

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE
CIENCIAS MARINAS**



DEPARTAMENTO DE PESQUERÍAS Y BIOLOGÍA MARINA

**HÁBITOS ALIMENTICIOS DEL TIBURÓN PILOTO *Carcharhinus
falciformis* (Bibron, 1839) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE
BAJA CALIFORNIA SUR.**

T E S I S

Que para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

Con especialidad en

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Presenta:

BIOL. ALEJANDRA ALICIA CABRERA CHÁVEZ-COSTA

**LA PAZ, B.C.S., MÉXICO
SEPTIEMBRE DEL 2003**

INDICE GENERAL.

Índice de Figuras	ii
Índice de Tablas	v
Glosario	viii
Resumen	x
Abstract	xii
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
3. Justificación	8
4. Objetivo general	10
4.1 Objetivos particulares.....	10
5. Área de estudio	11
6. Material y Métodos	
6.1 Trabajo de Campo.....	13
6.2 Trabajo de Laboratorio.....	14
6.3 Trabajo de Gabinete	
6.3.1 Composición Cuantitativa de la dieta.....	15
6.3.2 Índices Ecológicos.....	18
6.3.3 Contenido Energético.....	20
6.3.4 Isótopos estables de Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$).....	20
7. Resultados	23
7.1 Espectro Trófico	
7.1.1 Punta Lobos.....	24
7.1.2 Punta Belcher.....	25
7.2 Índices Ecológicos	
7.2.1 Punta Lobos.....	28
7.2.2 Punta Belcher.....	28
7.3 Contenido Energético.....	29
7.4 Isótopos estables de Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$).....	29

8.	Discusión	
8.1	Artes de pesca y Estados de Digestión.....	30
8.2	Espectro Trófico por áreas de muestreo	
8.2.1	Punta Lobos.....	32
8.2.2	Punta Belcher.....	32
8.3	Presas principales.....	35
8.3.1	Crustáceos: <i>Pleuroncodes planipes</i>	35
8.3.2	Cefalópodos: <i>Dosidicus gigas</i>	35
	<i>Argonauta cornutus</i>	36
8.3.3	Teleósteos: <i>Scomber japonicus</i>	36
8.4	Indices Ecológicos	
8.4.1	Índice de Levin's (Amplitud de nicho trófico).....	38
8.4.2	Índice de Shannon-Wiener (Diversidad de presas).....	42
8.4.3	Índice de Morisita-Horn (Traslapamiento de nicho trófico).....	43
8.5	Contenido Energético.....	45
8.6	Isótopos estables de Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$).....	46
9.	Conclusiones	49
10.	Recomendaciones	51
11.	Literatura citada	52
12.	Tablas y Figuras	63
13.	Anexo	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización del área de estudio.....	74
Figura 2.	Estructura de tallas del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> capturado en la Costa Occidental de Baja California Sur.....	75
Figura 3.	Curva acumulativa del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Lobos	76
Figura 4.	Curva acumulativa del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Belcher ...	76
Figura 5.	Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Lobos, Baja California Sur....	77
Figura 6.	Presas principales del tiburón piloto de acuerdo con el Índice de Importancia Relativa en Punta Lobos, Baja California Sur.....	78
Figura 7.	Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de las hembras del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Lobos, Baja California Sur.....	79
Figura 8.	Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de los machos del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Lobos, Baja California Sur.....	80
Figura 9.	Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de los juveniles de tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Lobos, Baja California Sur.....	81

Figura 10.	Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de los adultos de tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Lobos, Baja California Sur.....	82
Figura 11.	Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Belcher, Baja California Sur..	83
Figura 12.	Presas principales del tiburón piloto de acuerdo con el Índice de Importancia Relativa en Punta Belcher, Baja California Sur.....	84
Figura 13.	Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de las hembras de tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Belcher, Baja California Sur.....	85
Figura 14.	Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de los machos de tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Belcher, Baja California Sur.....	86
Figura 15.	Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de los juveniles de tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Belcher, Baja California Sur.....	87
Figura 16.	Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de los adultos de tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> en Punta Belcher, Baja California Sur.....	88

-
- Figura 17.** Contribución energética (expresada en porcentaje de kilocalorías) de la langostilla *Pleuroncodes planipes*, la macarela *Scomber japonicus* y el calamar gigante *Dosidicus gigas* a la dieta del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*..... 89
- Figura 18.** Representación gráfica de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de músculo del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de Punta Belcher, B. C. S..... 89
- Figura 19.** Representación gráfica de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de músculo de hembras y machos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de Punta Belcher, B. C. S..... 90
- Figura 20.** Representación gráfica de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de músculo de juveniles y adultos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de Punta Belcher, B. C. S..... 90
- Figura 20.** Representación gráfica de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de músculo de juveniles y adultos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de Punta Belcher, B. C. S..... 90

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1.	Espectro trófico del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en Punta Lobos, B. C. S., expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos Numérico (N y %N), Gravimétrico (W y %W), Frecuencia de Ocurrencia (F y %FO) e Índice de Importancia Relativa (IIR y %IIR).....	63
Tabla 2.	Espectro trófico de las hembras del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en Punta Lobos, expresado en valores porcentuales de los métodos Numérico (%N), Gravimétrico (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa.....	64
Tabla 3.	Espectro trófico de los machos del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en Punta Lobos, expresado en valores porcentuales de los métodos Numérico (%N), Gravimétrico (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa.....	65
Tabla 4.	Espectro trófico de los organismos juveniles del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en Punta Lobos, expresado en valores porcentuales de los métodos Numérico (%N), Gravimétrico (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa.....	65
Tabla 5.	Espectro trófico de los organismos adultos del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en Punta Lobos, expresado en valores porcentuales de los métodos Numérico (%N), Gravimétrico (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa.....	66

Tabla 6.	Espectro trófico del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en Punta Belcher, B. C. S., expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos Numérico (N y %N), Gravimétrico (W y %W), Frecuencia de Ocurrencia (F y %FO) e Índice de Importancia Relativa (IIR y %IIR).....	67
Tabla 7.	Espectro trófico de las hembras del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en Punta Belcher, expresado en valores porcentuales de los métodos Numérico (%N), Gravimétrico (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).....	68
Tabla 8.	Espectro trófico de los machos del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en Punta Belcher, expresado en valores porcentuales de los métodos Numérico (%N), Gravimétrico (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).....	69
Tabla 9.	Espectro trófico de los organismos juveniles del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en Punta Belcher, expresado en valores porcentuales de los métodos Numérico (%N), Gravimétrico (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).....	70
Tabla 10.	Espectro trófico de los organismos adultos del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en Punta Belcher, expresado en valores porcentuales de los métodos Numérico (%N), Gravimétrico (%W), Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).....	71
Tabla 11.	Valores de los Índices Ecológicos cuantificados en la dieta del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> , en ambas áreas de estudio.....	72

Tabla 12.	Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de músculo del tiburón piloto <i>Carcharhinus falciformis</i> de Punta Belcher, B. C. S.....	73
------------------	---	----

GLOSARIO

Amplitud de nicho: Selección de la dieta con respecto a un número potencial de tipos alimenticios.

Competencia: Demanda simultánea por dos o más organismos ó especies hacia un recurso que es común, esencial y está limitado.

