California representa un área subtropical con tasas excepcionalmente altas de productividad primaria (Álvarez-Borrego, 1983). Resultado de lo anterior, es la mayor diversidad de especies que lo habitan de manera permanente o temporal (Thomson *et al.*, 2000). Durante El Niño 1997-98, Alatorre-Mendieta (2001) determina que el Golfo de

California fue invadido por aguas de mayor temperatura, la anomalía térmica fue entre 3 y 4°C. Los recursos pesqueros del golfo y áreas adyacentes también se vieron influenciados por el calentamiento del mar. Aguilar-Palomino *et al.* (2001) observan que la abundancia y biomasa de especies capturadas en la pesquería artesanal en la costa de Jalisco se incrementan en un 50 y 70% respectivamente. El pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner), especie de importancia comercial y comúnmente capturado, fue desplazado por especies con afinidades tropicales como el jurel *Caranx caninus* (Günther).

El impacto de El Niño sobre las pesquerías de pelágicos es de gran importancia, ya que conforman las pesquerías más importantes de México por el volumen de su captura, y son altamente susceptibles a los cambios ambientales (SEMARNAP-INP, 2000). Un estudio realizado por Muhlia-Melo (2001) demuestra que en la parte suroeste del Golfo de California, se presentó una disminución en la biomasa de larvas de peces pelágicos, entre ellos el dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus), marlin rayado *Tetrapturus audax* (Philippi), atún aleta amarilla *Thunnus albacares* (Bonnaterre), barrilete negro *Euthynnus lineatus* (Kishinouye), sierra *Scomberomorus sierra* (Jordan y Starks) y el jurel *Seriola lalandi* (Cuvier y Valenciennes). Asimismo, durante el verano de 1998 la composición de especies adultas de peces pelágicos se incrementa, observándose especies con afinidad tropical. En el caso particular de las poblaciones de tiburones no se cuenta con información sobre los efectos de fenómenos a gran escala como lo es El Niño. Sin embargo, las estadísticas pesqueras del Pacífico mexicano publicadas por la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (2000), indican que a partir de los años ochentas cuando se alcanza la captura máxima, existen importantes disminuciones en la captura comercial que coinciden con los eventos de El Niño (Fig. 1).

El tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith) es una especie altamente migratoria que se distribuye en el Océano Pacífico oriental desde la costa oeste de California, Estados Unidos hasta Ecuador y posiblemente hasta el norte de Perú (Compagno, 1984). En el Golfo de California es considerada una especie residente que está presente durante todo el año en las capturas comerciales (SEMARNAP-INP, 2000), representando una de las especies más abundantes. *S. lewini* presenta como característica distintiva el borde anterior de la cabeza formando un arco interrumpido por una escotadura poco profunda pero bien evidente en la línea media y otra, redondeada y profunda, frente a cada orificio nasal (Fig. 2). Sus expansiones laterales de la cabeza muy prominente, anchas transversales y angostas en sentido antero-posterior en forma de martillo (Compagno *et al.*, 1995).

De acuerdo a Saucedo *et al.* (1982), Galván-Magaña *et al.* (1989) y Torres-Huerta (1999) las mayores abundancias de tiburón martillo en el Golfo de California se observan de diciembre a marzo en la costa oriental del golfo y de junio a septiembre en la costa occidental del golfo. *S. lewini* presenta un crecimiento en peso de tipo isométrico en las costas de Michoacán (Anislado-Tolentino, 1995) y en el Golfo de California (Righetty y Castro, 1990), esto es, que los organismos crecen proporcionalmente en longitud total y peso. Poseen un comportamiento social característico, ya que durante el día se mantienen sobre pequeñas montañas submarinas en el Golfo de California, y durante la noche llevan a cabo excursiones al medio pelágico donde al parecer se alimentan y retornan nuevamente al amanecer (Klimley *et al.*, 1993). Como otros tiburones de importancia comercial, *S. lewini* es considerado como un depredador tope en la trama alimentaría. Se ha descrito como un depredador carnívoro de conducta generalista, pues consume una amplia variedad de presas, principalmente peces y calamares (Klimley,

1982; Klimley, 1987; Galván-Magaña *et al.*, 1989; Torres-Rojas, 2003). Torres-Rojas (2003) establece que en la costa de Mazatlán la alimentación del tiburón martillo varía de acuerdo a la talla. Esto es, las tallas juveniles de 48 a 79 cm de longitud total consumen preferentemente peces de la familia Carangidae y Bothidae; los tiburones de 80 a 100 cm de longitud total consumen el crustáceo *Pleuroncodes planipes* (Stimpson); y las tallas de 101 a 160 cm de longitud total consumen peces Carangidos y *Synodus scituliceps* (Jordan y Gilbert). Asimismo, Klimley y Nelson (1984) establecieron que en el Golfo de California los tiburones martillo se alimentan de peces epipelágicos, cefalópodos epipelágicos y mesopelágicos (Klimley, 1987).

I.3 Justificación del estudio

En México existe un desconocimiento generalizado de la situación pesquera y biológica de las especies de tiburones de interés comercial. Esta carencia de información biológica incluye a los tiburones del Golfo de California. Los estudios de *S. lewini* en el Golfo de California han estado dirigidos principalmente a la zona sur-oeste y central del golfo, donde se han determinado algunos aspectos de sus hábitos alimenticios, reproducción y migración (Klimley, 1982; Klimley, 1987; Galván-Magaña *et al.*, 1989; Klimley *et al.*, 1993; Torres-Huerta, 1999). En la costa oriental solo se tiene información sobre distribución y abundancia (Saucedo *et al.*, 1982; Torres-Huerta, 1999). A pesar de que en la costa de Sinaloa *S. lewini* representa la especie que soporta la pesquería de tiburón, existen pocos estudios sobre su biología básica, incluyendo la distribución y los efectos que ejercen sobre ésta la variabilidad ambiental. Por esto, el presente estudio contribuye al conocimiento de los efectos de El Niño en la distribución y abundancia del tiburón martillo *S. lewini*. Asimismo, este trabajo permitirá conocer si el sureste del Golfo de California también es importante como área de alimentación durante estas condiciones anómalas.

II. Hipótesis de trabajo

1. Si los tiburones martillo son organismos poiquilotérmicos, entonces al incrementarse la temperatura superficial del mar en mínimo 3°C por efecto de El Niño, tenderán a redistribuirse, por lo tanto, la distribución horizontal, distribución vertical, abundancia media y frecuencia de tallas del tiburón martillo con respecto a un Año normal serán diferentes.
2. Si en los tiburones martillo la alimentación varía de acuerdo a la talla, entonces el crecimiento en peso de los tiburones, las presas principales, el consumo de alimento y la diversidad de presas variarán en organismos juveniles a lo largo de un año.

III. OBJETIVO GENERAL

Analizar los efectos en la distribución, abundancia y comportamiento alimentario de juveniles del tiburón martillo capturado en la costa de Sinaloa, México, durante el evento El Niño 1997-98.

III. 1 Objetivos Particulares

- * Determinar si el incremento de la temperatura durante El Niño tuvo efecto en la distribución horizontal, distribución vertical, abundancia media y frecuencia de tallas del tiburón martillo con respecto a un año normal (1996).
- * Establecer si la relación en longitud total y peso fue proporcional en el transcurso de El Niño.
- * Analizar el consumo de alimento a través de la repleción gástrica, estado de digestión, peso del contenido estomacal y número de presas consumidas por el tiburón martillo a lo largo de El Niño.
- * Identificar las presas principales del tiburón martillo y la importancia de cada una durante un El Niño.
- * Evaluar si existe variación temporal en la diversidad de componentes alimenticios consumidos por el tiburón durante El Niño.
- * Establecer si existe traslapamiento en las dietas a lo largo del El Niño.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

IV.1 Área de estudio

El área de estudio del presente trabajo se localiza en la costa sur-oriental del Golfo de California comprendiendo las zonas de captura de cuatro campos pesqueros de Sinaloa, ubicados entre los 22° 00' y 26° 00' N y los 105° 00' y 107° 00' W (Fig. 3). El estado de Sinaloa comprende una extensión de la plataforma continental de 24,187 km² (INE-SEMARNAP, 1999), la cual está recortada a la altura de Topolobampo, haciéndose más amplia a lo largo de la costa de Sinaloa y Nayarit (85 km), desapareciendo nuevamente frente a Puerto Vallarta, Jalisco. La planicie costera presenta una amplia variedad de ambientes costeros y se encuentra interrumpida por innumerables cuerpos acuáticos como son: ríos, lagunas costeras, marismas y esteros. Los cuales son más abundantes hacia la parte sur del Estado, debido al régimen pluvial (De la Lanza, 1991).

De acuerdo a la clasificación, en función de la topografía del fondo propuesta por Rusnak *et al.* (1964), la zona de estudio pertenece a la costa oriental de las regiones denominadas de la boca del golfo y de la parte sur, donde la principal característica hidrográfica es que en ellas se presenta contacto de varias masas de agua, lo cual genera frentes termohalinos y donde la plataforma continental es de unos 30 km de ancho (Lavin *et al.*, 1997).

Las masas de agua que se encuentran dentro del Golfo de California han sido identificadas y clasificadas por Torres-Orozco (1993):

- El Agua Profunda del Pacífico (APP) se encuentra desde el fondo hasta aproximadamente 1200 m de profundidad, delimitada por la isoterma de 4°C. Esta masa de agua ocupa un gran volumen (41%) del Golfo de California. La salinidad aumenta hacia el fondo, de 34.56 a 34.75 ups. No hay evidencias de fluctuaciones en la distribución de esta masa de agua.
- Por encima de APP se encuentra el Agua Intermedia del Pacífico (AIP), que ocupa el 33% del volumen del golfo, desde aproximadamente 1200 m (isoterma de 4°C) hasta 500 m (isoterma de los 9°C). La salinidad máxima de esta masa de agua dentro del golfo es de 34.6 ups. Está caracterizada por un mínimo de salinidad ($S_{\min} = 34.50$) centrado aproximadamente en 900 m.
- El Agua Subsuperficial Subtropical (ASsSt) se encuentra a una profundidad relativa de entre 150 y 500 m y, parece tener una variación estacional. El límite inferior y superior están definidos por los límites de temperatura ($9 \leq T \leq 18$ °C) y salinidad ($34.5 \leq S \leq 35.0$ ups). En otoño-invierno, el ASsSt presenta su máxima intrusión en la parte norte del golfo (a aproximadamente 150 km del delta), mientras que en primavera-verano se retrae hasta la isobata de 300 o 350 m (250-300 km del delta).
- El Agua Superficial Ecuatorial (ASE), proviene de la región ecuatorial, y es una de las aguas superficiales del golfo. Se encuentra por encima de los 150 m, la característica distintiva de ésta masa de agua es su salinidad menor de 35 ups. La extensión del ASE hacia el interior del golfo tiene una señal estacional clara, con una máxima intrusión en verano y la máxima retracción en invierno, cuando se le encuentra solamente cerca de la boca del golfo.

- El Agua del Golfo de California (AGC) también ocupa los 150 m superiores, pero se encuentra principalmente en la parte norte, donde es la única masa de agua hasta esa profundidad. La isohalina de 35 ups marca claramente la frontera entre el ASE y el AGC.

Los efectos observados para un evento de El Niño, se atribuyen a que la gran energía de mezcla que hay en el Golfo de California disminuye su impacto. En situación normal hay dos condiciones que operan en el Golfo de California, que son las de invierno y las de verano. En invierno existe una gran energía de mezcla, que da lugar al Agua del Golfo; mientras que en el verano esta energía disminuye y el Golfo de California se ve invadido por agua cálida, oligotrófica del Pacífico Oriental, que reduce la productividad primaria. Al llegar el invierno la alta energía de mezcla rompe el patrón de agua cálida, fertilizando la capa superior. En época de El Niño, las condiciones de invierno parecen acentuarse, el Agua del Golfo hace que la productividad en el interior del mismo golfo sea mayor a la que se encuentra en las regiones cercanas del Océano Pacífico (Álvarez *et al.*, 2001).

IV.2 Obtención de datos y muestras de la captura comercial

Se realizaron ocho muestreos trimestrales en dos periodos de muestreo a 4 campos pesqueros de Sinaloa, México, dedicados a la captura comercial de tiburón. El primer periodo se denominó Año No-Niño (ANN) de febrero de 1996 a noviembre de 1996, visitando las localidades de Altata, Playa Sur y Teacapan (Fig. 3). El segundo periodo, se denominó Año Niño (AN) de noviembre de 1997 a agosto de 1998, con muestreos en La Reforma (misma zona de captura que Altata), Playa Sur y Teacapan. En ambos casos, los días promedio de muestreo para cada localidad fueron de 10 días.

La captura de los organismos se realizó en embarcaciones menores con casco de fibra de vidrio de 23 a 26 pies de eslora con motor fuera de borda de 75 a 150 HP. Los palangres

utilizados en la captura son elaborados por los pescadores y no existe una medida estándar, cada uno varió en longitud y profundidad de captura. La captura de los organismos se realizó utilizando palangres constituidos por una línea principal o línea madre entre 500 a 2000 m de longitud, de la cual cuelgan las líneas secundarias o reinales donde se encuentran los anzuelos (Fig. 4). El número de reinales varió desde 50 hasta 200 y una longitud de entre 10 y 15 metros. La línea madre está sostenida en los extremos y en la parte central a través del orinque por boyas y 2 banderines a los extremos que ayudan a localizar el palangre. El palangre tiene tres anclas que la fijan al fondo. Cada embarcación tendía 2 ó 3 palangres.

Los palangres eran colocados al atardecer (aprox. 17:00 hrs.) y se recogían al día siguiente (aprox. 6:00 hrs). Las especies más utilizadas como carnadas fueron la culebra o tieso *Myrophis vafer* y la lisa *Mugil cephalus*.

Para determinar la distribución de los tiburones se obtuvo de cada zona de pesca la posición geográfica y la distancia de captura con respecto de la línea de costa con ayuda de un GPS. La profundidad promedio de captura de los anzuelos fue estimada en función de la longitud del orinque y de los reinales en cada uno de los muestreos, utilizando únicamente los palangres que capturaron *S. lewini*. A partir de los perfiles de temperatura del mar de Filonov *et al.* (2000) fueron obtenidos los correspondientes intervalos de temperatura en los que fueron capturados los tiburones durante el ANN y el AN.

De cada tiburón martillo capturado, se determinó la longitud total (LT), sexo, peso total y estado de madurez sexual. La longitud total (Fig. 2) se obtuvo midiendo desde la punta del morro hasta la punta del lóbulo superior de la aleta caudal (Compagno, 1984). Los datos de longitud permitieron determinar la estructura de tallas, a través de histogramas de frecuencia con intervalos de 11 cm de LT. El sexo de los machos se reconoce por

presentar en las aletas pélvicas los mixopterigios (órganos copuladores). Las hembras juveniles fueron identificadas por presentar ovarios delgados de apariencia celular homogénea, glándula nidamental sin desarrollar y útero delgado y flácido e indistinto de los oviductos (Springer, 1960; Chen y Mizune, 1973). Los machos juveniles fueron reconocidos por presentar mixopterigios sin calcificar (Clark y von Schmidt, 1965).

Los estómagos de los tiburones capturados durante el AN fueron removidos mediante un corte transversal del esófago en la conexión con la faringe y antes de la válvula pilórica (Stillwell y Kohler, 1982; Fig. 5). El contenido estomacal fue preservado dentro del estómago mediante una solución de formaldehído al 10% que fue colocada dentro y fuera del estómago y cerrándolo posteriormente con una liga para evitar que el contenido estomacal saliera. Este procedimiento es importante para poder determinar en el laboratorio el llenado del estómago, grado de digestión y la posición de la presa que puede aportar información sobre la conducta alimentaria del tiburón martillo. Transcurrida una semana, se realizó un cambio de formaldehído y otra más al mes para asegurar la fijación del contenido estomacal hasta su procesamiento en el laboratorio, en donde fue remplazado por alcohol etílico al 70% (Cailliet *et al.*, 1996).

IV.3 Relación longitud total-peso

Para establecer la relación entre las variables longitud total y peso se utilizaron los datos de sexos separados y para la especie, estimando la relación longitud-peso en cada mes de muestreo del AN, mediante la regresión de tipo potencial de Ricker (1979):

$$P = a(LT^b) \quad (1)$$

donde:

P = peso total (kg)

LT = longitud total (cm)

a = ordenada al origen

b = pendiente

La estimación de las constantes (pendiente y ordenada al origen) fueron obtenidas a través de la linealización de (1), para lo cual los datos de longitud total y peso se transformaron a logaritmos de base 10, ajustándose a una línea recta según Ricker (1979):

$$\log(P) = \log(a) + b \log(LT) \quad (2)$$

En el caso en que la pendiente es igual a tres, entonces la relación longitud total y peso es considerada de tipo isométrico (las proporciones del organismo se mantienen constantes a través de su crecimiento); y si la pendiente es diferente a tres el crecimiento es considerado de tipo alométrico (las proporciones del organismos no se mantienen constantes) (Wootton, 1990).

IV.4 Procesamiento y análisis del contenido estomacal

Para analizar el consumo de alimento se determinó el grado de digestión y el porcentaje de llenado del estómago, de acuerdo a lo propuesto por Galván-Magaña (1999) se reconoció cuatro grados de digestión:

1= fresco (reciente)

2= intermedio

3= esqueletos de peces o exoesqueleto de crustáceos

4= partes duras (otolitos de peces y mandíbulas de cefalópodos)

El llenado del estómago (repleción gástrica) fue estimado en una escala de 0 a 100%. Los estómagos fueron clasificados en base al grado de digestión y llenado del estomago, como reciente, llenos y vacíos (Fig. 5). La categoría “reciente” comprende todas las presas con grado de digestión 1 y 2 sin considerar el llenado del depredador. La categoría “lleno” comprende presas con grado de digestión 3 y 4 en estómagos con llenado de 50 a 100%. La categoría “vacíos” incluye menos del 50% de llenado (Galván-Magaña, 1999).

Para determinar el tamaño muestral de estómagos necesarios para describir de forma precisa la dieta de *S. lewini* se realizó un análisis utilizando la curva de presas acumuladas. La cual consiste en reunir en orden aleatorio todas las muestras analizadas, y posteriormente, graficar el número acumulativo de estómagos ordenados aleatoriamente (Eje X) contra el número acumulado de presas (Eje Y). El punto en el cual la curva adquiere forma de asíntota indica el número mínimo de estómagos necesario para describir de forma precisa la dieta (Hoffman, 1979).

Por otra parte, los contenidos estomacales fueron analizados diferenciándose hasta el menor taxón posible. La identificación de presas se basó en el estado de digestión para reconocer a los organismos. De esta forma, cuando las presas se encontraban en grado de digestión 1, se utilizaron claves generales para identificar organismos completos de peces, cefalópodos, crustáceos y equinodermos. En el caso de los peces, se identificó con las claves de Jordan y Evermann (1896-1900), Meek y Hildebrand (1923-1928), Miller y Lea (1972), Allen y Robertson (1994) y Fisher *et al.* (1995). Cuando los peces se encontraban en grado de digestión 2 y 3 se utilizó la bibliografía de características vertebrales de los peces (p. ej. número de vértebras, posición, forma, etc.) propuestas por Clothier (1950), Miller y Jorgenson (1973), Smith y Heemstra (1986). El grado de digestión 4 corresponde a los restos de las presas, las cuales en el caso de los peces no fue necesario identificar a los organismos a través de otolitos.

Los crustáceos fueron identificados con las claves de Garth y Stephenson (1966) y Brusca (1980). En el caso de los cefalópodos se encontraron un gran número de mandíbulas superiores e inferiores que fueron identificadas con las claves de Clarke (1962, 1986), Iverson y Pinkas (1971) y Wolff (1982, 1984), y confirmados con la colección de mandíbulas de cefalópodos del Laboratorio de Ecología de Peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) en La Paz, Baja California Sur.

Las presas se registraron por número (N), peso (P) en gramos, y frecuencia de ocurrencia (FO). En el análisis gravimétrico no fueron incluidos los datos de los restos duros (mandíbulas de cefalópodos y restos óseos de peces), debido a que las partes duras resisten más la digestión y se acumulan en los estómagos (Bigg y Faucett, 1985). En contraste, para el análisis numérico y por frecuencia de ocurrencia fueron incluidas las partes duras.

Para determinar la importancia de cada uno de los componentes alimentarios se aplicó el Índice de Importancia Relativa (IIR) de Pinkas *et al.* (1971) y el Coeficiente de alimentación (Braga y Braga, 1987). El IIR es frecuentemente utilizado en estudios alimentarios debido a que tiene la ventaja de identificar los componentes de mayor importancia dentro del espectro trófico. Se basa en el número de presas (N), peso de presas (P) y frecuencia de ocurrencia (FO), los cuales fueron combinados con la siguiente fórmula:

$$IIR = (N + P)FO$$

El Coeficiente de alimentación (Q) fue estimado utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = (%N)(%P)$$

Este índice se utiliza para determinar la categoría de las presas, clasificándolas como presas preferenciales cuando $Q > 200$, presas secundarias cuando $Q \geq 20$ y presas raras

u ocasionales cuando $Q < 20$ (Braga y Braga, 1987).

Para describir la variación temporal en la diversidad de componentes alimenticios se utilizó la riqueza de especies (S), el índice de diversidad de Shannon-Weiner, el índice de equidad de Pielou y la amplitud de la dieta a través del índice de Levin. El índice de diversidad de Shannon-Weiner mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Washington, 1984), siendo este:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) \ln(p_i)$$

donde:

H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener

p_i = proporción del número de organismos de cada presa

s = número total de presas identificadas.

Este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

El índice de equidad (J') de Pielou se utiliza para medir la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

donde:

J' = Índice de equidad de Pielou

H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener

$H'_{\max} = \ln(S)$

El valor de este índice va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

Para conocer la amplitud de la dieta, se utilizó la forma estandarizada del índice de Levin propuesta por Hurlbert en Krebs (1989), el cual se representa con la siguiente fórmula:

$$B'_A = \frac{B-1}{n-1}$$

donde:

B'_A = Amplitud de la dieta Levin estandarizada

n = Número de posibles componentes alimentarios

B = Medida de Levin para la amplitud del nicho, y se calcula:

$$B = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

donde:

p_i^2 = Frecuencia relativa de las especies presa, así tenemos que:

Este índice se utiliza para conocer la especialización en la alimentación del depredador.

Valores de B'_A menores a 0.6 indican dietas dominadas por un bajo número de presas (depredador especialista) y valores mayores a 0.6 indican consumidores generalistas (Krebs, 1989; Labropoulou y Eleftheriou, 1997).

Para comparar la composición de dietas entre meses de muestreo se utilizó el IIR para estimar el traslapamiento de dietas se utilizó el índice de traslapamiento de nicho (O_{jk}) propuesto por Pianka (En Krebs, 1989), la formulación para este índice es la siguiente:

$$O_{jk} = \frac{\sum_i^n p_{ij} p_{ik}}{\sqrt{\sum_i^n p_{ij}^2 \sum_i^n p_{ik}^2}}$$

donde:

O_{jk} = Medida de Pianka del traslapamiento de nicho entre las especies j y las especies k ,

p_{ij} y p_{ik} = uso proporcional de la presa i en la localidad j y k

n = Número total de recursos

Valores de O_{jk} mayores a 0.6 son considerados significantes para determinar traslapamiento en las dietas (MacPherson, 1979).

IV. 5 Pruebas estadísticas

Los análisis estadísticos fueron realizados en los paquetes estadísticos *Statistica* versión 5.1 y *Sigma Stat* versión 2.0, a un nivel de confianza del 95%. En cada caso, se examinaron los supuestos de normalidad usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas usando la prueba de Levene (Hair *et al.*, 1999). En todos los casos, los datos no fueron distribuidos normalmente y las variaciones eran estadísticamente diferentes, incluso después de transformaciones no lineales, por lo que se utilizó pruebas no paramétricas.