δ Delta: Diferencias de las abundancias naturales de ^{15}N u otro isótopo. El valor de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ es una medida de la abundancia relativa de ^{15}N y ^{13}C respectivamente, a un material referenciado. δ es expresada en unidades de ‰, per mil (latin *per mille*).

Depredador: Organismo que mata a otro para alimentarse de él.

Depredador tope: Organismo que está en el ápice de la cadena alimenticia, se encuentra interactuando con los organismos que están en niveles tróficos inferiores y que son sus presas. Su nivel trófico es el 4.

Diversidad de especies: Número de especies que se encuentran en un determinado hábitat.

Especialista: Organismo que tiene una dieta restringida a un reducido número de especies.

Generalista: Organismo que presenta una dieta amplia, es decir, su dieta está conformada por una gran diversidad de presas.

Hábitat: Área con determinadas características ambientales o comunitarias en las que se presentan las especies.

Longitud de la cadena alimenticia: Es el número de transmisiones de energía o nutrientes desde la base hasta el tope de la cadena alimenticia, es decir el número de presas que componen la cadena alimenticia del depredador.

Nicho: Papel de un organismo en su medio ambiente.

Nicho alimenticio ó Nicho trófico: Relación que tiene un organismo con todos los recursos alimenticios que se encuentran a su disposición.

Nivel Trófico: Posición en la que se encuentra un determinado organismo en la cadena trófica, dicha posición está clasificado por medio de la manera por la cual obtiene su energía.

Repartición del recurso: Táctica en la cual, el recurso (comida) es repartido en su totalidad y de manera eficiente por las especies que lo consumen.

Traslapamiento de la dieta: Utilización del mismo recurso alimenticio (presa) por dos o más especies como parte de su dieta.

RESUMEN.

Se analizó la composición de la dieta del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, en los campos pesqueros de Punta Lobos y Punta Belcher ubicados en la costa occidental de Baja California Sur durante las estaciones de verano y otoño del 2000 al 2002, debido a que este organismo solo se encuentra durante estas temporadas en la zona de estudio. Se revisaron un total de 263 estómagos de tiburón piloto, de los cuales 143 presentaron contenido estomacal (54.2%) y 120 estuvieron vacíos (45.8%). De los estómagos analizados, 50 fueron colectados en Punta Lobos (19 llenos y 31 vacíos) y 213 en Punta Belcher (123 llenos y 90 vacíos). Se encontraron tres grupos tróficos principales en ambas localidades: Cefalópodos, Crustáceos y Teleósteos. Aplicando el Índice de Importancia Relativa (%IIR) se encontró que en Punta Lobos el tiburón piloto se alimenta principalmente del calamar gigante *Dosidicus gigas* (%IIR=37.5), seguido por el pez dorado *Coryphaena equiselis* (%IIR=15.8); mientras que en Punta Belcher el mayor porcentaje lo presentó la langostilla *Pleuroncodes planipes* (%IIR=44.5), seguido por la macarela *Scomber japonicus* (%IIR=43.5). Aplicando el índice ecológico de amplitud de nicho trófico (Índice de Levin's), se observó que existen valores bajos de amplitud de nicho por sexo y tallas en machos de Punta Lobos (0.05 - 0.47); mientras que las hembras juveniles presentan valores altos de amplitud de nicho (0.66) con respecto a los machos juveniles (0.47), lo que podría deberse a una segregación por tallas y sexos que presentan los tiburones. En la zona de Punta Belcher los valores de amplitud de nicho trófico son bajos para todas las tallas y sexos (0.08 - 0.21), lo que indica que este tiburón es un depredador especialista debido básicamente al mayor consumo de langostilla, macarela y calamar gigante. Aplicando el índice de diversidad de presas (Shannon - Wiener) para todas las categorías tróficas, se observaron valores más bajos en Punta Belcher (0.85 - 1.22) que en Punta Lobos (0.50 - 1.6), debido al mayor consumo de presas de origen tropical. En el análisis de traslapamiento trófico (Morisita - Horn), se observa que existe un traslapamiento en la dieta entre ambas zonas de estudio alto (0.97). Asimismo, tanto entre sexos como estadios de desarrollo de machos de ambas localidades se observó un mayor traslapamiento (0.91 - 0.96), lo cual indica que consumen presas similares; sin embargo, las hembras juveniles y adultas de ambas localidades no presentan

traslapamiento trófico. Se calculó la contribución calórica de las tres presas principales que conforman la dieta del tiburón piloto, encontrando que el calamar gigante es la presa que aporta la mayor cantidad de calorías a la dieta. El análisis de isótopos estables de $\delta^{15}\text{N}$ (15.07 a 17.68) y $\delta^{13}\text{C}$ (-17.12 a -18.51), confirma que el tiburón piloto a largo plazo consume presas de origen oceánico. Asimismo se confirmó que en la costa occidental de Baja California Sur, el tiburón piloto presenta una cadena trófica corta, debido a que sus presas principales (*Scomber japonicus*, *Dosidicus gigas* y *Pleuroncodes planipes*) se alimentan de zooplancton o de presas zooplanctófagas.

ABSTRACT.

The trophic spectrum of the silky shark *Carcharhinus falciformis*, was analyzed in the fishing camps of Punta Lobos and Punta Belcher, in the western coast of Baja California Sur, during summer and fall 2000 – 2002. A total of 263 stomach contents were analyzed (143 with food and 120 empty). Fifty stomachs were collected in Punta Lobos (19 with food and 31 empty) and 213 in Punta Belcher (123 with food and 90 empty). The trophic spectrum of the silky shark was composed by three main food categories: Cephalopods, Crustaceans and Teleostean fishes. The quantitative analysis of IRI (Index of Relative Importance) show that in Punta Lobos the silky shark feed mainly on jumbo squid *Dosidicus gigas* (%IRI = 37.5), followed by dolphin fish *Coryphaena equiselis* (%IRI = 15.8); whereas in Punta Belcher, the main food was the red crab *Pleuroncodes planipes* (%IRI = 44.5), followed by jack mackerel *Scomber japonicus* (%IRI=43.5). According to the Levin's Index, the niche breadth of males and females and by size in males of silky shark in Punta Lobos is low (0.05-0.47), whereas the diet of female juveniles shown highest values (0.66) which indicate a probably spatial and seasonal segregation between sex and size of the silky shark. In Punta Belcher, the niche breadth were low by size and by sex (0.08-0.21), which means that the silky shark is a specialist predator because they consume mainly three prey: red crab, jack mackerel and jumbo squid. According to Shannon-Wiener Index values, all the trophic categories in Punta Belcher (0.85-1.22) had lower diversity than in Punta Lobos (0.50-1.6), because the silky shark feeds on tropical prey. The Morisita-Horn Index shown niche trophic overlap in the diet between the two areas analyzed, and between sex and males (0.91-0.96), which means that this categories are feeding on similar preys, whereas females juveniles and adults do not shown niche trophic overlap. In the caloric analyses of the main preys, the jumbo squid (*D. gigas*) was the first one that contributed with more calories to the diet of the silky shark. The stable isotope analysis of $\delta^{15}\text{N}$ (15.07 to 17.68) and $\delta^{13}\text{C}$ (-17.12 to 18.51) confirm that silky shark consume oceanic preys during long time. Also was confirmed that in the western coast of Baja California Sur, the silky shark feeds on preys that have short trophic chains, because their main prey (*Scomber japonicus*, *Dosidicus gigas* and *Pleuroncodes planipes*) feed on zooplankton or zooplanktivorous prey.

1. INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial existen alrededor de 375 - 478 especies de tiburones (Compagno, 1999), de las cuales, en aguas mexicanas se han registrado 80 especies (Applegate *et al.*, 1979). Alrededor de 45 especies habitan las aguas del Golfo de California (Galván *et al.*, 1989). Los géneros *Mustelus*, *Carcharhinus*, *Alopias*, *Sphyrna* y *Squatina* son capturados con mayor frecuencia en Baja California Sur (Villavicencio, 1996).

En general, los elasmobranquios han sido explotados en muchas partes del mundo, como fauna de acompañamiento por los barcos atuneros o de arrastre y se han desarrollado pesquerías dirigidas como especies objetivo. Estas pesquerías se han expandido de manera rápida y han aumentado su intensidad, por lo que algunas poblaciones de tiburones han sufrido colapsos o han disminuido en un periodo corto de tiempo (Anderson, 1990). Cuando esto ha ocurrido, se han observado alteraciones graves en las tasas de renovación natural de dichas poblaciones, algunas veces se han requerido décadas para alcanzar sus niveles anteriores (Pratt y Casey, 1990). Asimismo, muchos tiburones son depredadores tope de la cadena alimenticia marina, juegan un papel importante en los ecosistemas marinos, ya que regulan poblaciones con las que se encuentran interactuando (peces, invertebrados, reptiles, mamíferos y aves) y que están en niveles tróficos menores (Ellis *et al.*, 1996).

Durante la segunda guerra mundial, los tiburones adquirieron una gran importancia comercial ya que de ellos se obtenía vitamina A. Esta importancia comercial se tradujo en un aumento en la investigación científica sobre estos organismos, pero al lograrse la síntesis comercial de vitamina A, la explotación comercial hacia los tiburones se redujo. Para los años 80's los tiburones volvieron a adquirir interés comercial debido al auge del consumo de sus aletas por lo que la comunidad científica internacional volvió a enfocar sus esfuerzos en el conocimiento de los ciclos de vida y biología básica de las principales especies de interés económico.

El tiburón piloto, sedoso o aleta de cartón *Carcharhinus falciformis*, pertenece a la familia Carcharhinidae, que es una de las más importantes por su gran diversidad de especies, las cuales presentan amplia distribución geográfica en aguas tropicales y templadas. Siendo en aguas tropicales la familia dominante tanto por la abundancia de sus poblaciones como por la amplia diversidad de especies que presenta. La mayoría de las especies pertenecientes a esta familia, son marinas, aunque algunas presentan preferencias por arrecifes coralinos e islas oceánicas, también se les encuentra desde la costa hasta el borde de la plataforma continental, en el fondo y también en la zona epipelágica.

Carcharhinus falciformis (Anexo) es un organismo que se encuentra en aguas cálidas tropicales y subtropicales alrededor del mundo. Es una especie epipelágica que habita la plataforma continental e insular. Se le describe como un nadador rápido, activo y agresivo que se alimenta principalmente de peces tanto pelágicos como costeros, así como de calamares y cangrejos pelágicos (Compagno, 1984). Es capturado comúnmente por pescadores que operan con palangres flotantes, redes fijas al fondo y redes de enmalle flotantes ya que su carne se vende fresca o seca - salada para el consumo humano (Fischer *et al*, 1995). Es uno de los tiburones más abundantes en las capturas de la pesquería artesanal de las aguas del Pacífico mexicano y es explotado de manera comercial en ambos litorales (Bonfil, 1990), siendo una de las especies más importantes en la pesquería de los estados de Baja California Sur, Chiapas y Yucatán.

La relación depredador-presa en los ecosistemas marinos es de gran importancia, ya que regula las poblaciones de los organismos que conforman las cadenas alimenticias, asimismo, contribuye en la distribución y abundancia de la población de presas (Krebs, 1985). Los tiburones son uno de los grupos más abundantes de depredadores en el mar, que habitan todos los océanos del mundo (Gruber, 1977; Gruber y Myrberg, 1977), sin embargo la información biológica con respecto a sus dietas es escasa (Cortés, 1999) por ello en el presente análisis se pretende determinar los hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, con el fin de aportar

información de su biología básica, que aporte elementos para determinar el papel que juega este importante depredador en el intercambio de energía entre los niveles tróficos inferiores del ambiente marino. Pauly *et al.* (1998) señala que si los tiburones son removidos de la cadena trófica, se causará un efecto en cadena que afectará la estabilidad del ecosistema marino.

Cabe resaltar que no existe ningún trabajo que aborde los aspectos alimenticios de esta especie en la costa occidental de Baja California Sur, de ahí la relevancia del presente estudio.

2. ANTECEDENTES.

Los estudios sobre la biología básica de los tiburones son escasos y el tiburón piloto no es la excepción. Los estudios que se han hecho con respecto a su biología en general, se han realizado debido a la presencia común de este organismo como fauna de acompañamiento en las pesquerías de altura como la del atún. Por lo mismo es frecuente que en los reportes que elabora la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), se encuentra información cuantitativa de esta especie. Au (1991), describe las agregaciones poliespecíficas que se encuentran con los atunes, entre estos organismos los tiburones figuran con un 90% de aparición, siendo de 25.2 % el valor de aparición del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, encontrándose en las redes de uno a 500 organismos por lance. Litvinov (1993) y Timokhin y Korkosh (1993) reportan que en la pesquería de atún la fauna incidental está compuesta aproximadamente en el 5-20% de tiburones, siendo *C. falciformis* una de las especies más representativas.

En la bibliografía destacan trabajos que abordan aspectos reproductivos. Los primeros trabajos con respecto a este tema están limitados a pocas observaciones en el campo (Strasburg, 1958; Springer, 1960; Bane, 1966; Bass *et al*, 1973; Stevens, 1984 y Branstetter, 1987). El trabajo de Gilbert y Schlernitzauer (1966), es muy importante, ya que reportan que el tiburón piloto es una especie vivípara y determinaron cuales son las capas que intervienen entre el feto y la madre. También observaron que el ovario derecho es funcional y que posiblemente el tejido materno y el del feto hacen interdigitación en un periodo de gestación temprano. De manera más reciente Branstetter (1987), Villatoro y Rivera (1994), Ronquillo (1999) y Cadena (2000) describen la biología reproductiva de este organismo en el noroeste del Golfo de México, en El Salvador, en el Golfo de Tehuantepec y en el Golfo de California, respectivamente.

Con respecto a la determinación de la edad y crecimiento de esta especie, Branstetter y McEachran (1986), encontraron que *C. falciformis* tiene un periodo de gestación de 12 meses, la relación de hembras y machos fue de 2:1 y mencionan que los machos maduran a menor talla que las hembras. Bonfil *et al.* (1993), estimaron los parámetros de edad y crecimiento para el tiburón piloto en poblaciones de la Península de Yucatán, encontrando que la edad máxima de las hembras es de 22 años y de los machos de 20 años.