Para contrastar los datos de distribución horizontal, distribución vertical, abundancia media y el peso total del contenido estomacal por mes de muestreo se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (Zar, 1996):

$$H = \frac{12 \sum_{i=1}^k n_i (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{N(N+1)}$$

donde:

H = Estadístico de la prueba de Kruskal-Wallis

n_i = Número de observaciones en el grupo i

\bar{R}_i = Promedio de todos los rangos, dado explícitamente por $(N+1)/2$

Para aislar el mes o meses que difieren de los otros se aplicó una comparación múltiple *post hoc* usando el método de Dunn para datos no paramétricos (Zar, 1996):

$$Q = \frac{\bar{R}_B - \bar{R}_A}{SE}$$

donde:

\bar{R}_A y \bar{R}_B = Rango medio del grupo A y B
 SE = Error estándar

Para contrastar los datos de distribución horizontal, distribución vertical y abundancia media por periodo de captura se aplicó la prueba de Mann-Whitney (Zar, 1996):

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

donde:

n_1 y n_2 = número de observaciones de la muestra 1 y 2, respectivamente

R_1 = suma de rangos de las observaciones

Asimismo, para contrastar los datos de frecuencias de tallas se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1996):

$$D = \text{Max}|F(Y_1) - F(Y_2)|$$

donde:

$F(Y_1)$ y $F(Y_2)$ = Frecuencia acumulada relativa de la muestra 1 y 2

La proporción por sexos se determinó asumiendo una relación 1:1 y probándola mediante una prueba de Chi-cuadrada (Zar, 1996).

Para verificar la alometría en las ecuaciones de la relación longitud total-peso se aplicó una prueba de t de Student (Zar, 1996):

$$t = \frac{b_1 - 3}{Sb_1}$$

donde:

b_1 = pendiente

Sb_1 = error estándar de la pendiente

Las ecuaciones por sexo y mes de muestreo se compararon a través de un análisis de covarianza usando el estadístico F (Zar, 1996).

Para evaluar las variaciones temporales del consumo de alimento, en número y frecuencia de ocurrencia de los componentes alimentarios durante el AN, se utilizó el análisis de tablas de contingencia usando el estadístico de contraste de Chi-cuadrado a un nivel de confianza del 95% (Zar, 1996; Brower *et al.*, 1998):

$$X^2 = \frac{\sum (f - F)^2}{F}$$

donde:

X^2 = Estadístico de Chi-cuadrado

f = frecuencia observada

F = frecuencia esperada

En el caso del análisis de contingencia por número y frecuencia de ocurrencia los peces teleósteos con porcentajes menores al 4% fueron agrupados en Otros Teleósteos, y los cefalópodos, crustáceos y equinodermos con porcentajes menores a 4% se agruparon en Otros Invertebrados.

De encontrarse diferencias significativas en Chi-cuadrado se aplicaron análisis posteriores, eliminando la fuente principal de variación para detectar cuáles componentes variaron, tal como lo propone Cortés (1997).

Asimismo, para determinar diferencias significativas de la diversidad se aplicó una prueba t para diferencia entre dos índices de diversidad propuesta por Hutcheson en Zar (1996):

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{S_{H'_1 - H'_2}}$$

donde:

H'_1 y H'_2 = índice de diversidad de las dos muestras, y

$$S_{H'_1 - H'_2} = \sqrt{s^2_{H'_1} + s^2_{H'_2}}$$

$s^2_{H'_1}$ y $s^2_{H'_2}$ = varianza de la muestra 1 y 2

Para evitar cometer errores de Tipo I en la comparaciones de diversidad, se aplicó la corrección de Bonferroni (Glover y Mitchell, 2002); en este caso, fueron considerados significativos valores de $p < 0.017$.

Finalmente, para separar los meses de muestreo con las mismas características en la composición de la dieta se aplicó un análisis de cluster a través del método del encadenamiento simple (Hair *et al.*, 1999).

V. RESULTADOS

V.1 Número y presencia de organismos

Se capturó un total de 704 organismos de *Sphyrna lewini*, de los cuales 465 correspondieron al periodo de muestreo del Año No Niño (ANN) y 239 al periodo del Año Niño (AN). Durante este primer periodo, la especie estuvo presente en la captura comercial en los cuatro muestreos realizados; mientras que durante el AN estuvo presente durante noviembre de 1997, febrero y mayo de 1998. Durante agosto del AN no fue posible obtener información debido a que los pescadores suspendieron la captura durante este periodo de muestreo a causa de las condiciones ambientales adversas que imperaron en esta temporada. La Tabla I muestra el número de tiburones capturados por campo pesquero en ambos periodos de muestreo.

V.2 Distribución horizontal

La captura de los tiburones varió de 8 a 40 millas náuticas a partir de la línea de costa. Las figuras 7, 8, 9 y 10 muestran la posición geográfica de las zonas de captura por mes de muestreo durante el ANN y el AN.

En el ANN, el tiburón martillo fue capturado en noviembre a una distancia media con respecto a la línea de costa de 15.2 millas náuticas ($s_{\bar{x}} = 0.37$, $n=90$), en febrero a 22.2 millas náuticas ($s_{\bar{x}} = 0.30$, $n=362$), en mayo a 31.0 millas náuticas ($s_{\bar{x}} = 1.15$, $n=5$) y en

agosto a 36.5 millas náuticas ($s_{\bar{x}} = 2.17$, $n=8$) (Fig. 11). El análisis de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre las distancias de captura de los meses de muestreo del ANN ($H=171.89$, $g/3$, $p<0.001$). La comparación múltiple de Dunn reveló diferencias significativas en la distancia de captura de noviembre y febrero ($Q=11.73$, $p<0.05$); pero no entre febrero y mayo ($Q=2.27$, $p>0.05$), mayo y agosto ($Q=0.69$, $p>0.05$).

En el AN el tiburón martillo fue capturado en noviembre a una distancia promedio con respecto a la línea de costa de 16.7 millas náuticas en noviembre ($s_{\bar{x}} = 0.36$, $n=77$), 28.6 millas náuticas en febrero ($s_{\bar{x}} = 0.52$, $n=116$) y 30.5 millas náuticas en mayo ($s_{\bar{x}} = 0.84$, $n=46$) (Fig. 12). El análisis de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre las distancias de captura de los meses de muestreo del AN ($H=150.09$, $g/2$, $p<0.001$). La comparación múltiple de Dunn reveló diferencias significativas en la distancia de captura de noviembre y febrero ($Q=10.91$, $p<0.05$); pero no entre febrero y mayo ($Q=1.33$, $p>0.05$).

Los resultados indicaron que durante el ANN la captura de los tiburones se realizó a una distancia promedio con respecto a la línea de la costa de 21.2 millas náuticas ($s_{\bar{x}} = 0.25$, $n=465$) y durante el AN a una distancia promedio de 25.1 millas náuticas ($s_{\bar{x}} = 0.49$, $n=239$) (Fig. 13). El análisis de Mann-Whitney indicó diferencias significativas entre las distancias de captura del ANN y el AN ($U=100693.00$, $p<0.01$). De acuerdo a esto, se contrastó los mismos meses de cada periodo de captura para determinar en que mes del AN ocurrieron las diferencias. La comparación múltiple de Dunn indicó diferencias significativas entre las zonas de captura de febrero del ANN y AN ($Q=8.27$, $p<0.05$); pero en noviembre del ANN y AN no se observaron diferencias significativas ($Q=1.27$, $p>0.05$), así como, mayo del ANN y AN ($Q=0.02$, $p>0.05$). Las muestras de agosto no fueron contrastadas debido a que en el AN no hubo captura.

V.3 Distribución vertical

En lo referente a la profundidad de captura, los resultados indicaron que en el ANN el tiburón martillo fue capturado en noviembre a una profundidad media de 43.8 m ($s_x^- = 0.37$, $n=90$) (Fig. 14), en febrero a 52.1 m ($s_x^- = 0.30$, $n=362$), en mayo a 82.2 m ($s_x^- = 1.15$, $n=5$) y en agosto a 103.3 m ($s_x^- = 2.17$, $n=8$). El análisis de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre las profundidades de captura de los meses de muestreo del ANN ($H=164.10$, $gl=3$, $p<0.001$). La comparación múltiple de Dunn reveló diferencias significativas en la profundidad de captura de noviembre y febrero ($Q=11.04$, $p<0.05$), febrero y mayo ($Q=3.20$, $p<0.05$); pero no entre mayo y agosto ($Q=0.08$, $p>0.05$). En el periodo del AN los tiburones fueron capturados durante noviembre a una profundidad media de 96.1 m ($s_x^- = 0.65$, $n=77$) (Fig. 15), en febrero de 97.8 m ($s_x^- = 0.69$, $n=116$) y en mayo de 88.8 m ($s_x^- = 0.88$, $n=46$). El análisis de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre las profundidades de captura de los meses de muestreo del AN ($H=36.27$, $gl=2$, $p<0.001$). La comparación múltiple de Dunn reveló diferencias significativas en la profundidad de captura de febrero y mayo ($Q=5.93$, $p<0.05$); pero no entre noviembre y febrero ($Q=1.30$, $p>0.05$).

Contrastando los datos obtenidos de ambos periodos de muestreo, se observó que la profundidad media de captura durante el ANN fue de 51.7 m ($s_x^- = 0.45$, $n=465$) y en el AN de 95.5 m ($s_x^- = 0.48$, $n=239$) (Fig. 16). El análisis de Mann-Whitney indicó diferencias significativas entre las profundidades de captura del ANN y el AN ($U=452.01$, $p<0.001$). De acuerdo a esto, se contrastó los mismos meses de cada periodo de captura para determinar en que mes del AN ocurrieron las diferencias. La comparación múltiple de

Dunn indicó diferencias significativas entre las profundidades de captura de noviembre del ANN y AN ($Q=15.94$, $p<0.05$), así como, en febrero del ANN y AN ($Q=15.68$, $p<0.05$); pero en mayo del ANN y AN no se observaron diferencias significativas ($Q=0.62$, $p>0.05$). Las muestras de agosto no fueron contrastadas debido a que en el AN no hubo captura.

A partir de los perfiles de temperatura del mar obtenidos de Filonov *et al.* (2000), se establecieron los intervalos de temperatura en los que fueron capturados los tiburones durante el ANN y el AN. Los datos se muestran en la Tabla II, en los cuales se observa que en noviembre del ANN la captura de los tiburones se realizó a intervalos de temperatura de 18 a 21 °C, en febrero y mayo de 15 a 16°C, y en agosto de 14 a 15°C. En lo referente al AN, en noviembre la captura se realizó a intervalos de temperatura de 17 a 22°C, en febrero de 15 a 17°C y en mayo de 16 a 18°C.

V.4 Abundancia

Durante el periodo del ANN el porcentaje de tiburones se incrementó de noviembre (12.8%) a febrero (51.4%) (Fig. 17), disminuyendo hasta sus valores más bajos en mayo y agosto (0.7 y 1.1%, respectivamente). Las capturas estuvieron dominadas en un 97.6% por organismos juveniles (Fig. 18) y los adultos representaron el porcentaje restante. En noviembre del ANN se capturaron en promedio 10 tiburones martillo por día ($s_{\bar{x}} = 0.52$, $n=9$) (Fig. 19), en febrero 33 tiburones por día ($s_{\bar{x}} = 4.29$, $n=11$), en mayo 3 tiburones por día ($s_{\bar{x}} = 0.5$, $n=2$) y en agosto 4 tiburones por día ($s_{\bar{x}} = 1.0$, $n=2$). El análisis de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre las abundancias por día de los meses de muestreo del ANN ($H=19.61$, $gl=3$, $p<0.001$). La comparación múltiple de Dunn reveló diferencias significativas en el número promedio de tiburones capturados en febrero y

mayo ($Q=3.68$, $p<0.05$); pero no entre noviembre y febrero ($Q=2.67$, $p>0.05$), mayo y agosto ($Q=-0.30$, $p>0.05$).

En el AN, la captura se incrementó de noviembre (10.9%) a febrero (16.5%) (Fig. 17), disminuyendo el porcentaje de abundancia durante mayo (6.5%). Durante agosto de no hubo captura durante el muestreo debido a las condiciones ambientales adversas. Las capturas estuvieron dominadas en un 92.9% por organismos juveniles (Fig. 18), los adultos representaron el porcentaje restante (7.1%). En noviembre del AN, se capturaron en promedio 10 tiburones por día ($s_{\bar{x}} = 0.92$, $n=77$), en febrero 13 tiburones por día ($s_{\bar{x}} = 3.22$, $n=116$) y en mayo 6 tiburones por día ($s_{\bar{x}} = 0.80$, $n=46$). El análisis de Kruskal-Wallis indicó que no existen diferencias significativas entre el número promedio de tiburones capturados en los meses de muestreo del AN ($H=4.36$, $gl=2$, $p=0.11$).

El número promedio de tiburones martillo capturados durante el ANN fue de 21 tiburones por día ($s_{\bar{x}} = 3.41$, $n=465$) y en el AN de 9 tiburones por día ($s_{\bar{x}} = 1.22$, $n=239$) (Fig. 20).

El análisis de Mann-Whitney indicó diferencias significativas entre el número promedio de tiburones capturados por día durante el ANN y el AN ($U=192.50$, $p=0.01$). De acuerdo a esto, se contrastó los mismos meses de cada periodo de captura para determinar en que mes del AN ocurrieron las diferencias. La comparación múltiple de Dunn indicó diferencias significativas en el número de tiburones capturados por día en febrero del ANN y AN ($Q=3.04$, $p>0.05$); pero no en noviembre del ANN y AN ($Q=0.30$, $p>0.05$), y en mayo del ANN y AN ($Q=1.05$, $p>0.05$).

V.5 Frecuencia de tallas y proporción de sexos

Durante el muestreo en el periodo del ANN se observaron tallas entre 60 y 363 cm de LT. Las tallas dominantes correspondieron en un 89.5% a juveniles de 73 a 116 cm de LT

(Fig. 21), la talla promedio de captura fue de 94.9 cm de LT. La proporción de sexos: hembras 215 (46.2%) y machos 250 (53.8%), no se desvía significativamente de la proporción 1:1 esperada ($X^2=2.63$, $gl=1$, $p=0.10$). En lo que respecta al periodo del AN, se observaron tallas entre 43 y 251 cm de LT. Las tallas dominantes en un 66.1% correspondieron a juveniles entre 82 y 108 cm de LT (Fig. 22), la talla promedio de captura fue de 99.1 cm de LT. La proporción de sexos: hembras 130 (54.4%) y machos 109 (45.6%), no se desvía significativamente de la proporción 1:1 esperada ($X^2=1.85$, $gl=1$, $p=0.17$). La prueba de Kolmogorov-Smirnov indicó diferencias significativas entre las frecuencias de tallas observadas en ambos periodos de muestreo ($D_{max}=0.05$, $p<0.01$).

En lo que respecta a la variación de tallas en el ANN, se determinó que durante noviembre predominaron en un 73.3% tallas juveniles entre 73 y 88 cm de LT (Fig. 23), la talla promedio de captura fue de 77.9 cm de LT. En febrero predominaron en un 48.9% las tallas juveniles entre 84 y 103 cm de LT, la talla promedio de captura fue de 94.4% cm de LT. Las tallas adultas entre 174 y 192 cm de LT estuvieron presentes en 0.6%. En mayo los tiburones presentaron tallas de 93, 113, 257, 259 y 280 cm de LT; con una talla promedio de captura de 200.4 cm de LT. Durante agosto sólo se observaron tallas adultas de 188 a 363 cm de LT), con una talla promedio de captura de 244 cm de LT. La prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre las frecuencias de tallas observadas en los meses de muestreo del ANN ($H=181.64$, $gl=3$, $p<0.01$). La comparación múltiple de Dunn reveló diferencias significativas en las tallas de los tiburones de noviembre y febrero ($Q=12.15$, $gl=4$, $p<0.05$) y febrero y mayo ($Q=2.65$, $gl=4$, $p<0.05$); pero no entre mayo y agosto ($Q=0.43$, $gl=4$, $p>0.05$).

En noviembre del ANN, la proporción de sexos: hembras 55 (61.1%) y machos 35 (38.9%), se desvía significativamente de la proporción 1:1 esperada ($X^2= 4.44$, $gl=1$,

$p=0.03$), en febrero la proporción de sexos: hembras 188 (51.9%) y machos 174 (48.1%), no se desvía significativamente de la proporción de sexos 1:1 esperada ($\chi^2 = 0.54$, $g/1$, $p=0.46$). En mayo y agosto no se obtuvo la proporción de sexos debido al bajo número de tiburones.

En lo referente a la variación por tallas en el AN, se observó que durante noviembre predominaron en 90.1% tallas juveniles de 74 a 92 cm de LT, la talla promedio de captura fue 84 cm de LT (Fig. 24). En febrero predominaron en un 75.0% las tallas juveniles entre 84 y 105 cm de LT, la talla promedio de captura fue de 100.2 cm de LT. En mayo las tallas de 87 a 138 cm de LT fueron las mas abundantes en un 84.5%, la talla promedio de captura fue de 129.7 cm de LT. Durante mayo se observaron tallas adultas de 202 a 251 cm de LT. La prueba de Kruskal-Wallis indicó diferencias significativas entre las frecuencias de tallas observadas en los meses de muestreo del AN ($H= 129.32$, $g/2$, $p<0.01$). La comparación de Dunn reveló diferencias significativas con $p<0.05$ en todos los meses de muestreo.

En noviembre del AN, la proporción de sexos: hembras 40 (51.9%) y machos 37 (48.1%), en febrero: hembras 67 (57.8%) y machos 49 (42.2%), y en mayo: hembras 23 (50.0%) y machos 23 (50.0%), no se desvían significativamente de la proporción 1:1 esperada ($\chi^2=0.12$, $g/1$, $p=0.72$), no se desvía significativamente de la proporción de sexos 1:1 esperada con $p>0.05$).

V.6 Relación longitud total-peso

Se registró el peso total de 220 tiburones durante el AN, de los cuales 129 fueron hembras y 103 fueron machos. Las hembras presentaron un peso entre 0.5 y 9.5 kg y los machos entre 0.3 y 12 kg. La relación longitud total-peso para sexos separados mostró una pendiente de 2.81 para hembras ($a= 1 \times 10^{-5}$, $R^2=0.87$) y 2.83 para machos ($a=9 \times 10^{-6}$,

$R^2=0.92$, Fig. 25). La prueba t indicó que la pendiente es menor que 3 tanto para hembras ($t=-16.75$, $gl=127$, $p<0.001$) como para machos ($t=-5.74$, $gl=101$, $p<0.001$), por lo que ambos sexos presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo. El análisis de covarianza aplicado para determinar diferencias entre los sexos indicó que no existe diferencia significativa ($F=0.05$, $gl=1,216$, $p=0.82$).

El análisis por mes de muestreo indicó que en noviembre los tiburones de ambos sexos presentaron pesos entre 1 y 8.7 kg, en febrero entre 1.9 y 12 kg y en mayo entre 2.4 y 9.5 kg. La relación longitud total-peso para sexos combinados durante noviembre mostró una pendiente de 2.84 ($a=9 \times 10^{-6}$, $R^2=0.81$), en febrero de 2.88 ($a=7 \times 10^{-6}$, $R^2=0.92$) y en mayo de 2.70 ($a=2 \times 10^{-5}$, $R^2=0.96$, Fig. 26). La prueba t indicó que la pendiente en noviembre ($t=-7.32$, $gl=88$, $p<0.001$), febrero ($t=-11.46$, $gl=82$, $p<0.001$) y mayo ($t=-44.04$, $gl=44$, $p<0.001$) fue menor que 3, por lo que en los tres periodos el crecimiento fue alométrico negativo. Asimismo, el análisis de covarianza aplicado para determinar diferencias entre las pendientes indicó que no existieron diferencias significativas ($F=0.49$, $gl=2,214$, $p=0.61$) a través de los meses.

V.7 Número de estómagos examinados

De los 239 tiburones capturados durante el periodo del AN, fueron examinados los estómagos de 182 individuos juveniles, de los cuales 116 estómagos (63.7%) contenían alimento y 66 (36.3%) estaban vacíos.

El índice de Hoffman (1978) aplicado para determinar el número mínimo de estómagos, indicó que 47 estómagos (Fig. 27) son suficientes para caracterizar el espectro trófico de la especie, por lo tanto, el tamaño de muestra de 116 estómagos es un tamaño adecuado.

V.8 Consumo de alimento

Los datos obtenidos a partir de la repleción gástrica y el estado de digestión durante el AN, revelaron que el menor porcentaje de estómagos clasificados como vacíos se observó durante noviembre (57.1%, Fig. 28), incrementándose en febrero (80.3%) y mayo (72.4%). Los estómagos con alimento, clasificados como recientes se observaron en mayor porcentaje durante noviembre (28.6) y en menor porcentaje en febrero (6.6%). Los estómagos clasificados como llenos fueron observados en mayor porcentaje durante mayo (17.2%) y el menor porcentaje en febrero (13.2%). El análisis de correspondencia indicó que existieron diferencias significativas entre las categorías de los estómagos por meses de muestreo ($X^2=13.77$, $gl=4$, $p<0.001$). La fuente principal de variación se observó en los estómagos recientes y llenos, los cuales se encontraron estrechamente asociados a noviembre (Fig. 29). Los estómagos vacíos se observaron mayormente asociados a febrero y mayo. De acuerdo a lo propuesto por Cortes (1997), se aplicó un análisis posterior eliminando la fuente principal de variación encontrándose diferencias no significativas ($X^2=1.06$, $gl=2$, $p=0.58$). Es decir, los estómagos caracterizados como recientes se presentaron durante noviembre por encima de la frecuencia esperada y durante febrero por debajo de la frecuencia esperada. Por su parte, los estómagos vacíos se presentaron durante febrero y mayo por encima de la frecuencia esperada y durante noviembre por debajo de la frecuencia observada.

De acuerdo con el peso total del contenido estomacal, de los 77 estómagos analizados en noviembre se obtuvo un peso total de las presas de 1970 gr ($\bar{x}=25.5$, Fig. 30), en febrero 76 estómagos con un peso total de las presas de 828.9 gr ($\bar{x}=10.9$) y en mayo 29 estómagos con un peso total de las presas de 473.4 gr ($\bar{x}=16.3$). El análisis de Kruskal-

Wallis indicó diferencias significativas entre los pesos de las presas ($H= 8.36$; $p=0.01$). La comparación múltiple de Dunn indicó diferencias significativas en el peso de las presas de noviembre y febrero ($Q=2.81$, $p>0.05$); pero no en febrero y mayo ($Q=0.78$, $p>0.05$).

Por otra parte, basándose en el número de presas se observó que de los 42.9% de los estómagos con alimento examinados en noviembre, el 48.2% presentaron solo una presa (Tabla III), de estos, el 63% presentaron las presas en avanzado estado de digestión. Además, durante noviembre se registraron estómagos que contenían cuatro diferentes presas. En febrero el 58.1% de los estómagos con alimento presentaban solo una presa, de estos el 92% presentaron presas con digestión avanzada. Por último, en mayo el 58.8% de los estómagos con alimento presentaron solo una presa, de estos el 30% presentaron las presas en avanzado estado de digestión.

V.9 Análisis estomacal

El análisis de los estómagos del AN indicó que se registraron un total de 33 especies pertenecientes a 14 familias de teleósteos, 6 de cefalópodos, una de crustáceos y una de equinodermos. Los teleósteos fueron el componente alimenticio más importante en frecuencia de ocurrencia (129.3%) y peso (96.1%); y el segundo en número (42.5%, Tabla IV y Fig. 31). Los cefalópodos fueron el segundo grupo en frecuencia de ocurrencia (30.3%) y en peso (3.5%) y la mayor categoría numérica (55.4%). Los crustáceos representaron el tercer grupo en frecuencia de ocurrencia (2.6%), peso (0.4) y número (1.6%). Por último, los equinodermos representaron el cuarto grupo de importancia en frecuencia de ocurrencia (0.9%), peso (<0.1) y número (0.5%).

De acuerdo al índice de importancia relativa los teleósteos representaron el 60.6% de la dieta, seguidos por cefalópodos (39.1%), crustáceos (0.2%) y equinodermos (<0.1%). En función del coeficiente de alimentación los teleósteos representaron las presas

preferenciales (797.7, Tabla IV), los cefalópodos las presas secundarias (29.9), y por último, los crustáceos y los equinodermos las especies raras (0.6 y <0.1, respectivamente).