También se han hecho trabajos de taxonomía, Castro-Aguirre (1965 y 1969) en donde menciona características para la determinación de la especie. Garrick *et al.* (1964) estudiaron a *C. falciformis* y a *C. floridanus*, encontrando que ambas especies nominales eran simplemente estadios diferentes de crecimiento de la misma especie, por lo tanto se concluyó que *C. floridanus* es una sinonimia de *C. falciformis*.

Applegate *et al.* (1979) proporciona información biológica sobre las principales especies de tiburones que habitan en las aguas de México y entre las cuales se encuentra el tiburón piloto.

Con respecto a las pesquerías de esta especie en México, Bonfil (1987) describe la composición de la pesquería de tiburón y cazón de Yucatán, encontrando que *C. falciformis* es una de las especies más importantes que se pesca a tallas de entre los 60 – 120 cm. Bonfil *et al.* (1988) hicieron una revisión general de las poblaciones de tiburones que habitan las costas de Yucatán por medio de la determinación de las relaciones morfométricas, ciclos de vida y distribución geográfica, encontrando que *C. falciformis* es una de las especies más importantes en dicha área. Bonfil (1990) determina datos merísticos y de la estructura poblacional de las especies más importantes en la pesquería de Yucatán. Sierra (1995), hizo un análisis de la pesquería de tiburón en Puerto Madero, Chiapas, encontrando que la captura está constituida principalmente por tiburones grandes, entre los cuales destaca el tiburón piloto. Castillo-Géniz *et al.* (1997), evaluó el estado actual de las poblaciones de tiburones que son explotadas comercialmente en el Golfo de Tehuantepec durante

1996 y 1997, encontrando que *C. falciformis* es una de las especies que se capturan con mayor intensidad. Del Rosario (1998) en las costas del Océano Pacífico para Guatemala, encuentra que *C. falciformis* representó el 78% de las capturas en esta zona, la talla promedio fue de 127 cm. de longitud total por lo tanto se consideraron organismos inmaduros los que presentaron su mayor abundancia durante los meses de agosto y septiembre. Ronquillo (1999) estimó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) con el fin de utilizarlo como índice de abundancia mensual, también describe la composición de sexos de las capturas, mayores abundancias, longitudes de tallas que componen las capturas. Describe la flota pesquera artesanal que opera en Puerto Madero, Chiapas.

Kato y Hernández (1967), realizaron marcaje de tiburones en las aguas del Pacífico Oriental y reportan que *C. falciformis* era una especie muy abundante alrededor de las Islas Revillagigedo. Campos *et al.* (1993) reportó la abundancia de tiburones pelágicos en el Océano Pacífico de Costa Rica, encontrando que *C. falciformis* es muy importante en la pesquería de dicho país.

En cuanto a bioquímica de elasmobranquios, Morris *et al.* (1983), reportaron que los tiburones tienen un requerimiento muy específico de esteroides, en contraposición con muchos peces que no los requieren, por lo que estos autores mencionan que los tiburones son más similares a las clases de vertebrados terrestres que a los peces óseos, una de las especies utilizadas en el trabajo fue *C. falciformis*.

Zeiske *et al.* (1987), describieron la morfología funcional del órgano olfatorio de *C. falciformis*.

Con respecto a los hábitos alimenticios del tiburón piloto y como ya se mencionó anteriormente, son pocos los trabajos que se encuentran en la literatura a nivel mundial. Cabe señalar, que fuera de México no se ha publicado ningún trabajo asociado a estudios de alimentación de esta especie de tiburón. En México, únicamente hay tres trabajos:

Marín (1992), analizó el contenido estomacal de tiburones pertenecientes a 6 órdenes, 10 familias, 15 géneros y 27 especies en Tamaulipas y Veracruz. Del tiburón piloto revisó 7 contenidos estomacales, encontrando como categoría alimenticia principal a los peces óseos. Entre estos incluía la carnada de las cimbras y sólo se identificó al pez *Sphyraena barracuda*, por lo tanto afirma que el tiburón piloto se alimenta de presas epipelágicas, encontrando en su dieta atunes, macarelas y calamares.

Cabrera (2000), colectó estómagos de este tiburón en Puerto Madero, Chiapas. Analizó 34 estómagos de *Carcharhinus falciformis*, cuya presa principal fue el cangrejo *Portunus xantusii affinis*, encontrando también carnada de las cimbras. Debido a que este cangrejo epipelágico constituyó la mayor parte de la dieta de este organismo, se le clasificó como especialista.

El único antecedente para la zona de Baja California Sur es el de Galván *et al.* (1989), los cuales analizaron los contenidos estomacales de 11 especies de tiburones que se capturan en las cercanías a Isla Cerralvo, localizada en el Golfo de California. Estos autores encontraron que el tiburón piloto se alimenta principalmente de la langostilla *Pleuroncodes planipes*, así como de peces y crustáceos bentónicos.

3. JUSTIFICACIÓN.

A nivel mundial se ha registrado una disminución de las capturas de tiburones, lo cual en parte se debe a la degradación de sus hábitats, fenómenos climáticos (El Niño, la Niña), contaminación marina y sobrepesca, ya que se les explota durante todo su ciclo de vida, los pequeños se capturan en la pesca ribereña; mientras que los juveniles y adultos son capturados ya que existen pesquerías dirigidas como especies objetivo, tanto en la costa como en alta mar. Asimismo el descarte de un gran número de tiburones de diferentes especies realizado por los barcos atuneros y por los barcos arrastreros que operan en el Océano Pacífico oriental (IATTC, 1998), está ocasionando una grave perturbación ecológica que no ha sido evaluada, pero que podría estar contribuyendo a la disminución de estos importantes depredadores. Ambas situaciones, han preocupado a investigadores y pescadores sobre el futuro de las pesquerías, por ello en 1994, la convención sobre comercio Internacional de especies en peligro (CITES) aprobó una resolución solicitando que tanto la FAO (Food and Agricultural Organization) como otras organizaciones internacionales pesqueras, propusieran y establecieran programas para coleccionar la información necesaria sobre captura y esfuerzo para evaluar el estado actual que guardan las poblaciones de tiburones en el mundo (Castro *et al.*, 1999).

Las pesquerías históricas sobre tiburones no han alcanzado a ser sustentables ya que se ha visto que estas han presentado una rápida disminución de las tasas de captura ocasionando en algunos casos el colapso total de dichas pesquerías (Holden, 1974). Esto se debe a que los tiburones tienen un potencial reproductivo bajo, tasas de crecimiento lentas y una madurez sexual tardía; las hembras son poco fecundas y su periodo de gestación es largo, lo cual los sitúa dentro de la estrategia de vida K (Stevens *et al.*, 2000).

En México, uno de los problemas principales para la toma de decisiones sobre el manejo de la pesquería de tiburones es la falta de información biológica suficiente y confiable (Applegate *et al.*, 1993), que sustente las medidas de regulación y conservación de estos depredadores. En el caso de México, destaca la ausencia de datos históricos y recientes de las estadísticas de captura y esfuerzo pesquero, esenciales para toda evaluación pesquera que permitiera poder estimar las abundancias y sus posibles fluctuaciones (Instituto Nacional de la Pesca, 2001).