La especie *Abrialiopsis affinis* fue la presa numéricamente más importante (42.0%, Tabla IV, Fig. 32) y en frecuencia de ocurrencia (23.3%). Sin embargo, fue descartada del análisis por peso debido a que en todos los casos, solo fue pesado las estructuras duras (mandíbula superior e inferior), ya que el tejido blando ya había sido digerido. Por su parte, la especie *Notophtophis brunneus* fue la segunda especie en número (17.6%) y en frecuencia de ocurrencia (22.4%), y la especie más importante en peso (37.8%). Asimismo, la especie *Myrophis vafer* fue la segunda presa en peso (19.6%), y la tercera en frecuencia de ocurrencia (7.8%) y en número (5.7%). El resto de las especies que componen la dieta del tiburón martillo representaron en su conjunto 139.7% en frecuencia de ocurrencia, el 34.7% en número y el 44.4% en peso. De acuerdo al IIR las especies más importantes fueron *N. brunneus* (47.7%) y *A. affinis* (39.1%). De acuerdo al coeficiente de alimentación *N. brunneus* representa la presa preferencial (639.4), *M. vafer* y *A. affinis* las presas secundarias (107.3 y 22.3%, respectivamente) y el resto de las especies las presas raras.

V.10 Variación de los componentes alimenticios

Durante el AN se observó que el mayor porcentaje de peso fue aportado por el grupo de los peces teleósteos en noviembre (99.5%, Tabla V), febrero (83.9%, Tabla VI) y mayo (100.0%, Tabla VII, Fig. 33). De acuerdo al método de frecuencia de ocurrencia se observó que el mayor porcentaje fue también aportado por el grupo de los peces teleósteos en noviembre (121.4%), febrero (118.6%) y mayo (182.3%). De acuerdo al análisis numérico se observó que el mayor porcentaje aportado en noviembre fue por el

grupo de los peces teleósteos (64.0%). Mientras que, en febrero y mayo el mayor porcentaje fue aportado por el grupo de los cefalópodos (70.1 y 70.7%, respectivamente).

El mayor porcentaje de peso fue aportado por el grupo de los peces teleósteos en noviembre (99.5%, Tabla V), febrero (83.9%, Tabla VI) y mayo (100.0%, Tabla VII).

En noviembre, las especies que aportaron el mayor porcentaje de peso fueron *N. brunneus* (50.5%, Tabla V, Fig. 34) y *M. vafer* (19.4%). En base al IIR las especies predominantes fueron *N. brunneus* (76.6%), *A. affinis* (13.2%) y *M. vafer* (3.8%). El coeficiente de alimentación indica que en noviembre *N. brunneus* representó la presa preferencial (1611.6), *M. vafer* (103.1) y *E. crossotus* (27.5) las presas secundarias. El resto de las especies las presas raras.

Las especies que aportaron el mayor porcentaje de frecuencia de ocurrencia en noviembre fueron *N. brunneus* (32.1%) y *A. affinis* (17.9%); y se determinó un porcentaje alto de restos de peces (42.8%). Las especies que aportaron el mayor porcentaje numérico fueron *N. brunneus* (32.0%), *A. affinis* (25.3%), *G. onyx* y *M. vafer* (ambas con 5.3%).

En febrero las especies que aportaron el mayor porcentaje de peso fueron *H. zelotes* (28.6%, Tabla VI, Fig. 34), *L. effulgens* (21.7%), *N. brunneus* (17.5%) y *D. gigas* (15.5%). El IIR indica que las especies más importantes fueron *A. affinis* (46.2%) y *N. brunneus* (29.5%). El coeficiente de alimentación indicó que *N. brunneus* (204.0) representó la presa preferencial. Las especies *D. gigas* (80.7), *L. effulgens* (56.3) y *H. zelotes* (37.2) representaron las presas secundarias y el resto de las especies las presas raras u ocasionales.

El análisis por frecuencia de ocurrencia indicó que las especies que aportaron el mayor porcentaje en febrero fueron *N. brunneus* y *A. affinis* (ambas con 16.3%). El porcentaje de restos de peces observado se incrementó en 76.7%. En base al análisis por número se

determinó que las especies que aportaron el mayor porcentaje fueron *A. affinis* (45.5%), *Mastigoteuthis* sp. y *N. brunneus* (ambos con 11.7%).

En mayo las especies que aportaron el mayor porcentaje de peso fueron *M. vafer* (47.5%, Tabla VII) y *O. libertate* (42.0%). El IIR indicó que las especies predominantes fueron *A. affinis* (55.2%) y *M. vafer* (31.3%). Por su parte el coeficiente de alimentación indica que *M. vafer* y *O. libertate* representaron las presas preferenciales (810.5 y 307.3, respectivamente), *A. affinis* la presa secundaria (159.6) y el resto de las especies las presas raras u ocasionales.

En mayo las especies que aportaron el mayor porcentaje de frecuencia de aparición fueron *A. affinis* (20.0%) y *M. vafer* (10.9%). Se observó el mayor porcentaje de restos de peces (182.3%). Las especies que aportaron el mayor porcentaje por número fueron *A. affinis* (58.0%) y *M. vafer* (14.0%).

El análisis de los resultados a través de un análisis de contingencia para detectar diferencias en la frecuencia de ocurrencia de las presas del tiburón martillo a lo largo del AN, indicó que existieron diferencias significativas ($X^2=20.93$, $gl=8$, $p<0.01$). La fuente principal de variación se observó en mayo entre las presas *A. affinis* y *N. brunneus*. De acuerdo a lo propuesto por Cortes (1997), se aplicó un análisis de contingencia posterior eliminando las fuente principales de variación encontrándose diferencias no significativas ($X^2=9.48$, $gl=4$, $p>0.05$). Es decir, que durante mayo *A. affinis* se presentó por encima de la frecuencia esperada y *N. brunneus* por debajo de la frecuencia esperada.

En base al número de presas encontradas se aplicó una tabla de contingencia encontrándose diferencias significativas ($X^2=283.45$, $gl=64$, $p<0.01$). La fuente principal de variación se observó en noviembre en la presa *N. brunneus*. Por lo que, se aplicó un análisis posterior eliminando la fuente principal de variación encontrándose diferencias significativas ($X^2=11.28$, $gl=2$, $p<0.01$). Lo que significa que, durante noviembre *A. affinis*

al igual que el resto de los cefalópodos se presentaron por debajo de las frecuencias esperadas; mientras que durante febrero y mayo *A. affinis* se presentó por encima de las frecuencias observadas. En tanto que, *N. brunneus* estuvo por encima de las frecuencias esperadas y el resto de los teleósteos se presentaron por debajo de la frecuencia esperada durante noviembre; mientras que durante febrero y mayo *N. brunneus* se presentó por debajo de las frecuencias observadas.

V.11 Riqueza de especies, diversidad, equidad y amplitud de la dieta

Los atributos ecológicos de riqueza de especies, diversidad y equidad mostraron un decremento de noviembre de 1997 a mayo de 1998, como una consecuencia de la dominancia de *A. affinis* en la alimentación del tiburón martillo. De esta forma se observó en noviembre una diversidad de 2.34, febrero de 1.87 y mayo de 1.39 (Tabla VIII). La prueba *t* aplicada para comparar dos índices de diversidad indicó que no existieron diferencias significativas entre noviembre y febrero ($t=1.74$; $gl=380$, $p>0.017$ corrección Bonferroni). Mientras que, entre febrero y mayo ($t=3.91$; $gl=439$; $p<0.017$ corrección de Bonferroni) se observaron diferencias significativas. Para la amplitud de la dieta, se obtuvieron valores bajos del Índice de Levin en noviembre (0.23), febrero (0.22) y mayo (0.22), esto también como consecuencia de la dominancia de *A. affinis*. Por lo tanto, de acuerdo al índice *S. lewini* puede ser considerado en los tres meses de muestreo como un predador especialista.

V.12 Índice de traslapamiento

En base al Índice de Levin se determinó valores altos que indican traslapamiento de dietas entre los organismos capturados en noviembre y febrero con un valor de 0.7 (Tabla

IX); y entre los capturados en febrero y mayo también con 0.7. Mientras que entre noviembre y mayo no hubo traslapamiento en las dietas (0.2).

En base al IIR, el análisis de cluster separó dos grupos de acuerdo a la composición de la dieta (Figura 35). Estos fueron, las dietas correspondientes a noviembre y febrero, y la dieta correspondiente a mayo.

VI. Discusión de los resultados

VI.1 Distribución y abundancia en condiciones normales (ANN)

La variación interanual de las condiciones oceanográficas determinan en gran medida los patrones de movimientos característicos de las especies de tiburones (Castro, 1996), éstas características se ven reflejadas de manera particular en la estructura de la población. En el caso particular del tiburón martillo los datos obtenidos en el presente trabajo indican que en condiciones normales (ANN) los juveniles están presentes durante todo el año en las costas de Sinaloa, observándose las mayores abundancias durante febrero. Lo anterior concuerda con lo encontrado por Saucedo *et al.* (1982); Rodríguez (1986); Righetty y Castro (1990); y Torres-Huerta (1999) quienes observaron las mayores frecuencias en invierno.

La captura comercial de tiburón en Sinaloa durante noviembre, febrero y mayo está dirigida principalmente a organismos con tallas de 73 a 116 cm de LT. De acuerdo a Torres-Huerta (1999) el nacimiento para el tiburón martillo en aguas de Sinaloa ocurre en mayo y junio, la talla de nacimiento es entre 41 y 49 cm de LT y posterior a este evento el tiburón martillo utiliza la costa de Sinaloa como área de crianza. Lo que sugiere que los organismos capturados en noviembre con tallas entre 57 y 96 cm de LT corresponden a organismos que nacieron en mayo y junio. Estos organismos conforme van creciendo realizan movimientos horizontales en febrero alejándose de la costa. Esto es, la captura

de tiburón con palangre durante noviembre se realiza en promedio a 15.2 millas náuticas alejadas de la costa, en febrero a 22.2 millas náuticas, en mayo a 31 millas náuticas y en agosto a 36.5 millas náuticas. Clarke (1971) observa un comportamiento similar para la especie, estableciendo que los primeros tres o cuatro meses de su vida los pasan en aguas someras y turbias, dentro de Bahía Kaneohe, Hawai, donde encuentran alimento y protección contra sus depredadores, y posteriormente realizan movimientos hacia aguas costeras.

Asimismo, el incremento en tamaño les permite moverse a su vez a aguas más profundas, iniciando movimientos verticales durante el primer año de su vida encontrándose en noviembre a 43.8 metros en promedio de profundidad, soportando temperaturas cálidas entre 18 y 21°C. En este periodo la mayor proporción de hembras capturadas a esta profundidad sugiere segregación por sexos, con relación a esto, Klimley (1987) establece que en la costa oriental de Baja California Sur las hembras se mueven hacia aguas más profundas a tallas menores que los machos, debido a que éstas crecen más rápido para alcanzar la talla de madurez.

En febrero los tiburones martillo con tallas de 62 a 179 cm de LT se mueven a aguas más profundas encontrándose en promedio a 52.1 m de profundidad, en mayo las tallas de 93 a 280 cm de LT a 82.2 m en promedio de profundidad y en agosto las tallas de 188 a 363 cm de LT a 103.3 m en promedio de profundidad. En los tres casos, las temperaturas que encuentran a éstas profundidades se mantienen entre 14 y 16°C. Lo que indica que en los primeros meses de nacimiento los tiburones permanecen en aguas someras y cálidas, y después de los 6 meses se mueven hacia aguas más profundas en donde encuentran sus intervalos óptimos de temperatura. La proporción de sexos de 1:1 registrada durante febrero indica el movimiento de los machos juveniles a mayores profundidades.

Por otra parte, la disminución en la abundancia de los juveniles en mayo y agosto en la costa de Sinaloa puede deberse a dos causas, 1) que probablemente los organismos continuando su movimiento tiendan a moverse a aguas más profundas donde los palangres no operan, o, 2) que realicen movimientos migratorios hacia dentro del golfo tal como lo plantea Klimley (1989), quien supone que los tiburones martillos que se observan durante la primavera y el verano en la costa occidental del Golfo de California podrían ser los organismos de la costa oriental del golfo. Asimismo, Galván-Magaña *et al.* (1989) y Torres-Huerta (1999) encuentran las mayores abundancias de tiburón martillo en la costa occidental durante la primavera y verano, periodo en el cual disminuye la abundancia en la costa oriental. Asimismo, las hembras adultas registradas en mayo sugieren tal como lo propone Torres-Huerta (1999) que las hembras llegan primero a estas aguas para dar a luz a las crías, y posteriormente llegan los machos para el evento reproductivo.

VI.2 Distribución y abundancia bajo condiciones de El Niño (AN)

Por otra parte, se demostró que en condiciones de AN, al incrementarse la temperatura superficial del mar, los tiburones permanecieron en aguas de Sinaloa. Las mayores abundancias fueron observadas al igual que en el ANN durante febrero, sin embargo, fueron significativamente menores. En contraste, la profundidad promedio de captura con respecto al ANN se incrementó durante noviembre a 96.1 m, observándose a esta profundidad las tallas entre 66 y 123 cm de LT y una proporción de sexos de 1:1. De acuerdo a Filonov *et al.* (2000) durante este periodo se presenta la mayor temperatura superficial del mar en la entrada del Golfo de California, lo que puede significar que tanto hembras como machos se movieran a mayores profundidades en busca del intervalo óptimo de temperatura (17 a 22°C). En relación con esto, Castro (1999) menciona que los

cambios en la temperatura del agua inducen a muchas especies de tiburón a migrar de acuerdo a sus límites de tolerancia o preferencias de temperatura.

Al disminuir la temperatura en febrero, los organismos con tallas de 81 a 140 cm de LT fueron capturados a 97.8 m en promedio donde la temperatura se mantuvo entre 15 y 17°C, y la proporción de sexos indica que no se presenta segregación por sexos (1:1 hembras por macho). En mayo la temperatura superficial del mar continua disminuyendo y se mantiene la proporción de sexos en los 88.8 m de profundidad y las tallas observadas fueron de entre 81.5 y 155 cm de LT. Al parecer el incremento en la profundidad de captura de los organismos influyó durante febrero disminuyendo la posibilidad de ser capturados con el palangre, y a su vez, disminuyó con esto la abundancia durante este periodo.

La disminución en la abundancia en febrero y el aumento en la profundidad promedio de captura indican que al incrementarse la temperatura superficial de mar los tiburones martillo se movieron hacia aguas más profundas donde encontraron intervalos de temperatura de 17 a 22°C. Lo que sugiere que bajo su condición de organismos poiquilotérmicos, los tiburones presentan una redistribución al incrementarse la temperatura superficial del mar, en busca de sus intervalos óptimos de temperatura. Esto debido a la temperatura encontrada a 100 y 90 metros durante el AN (15 a 22°C) son similares a los observados durante el ANN (15 a 21°C).

Al igual que durante el ANN, se observaron movimientos horizontales de los organismos alejándose de la costa, de tal forma que durante noviembre los tiburones fueron capturados en promedio a 16.7 millas náuticas alejadas de la costa, en febrero a 28.6 millas náuticas y en mayo a 30.5 millas náuticas.

VI.3 Relación longitud total-peso

En base a la longitud total y peso de los tiburones capturados durante el AN, se estableció que tanto las hembras como los machos juveniles menores a 140 cm de LT presentan un crecimiento de tipo alométrico negativo ($b=2.88$ y 2.89 , respectivamente), es decir, que el organismo crece más en longitud que en peso. A este respecto, Torres-Huerta (1999) determinó en tiburones martillo juveniles y adultos del Golfo de California una pendiente de crecimiento para machos de 2.88 y para hembras de 3.21 , indicando que a partir de los 135 cm de LT las hembras tienden a ser más pesadas que los machos de similar talla, incrementándose ésta diferencia conforme alcanzan tallas mayores. Mientras que, Righetty y Castro (1990), y Anislado-Tolentino (1995) establecen un crecimiento de tipo isométrico para el tiburón martillo en aguas de Sinaloa y en la costa de Michoacán, respectivamente. Sin embargo, es necesario considerar que las tallas de los tiburones en estos trabajos incluyen tanto organismos juveniles como adultos, y en este trabajo sólo se consideraron tallas juveniles menores a 140 cm de LT, lo que podría estar influyendo para obtener una relación de tipo alométrico negativo.

Asimismo, el crecimiento de tipo alométrico negativo observado en el presente estudio también podría estar relacionado al incremento en la temperatura por efectos de El Niño. De acuerdo a Wootton (1990), la temperatura influye en las tasas de consumo de alimento y del metabolismo, y de esta forma tiene efectos sobre el crecimiento. Esto será discutido más ampliamente en el siguiente apartado.

VI.4 Consumo de alimento

Los estómagos examinados muestran un alto porcentaje de estómagos clasificados como vacíos, sin embargo, las categorías llenos y recientes estuvieron presentes en los tres muestreos realizados. Esto significa de acuerdo a Wetherbee *et al.* (1990), que un gran

número de tiburones presenta un periodo substancial de tiempo sin alimentarse, y considerando que los palangres usados en la captura de tiburón permanecen operando en el agua aproximadamente 12 horas, nos lleva a suponer que no existe sincronización en la hora de alimentación por parte de los juveniles del tiburón martillo. Un comportamiento similar lo observaron Cortés y Gruber (1990) en el tiburón limón *Negaprion brevirostris*, al encontrar todos los estados de digestión en los estómagos de juveniles capturados a diferentes intervalos de tiempo y determinando que presentan alimentación asincrónica.

Asimismo, durante noviembre se presentó un mayor consumo promedio de alimento por parte de los tiburones, disminuyendo en febrero en más del 50% y en mayo en casi el 25% con respecto a noviembre. Estas diferencias pudieron deberse, tal como lo menciona (Knights, 1985), a que los cambios en la capacidad sensorial que ocurren con la edad pueden influir en gran medida, en las estrategias de alimentación. Es decir, los peces jóvenes tienen una tasa máxima de crecimiento, por lo cual se alimentan a una mayor tasa; conforme aumentan de talla, la tasa de crecimiento disminuye y la cantidad de alimento consumido. Stillwell y Kohler (1992) establecieron que un neonato del tiburón aletón *C. plumbeus* puede ingerir 5.2 veces su peso promedio en un año; mientras que, los juveniles y adultos ingieren 3 veces su peso promedio.

La relación alométrica negativa observada en este estudio podría estar relacionada directamente a la disminución en el consumo promedio de alimento durante el AN. De acuerdo a Wootton (1990) si la tasa de consumo de alimento es suficientemente alta, un pez puede, utilizar la energía en sintetizar nuevo tejido. Este tejido puede ser retenido en el cuerpo como crecimiento, incluyendo productos de almacenamiento, o en la producción

de gametos. Si por el contrario el consumo es bajo, la energía no se destina al crecimiento.

Por otra parte, el análisis de los estómagos indican que el 63.7% contenían alimento y 36.3% estaban vacíos. De los estómagos con alimento, en noviembre se observó el mayor porcentaje de estómagos con 3 presas y el único mes en donde se encontraron estómagos con 4 presas en diferentes grados de digestión. Lo que indica que durante este periodo los tiburones no solo se alimentaron más, sino que algunos tiburones se alimentaron de manera continua. Mientras que en febrero y mayo, de acuerdo al número y grado de digestión de las presas de los estómagos, los tiburones presentaron un periodo de alimentación y uno de digestión, y sólo algunos tiburones lo hicieron de manera continua. Sin embargo, es importante considerar que durante este periodo las condiciones ambientales cambiaron y muy probablemente la abundancia de las presas durante noviembre.

La mayoría de los tiburones que fueron capturados con carnada en el presente estudio, fueron aquellos que tenían el estómago relativamente vacío o habían comido recientemente, pero estuvieron inclinados a consumir alimento adicional.

VI.5 Dietas y hábitos alimentarios

Un total de 33 categorías de presas conformaron el espectro trófico del tiburón martillo en la costa de Sinaloa durante el AN de 1997-98. Los peces teleósteos fueron el grupo más importante en la dieta del tiburón seguidos por cefalópodos, y en menor proporción crustáceos y equinodermos. La preferencia por peces teleósteos en la dieta del tiburón

martillo ha sido observada por Clarke (1971) en Bahía Kaneohe; Klimley (1982) y Galván-Magaña *et al.* (1989) en el Golfo de California; Anislado-Tolentino (2000) en la costa de Michoacán y Torres-Rojas (2003) en las costas de Sinaloa.

De acuerdo al IIR, la importancia de los teleósteos a lo largo del AN disminuye y se incrementa la de los cefalópodos, los cuales, no superan a los peces en importancia debido a que su peso estuvo subvalorado. Esto debido, a que sólo se encontraron los picos de las mandíbulas provocando que no fuera considerado el tejido blando y los cefalópodos fueran más importantes en número que en peso. Probablemente, al incrementar los tiburones su talla y moverse hacia aguas más profundas, como se comentó anteriormente, la alimentación este compuesta principalmente por cefalópodos que abundan en este hábitat. En este sentido, Smale y Cliff (1998) establecen que en las costas de Sudáfrica tanto juveniles como adultos tienen como alimento preferencial los cefalópodos, sin embargo, existe una tendencia de los tiburones de mayor talla hacia los cefalópodos oceánicos y de los tiburones de menores tallas hacia cefalópodos neríticos.

Los grupos de los equinodermos y crustáceos fueron considerados como especies raras en la alimentación del tiburón matillo durante noviembre, mes en el que se observaron las tallas menores y cuando los tiburones fueron capturados a menores profundidades. En febrero, los crustáceos están presentes y en mayo no se observaron equinodermos y crustáceos.

La especie más importante en la dieta general y considerada como la presa preferencial del tiburón martillo durante el AN fue *N. brunneus*, seguida por *M. vafer* y *A. affinis* consideradas como presas secundarias y el resto de las especies las presas raras. El 56.7% de las presas en la dieta general correspondieron a peces demersales, 39.8% cefalópodos mesopelágicos, 1.7% peces asociados a arrecifes, 1.5% peces epipelágcos y 0.1% cefalópodos epipelágicos. Aguilar-Castro y Galván-Magaña (2003) encuentran que

los juveniles del tiburón martillo en Bahía La Paz se alimentan principalmente de peces demersales y epipelágicos, y cefalópodos mesopelágicos. Asimismo, Klimley y Nelson (1984) establecieron también en la parte sur del Golfo de California que los tiburones martillo se alimentan de peces epipelágicos y, cefalópodos epipelágicos y mesopelágicos (Klimley, 1987).

Se estableció un traslapamiento significativo en la alimentación de los tiburones durante noviembre y febrero, así como, febrero y mayo del AN. Lo que significa que los tiburones se alimentan en el medio béntico y demersal en las primeras etapas de su vida y conforme alcanzan tallas mayores se mueven al medio pelágico en donde su alimentación se compone de peces y cefalópodos. Con relación a esto, Torres-Rojas (2003) establece diferencias en la alimentación del tiburón martillo en función de las tallas. Lo mismo ha sido establecido para el tiburón *N. brevirostris* (Cortes y Gruber, 1990); *Mustelus mustelus* (Smale y Compagno, 1997) y *Sphyrna tiburo* (Cortés et al. 1996).

De acuerdo a esto, se estableció que los organismos con tallas entre 60 y 123 cm de LT, capturados durante noviembre se alimentaron principalmente de peces teleósteos (85.7%), dominando la especie *N. brunneus*, y en menor importancia el cefalópodo *A. affinis*, junto con otras especies de peces teleósteos, cefalópodos, crustáceos y equinodermos. Sin embargo, la importancia de *A. affinis* esta subvalorada debido a que sólo se encontraron los picos de la mandíbula. Del 85.7% de los peces teleósteos observados el 87.5% correspondió a peces demersales, el 8.3% a peces asociados a arrecifes y 4.2% a peces epipelágicos. Adicionalmente, los tiburones completaron su alimentación con cefalópodos mesopelágicos. Clarke (1971) encuentra peces teleósteos y crustáceos asociados a arrecifes en los estómagos de neonatos menores a 87.5 cm de LT, en Bahía Kaneohe, Hawai. Por su parte, Anislado-Tolentino (2000) menciona que en la costa de Michoacán los neonatos de entre 45 y 80 cm de LT se alimentan

principalmente de teleósteos (32.1%), crustáceos (15.3%) y rayas demersales (10.9%). Finalmente, Torres-Rojas (2003) en la costa de Sinaloa establece que los tiburones martillo con tallas de 48 a 79 cm de LT se alimentan principalmente de peces de la familia Carangidae y Bothidae, y en menor proporción de los cefalópodos *Loliolopsis diomedae*.

La mayor diversidad de presas se registró durante noviembre indicando que los individuos con estas tallas fueron menos selectivos. En este sentido, Knights (1985) menciona que los peces juveniles carecen de capacidad sensorial para distinguir entre las presas potenciales, ya que a esta edad se encuentran en aprendizaje de las señales químicas y visuales de las presas de mayor calidad energética.

En febrero, las tallas de 81.5 a 140 cm de LT incrementaron el consumo de cefalópodos mesopelágicos dominando la especie *A. affinis* y disminuyendo el consumo de *N. brunneus*. Del 53.7% de los cefalópodos observados el 88.9% correspondió a cefalópodos mesopelágicos y 11.1% epipelágicos. Los teleósteos permanecieron en la dieta de los tiburones, observándose que del 46.0%, el 72.7% correspondió a peces demersales, el 22.7% a peces epipelágicos y el 4.5% asociados a arrecifes. Klimley (1987) establece cambios en la alimentación del tiburón martillo en función de la talla, las presas de hábitat demersal y béntico del tiburón martillo en el Golfo de California son más importantes en los tiburones menores a 160 cm de LT, en tanto que, en los tiburones mayores a 160 cm de LT, encuentra presas de hábitat epipelágico y mesopelágico. Asimismo, Torres-Rojas (2003) en la costa de Sinaloa establece que los tiburones martillo con tallas de 80 a 100 cm de LT se alimentan principalmente de peces de la familia Carangidae, y en menor proporción de los cefalópodos *Loliolopsis diomedae* y del crustáceo *Pleuroncodes planipes*.

En mayo, se observó que las talla de 81.5 a 155 cm de LT, consumen cefalópodos mesopelágicos en un 55.6% y peces demersales y epipelágicos en un 44.4%. El consumo

de *A. affinis* se incrementó en 9%. Torres-Rojas (2003) en la costa de Sinaloa establece que los tiburones martillo con tallas de 101 a 160 cm de LT se alimentan de peces Carangidos, *Synodus scituliceps*, y *Ophichthus triserialis*.

Conclusiones

En condiciones de ANN:

- El tiburón martillo durante las primeras etapas de su vida permanece en aguas someras y cálidas muy cercanas a la costa, donde encuentran alimento y protección contra sus depredadores. Conforme incrementa su tamaño realiza movimientos horizontales y verticales alejándose de la costa hacia aguas más profundas. En noviembre los tiburones (en su mayoría hembras) con tallas de 57 y 96 cm de LT se capturan a una profundidad promedio de 43.8 m, en febrero (tanto hembras como machos) con tallas de 62 a 179 cm de LT se capturan a 52.1 m de profundidad, en mayo las tallas de 93 a 280 cm de LT a 82.2 m de profundidad y en agosto las tallas de 188 a 363 cm de LT a 103.3 m de profundidad.
- La variación en las condiciones oceanográficas determinó en gran medida los patrones de movimientos característicos del tiburón martillo. De tal forma que, en noviembre se estableció un intervalo de temperatura óptimo entre 18 y 21 °C; mientras que, en febrero, mayo y agosto un intervalo óptimo de temperatura entre 14 y 16°C.

Al incrementarse la temperatura superficial del mar, bajo condiciones de AN se concluye que:

- Los tiburones permanecieron en la costa de Sinaloa. Las mayores abundancias fueron observadas al igual que en el ANN durante febrero, sin embargo, fueron significativamente menores.
- La profundidad promedio de captura durante noviembre fue de 96.1 m, observándose en ésta, tallas entre 66 y 123 cm de LT. En febrero, los organismos con tallas de 81 a 140 cm de LT fueron capturados a 97.8 m en promedio donde la temperatura se mantuvo entre 15 y 17°C. En mayo, los tiburones con tallas entre 81.5 y 155 cm de LT fueron capturados a 88.8 m de profundidad.
- La disminución en la abundancia y el aumento en la profundidad promedio de captura indican que al incrementarse la temperatura superficial de mar los tiburones se movieron hacia aguas más profundas donde encontraron intervalos de temperatura de 17 a 22°C.
- Se encontró que tanto las hembras como los machos juveniles menores a 140 cm de LT presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo durante el AN.
- Los tiburones presentaron alimentación asincrónica, consumiendo en noviembre una mayor cantidad de alimento y de manera continua. En febrero el consumo de alimento disminuye en más del 50% y en mayo en casi 25%. En ambos periodos se establece un periodo de alimentación y uno de digestión en la mayor parte de los tiburones, y sólo algunos se alimentaron de manera continua.
- Un total de 33 categorías de presas componen el espectro trófico del tiburón martillo en la costa de Sinaloa durante el AN. Los peces teleósteos fueron el

grupo más importante en la dieta del tiburón seguido por cefalópodos, y en menor proporción crustáceos y equinodermos.

- La especie más importante en la dieta general y considerada como la presa preferencial del tiburón martillo durante el AN fue *N. brunneus*, seguida por *M. vafer* y *A. affinis* consideradas como presas secundarias y el resto de las especies las presas raras.
- La mayor diversidad de presas se registró durante noviembre indicando que los individuos con estas tallas son menos selectivos y, conforme van incrementando su talla la diversidad disminuye.
- Se estableció un traslapamiento significativo en la alimentación de los tiburones durante noviembre y febrero, así como, febrero y mayo del AN. Lo que significa que éstos tiburones se alimentan en el medio béntico y demersal (de peces, crustáceos, cefalópodos y equinodermos) en las primeras etapas de su vida y conforme alcanzan tallas mayores se mueven al medio pelágico en donde su alimentación se compone de peces demersales y epipelágicos, así como de, cefalópodos mesopelágicos y epipelágicos.

Referencias citadas

AGUILAR-CASTRO, N. y F. GALVÁN-MAGAÑA. 2003. Trophic ecology of scalloped hammerhead juvenile (*Sphyrna lewini*) in the Gulf of California. American Elasmobranch Society Annual Meeting Manaus, Brazil. American Elasmobranch Society Quarterly Newsletter, 21 p.

AGUILAR-PALOMINO, B.; J. A. ROJO-VÁZQUEZ, V. H. GALVÁN-PIÑA y E. GODÍNEZ-DOMÍNGUEZ. 2001. Efectos del evento El Niño 1997-1998 sobre la pesquería artesanal en la costa de Jalisco, México. *En*: E. E. BRIONES; M. BONILLA; A. BADÁN; M. CABALLERO y A. WINCKELL (Eds.), Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997-1998, pp. 120-126. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.

ALATORRE-MENDEIETA, M. A. 2001. El Niño en el Golfo de California. *En*: E. E. BRIONES; M. BONILLA; A. BADÁN; M. CABALLERO y A. WINCKELL (Eds.), Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997-1998, pp. 50-54. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.

ALLEN, G. R. y D. R. ROBERTSON. 1994. Peces del Pacífico Oriental Tropical. CONABIO, Agrupación Sierra Madre y Cemex. México. 327 p.

ÁLVAREZ, R.; O. SALMERÓN y R. AGUIRRE. 2001. Las imágenes de satélite ayudaron a evaluar los efectos de El Niño / Oscilación del sur en el Pacífico mexicano, en el periodo 1997-1998. *En*: E. E. BRIONES; M. BONILLA; A. BADÁN; M. CABALLERO y A. WINCKELL (Eds.), Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997-1998, pp. 25-34. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.

ÁLVAREZ-BORREGO, S. 1983. Gulf of California. *En*: B.H. Ketchum. Ecosystems of the world. Vol. 26, Estuaries and enclosed seas. Elsevier Publishing Co., New York, pp. 427-449.

ANISLADO-TOLENTINO, V. 1995. Determinación de la edad y crecimiento en el tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834), en el Pacífico Central Mexicano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 99 p.

ANISLADO-TOLENTINO, V. 2000. Ecología pesquera del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Litoral del Estado de Michoacán, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 142 p.

APPLEGATE, S. P.; L. ESPINONZA-ARRUBARRENA; L. B. MANCHACA-LOPEZ y F. SOTELO-MACIAS. 1979. Tiburones mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica, México, D. F. 146 p.

BIGG, M. A. y I. FAUCETT. 1985. Two biases in diet determination of northern fur seals (*Callorhinus ursinus*). Pags. 284-291. En: J. R. Beddington, R. J. H. Beverton, y D. M. Lavigne, (Eds). Marine Mammals and Fisheries. George Allen & Unwin, London.

BOND, C. E. 1999. Biology of Fishes. Saunders College Publishing. Segunda edición. 749 p.

BONFIL, R. 1994. Overview of World Elasmobranch Fisheries. FAO Fish. Tech. Pap. 341. Rome, FAO. 119 p.

BRAGA, F. M. DE S y M. A. A. DE S BRAGA. 1987. Estudo do hábito alimentar de *Prionotus punstatus* (Bloch, 1797) (Teleostei, Triglidae), na região da ilha Anchieta, Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Biologia 47:31-36.

BROWER, J. E.; J. H. ZAR y C.N. VON ENDE. 1998. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Cuarta edición. Mc Graw Hill, E.U.A. 136 p.

BRUSCA, R. C. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press. 513 pp.

CAILLIET, C.; M. LOVE y A. EBELING. 1996. Fishes: A Field and Laboratory Manual on their Structure, Identification and Natural History. Waveland Press, U. S. A., 194 p.

CASTILLO-GENIZ, J. L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México. Secretaría de Pesca. 72 p.

CASTRO-AGUIRRE, J. L. 1967. Contribución al estudio de los tiburones de México. Tesis profesional. Instituto Politécnico Nacional, México, D. F. 257 p.

CASTRO, J. I. 1996. The Sharks on the North American Waters. Texas A. & M. Univ. Press, College Station. 180 p.

- CHÁVEZ, F. 1987. El Niño y la Oscilación del Sur. *Investigación y Ciencia*, 128: 46-55.
- CHEN, C. T. y K. MIZUE. 1973. Studies on Sharks-VI. Reproduction of *Galeorhinus japonicus*. *Bull. Facu. Fish, Nagasaki Univ.*, 36:37-51.
- CLARKE, M. R. 1962. The identification of cephalopod beaks and their relationship between beak size and total body weight. *Bull. British Mus. (Nat. Hist.)*, 8(10): 422-480 p.
- CLARKE, M. R. 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press. Oxford. 273 p.
- CLARKE, T. A. 1971. The ecology of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in Hawaii. *Pac. Sci.*, 25(2):133-144.
- CLARK, E. y K. VON SCHMIDT. 1965. Sharks of central gulf coast of Florida. *Bull. Mar. Sci.* 15: 13-83.
- CLOTHIER, C. R. 1950. A key to some southern California fishes based on vertebral characters. *Calif. Dep. Fish and Game. Fish. Bull.* 79: 1-83 p.
- COMPAGNO, L. J. V. 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Part II, Carchariniformes. *FAO Fish Synop.*, (125) 4:251-665.
- COMPAGNO, L.J.V.; F. KRUPP y W. SCHNEIDER. 1995. Tiburones. *En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental*. W. Fischer, F. Krupp, W. Schnider, C. Sommer, K. E. Carpenter and V. H. Niem (Eds.), Vol. II: 648-743 p.
- CORTÉS, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54:726-738.
- CORTÉS, E. y S. H. GRUBER. 1990. Diet, feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). *Copeia* 1990:204-218.
- CORTÉS, E.; C. A. MANIRE y R. E. HUETER. 1996. Diet, feeding habits, and diel feeding chronology of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo* in southwest Florida. *Bulletin of Marine Science*. 58: 353-367.
- DE LA CUADRA, T. 1998. Condiciones oceanográficas asociadas con el debilitamiento y finalización del evento El Niño 97-98: Crucero T98/05/02. *Boletín Científico y Técnico. INP (Ecuador)*, 16(3): 1-12.

DE LA LANZA, G. E. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT Editor, México. 525 p.

FILONOV, A. E.; I. E. TERESHCHENKO; C.O. MONZÓN; M.E. GONZÁLEZ-RUELAS y E. GODÍNEZ-DOMÍNGUEZ. 2000. Variabilidad estacional de los campos de temperatura y salinidad en la zona costera de los Estados de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 26(2): 303-321.

FISCHER W.; F. KRUPP; W. SCHNEIDER; C. SOMMER; K. E. CARPENTER y V. H. NIEM (Eds.). 1995. Pacífico centro-oriental; Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. FAO; Roma. (Vol- II-III) 648-1652 pp.

GALVAN-MAGAÑA, F. 1999. Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Océano Pacífico Oriental. Proyecto de Investigación. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. CICIMAR, Instituto Politécnico Nacional. México. 212 p.

GALVAN-MAGAÑA, F., H. J. NIENHUIS y A.P. KLIMLEY. 1989. Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, Mexico. *Calif. Fish and Game*, 75(2):74-84.

GARTH, J. S. y W. STEPHENSON. 1966. Brachyura of the Pacific coast of America. Brachyrhyncha: Portunidae. Allan Hancock Monogr. Mar. Biol. 1:154 pp.

GAUGHAN, D.J. y I. POTTER C. 1997. Analysis of diet and feeding strategies within an assemblage of estuarine larval fish and an objective assessment of dietary niche overlap. *Fish. Bull.* 95: 722-731.

GLOVER, T. y K. MITCHELL. 2002. An Introduction to Biostatistics. McGraw-Hill. Nueva York, 416 p.

HAIR, J. F.Jr.; R. E. ANDERSON; R. L. TATHAM y W. C. BLACK. 1999. Análisis multivariante. Quinta edición. Prentice Hall, Madrid. 832 p.

HERNÁNDEZ-CARVALLO, A. 1976. La pesquería del tiburón en México. *Técnica Pesquera.*, 99:9-12.

HOFFMAN, M. 1978. The use of Pielou's method to determine sample size in food studies. *En: Fish Food Habits Studies: Proceedings of the 2nd Pacific Northwest Technical Workshop*. Edited by S.J. Lipovsky and C.A. Simenstand. Washington Sea Grant publication, Seattle, Wash. pp. 56-61.

HUYER, A.; R.L. SMITH y T. PALUSZKIEWICZ. 1987. Coastal Upwelling off Peru During Normal and El Niño Times, 1981-1984. J. Geophys. Res., 92(C13): 14,297-14,307.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA-SEMARNAP. 1999. La calidad del agua en los ecosistemas costeros de México. SEMARNAP, México. 393 p.

IVERSON, L. K. y L. PINKAS. 1971. A pictorial guide to beak of certain eastern Pacific cephalopods. Calif. Div. Fish and Game Fish. Bull. 152: 83-105 p.

JIMÉNEZ; R. 1987. Cambios bióticos y efectos sobre los recursos pesqueros y las pesquerías en Ecuador. REV. COM. PERM. PACIFICO SUR, (16): 167-220.

JORDÁN, R. S. 1987. Los cambios ecológicos y la repercusión económica del fenómeno El Niño en el Pacífico Sudeste. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, (16): 267-278.

JORDAN, D.S. y B.W. EVERMANN. 1896-1900. The fishes of North and Middle America. Bull. U.S. Natl. Mus. 47: 3313 p.

KLIMLEY, A.P. 1982. Social organization of schools of the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini* (Griffith and Smith), in the Gulf of California. Doctoral Dissertation, University of California, San Diego, La Jolla, 341 p.

KLIMLEY, A.P. 1987. The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*. Envir. Biol. Fish., 18(1): 27-40.

KLIMLEY, A. P. 1989. Los determinantes ambientales de los movimientos de un tiburón pelágico. Resumen de los estudios del crucero al Golfo de California. (manuscrito) 30 p.

KLIMLEY, A.P. y D.R. NELSON. 1984. Diel movement patterns of the scalloped hammerhead shark (*Sphyrna lewini*) in relation to El Bajo Espiritu Santo: a refuging central-position system. Behav. Ecol. Sociobiol., 15, 45-54.

KLIMLEY, A. P., I. CABRERA-MANCILLA y L. CASTILLO-GENIZ. 1993. Descripción de los movimientos horizontales y verticales del tiburón martillo *Sphyrna lewini*, del sur del Golfo de California, México. Ciencias Marinas, 19(1): 95-115.

KNIGHTS, B. 1985. Energetics and fish farming. *En: Fish energetics: new perspectives* (P: Tytler y P. Calow, Eds.), p. 309-340. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore.

KREBS, C.J. 1989. Ecological methodology. Harper and Row, New York, 550 p.

LABROPOULOU, M. y ELEFThERIOU, 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *J. Fish Biol.*, 50: 324-340.

LAVÍN, M. F.; R. DURAZO; E. PALACIOS; M. L. ARGOTE y L. CARRILLO. 1997. Lagrangian observations of the circulation in the Northern Gulf of California. *J. Phys. Oceanogr.*, 27 (10): 2298-2305.

McPHADEN, M. J. 1993. TOGA-TAO and the 1991-93 El Niño Southern Oscillation Event. *Oceanography*, 6(2):36-44.

MacPHERSON, E. 1979. Ecological overlap between macrourids in the western Mediterranean Sea. *Mar Biol.* 53: 149-159 p.

MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.

McMAHON, T.A. y J. TYLER B. 1986. *Tamaño y Vida*. Prensa Científica. España. 255 p.

MEEK, S. E. y S. F. HILDEBRAND. 1923-1928. The marine fishes of Panama. *Field. Mus. Nat. Hist., (Zool.)* 15: 1045 p.

MENDEZ-ZAMORANO, R. 1987. Cambios bióticos y efectos sobre los recursos pesqueros y las pesquerías en Chile. *REV. COM. PERM. PACIFICO SUR*, (16): 7-96.

MILLER, D. J. y R. N. LEA. 1972. Guide to the coastal marine fishes of California. *Calif. Dep. Fish and Game Fish Bull.* 157: 249 p.

MILLER, D. J. y S. C. JORGENSON. 1973. Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. *Calif. Dep. Fish. Bull.* 71(1): 301- 312 p.

MUHLIA-MELO, A. 2001. El Niño en las comunidades de peces marinos de las montañas submarinas del sur de Golfo de California. *En*: E. E. BRIONES; M. BONILLA; A. BADÁN; M. CABALLERO y A. WINCKELL (Eds.), *Los efectos del fenómeno El Niño en México 1997-1998*, pp. 131-134. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.

NOAA-CIRES CLIMATE DIAGNOSTICS CENTER. 2003. Multivariate ENSO Index (MEI). <http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/mei.html>

OLIVIER, R.S.; R. BASTIDA y M. R. TORTI. 1968. Sobre el ecosistema de las aguas litorales de Mar de Plata. Niveles tróficos y cadenas alimentarias, pelágico-demersales y bentónico-demersales. Armada Argentina, Servicio de Hidrografía Naval. 45 p.

PINKAS L.; S. M. OLIPHANT y I. L. K. IVERSON. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Fish Bulletin.152:105 p.

RICKER, W. E. 1979. Growth rates and models. *En*: Hoar, W. S.; D. J. Randall y J. R. Brett (Eds), Fish Physiology. Vol. 8. Bioenergetics and growth. Academic Press, Inc. Orlando, Florida, USA. Cap. 11:677-743.

RIGHETTY, B.R. y F. J. CASTRO M. 1990. Estudio de algunos aspectos biológicos pesqueros del tiburón, en la región de Mazatlán, Sinaloa. Memoria para obtener el título de Biólogo Pesquero. Escuela de Ciencias del Mar. U.A.S. 77 p.

RODRÍGUEZ, H. G. 1986. Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la zona sur del estado de Sinaloa. Memoria para obtener el título de Biólogo Pesquero. Escuela de Ciencias del Mar. U.A.S. 90 p.

RUSNAK, G.A.; R.L. FISHER y F.P. SHEPARD. 1964. Bathymetry and faults of the Gulf of California. *En*: Tj. H. Van Andel, y G.G. Shor, Jr. (Eds.), Marine Geology of the Gulf of California: A symposium, *Memories American Association Petreology Geological*, 3:59-75.

SAUCEDO, C. J. B.; G. COLADO U.; J. G. MARTÍNEZ A.; S. BURGOS Z.; J. G. CHACON C. y J. ESPINOSA F. 1982. Contribución al estudio de la pesquería del tiburón en la zona del estado de Sinaloa. Memoria de Servicio Social. Escuela de Ciencias del Mar. U.A.S. 60 p.

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA-INSTITUTO NACIONAL DE PESCA. 2000. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México; Evaluación y Manejo. SEMARNAP. México, 691 p.

SMALE, M. J. y G. CLIFF. 1998. Cephalopods in the diets of four shark species (*Galeocerdo cuvier*, *Sphyrna lewini*, *S. zygaena* and *S. mokarran*) from Kwazulu-Natal, South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 20:241-253.

SMALE, M. J. y L.J.V. COMPAGNO. 1997. Life history and diet of two southern African smoothhound sharks, *Mustelus mustelus* (Linnaeus, 1758) and *Mustelus palumbes* Smith, 1957 (Pisces: Triakidae). *S. Afr.J. Mar. Sci.* 18:229-248.

SMITH, M. M. y P. C. HEEMSTRA. 1986. Smith's sea fishes. Macmillan South Africa Ltd. 1047 pp.

SPRINGER, S. 1960. Natural history of the sandbar shark *Eulamia milberti*. *Fish. Bull.* (U.S.) 61:1-38.

STILLWELL, C. E. y N. E. KOHLER. 1982. Food, feeding habits, and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39:407-414.

THOMSON, D.A.; L.T. FINDLEY y A.N. KERSTITCH. 2000. Reef fishes of the Sea of Cortez. Revised edition. University of Texas Press, Austin. 353 pp.

TORRES-HUERTA, A. M. 1999. Observaciones sobre la biología reproductiva de la cornuda barrosa *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) (PISES: SPHYRNIDAE) en aguas del noroeste de México. Tesis de Licenciatura. *Campus Iztacala*, U.N.A.M., México, 68 p.

TORRES-OROZCO, E. 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada, Baja California, 80 pp.

TORRES-ROJAS, Y. E. 2003. Análisis de contenido estomacal del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) capturado en el área de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, U.A.S., México, 41 p.

TSUKAYAMA, I. y H. SANTANDER. 1987. Cambios bióticos y efectos sobre los recursos pesqueros y las pesquerías en Perú. REV. COM. PERM. PACIFICO SUR, (16): 97-166.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR. 1997. Carta isobatimétrica de los márgenes continentales del noroeste de México.

WASHINGTON, H.G. 1984. Diversity, Biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. Water Res. 6:653-694.

WETHERBEE, B.M.; S. H. GRUBER y E. CORTES. 1990. Diet, feeding habits, digestion, and consumption in sharks, with special reference to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. En: Pratt Jr., H.L., S.H. Gruber, and T. Taniuchi (eds.). NOAA Technical Report. NMFS: Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries, 90:29-47.

WILKERSON, F.P.; R.C. DUGDALE y R.T. BARBER. 1987. Effects of El Niño on New, Regenerated and Total Production in Eastern Boundary Upwelling Systems. J. Geophys. Res., 92 (C13): 14,347-14,355.

WOOTTON, R. J. 1990. Ecology of Teleosteos Fishes. Chapman Hall. Gran Bretaña. 404 p.

WOLFF, C. A. 1982. A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopods species, with relationship between their beak dimensions and size. Fish. Bull. 80(2): 357-370 p.

WOLFF, C. A. 1984. Identification and stimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Tech. Rep. NMFS. 17:50 pp.

ZAR, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. Tercera edición. Prentice Hall, EUA. 662 p.

Tabla I. Número de tiburones martillo capturados por campo pesquero durante el Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98). Las líneas indican que no hubo muestreo.

		La Reforma	Altata	Playa Sur	Teacapan
ANN	Noviembre	----	0	1	89
	Febrero	----	133	166	63
	Mayo	----	0	0	5
	Agosto	----	0	0	8
AN	Noviembre	42	----	11	24
	Febrero	12	----	104	0
	Mayo	7	----	17	10
	Agosto	----	----	----	----

Tabla II. Intervalo de profundidad de captura del tiburón martillo durante el ANN (1996) y ANN (1997-98) con su correspondiente intervalo de temperatura obtenido de Filonov *et al.* (2000).