En general, la información de la biología básica de los elasmobranquios a nivel mundial es escasa (Wetherbee *et al.*, 1990). Parte de los estudios publicados, son los que describen los hábitos alimenticios y espectro trófico. Con respecto a este tema, destacan las listas de presas que han sido observadas en los estómagos de los tiburones (Clark y von Schmidt, 1965), siendo pocos los trabajos que cuantifican a las presas y aún menos los que estiman la cantidad de comida que es consumida por el organismo (Cortés, 1999). Asimismo, hay pocas descripciones del comportamiento alimenticio o de patrones de selectividad de presas de los depredadores y falta información con respecto a los procesos digestivos y/o del uso de la energía para los procesos metabólicos (Wetherbee *et al.*, 1990). La importancia de estos estudios radica en que recientemente se ha incrementado el interés en modelos que evalúen las poblaciones, desde el punto de vista de la depredación y competencia, incluyendo biomasa y composición de especies en un ecosistema (ECOPATH) (Gulland, 1983). Modelos de este tipo requieren, entre otros datos, información concerniente al tipo y cantidad de alimento consumido por los depredadores (Cohen *et al.*, 1981).

Son escasos los conocimientos biológico-pesqueros de los tiburones en México, lo cual dificulta el planteamiento de una estrategia de explotación y manejo o de conservación. Por lo tanto es urgente realizar investigaciones para conocer los aspectos biológicos de las especies de tiburón presentes en la costa occidental de Baja California Sur. El tiburón piloto realiza migraciones hacia Baja California Sur en verano y otoño, procedente del Sur; pero no se conoce si estas migraciones son para alimentación o de reproducción, por ello el presente estudio evaluará la abundancia de las presas consumidas por este tiburón durante su permanencia en Baja California Sur.

4. OBJETIVO GENERAL.

Describir los hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, en dos áreas de la costa occidental de Baja California Sur.

4.1 OBJETIVOS PARTICULARES.

- a. Conocer la composición específica del espectro trófico de *Carcharhinus falciformis*, en Punta Lobos y en Punta Belcher.
- b. Determinar la amplitud del nicho trófico del tiburón piloto por intervalos de tallas y sexos.
- c. Analizar el traslapamiento trófico de la dieta de *C. falciformis*, por intervalos de tallas y sexos.
- d. Analizar las variaciones espaciales en la dieta del tiburón piloto.
- e. Determinar la diversidad trófica en las áreas de alimentación del tiburón piloto.
- f. Determinar el aporte energético (calorías) de las presas principales del tiburón piloto.
- g. Reconocer el origen del alimento a largo plazo del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* por medio del análisis isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.

5. ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio seleccionada fue la costa occidental de Baja California Sur específicamente los campamentos pesqueros de Punta Lobos y Punta Belcher, que se encuentran localizados entre los paralelos 23° 25' latitud norte, 110° 14' longitud oeste y 24° 34' latitud norte y 112° 05' longitud oeste, respectivamente (Fig. 1).

Según el sistema de clasificación de climas de Köppen, la Península de Baja California Sur, presenta un clima cálido y seco, en su mayor parte es árida o semi árida, presentándose las mayores precipitaciones en los extremos norte y sur (Rueda, 1983).

El balance de lluvias a lo largo de la península es desigual y se encuentra caracterizado por presentar inundaciones, sequías y escasez de agua en primavera y otoño. Esta escasez de agua en la costa del Pacífico varía, alcanzando en Bahía Magdalena 910 mm y en San José del Cabo 890 mm (Wright *et al.*, 1973).

La costa occidental de la Península está directamente expuesta al régimen de alta energía del Océano Pacífico. Los vientos constantes tienen dirección del noroeste de mayo a octubre y durante los meses de noviembre a febrero provienen del sureste. A lo largo de la costa de Baja California, los vientos que vienen del norte y del noroeste son de gran importancia ya que mueven las aguas de manera paralela a la costa y con la influencia que ejerce la rotación de la tierra, las aguas superficiales se dirigen hacia la zona oceánica, las cuales se reemplazan por aguas frías y de mayor salinidad que provienen de profundidades de aproximadamente 200 m., dando como resultado surgencias, las cuales tienen efectos importantes en el ecosistema, ya que aportan nutrientes a la capa superficial quedando disponibles para la producción orgánica primaria (Rueda, 1983).

La masa de agua que se encuentra frente a la costa de Baja California, está incluida en el Círculo del Pacífico Norte, la cual fluye hacia el Sur (Sverdrup *et al.*, 1942). Esta masa de agua se encuentra bajo la influencia de dos sistemas de corrientes: la corriente de California y la corriente Norecuatorial, la primera se dirige hacia el sur y sigue una dirección paralela hacia la costa hasta llegar casi al extremo de la península de Baja California. La segunda transporta aguas de origen tropical que están caracterizadas por presentar valores altos de temperatura y salinidad, así como niveles bajos de oxígeno disuelto (Sverdrup *et al.*, 1942). Frente a la costa occidental de la península de Baja California, las características de la corriente de California predominan en toda la zona, presentando una salinidad promedio de 34.6 ‰ y una temperatura promedio de 20 °C; sin embargo, cerca de la costa, estas características se alteran en respuesta a los eventos de surgencias y contraflujos (Gómez y Vélez, 1982).

Las mareas a lo largo de la costa del Océano Pacífico son de tipo mixto. La onda se propaga de la costa sur hacia el noroeste por lo que durante el flujo la corriente de marea se dirige hacia el norte y el reflujo hacia el sur, siendo estas corrientes rotatorias en la plataforma continental (Salinas, 1987).

6. MATERIAL Y MÉTODOS.

6.1 Trabajo de Campo.

Los muestreos se realizaron mensualmente en los campos pesqueros de Punta Belcher y semanalmente en Punta Lobos (debido a la cercanía que presenta este campo pesquero a la ciudad de La Paz), ambos ubicados en la Costa Occidental de Baja California Sur.

Las artes de pesca empleadas para la pesca de tiburón en Punta Lobos, fueron principalmente palangres constituidos por una línea principal de aproximadamente 2.10 Km., con una serie de reinales que presentaban 17 m de distancia entre sí; los anzuelos utilizados fueron número 4. Los palangres fueron colocados a una distancia de 15 – 35 millas de la costa y la carnada utilizada fueron peces como el dorado, pierna, diablo y conejo. En Punta Belcher, los tiburones fueron generalmente capturados con redes de enmalle a la deriva y palangres de superficie. Las dimensiones de la red fueron de aproximadamente 200 m de largo por 25 m de caída con luz de malla de 10 – 12 pulgadas. Estas fueron colocadas a una distancia de la costa de 30 – 80 millas y la carnada utilizada fue marlín, dorado, atún, barrilete y macarela.

Se registraron los siguientes datos de los tiburones piloto: Longitud total (desde la punta del hocico hasta la punta final del lóbulo superior de la aleta caudal en posición natural), localidad de colecta, método de colecta, tipo de carnada utilizada, sexo y estadio de desarrollo. Para esto último se definió previamente que los **neonatos**: fueron los tiburones que presentaron cicatriz umbilical sangrante, los **juveniles**: fueron los tiburones que no habían madurado aún, su talla siempre fue menor a los 180 cm. (Hoyos-Padilla, *pers com*) y los **adultos**: eran los tiburones que presentaban longitudes mayores a los 180 cm. y que presentaron las siguientes características, los machos tenían sus gonopterigios (órganos copulatorios) bien calcificados, estos rotaban fácilmente, el rifidón era expandible y podían presentar moretones en los gonopterigios los cuales eran evidencia de una cópula reciente, en cuanto a las hembras estas presentaron ovocitos en desarrollo, huevos o

embriones en el útero así como marcas de dientes en las aletas dorsal y pectorales, las cuales son marcas de cortejo.

Posteriormente los tiburones se disectaron por la cavidad abdominal y se extrajo el estómago. El contenido estomacal fue almacenado en bolsas de plástico y fijado con formol al 10% o congelado, para su traslado a la ciudad de La Paz, B.C.S.

6.2 Trabajo de Laboratorio (Espectro Trófico).

El trabajo de laboratorio, se realizó en el Laboratorio de Ecología de Peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas en la ciudad de La Paz, B.C.S. Cada presa fue identificada hasta el taxón más bajo posible. En el caso de los peces, se utilizó su morfología externa, esqueleto axial y/o apendicular, utilizando las claves y trabajos de Clothier (1950), Miller y Jorgensen (1973) y Monod (1968) para el conteo de las vértebras, debido a que estos organismos presentaron un alto grado de digestión. Asimismo se utilizó la colección de esqueletos de peces del Laboratorio de Ecología de Peces de CICIMAR. Para los peces que presentaron un estado de digestión mínimo, se usaron las claves y descripciones de Miller y Lea (1972), Thomson *et al.* (1979), Allen y Robertson (1994) y Fischer *et al.* (1995). Los crustáceos se identificaron por medio de sus exoesqueletos utilizando las claves de Garth y Stephenson (1966), Brusca (1980) y Fischer *et al.* (1995). En los cefalópodos, debido a la rápida digestión de las partes blandas de su cuerpo, la única estructura reconocible es el aparato mandibular comúnmente conocido como “pico”, es una estructura que sirve para la identificación. Para este grupo en particular se emplearon las claves para la identificación de picos de cefalópodos de Wolff (1982, 1984) y Clarke (1962, 1986) así como la colección de picos del Laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR.

El estado de digestión de las presas fue estimado de la siguiente manera: **1) Fresco:** presas que se podían identificar ya que su estado de digestión no estaba avanzado. Eran presas completas que en su mayoría tenían la piel y sus características morfológicas externas intactas; algunas veces

Se encontraron en pedazos, pero identificables. **2)** Intermedio: se encontraba a los organismos sin sus características morfológicas externas (piel y aletas), pero con presencia de músculo con el esqueleto completo. **3)** Avanzado: se encontraba únicamente el esqueleto sin músculo o los exoesqueletos de crustáceos y por último **4)** Digerido: se encontraban partes aisladas tanto de los esqueletos como los exoesqueletos, también picos de calamares y restos de crustáceos.

6.3 Trabajo de Gabinete.

Se construyeron curvas acumulativas de especies-presas con respecto al número de estómagos con alimento, con el fin de determinar el número adecuado de estómagos (Caillet *et al.*, 1986).

6.3.1 Composición Cuantitativa de la Dieta.

Debido a que los cefalópodos presentan una musculatura blanda, son presas de rápida digestión, por lo cual su identificación se realiza por medio de su aparato mandibular o pico, que en la mayoría de las veces es el pico inferior, que es el que se encuentra con mayor frecuencia. Por este inconveniente los datos gravimétricos se encuentran sesgados, ya que el peso del pico no es similar al peso de todo el organismo. Por ello se utilizó el trabajo de Wolff (1984), el cual registra algunas medidas de la mandíbula (longitud del rostro (LR) y la longitud del ala (WL)), con el fin de retrocalcular la longitud del manto y el peso de los calamares. Esta medida fue utilizada tanto para el pico inferior como para el superior, aunque en este estudio sólo se utilizó el pico inferior para realizar el retrocálculo, debido a que esta estructura se encontró en todas las muestras analizadas. Asimismo esta medida puede seguirse registrando aunque el pico se encuentre en estado de digestión avanzado o muy dañado.

Para el calamar gigante *Dosidicus gigas*, las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

$$\text{Longitud del Manto: } ML = 68.0 + WL (207.7)$$

$$\text{Peso: } \ln Wt = 7.4 + \ln RL (2.48)$$

La composición cuantitativa de la dieta fue analizada usando los siguientes métodos o índices: de Frecuencia de Ocurrencia (%FO), Numérico (%N) y Gravimétrico (%W) (Hyslop, 1980), que fueron incorporados en el Índice de Importancia Relativa (Pinkas *et al.*, 1971). Cada método de análisis aplicado en el estudio, muestra las categorías importantes en la dieta, de acuerdo a los atributos que este posea (Hyslop, 1980).

Método de Frecuencia de Ocurrencia.- Registra la frecuencia de una presa determinada en los estómagos con alimento. Las ventajas de este método, son las siguientes: requiere de poco tiempo, asimismo, las presas se identifican hasta el taxón más bajo posible, pero posee ciertas desventajas, entre las cuales se encuentra la poca información que se obtiene con respecto a la cantidad de cada alimento presente en el contenido estomacal. Por lo tanto, provee de un análisis cualitativo y da una idea general del espectro alimenticio del organismo (Hyslop, 1980).

Método Numérico.- Registra el número de individuos de cada categoría alimenticia (especie) presente en cada estómago (Hyslop, 1980). Si las categorías alimenticias, se encuentran en un estado de digestión avanzado, el número de peces fue registrado con base a sus restos, el número de crustáceos máximo se basó en el número pareado de ojos, quelas o tórax (impar) (Talent, 1976); para los cefalópodos se contaron el número pareado de picos superiores e inferiores.

Este método posee como ventajas que es sencillo, su tiempo de análisis es reducido y las presas son identificadas también hasta el taxón más bajo posible. Las desventajas de este método son las siguientes: proporciona una separación por importancia, ya que enfatiza la importancia de las presas pequeñas en números grandes, la precisión de este método depende mucho del estado de digestión en el que se encuentren las presas, ya que quizá se podría estar subestimado o sobre

estimado la muestra, por lo que sería conveniente contar únicamente las partes de las presas que puedan ser totalmente identificadas. Este método es efectivo para alimentos que se encuentran como unidades discretas en el contenido estomacal.

Método Gravimétrico.- Se aplicó para conocer la importancia en peso de las presas, ya sea peso seco o húmedo (Hyslop, 1980). Se utilizó el peso húmedo, por lo que las categorías alimenticias fueron pesadas en una balanza gravimétrica. Por lo general, en estudios para conocer el espectro trófico de un organismo, el peso que se emplea es el hidratado, ya que generalmente se tienen un mayor número de muestras y es difícil, consume mucho tiempo y se necesita de equipo especializado para transformarlo a peso seco. Sin embargo, el peso hidratado posee cierto grado de error cuando el material se encuentra preservado con formol, ya que se incrementa el peso de la presa (Parker, 1963). Esta metodología favorece a las presas grandes que tardan más en ser digeridas que a las pequeñas. La estimación de peso seco se emplea cuando se requiere saber la entrada de energía (calorías) al organismo. Este último es ampliamente utilizado en peces planctófagos porque existe un margen de error bajo (Hyslop, 1980).