Periodo	Mes	Intervalo de profundidad de captura (m)	Intervalo de temperatura (°C)
Año No Niño	Noviembre	40-50	18-21
	Febrero	45-60	15-16
	Mayo	80-85	15-16
	Agosto	95-110	14-15
Año Niño	Noviembre	90-105	17-22
	Febrero	90-110	15-17
	Mayo	80-95	16-18
	Agosto	----	----

Tabla III. Porcentaje del número de presas por mes de muestreo durante el Año Niño (1997-98).

	Número de presas			
	1	2	3	4
Noviembre	48.2	33.9	16.1	1.8
Febrero	58.1	32.6	9.3	---
Mayo	58.8	35.3	5.9	---

Tabla IV. Composición de la dieta del tiburón martillo en las costas de Sinaloa durante el Año Niño 1997-98 (n=116). Expresado como porcentaje de la frecuencia de ocurrencia (FO), número (N), peso (P), índice de importancia relativa (IIR) y coeficiente de preferencia alimenticia (Q).

	FO (%)	N (%)	P (%)	IIR (%)	Q
Equinodermata					
Echinoidea					
Echinometridae					
<i>Echinometra vanbrunti</i>	0.9	0.5	<0.1	<0.1	<0.1
Total		0.5	<0.1	<0.1	<0.1
Mollusca					
Cephalopoda					
Teuthoidea					
Loliginidae					
<i>Loligo opalescens</i>	0.9	0.5	---	<0.1	<0.1
<i>Loliolopsis diomedae</i>	0.9	1.0	---	<0.1	<0.1
Enoploteuthidae					
<i>Abraliopsis affinis</i>	23.3	42.0	---	39.1	22.3
Gonatidae					
<i>Gonatus onyx</i>	1.7	2.1	---	0.1	<0.1
Mastigoteuthidae					
<i>Mastigoteuthis spp.</i>	1.7	4.7	---	0.3	<0.1
Ommastrephidae					
<i>Dosidicus gigas</i>	0.9	2.1	3.5	0.2	7.2
Onychoteuthidae					
<i>Onychoteuthis banksii</i>	0.9	3.1	---	0.1	<0.1
Total		55.4	3.5	39.1	29.6
Arthropoda					
Crustacea					
Decapoda					
Penaeidae					
<i>Litopenaeus vannamei</i>	2.6	1.6	0.4	0.2	0.6
Total		1.6	0.4	0.2	0.6
Chordata					
Osteichthyes					
Ophichthidae					
<i>Myrophis vafer</i>	7.8	5.7	18.9	7.5	107.3
<i>Notophtophis brunneus</i>	22.4	17.6	36.5	47.7	639.4
Nettastomatidae					
<i>Hoplunnis pacifica</i>	0.9	0.5	0.4	<0.1	0.2
Clupeiformes					
Clupeidae					
<i>Ophistonema libertate</i>	3.4	2.1	5.9	1.1	12.1
Aulopiformes					
Synodontidae					
<i>Synodus evermanni</i>	1.7	1.6	0.6	0.1	1.0
<i>Synodus lacertinus</i>	0.9	0.5	0.9	<0.1	0.5
<i>Synodus lucioceps</i>	0.9	0.5	0.6	<0.1	0.3

	FO (%)	N (%)	P (%)	IIR (%)	Q
Perciformes					
Serranidae					
<i>Diplectrum spp.</i>	0.9	0.5	0.5	<0.1	0.2
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	1.7	1.0	2.8	0.3	2.9
Carangidae					
<i>Hemicaranx zelotes</i>	2.6	1.6	10.1	1.2	15.5
<i>Naucrates ductor</i>	0.9	0.5	<0.1	<0.1	<0.1
Haemulidae					
<i>Haemulon spp.</i>	0.9	0.5	0.8	<0.1	0.4
Gerreidae					
<i>Eucinostomus dowii</i>	0.9	0.5	0.5	<0.1	0.3
<i>Eucinostomus entomelas</i>	0.9	0.5	1.0	0.1	0.5
<i>Eucinostomus spp.</i>	1.7	1.0	0.8	0.1	0.9
Sciaenidae					
<i>Umbrina roncador</i>	0.9	0.5	1.2	0.1	0.6
<i>Larimus refulgens</i>	1.7	1.0	4.9	0.4	5.0
Mullidae					
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	0.9	0.5	0.5	<0.1	0.2
<i>Pseudopeneus grandisquamis</i>	1.7	1.0	1.4	0.2	1.4
Mugilidae					
<i>Mugil cephalus</i>	0.9	0.5	1.0	0.1	0.5
Polynemidae					
<i>Polydactylus approximans</i>	0.9	0.5	1.7	0.1	0.9
Pleuronectiformes					
Bothidae					
<i>Etropus crossotus</i>	2.6	1.6	4.4	0.6	6.8
<i>Cyclopsetta panamensis</i>	0.9	0.5	0.2	<0.1	0.1
Paralichthyidae					
<i>Paralichthys woolmani</i>	1.7	1.6	0.3	0.1	0.5
Restos de peces	69.0				
Total		42.5	96.1	60.6	797.7

Tabla V. Composición de la dieta del tiburón martillo durante noviembre del Año Niño 1997-98 (n=56). Expresado como porcentaje de la frecuencia de ocurrencia (FO), número (N), peso (P), índice de importancia relativa (IIR) y coeficiente de preferencia alimenticia (Q).

	FO (%)	N (%)	P (%)	IIR (%)	Q
Equinodermata					
Echinoidea					
Echinometridae					
<i>Echinometra vanbrunti</i>	1.8	1.3	<0.1	0.1	<0.1
Total		1.3	<0.1	0.1	
Mollusca					
Cephalopoda					
Teuthoidea					
Loliginidae					
<i>Loligo opalescens</i>	1.8	1.3	---	0.1	0.1
Enoploteuthidae					
<i>Abraliopsis affinis</i>	17.9	25.3	---	13.2	7.1
Gonatidae					
<i>Gonatus onyx</i>	3.6	5.3	---	0.6	0.1
Total		32.0	---	13.9	
Arthropoda					
Crustacea					
Decapoda					
Penaeidae					
<i>Litopenaeus vannamei</i>	3.6	2.7	0.4	0.3	1.2
Total		2.7	0.4	0.3	
Chordata					
Osteichthyes					
Ophichthidae					
<i>Myrophis vafer</i>	5.4	5.3	19.4	3.8	103.1
<i>Notophtophis brunneus</i>	32.1	32.0	50.5	76.6	1611.6
Nettastomatidae					
<i>Hoplunnis pacifica</i>	1.8	1.3	0.6	0.1	0.8
Aulopiformes					
Synodontidae					
<i>Synodus lacertinus</i>	1.8	1.3	1.5	0.1	2.0
<i>Synodus lucioceps</i>	1.8	1.3	1.0	0.1	1.3
Perciformes					
Serranidae					
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	3.6	2.7	4.4	0.7	11.7
Carangidae					
<i>Hemicaranx zelotes</i>	3.6	2.7	5.6	0.9	15.0
Haemulidae					
<i>Haemulon spp.</i>	1.8	1.3	1.3	0.1	1.7
Gerreidae					
<i>Eucinostomus dowii</i>	1.8	1.3	0.8	0.1	1.1
<i>Eucinostomus entomelas</i>	1.8	1.3	1.6	0.2	2.1

	FO (%)	N (%)	P (%)	IIR (%)	Q
<i>Eucinostomus spp.</i>	3.6	2.7	1.3	0.4	3.5
Sciaenidae					
<i>Umbrina roncador</i>	1.8	1.3	1.9	0.2	2.5
Mullidae					
<i>Pseudopeneus grandisquamis</i>	3.6	2.7	2.2	0.5	5.7
Pleuronectiformes					
Bothidae					
<i>Etropus crossotus</i>	5.4	4.0	6.9	1.7	27.5
<i>Cyclopsetta panamensis</i>	1.8	1.3	0.2	0.1	0.3
Paralichthyidae					
<i>Paralichthys woolmani</i>	1.8	1.3	0.3	0.1	0.4
Restos de peces	48.2				
Total		64.0	99.5	85.7	

Tabla VI. Composición de la dieta del tiburón martillo durante febrero del Año Niño 1997-98 (n=43). Expresado como porcentaje de la frecuencia de ocurrencia (FO), número (N), peso (P), índice de importancia relativa (IIR) y coeficiente de preferencia alimenticia (Q).

	FO (%)	N (%)	P (%)	IIR (%)	Q
Mollusca					
Cephalopoda					
Teuthoidea					
Enoploteuthidae					
<i>Abraliopsis affinis</i>	16.3	45.5	---	46.2	6.6
Mastigoteuthidae					
<i>Mastigoteuthis spp.</i>	4.7	11.7	---	3.4	0.4
Ommastrephidae					
<i>Dosidicus gigas</i>	2.3	5.2	15.6	3.0	80.7
Onychoteuthidae					
<i>Onychoteuthis banksii</i>	2.3	7.8	---	1.1	0.4
Total		70.1	15.6	53.7	
Arthropoda					
Crustacea					
Decapoda					
Penaeidae					
<i>Litopenaeus vannamei</i>	2.3	1.3	0.5	0.3	0.6
Total		1.3	0.5	0.3	
Chordata					
Osteichthyes					
Ophichthidae					
<i>Notophtophis brunneus</i>	16.3	11.7	17.5	29.5	204.0
Clupeiformes					
Clupeidae					
<i>Ophistonema libertate</i>	2.3	1.3	0.7	0.3	0.9
Aulopiformes					
Synodontidae					
<i>Synodus evermanni</i>	4.7	3.9	2.9	2.0	11.1
Perciformes					
Serranidae					
<i>Diplectrum spp.</i>	2.3	1.3	2.1	0.5	2.7
Carangidae					
<i>Hemicaranx zelotes</i>	2.3	1.3	28.7	4.3	37.2
<i>Naucrates ductor</i>	2.3	1.3	0.1	0.2	0.1
Sciaenidae					
<i>Larimus refulgens</i>	4.7	2.6	21.7	7.0	56.3
Mullidae					
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	2.3	1.3	2.1	0.5	2.8
Polynemidae					
<i>Polydactylus approximans</i>	2.3	1.3	7.4	1.3	9.6
Pleuronectiformes					
Paralichthyidae					
<i>Paralichthys woolmani</i>	2.3	2.6	0.7	0.5	1.7
Restos de peces	76.7				
Total		28.6	83.9	46.0	

Tabla VII. Composición de la dieta del tiburón martillo durante mayo del Año Niño 1997-98 (n=17). Expresado como porcentaje de la frecuencia de ocurrencia (FO), número (N), peso (P), índice de importancia relativa (IIR) y coeficiente de preferencia alimenticia (Q).

	FO (%)	N (%)	P (%)	IIR (%)	Q
Mollusca					
Cephalopoda					
Teuthoidea					
Loliginidae					
<i>Loliolopsis diomedae</i>	5.9	4.9	---	0.4	<0.1
Enoplateuthidae					
<i>Abraliopsis affinis</i>	58.8	65.9	---	55.2	159.6
Total		70.7	---	55.6	
Chordata					
Osteichthyes					
Ophichthidae					
<i>Myrophis vafer</i>	35.3	17.1	48.7	31.3	810.5
<i>Notoptophis brunneus</i>	5.9	2.4	0.9	0.3	2.0
Clupeiformes					
Clupeidae					
<i>Ophistonema libertate</i>	17.6	7.3	43.0	12.0	307.3
Perciformes					
Mugilidae					
<i>Mugil cephalus</i>	5.9	2.4	7.4	0.8	17.7
Restos de peces	117.6				
Total		29.3	100	44.4	

Tabla VIII. Variación temporal de los atributos ecológicos del espectro alimenticio del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).

	Mes		
	Noviembre	Febrero	Mayo
Riqueza de especies	21	14	9
Índice de diversidad	2.34	1.87	1.39
Equidad	0.76	0.71	0.63
Amplitud de la dieta	0.23	0.22	0.22

Tabla IX. Resultados del índice de Levin en su forma estandarizada de la amplitud de la dieta del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).

	Noviembre	Febrero	Mayo
Noviembre	1.0		
Febrero	0.7	1.0	
Mayo	0.2	0.7	1.0

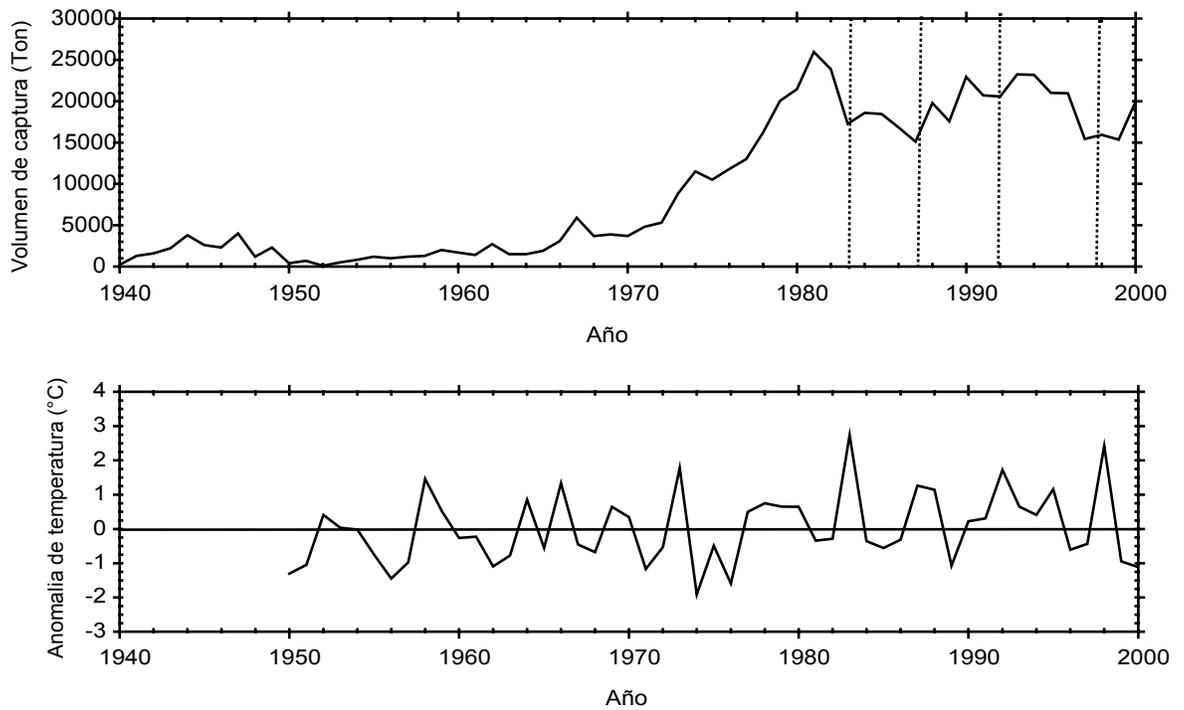


Figura 1. Historia pesquera del tiburón en el Pacífico mexicano de 1940 a 2000 (Tomado de SEMARNAP-INP, 2000) y anomalías de la temperatura de 1950 a 2000 (Tomado de NOAA-CIRES CLIMATE DIAGNOSTICS CENTER, 2003). Las líneas punteadas indican los años de ocurrencia de El Niño más recientes.

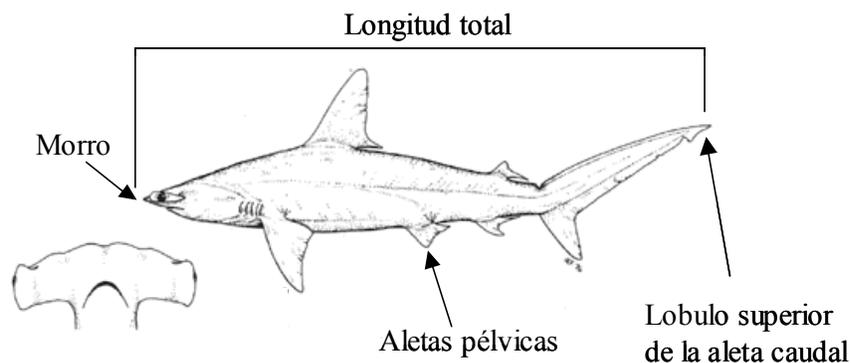


Figura 2. Vista lateral de un ejemplar de *Sphyrna lewini* y vista ventral de la cabeza (Compagno *et al.*, 1995)

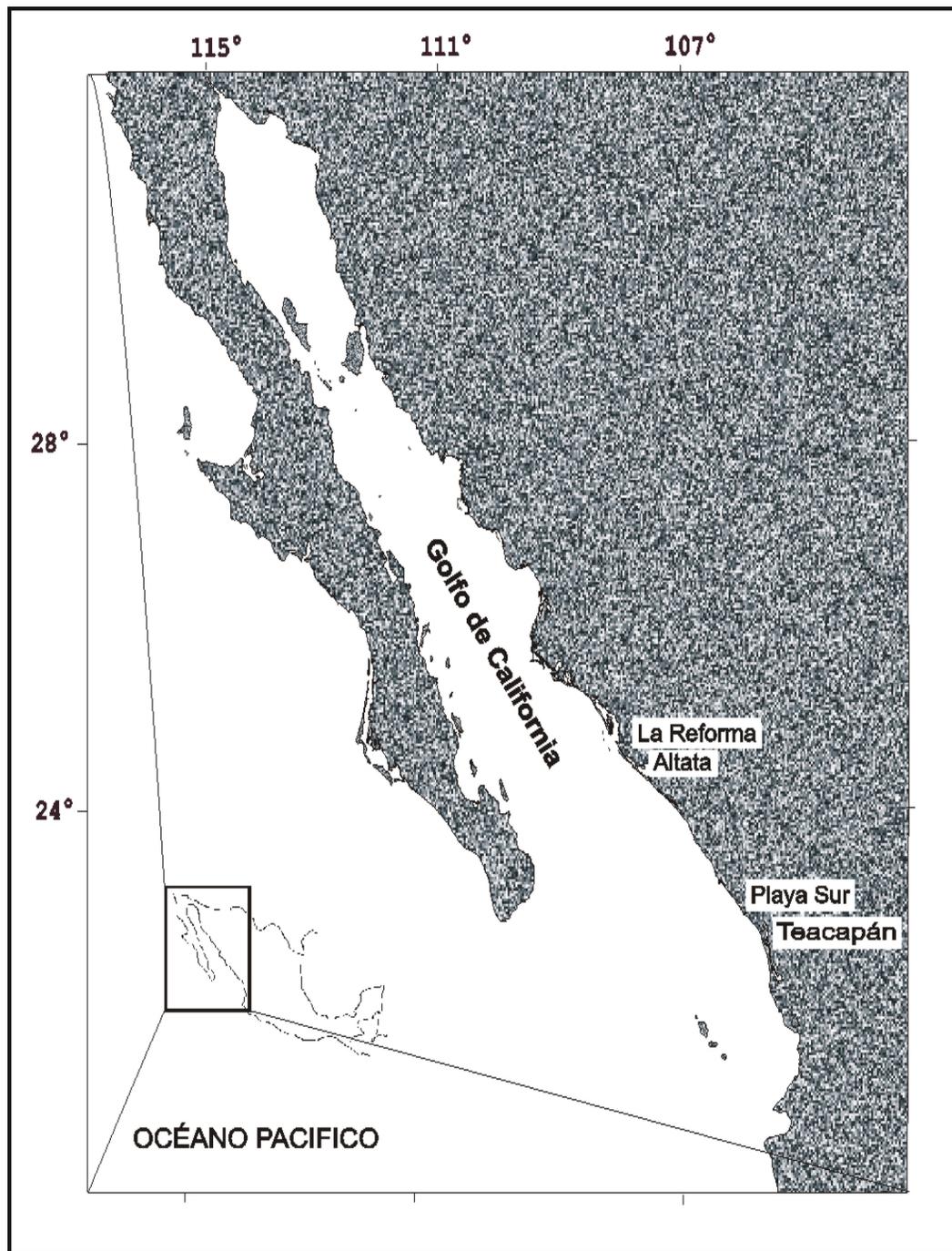


Figura 3. Área de estudio y localización de los campos pesqueros visitados para este estudio.

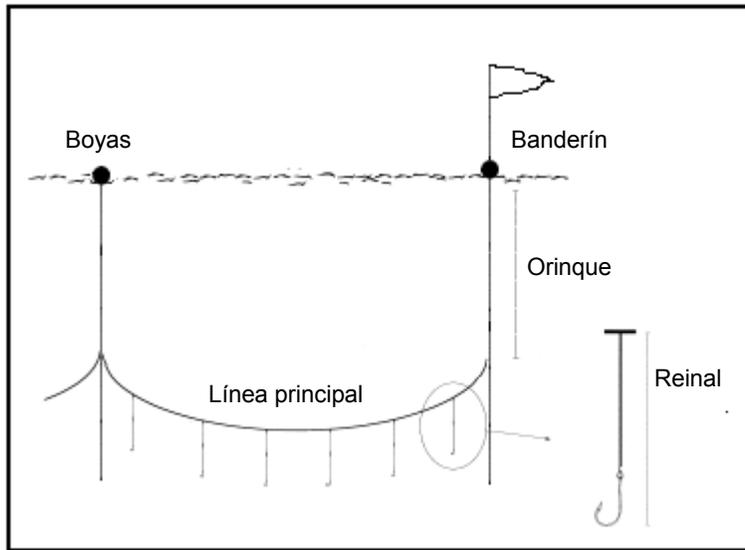


Figura 4. Representación esquemática del palangre utilizado para capturar tiburón en Sinaloa.

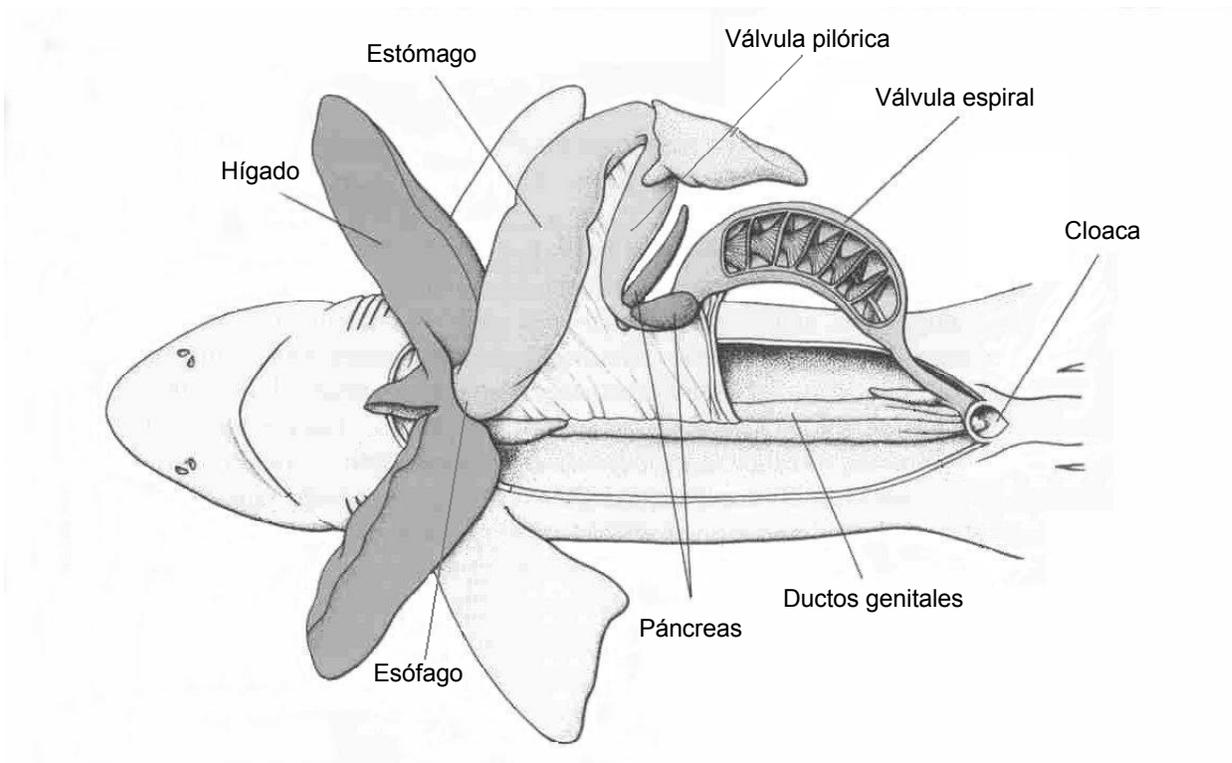


Figura 5. Esquema de los órganos internos del tiburón (Tomado de Bond, 1999).

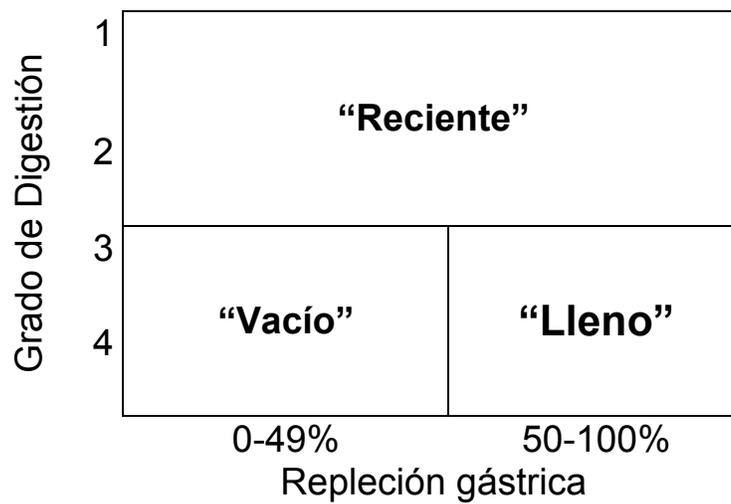


Figura 6. Categorías de estómagos considerando el grado de digestión de las presas y la repleción gástrica (Tomada de Galván-Magaña, 1999).

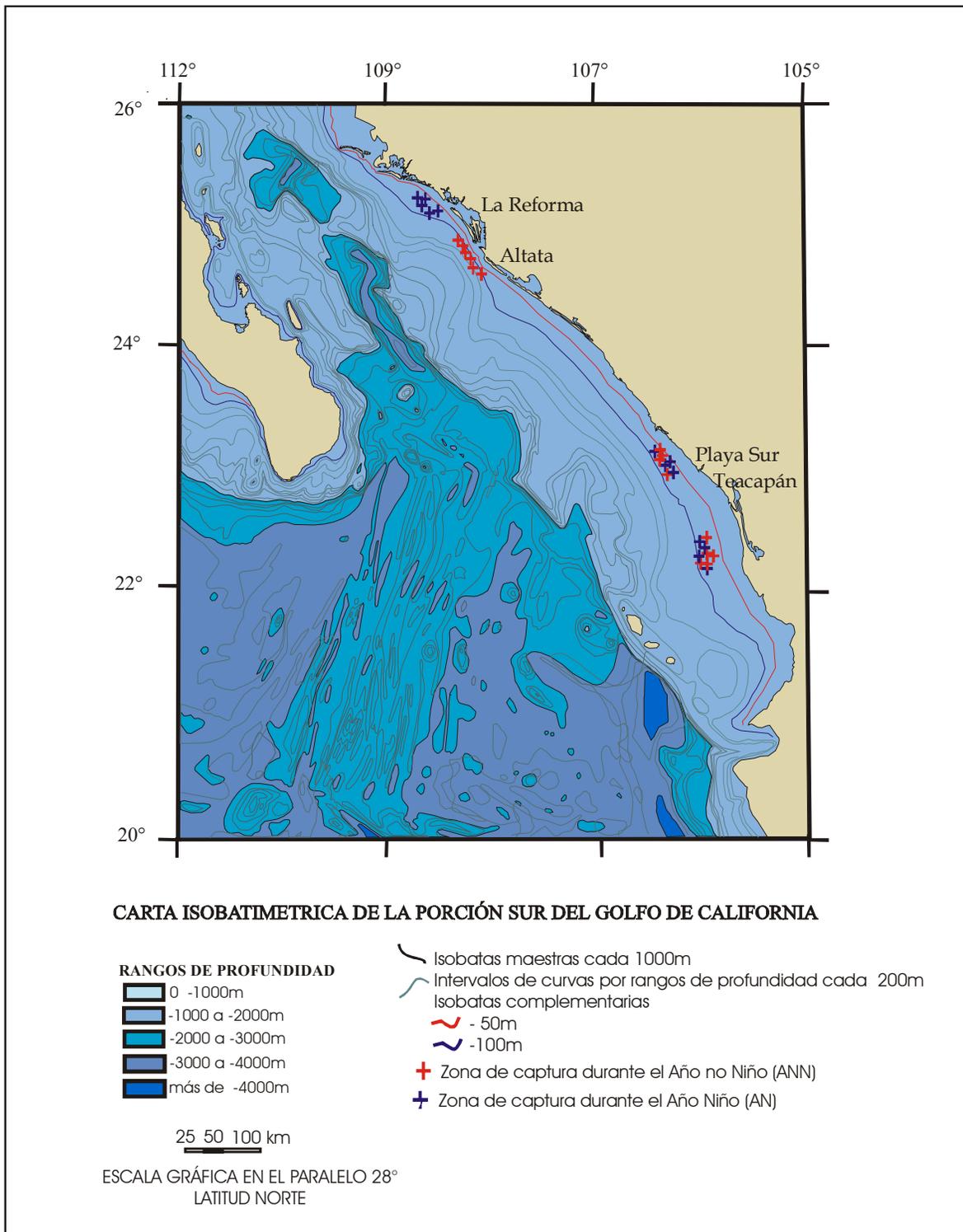


Figura 7. Localización geográfica de las zonas de captura durante noviembre (Tomado de Universidad Autónoma de Baja California Sur, 1997). Las cruces rojas indican las zonas de captura durante el ANN (1996) y las azules durante el AN (1997-98).

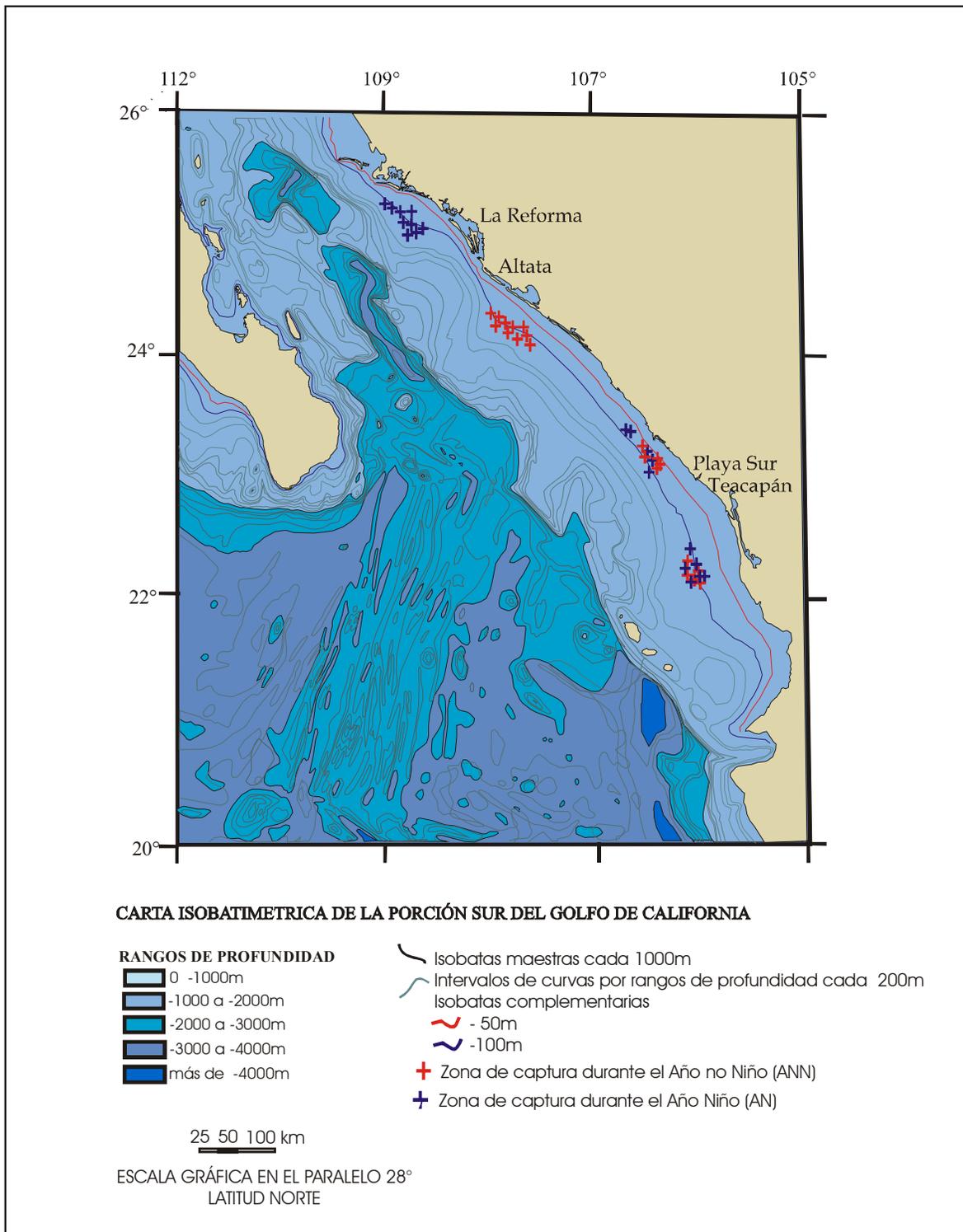


Figura 8. Localización geográfica de las zonas de captura durante febrero (Tomado de Universidad Autónoma de Baja California Sur, 1997). Las cruces rojas indican las zonas de captura durante el ANN (1996) y las azules durante el AN (1997-98).

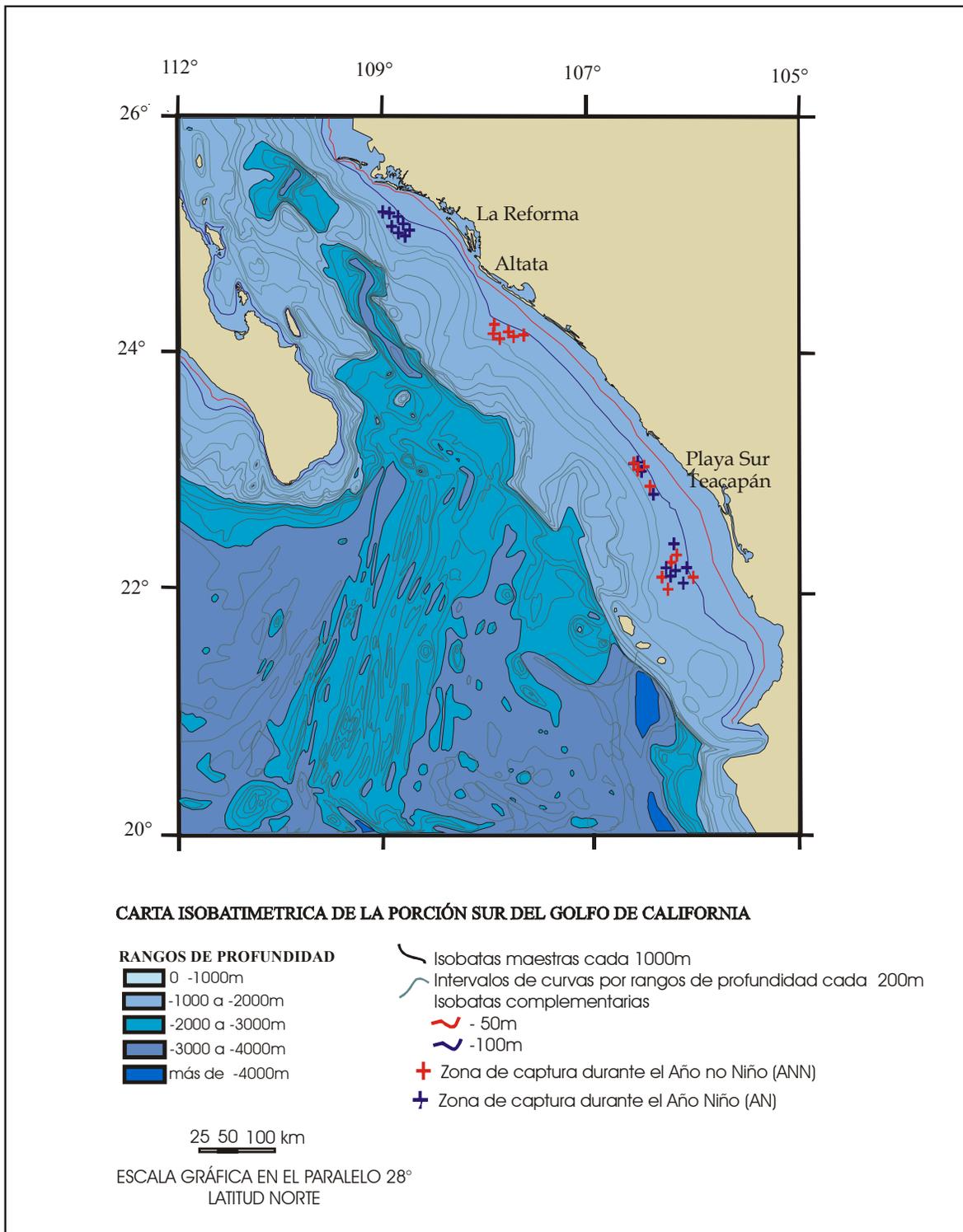


Figura 9. Localización geográfica de las zonas de captura durante mayo (Tomado de Universidad Autónoma de Baja California Sur, 1997). Las cruces rojas indican las zonas de captura durante el ANN (1996) y las azules durante el AN (1997-98).

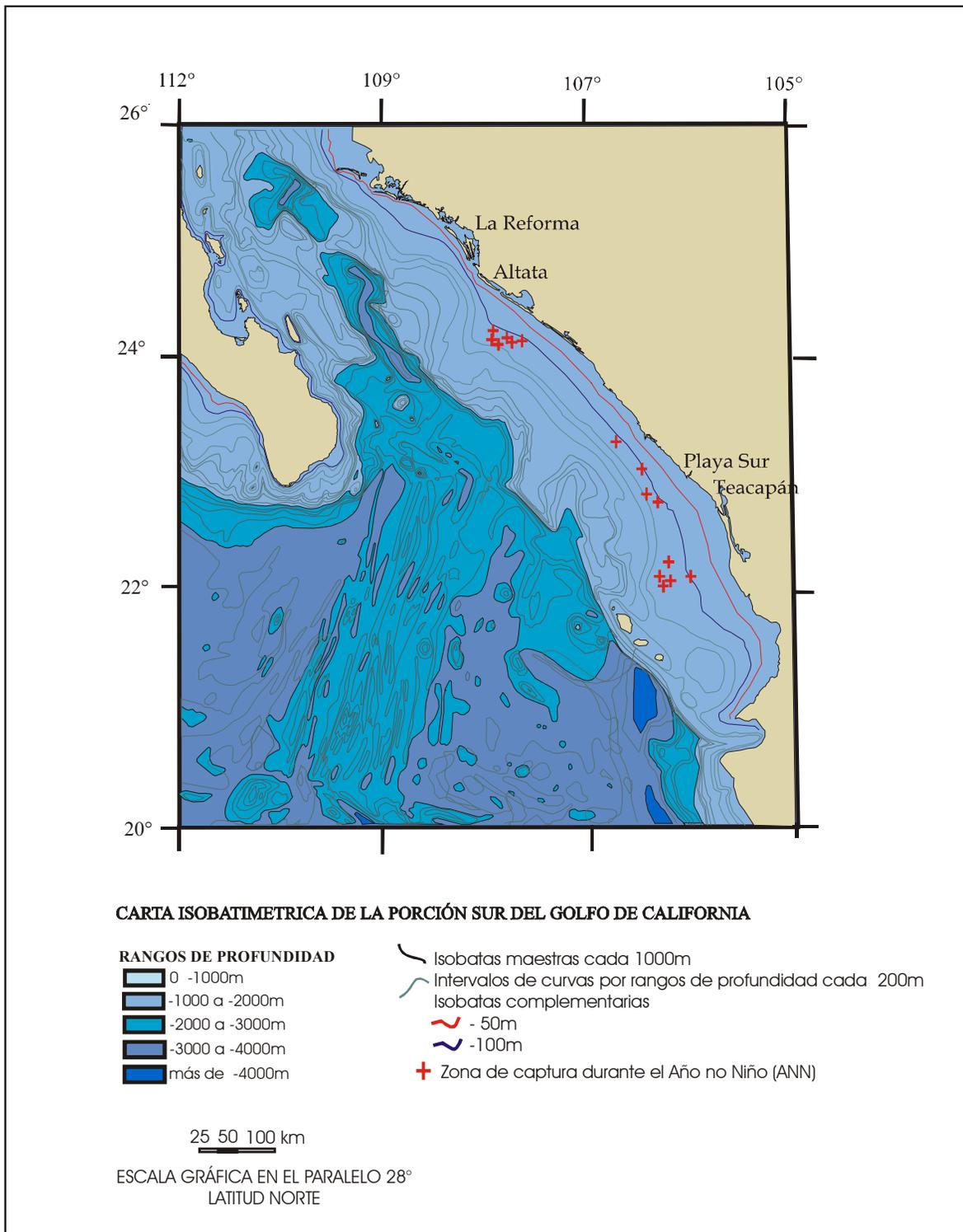


Figura 10. Localización geográfica de las zonas de captura (cruces rojas) durante agosto del ANN (1996) (Tomado de Universidad Autónoma de Baja California Sur, 1997).

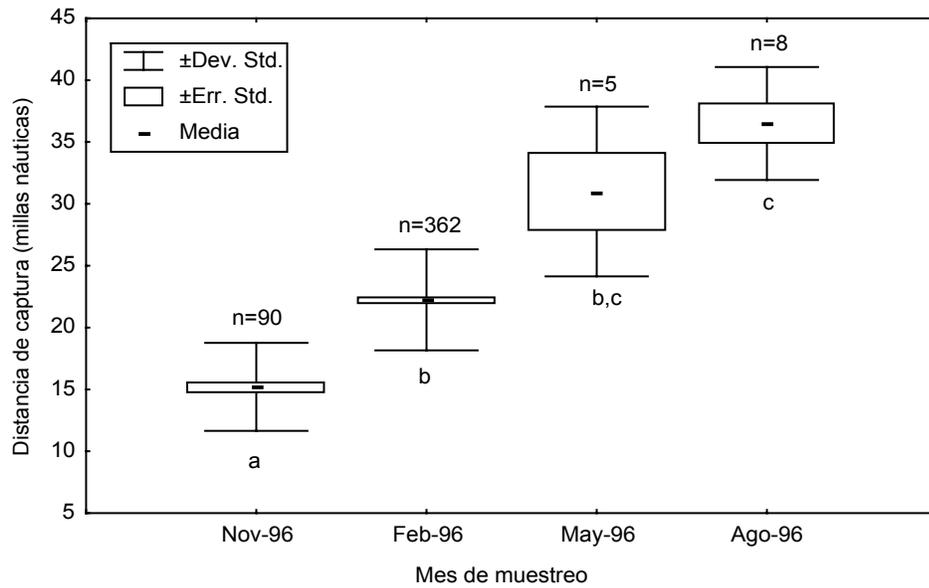


Figura 11. Gráfico de caja de la distancia de captura del tiburón martillo en los diferentes meses de muestreo del Año No Niño (1996). Las letras agrupan tratamientos similares (test de Dunn, $p < 0.05$).

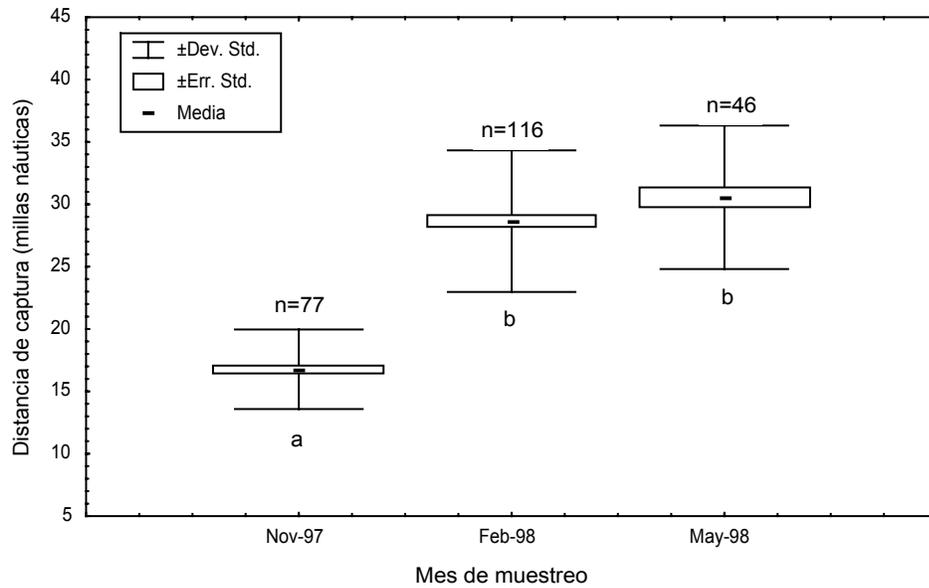


Figura 12. Gráfico de caja de la distancia de captura del tiburón martillo en los diferentes meses de muestreo del Año Niño (1997-98). Las letras agrupan tratamientos similares (test de Dunn, $p < 0.05$).

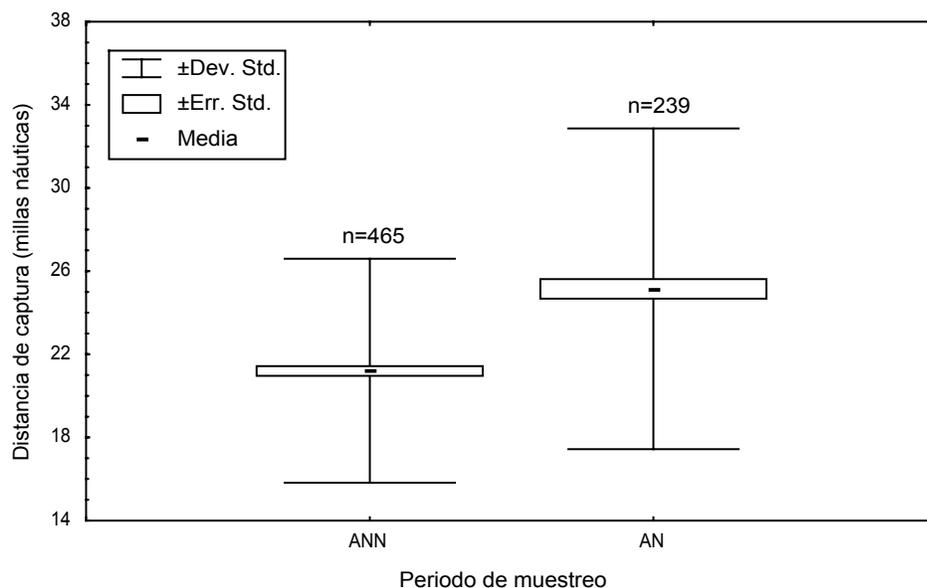


Figura 13. Gráfico de caja de la distancia de captura del tiburón martillo durante el Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98).