Debido a que los tres índices antes mencionados dan como resultado diferentes apreciaciones de los hábitos alimenticios de los organismos estudiados, se aplicaron gráficas tridimensionales propuestas por Cortés (1997), para obtener la mejor interpretación de los datos y observar el grado de dominancia que presenta una presa en particular en cada uno de los índices cuantificados (Olson y Galván, 2002).

Índice de Importancia Relativa.- Este índice describe la importancia de cada una de las presas en la dieta del tiburón piloto, ya que incorpora la biomasa, cantidad y aparición de cada presa en una sola medición (Pinkas *et al.*, 1971), su formulación es la siguiente:

$$IIR = (\%N + \%W) * \%FO$$

Donde: % N = % de número

% W = % de peso

% FO = % de frecuencia de ocurrencia.

Posteriormente esta fórmula fue transformada siguiendo a Cortés (1997), para obtener los valores en porcentajes y así facilitar las comparaciones:

$$\% IIR_i = 100 \frac{IIR_i}{\sum_{i=1}^n IIR_i}$$

Generalmente los estudios que incluyen análisis de dietas, aplican índices como los ya anteriormente mencionados. Otros estudios no reportan el IIR ni la frecuencia de ocurrencia de cada presa ya que se necesita llegar a niveles taxonómicos muy bajos, lo que complica e impide comparaciones entre dietas y a su vez entre diferentes especies (Cortés, 1997).

6.3.2 Índices Ecológicos.

La amplitud del nicho trófico fue calculada utilizando el índice de Levin's (Krebs, 1985), el cual se calcula de la siguiente forma:

$$B_i = 1 / n-1 \{ (1 / \sum P_{ij}^2) - 1 \}$$

Donde ***B_i*** = Índice de Levin's para el depredador

P_{ij} = proporción de cada una de las presas que conforman la dieta del depredador

n = numero total de presas

Los valores de este índice, están comprendidos de 0 a 1. Valores menores a 0.6 indican que la dieta está dominada por pocas presas; por lo tanto sería un depredador especialista, y valores mayores a 0.6 indican dietas de depredadores generalistas (Labropoulou y Eleftheriou, 1997).

Con el fin de describir la variación espacial en la diversidad del espectro trófico del tiburón piloto, se empleó el índice de diversidad de Shannon – Wiener (Labropoulou y Eleftheriou, 1997), que presenta la siguiente formulación:

$$H' = - \sum_{j=1}^s P_j \ln P_j$$

Donde **H'** = Índice de Shannon – Wiener

S = número total de presas identificadas

P_j = proporción de cada una de las presas que conforman la dieta del depredador.

n = número total de presas

Este índice presenta un intervalo de valores que van de 0 a 6. Valores menores a 3, indican una dieta poco diversa, que es dominada por pocas especies, en cambio, valores mayores a 3, indican una dieta dominada por varias especies.

Para analizar el traslapamiento trófico entre sexos y tallas, se utilizó el índice de Morisita-Horn (Horn 1966; Smith y Zaret 1982), el cual presenta la siguiente formulación:

$$C\lambda = 2 \sum_{i=1}^n (P_{xi} * P_{yi}) / (\sum_{i=1}^n P_{xi}^2 + \sum_{i=1}^n P_{yi}^2)$$

Donde **Cλ** = Índice de Morisita-Horn entre sexos o tallas de x, y entre sexo o talla de y

P_{xi} = proporción de cada una de las presas que conforman la dieta del depredador y que son usados por los sexos (hembras) o tallas (juveniles).

P_{yi} = proporción de cada una de las presas que conforman la dieta usados entre sexos (machos) o tallas (adultos).

n = numero total de presas.

Los valores de $C\lambda$, van de 0 a 1. Se utilizó la escala propuesta por Langton (1982, en Wetherbee *et al.*, 1996), en donde define que valores de 0 – 0.29 indican traslapamiento bajo, de 0.30 – 0.59 el traslapamiento es medio y valores mayores a 0.60 indican traslapamiento alto. Cuando los valores llegan a 1 todos los elementos se encuentran en igual abundancia en la dieta de ambos depredadores, por lo tanto, hay un traslapamiento total.

6.3.3 Contenido Energético.

Se calcularon las calorías con las que contribuyen las tres presas principales del tiburón piloto (la langostilla *Pleuroncodes planipes*, la macarela *Scomber japonicus* y el calamar gigante *Dosidicus gigas*), utilizando los valores obtenidos por Abitia *et al.* (1997). Estos valores fueron calculados multiplicando las calorías/g de peso húmedo de cada presa por la suma de su contribución total (peso) en la dieta del tiburón piloto.

6.3.4 Isótopos estables de Carbono ($^{13}\text{C} / ^{12}\text{C} = \delta^{13}\text{C}$) y Nitrógeno ($^{15}\text{N} / ^{14}\text{N} = \delta^{15}\text{N}$).

La metodología de isótopos estables de C y N se ha utilizado para estimar el flujo de energía a través de las cadenas alimenticias marinas (Rau *et al.*, 1983). Este análisis implica cuantificar el enriquecimiento del isótopo más pesado sobre el más ligero de C y N a través de la dieta (Peterson y Fry, 1987) del organismo al cual se esté estudiando.

Los isótopos de C y N aportan información de la dieta a largo plazo (3 meses) y permiten conocer el origen de las presas que consume un depredador.

El enriquecimiento de los isótopos estables en el organismo, depende de las tasas anabólicas y catabólicas diferenciales propias del individuo y del tejido que se está utilizando (De Niro y Epstein, 1978, Owens, 1987). Existe un fraccionamiento dado por las transformaciones biológicas del organismo y de las diferencias en el peso atómico del isótopo más pesado con

respecto al ligero. El resultado de dichas diferencias genera señales que son incorporadas dentro de los consumidores al asimilar la materia orgánica (Peterson and Fry, 1987, Fry, 1988). De esta manera, el tejido de los consumidores está enriquecido de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ comparado con la composición de su dieta (Owens, 1987). Estas diferencias se reflejan entre cada paso de la cadena trófica, y se calcula de 3 a 4 ‰ para ^{15}N y de 1.5 ‰ para ^{13}C (De Niro & Epstein, 1978 y 1981).

Tratamiento del material de laboratorio en el análisis isotópico.

Las muestras estuvieron constituidas por músculo del área dorsal de 20 tiburones, 11 machos y 9 hembras en diferentes estadios de desarrollo de la localidad de Punta Belcher, las cuales fueron almacenadas congeladas. Para evitar su contaminación, se les trató previamente con diclorometano (CH_2Cl_2) al 99.8 %; posteriormente, se colocó en el equipo de ultrasonido por 30 minutos a temperatura ambiente. Este procedimiento se repitió con solvente nuevo por otros 15 minutos. Al terminar, se enjuagó la muestra dos veces con agua y se le agregó mezcla crómica. La muestra se dejó en estas condiciones 24 horas, posteriormente se enjuagó con agua corriente y destilada. La muestra se secó en el horno a 60°C y posteriormente en la mufla a 400°C por 4 horas.