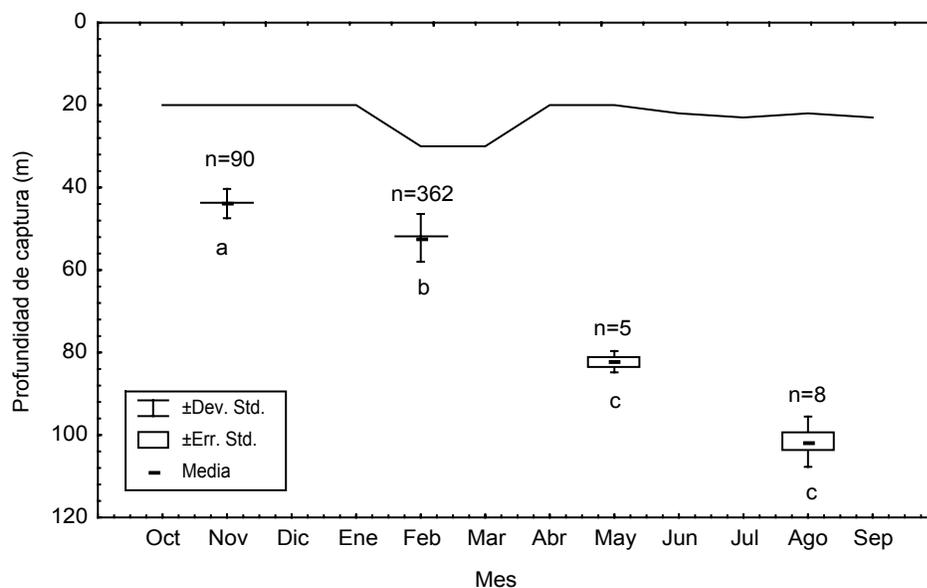


Figura 14. Gráfico de caja de la profundidad de captura del tiburón martillo durante el Año No Niño (1996). Las letras agrupan tratamientos similares (test de Dunn, $p < 0.05$). La línea indica la profundidad de la termoclina durante este periodo de muestreo (Tomada de Filonov *et al.*, 2000).

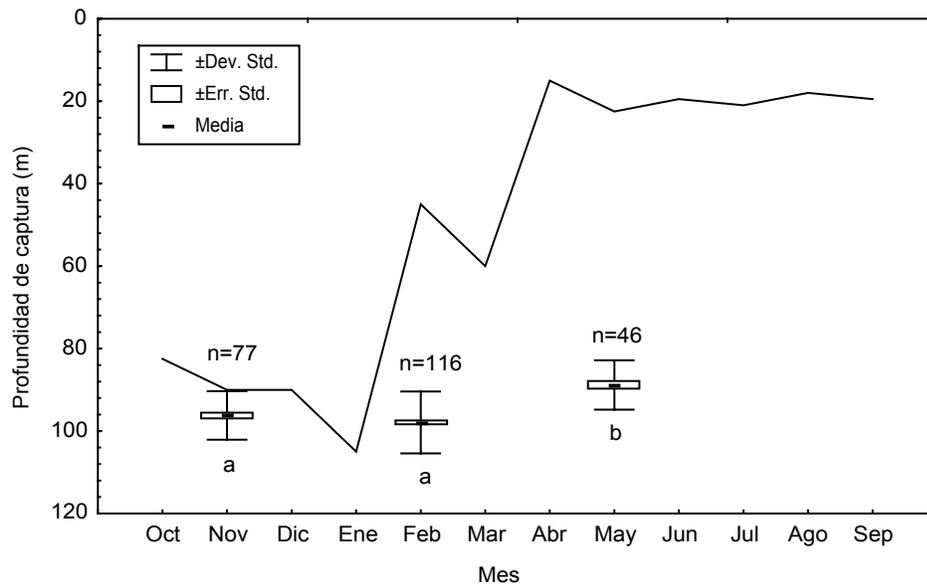


Figura 15. Gráfico de caja de la profundidad de captura del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98). Las letras agrupan tratamientos similares (test de Dunn, $p < 0.05$). La línea indica la profundidad de la termoclina durante este periodo de muestreo (Tomada de Filonov *et al.*, 2000).

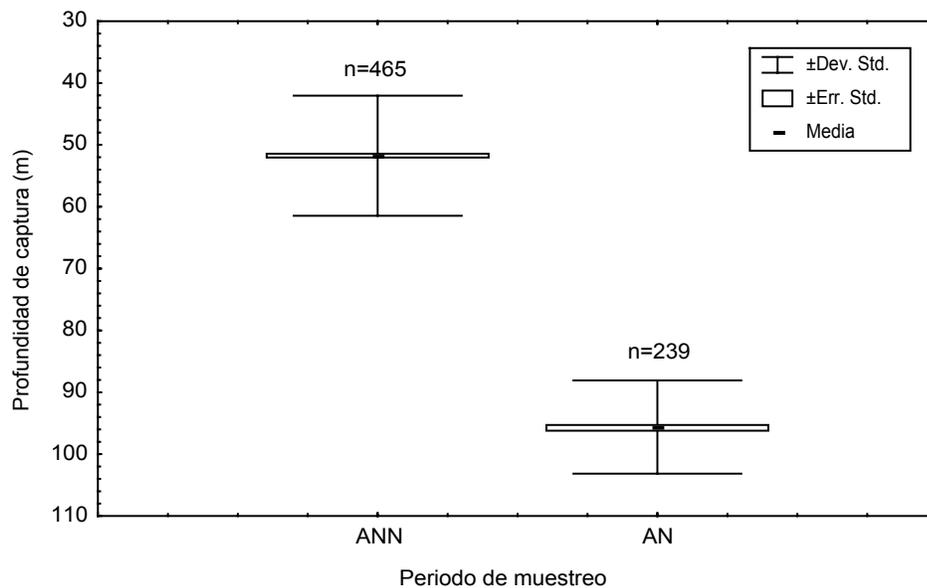


Figura 16. Gráfico de caja de la profundidad de captura del tiburón martillo en el periodo de muestreo del Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98).

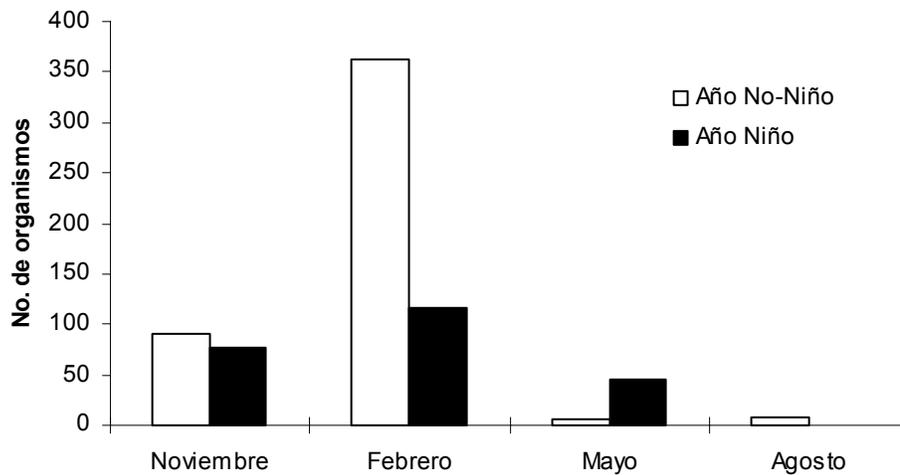


Figura 17. Abundancias observadas del tiburón martillo durante el Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98). En agosto del AN no se realizó muestreo.

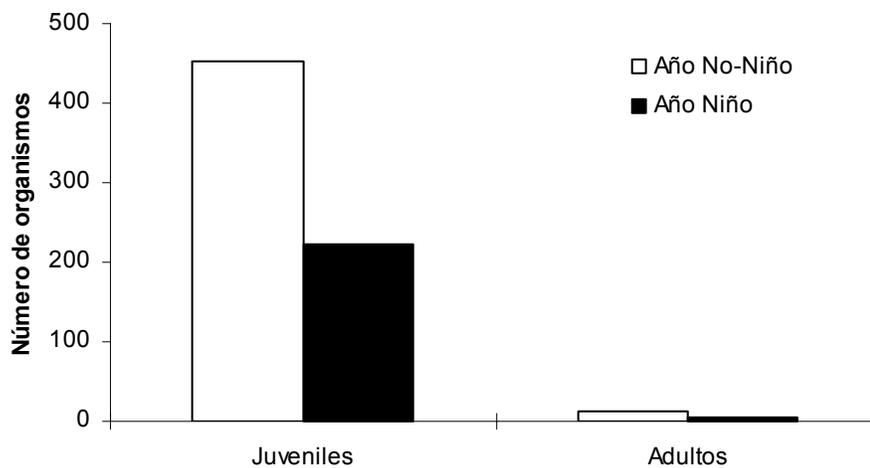


Figura 18. Abundancias observadas por estado de madurez del tiburón martillo durante el Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98).

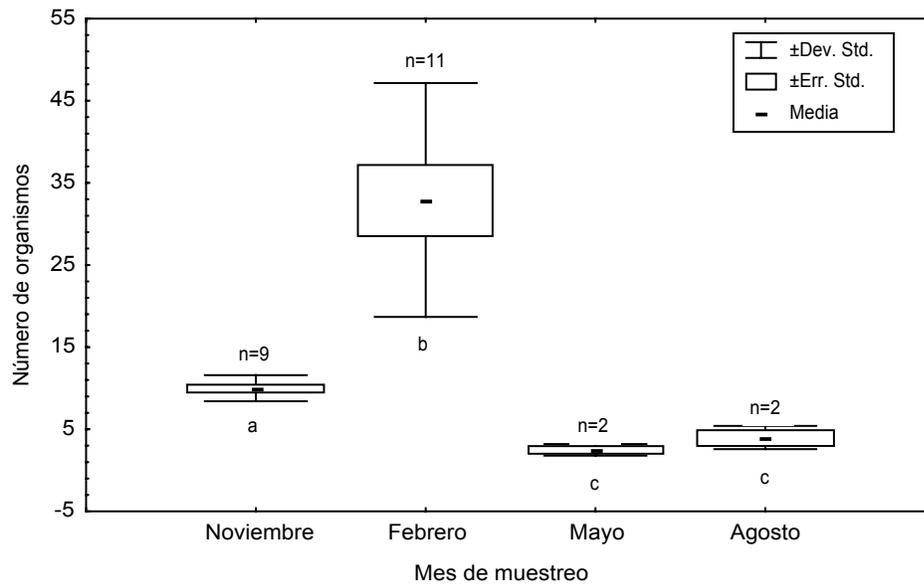


Figura 19. Gráfico de caja de la abundancia por día del tiburón martillo registrada por mes de muestreo durante el Año No Niño (1996). Las letras agrupan tratamientos similares (test de Dunn, $p < 0.05$).

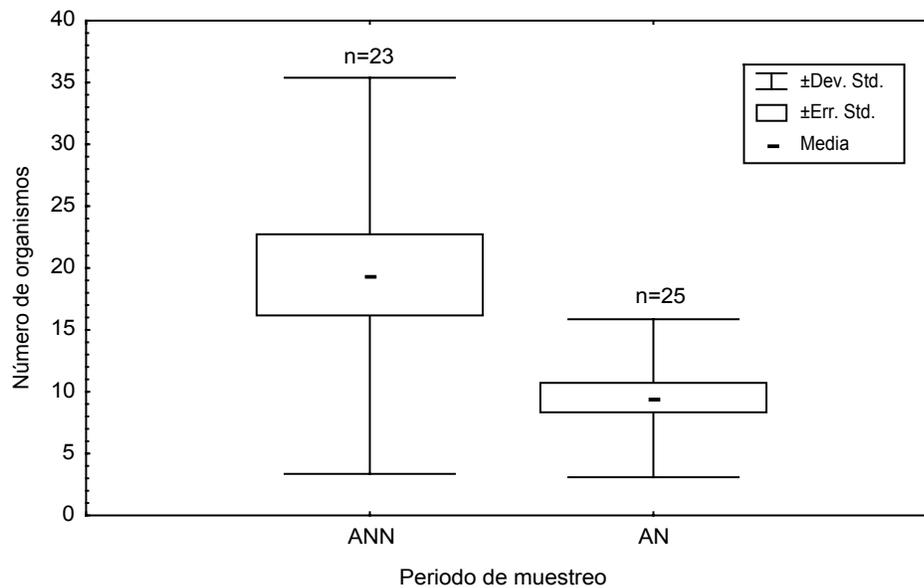


Figura 20. Gráfico de caja de la abundancia por día del tiburón martillo registrada durante el Año No Niño (1996) y el Año Niño (1997-98).

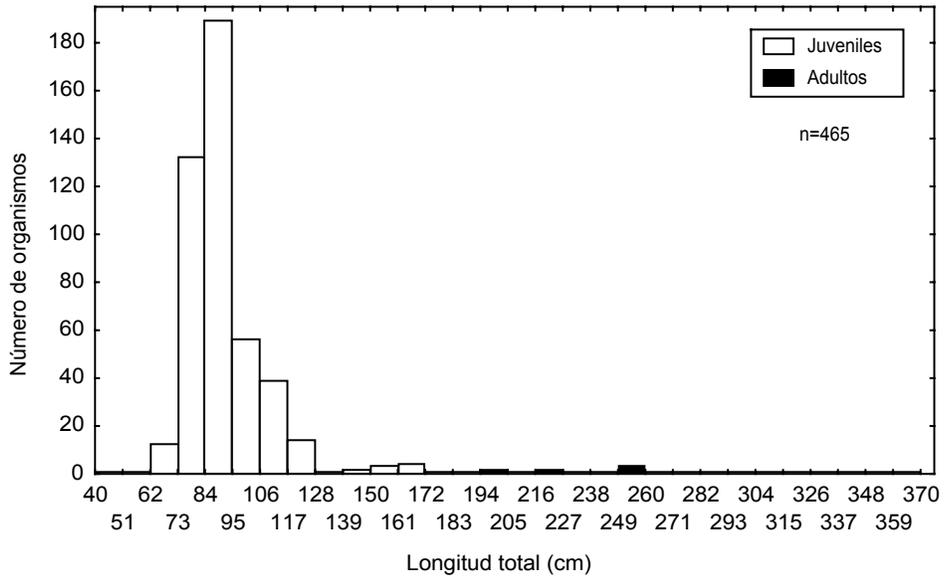


Figura 21. Frecuencia de tallas observadas durante el periodo de Año No Niño (1996).

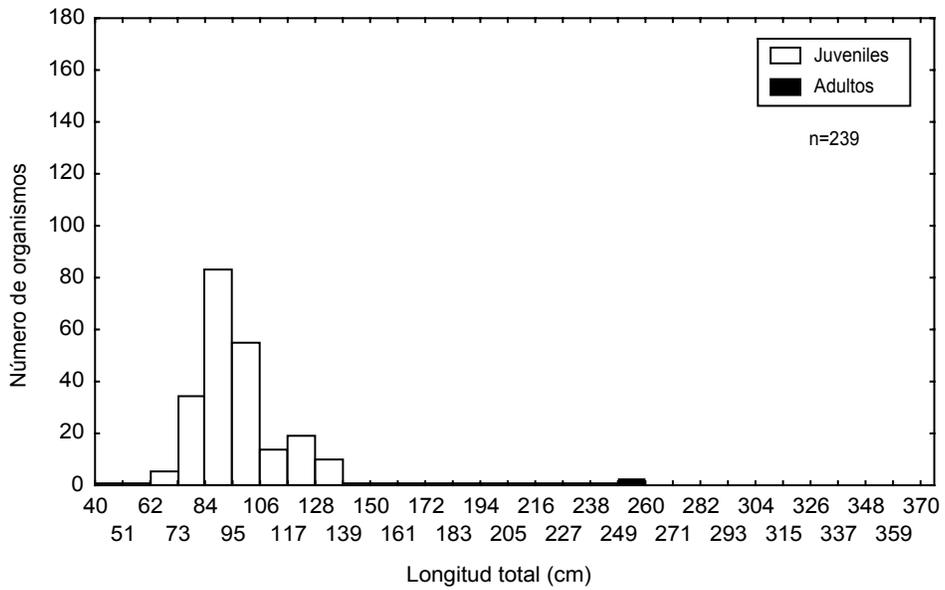


Figura 22. Frecuencia de tallas observadas durante el periodo de Año Niño (1997-98).

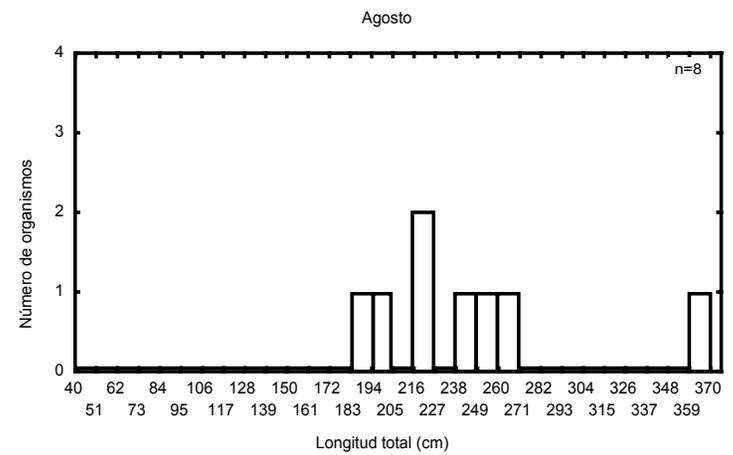
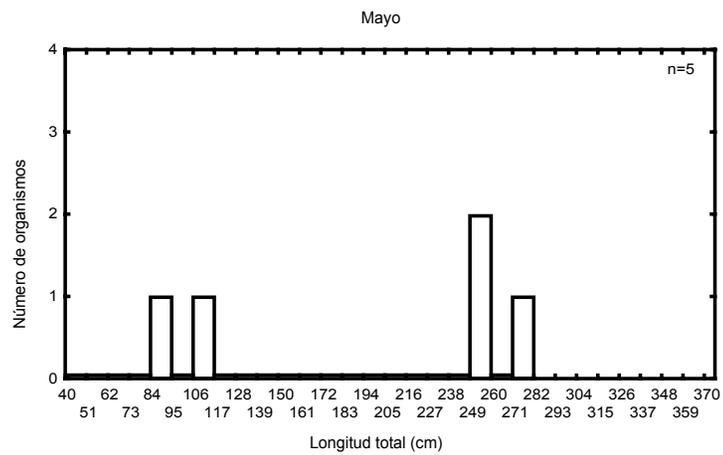
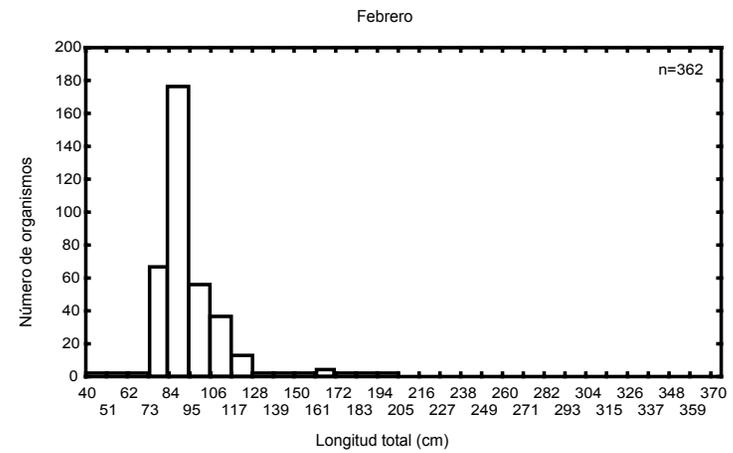
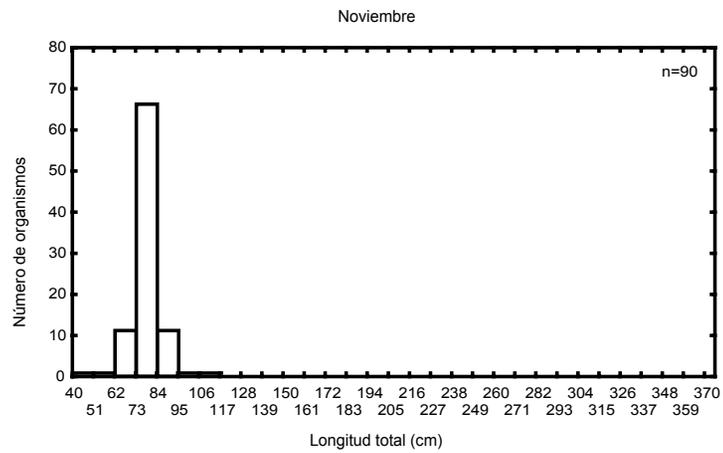


Figura 23. Variación de tallas por mes de muestreo durante el periodo de Año No Niño.

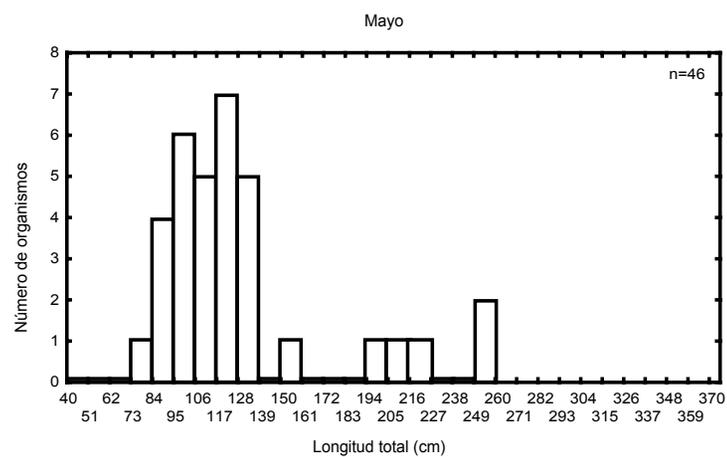
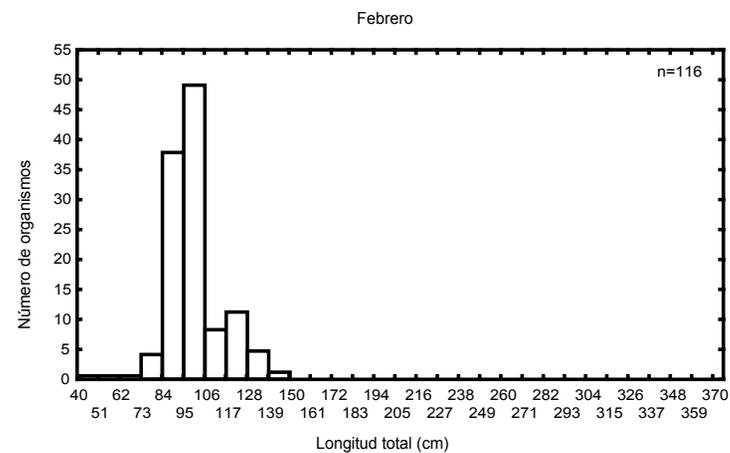
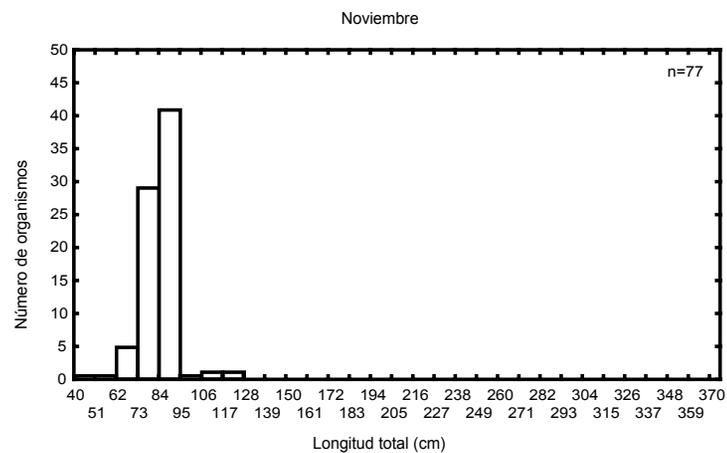


Figura 24. Variación de tallas por mes de muestreo durante el periodo de Año Niño.

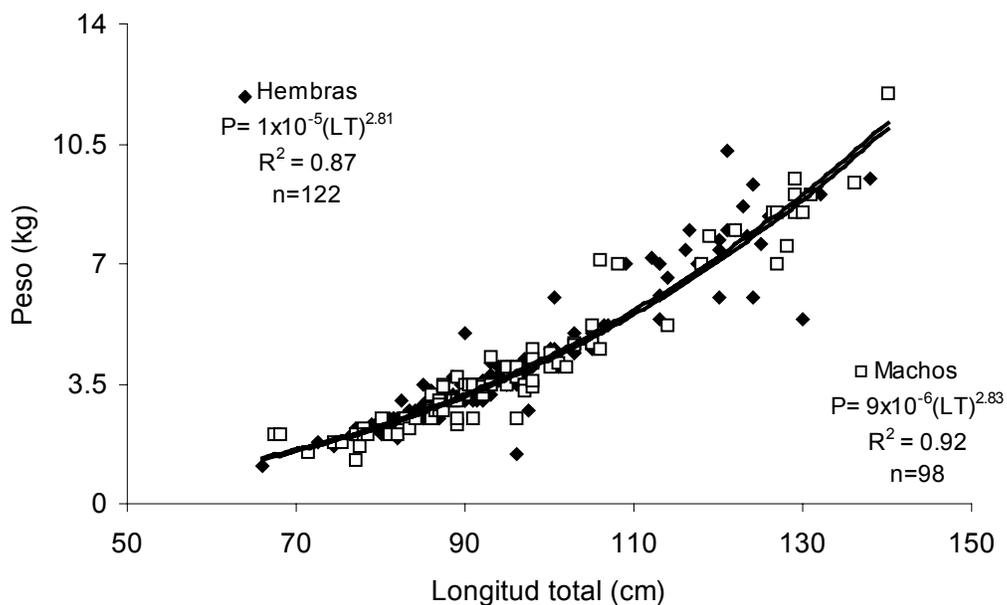


Figura 25. Relación longitud total-peso para hembras y machos del tiburón martillo en Sinaloa durante el AN (1997-98).

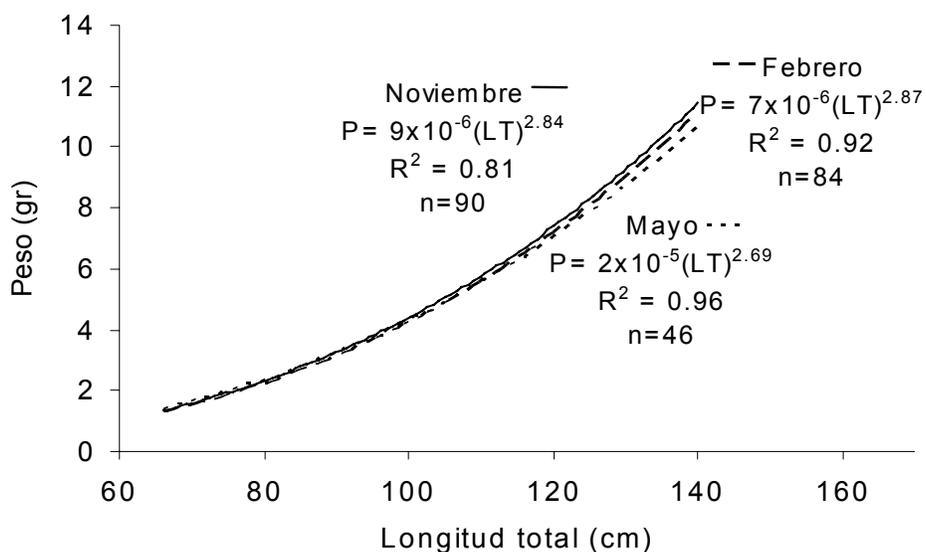


Figura 26. Relación longitud total-peso del tiburón martillo por mes de muestreo durante el Año Niño (1997-98).

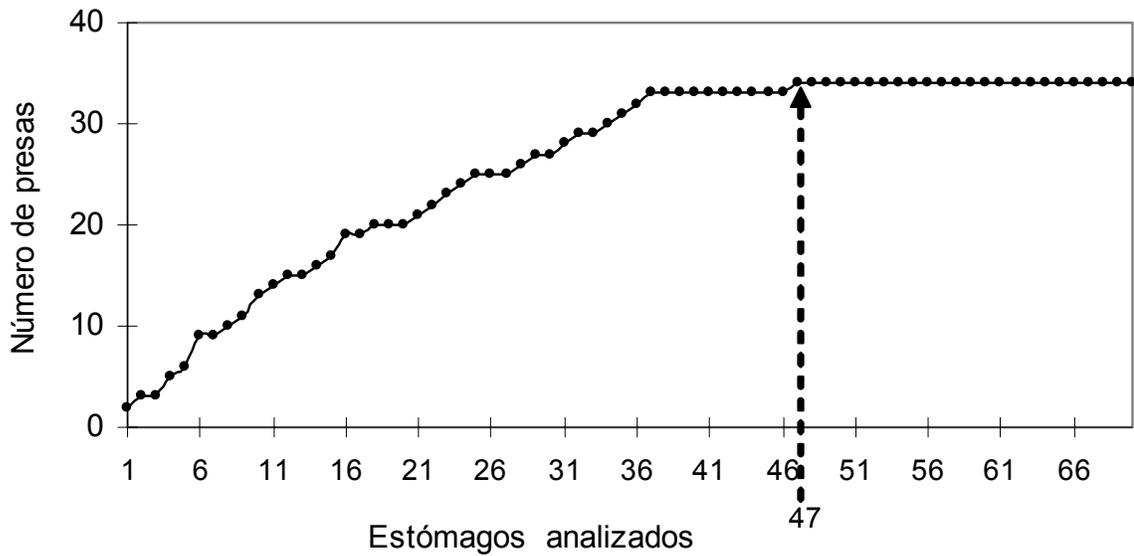


Figura 27. Curva de presas acumuladas. La línea punteada indica el número mínimo de muestra necesaria para determinar el espectro trófico de *S. lewini*.

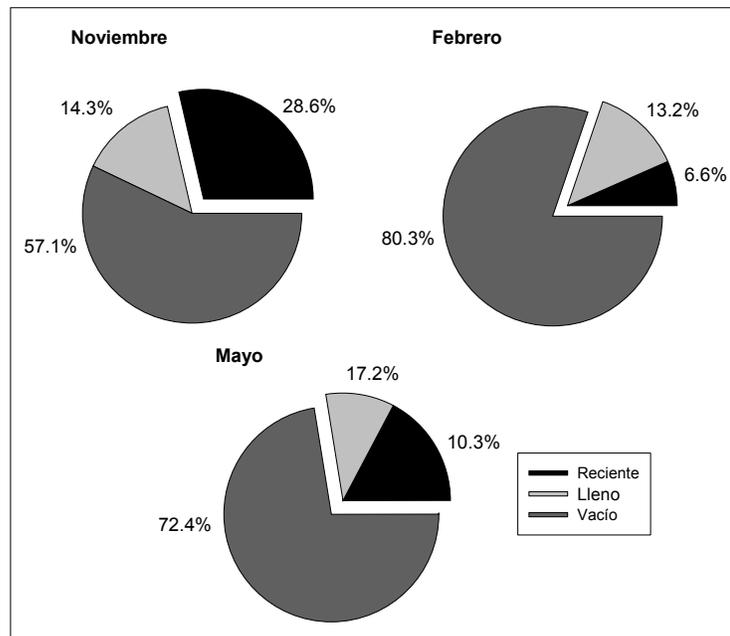


Figura 28. Variación de la frecuencia de estómagos sin alimento (clasificados como vacíos) y con alimento (como llenos y recientes) del tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).

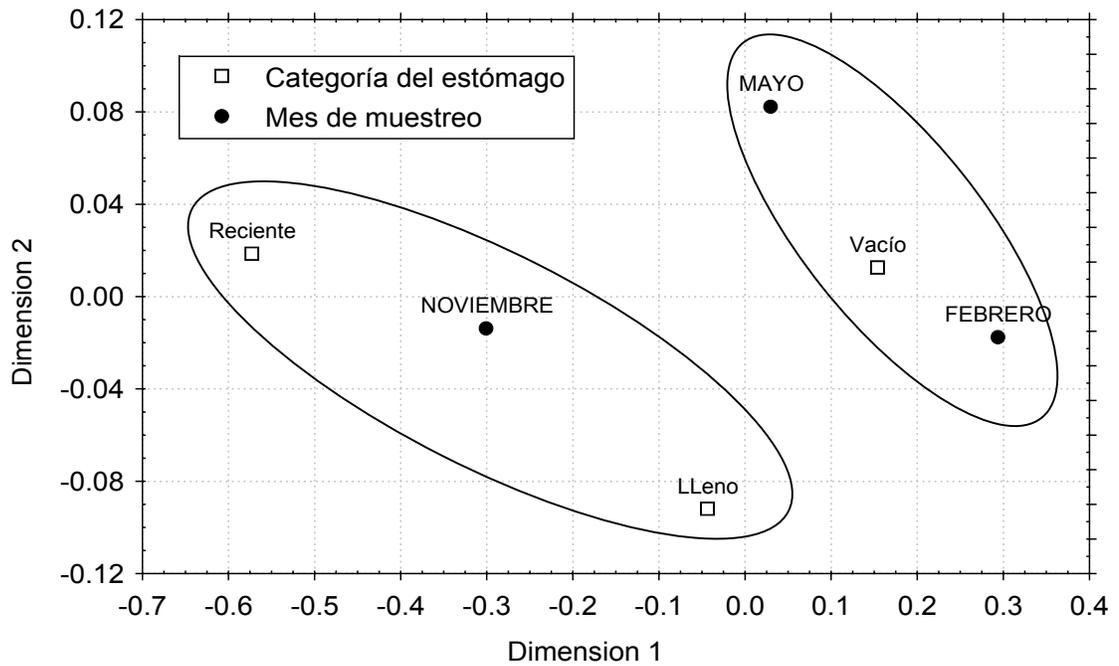


Figura 29. Mapa perceptual de las categorías de los estómagos del tiburón martillo por mes de muestreo durante el Año Niño (1997-98).

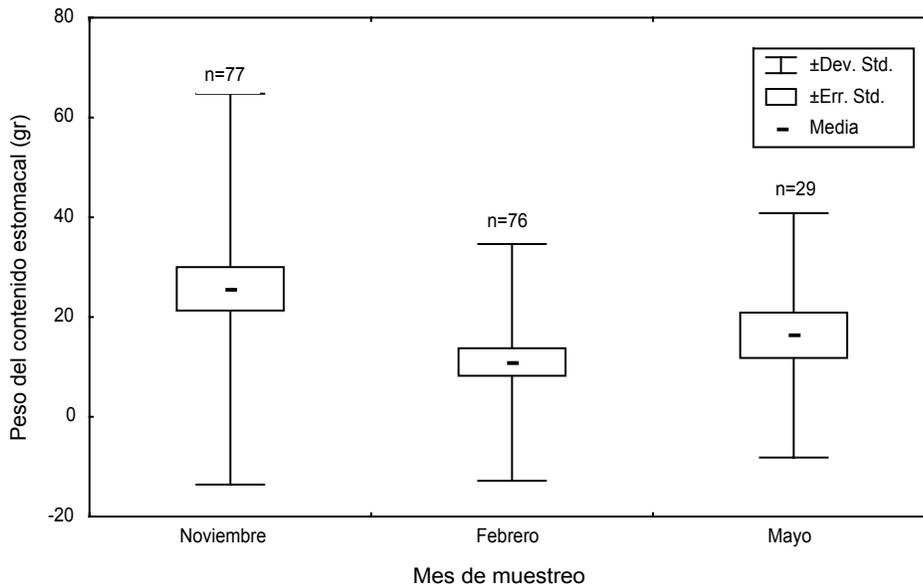


Figura 30. Variación del peso del contenido estomacal del tiburón martillo por mes de muestreo durante el Año Niño (1997-98).

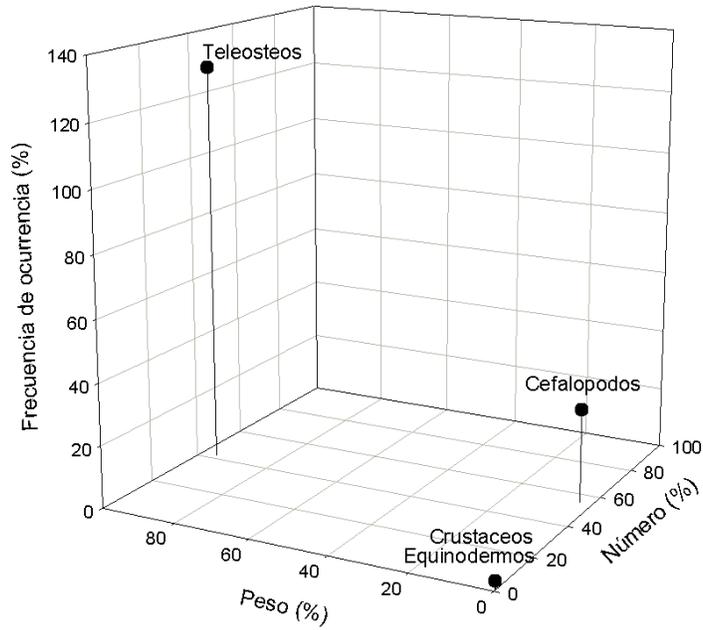


Figura 31. Representación grafica tridimensional del número, peso y frecuencia de ocurrencia (expresados en porcentajes) de los grupos alimenticios encontrados en el tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98).

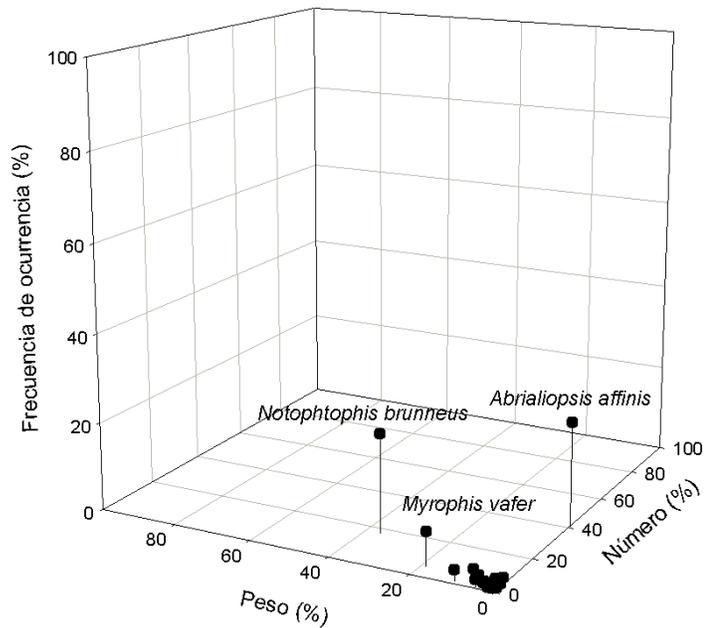


Figura 32. Representación grafica tridimensional del número, peso y frecuencia de ocurrencia (expresados en porcentaje) de las presas encontrados en el tiburón martillo durante el Año Niño (1997-98)

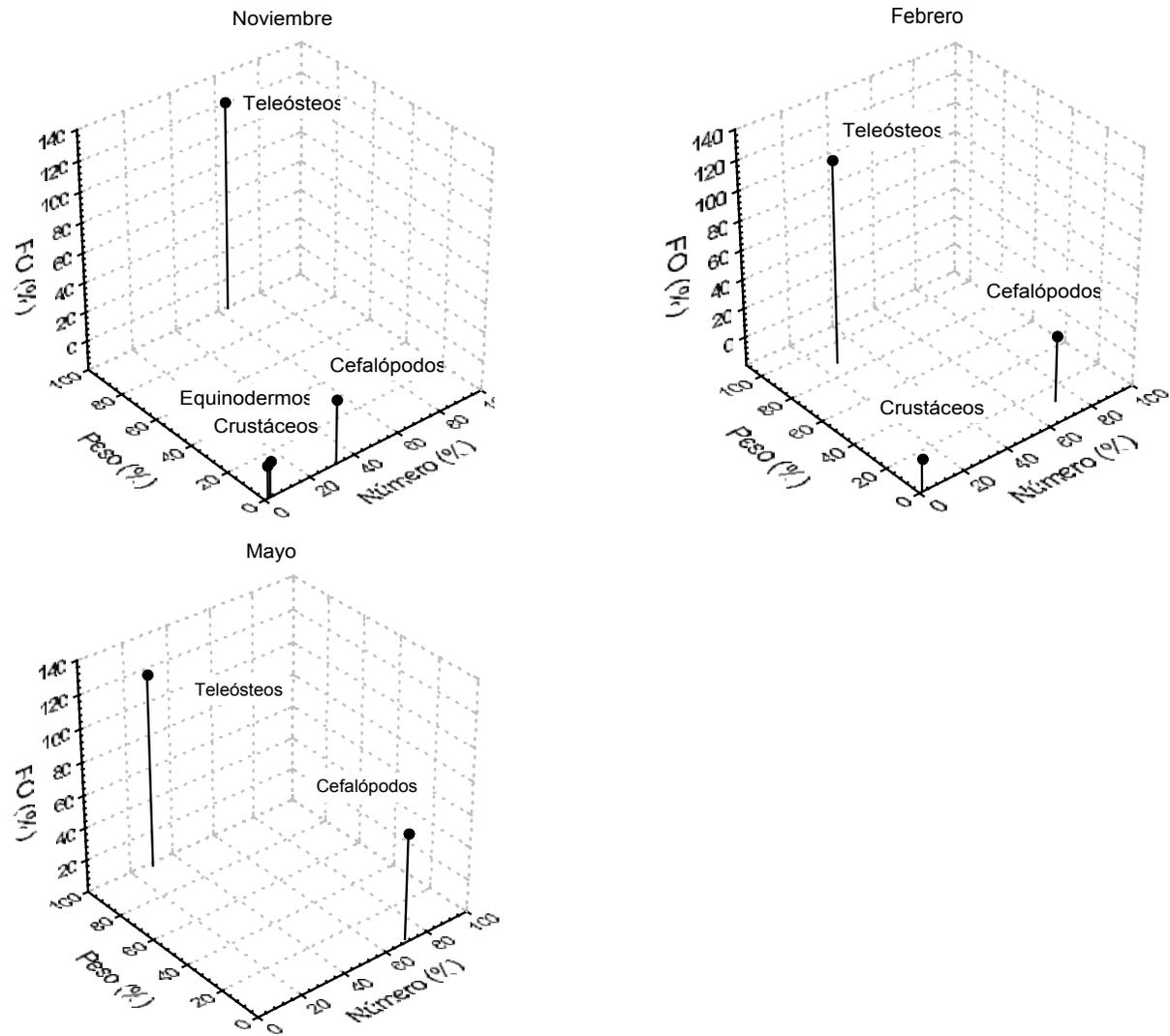


Figura 33. Representación grafica tridimensional del número, peso y frecuencia de ocurrencia (FO), expresados en porcentajes de los grupos alimenticios encontrados en el tiburón martillo durante el Año Niño.

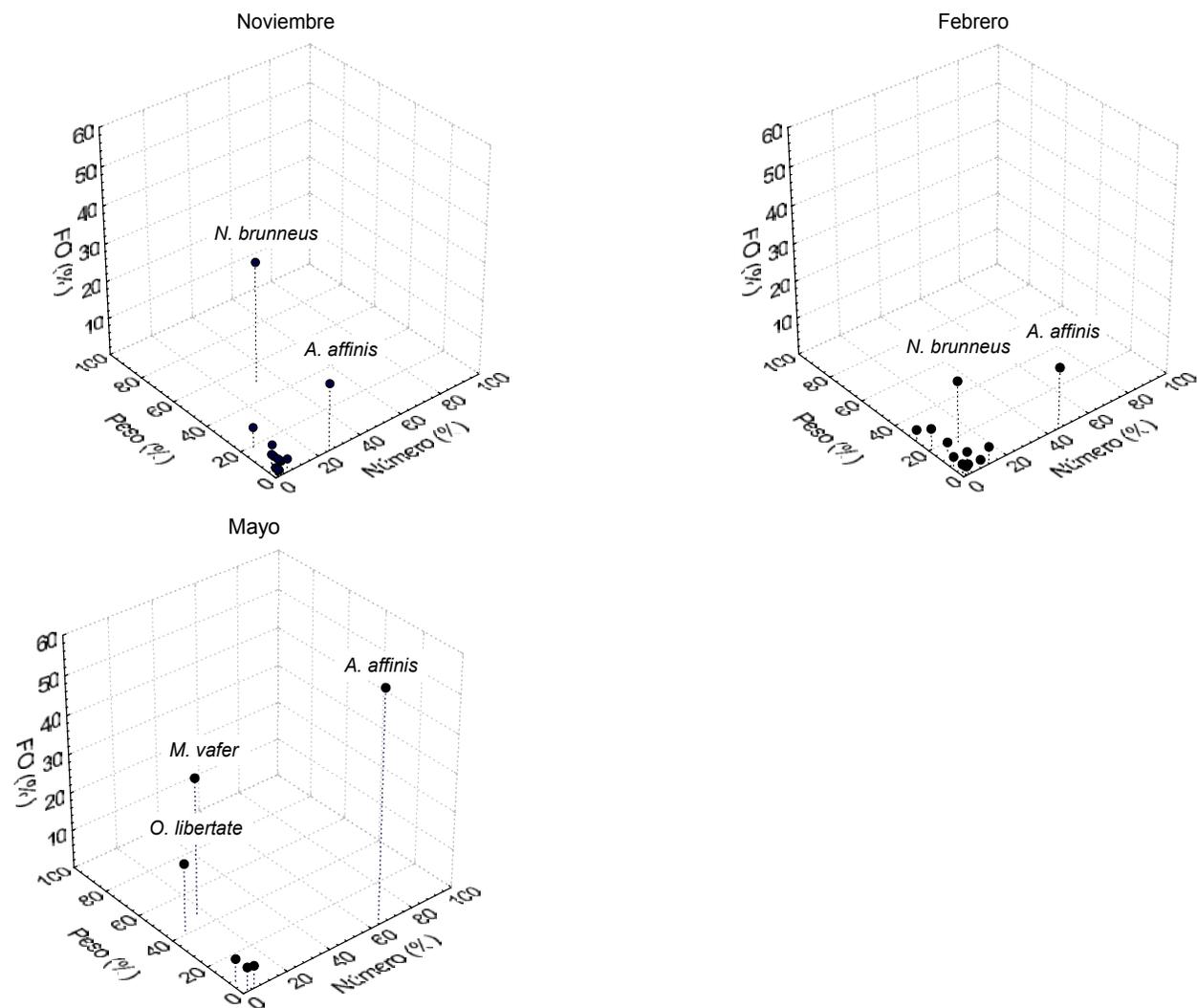


Figura 34. Representación gráfica tridimensional del número, peso y frecuencia de ocurrencia (FO), expresados en porcentajes de las presas encontradas en el tiburón martillo durante el Año Niño.

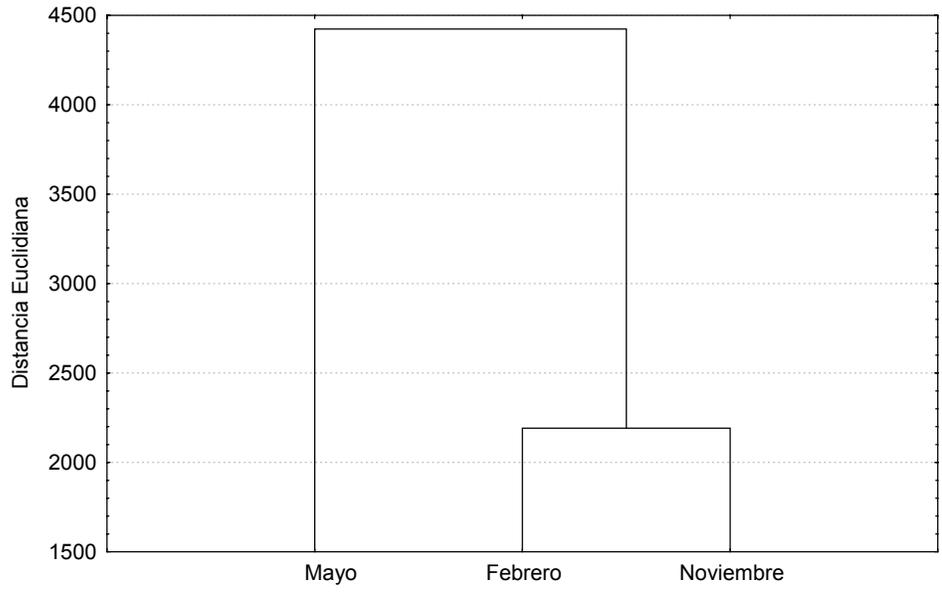


Figura 35. Dendrograma del análisis de cluster para separar en base al IIR la dieta de los meses de muestreo durante el AN (1997-98).