Análisis isotópico.

El tejido se liofilizó a una temperatura de $-46\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una presión de 24 a 27 $\times 10^{-3}\text{MBAR}$ (LABCONCO). Se ha demostrado que los lípidos están disminuidos de ^{13}C (Tieszen *et al.*, 1983), por lo que fueron extraídos de los tejidos con una mezcla cloroformo-metanol (1:1) en viales previamente tratados y se colocaron en equipo de ultrasonido (5210 BRANSON) por 20 minutos a temperatura ambiente. Este procedimiento se repitió cuatro veces para eliminar todos los lípidos posibles.

Posteriormente, la muestra se colocó en un desecador a temperatura ambiente y se homogenizó y pulverizó con un mortero de ágata bajo campana de flujo laminar, evitando cualquier contaminación de carbono. Este proceso se llevó a cabo en la Unidad Pichilingue de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

En el Laboratorio de Química Marina de CICIMAR, se pesó en una microcápsula de estaño 0.001 mg de la muestra pulverizada en una balanza analítica (precisión de 0.0001 g). Las muestras fueron enviadas a la Universidad California, Davis (E.U.A.), para su análisis en el espectrómetro de masas, con el fin de cuantificar $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.

7. RESULTADOS.

Las muestras del presente estudio se obtuvieron durante las estaciones de verano y otoño del 2000, 2001 y 2002, debido a que el tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* presenta una estacionalidad, capturándose durante los meses de junio a noviembre.

La estructura de tallas de las capturas estuvo conformada por una talla mínima de 100 cm. alcanzando talla máxima de 228 cm. El intervalo de tallas en las hembras estuvo comprendido entre los 100 - 228 cm, mientras que el intervalo de los machos fue de 142 – 220 cm. (Fig. 2).

Se analizaron un total de 263 estómagos de tiburón piloto, de los cuales, 143 presentaron contenido estomacal (54.2%) y 120 estuvieron vacíos (45.8%). De los 263 estómagos analizados, 50 fueron colectados en Punta Lobos, de estos 19 estómagos estuvieron llenos y 31 vacíos. En Punta Belcher se colectaron 213 estómagos, de los cuales 123 estómagos estuvieron llenos y 90 vacíos.

	Punta Belcher	Punta Lobos
No. de estómagos	213	50
Con contenido	123	19
Sin contenido	90	31
Hembras	76	12
Machos	47	7
Juveniles	36	5
Adultos	87	14

A partir del trabajo taxonómico se identificaron un total de 23 tipos presa, de los cuales 6 fueron cefalópodos, un crustáceo y 16 peces.

7.1 ESPECTRO TRÓFICO.

7.1.1 Punta Lobos.

Se identificaron un total de 19 tipos presa, los cuales fueron agrupados en 3 categorías alimenticias principales: Cefalópodos, Crustáceos y Peces.

La curva acumulativa para esta área de estudio, no presentó la asintota esperada, por lo que el número de estómagos colectados no fue el suficiente para la descripción de la dieta del tiburón piloto en esta área (Fig. 3).

El contenido estomacal de los tiburones pesó en total 4, 767.7 gramos, de los cuales los peces aportaron 50.8%, los cefalópodos 44.1% y los crustáceos 5.1%. La presa que obtuvo el valor mayor en el índice gravimétrico fue el calamar gigante *Dosidicus gigas* (%W = 42.7) (Tabla 1, Fig. 5).

Aplicando el método numérico, se cuantificaron 140 organismos, de los cuales los crustáceos aportaron el 69.3%, los cefalópodos el 16.4% y los peces el 14.3%. La presa que presentó la mayor importancia en el índice numérico fue la langostilla *Pleuroncodes planipes* (%N = 69.7). Esta, también fue la presa más frecuente (%FO = 57.8) (Tabla 1, Fig. 5).

Con respecto al Índice de Importancia Relativa, la presa más importante fue la langostilla (%IIR = 83.1) (Fig. 6).

La alimentación de las hembras de esta zona, estuvo conformada por diferentes organismos, siendo la langostilla *Pleuroncodes planipes* la presa principal con respecto al índice numérico y al de frecuencia de ocurrencia (%N = 74.1, %FO = 50). El calamar gigante *Dosidicus gigas* fue la presa que aportó el valor mayor al índice gravimétrico (%W = 47.3) (Fig. 6). Aplicando el índice de importancia relativa la presa principal para esta categoría fue la langostilla (%IIR = 76.08) (Tabla 2). En cuanto a los machos, la langostilla también fue la presa dominante con respecto al índice numérico y de frecuencia de ocurrencia (%N = 62.9, %FO = 71.4) (Fig. 8), siendo *Auxis* spp. la presa más importante con respecto al índice gravimétrico (%W = 32.1). El Índice de Importancia Relativa señaló como presa más importante a la langostilla (%IIR = 77.4) (Tabla 3).

En cuanto a la alimentación en los diferentes estadios de desarrollo, se puede señalar que los juveniles consumen principalmente langostilla, con el mayor índice numérico y de frecuencia de ocurrencia (%N = 50, %FO = 60), mientras que el pez dorado *Coryphaena equiselis* obtuvo el valor más alto en el índice gravimétrico (%W = 85.6) (Fig. 9). El índice de importancia relativa en los juveniles señala a la langostilla como la presa más importante (%IIR = 50.6) (Tabla 4). En cuanto a la alimentación de los adultos, estuvo conformada por diferentes organismos presa, de los cuales la langostilla presenta los valores más altos tanto en el índice numérico como en el de frecuencia de ocurrencia (%N = 71.3, %FO = 57.1). En el índice gravimétrico la presa más importante de tiburones piloto adultos fue el calamar *Dosidicus gigas* (%W = 54.3) (Fig. 10). El índice de importancia relativa señala que la presa más importante en la dieta de los adultos es la langostilla *Pleuroncodes planipes* (%IIR = 80.6) (Tabla 5).

7.1.2 Punta Belcher.

Se identificaron un total de 17 tipos presa, agrupados en 3 categorías alimenticias principales: Cefalópodos, Crustáceos y Teleósteos.

La curva acumulativa para esta área de estudio mostró una asintota, indicando que el número de estómagos colectado fue el suficiente para describir la dieta del tiburón piloto en esta área de estudio (Fig. 4).

El peso del contenido estomacal de los tiburones en esta zona fue 150,331.3 gramos, de los cuales los cefalópodos aportaron el 78.5%, los peces el 19.4% y los crustáceos el 2.1%. La presa que obtuvo el valor más alto para el índice gravimétrico fue el calamar gigante *Dosidicus gigas* (%W = 77.8) (Tabla 6, Fig. 11).

Aplicando el método numérico, se cuantificaron 2, 255 organismos, de los cuales los crustáceos aportaron el 46.3%, los peces el 45.8% y los cefalópodos el 7.9%, siendo la langostilla *Pleuroncodes planipes* la presa más importante con respecto a este índice (%N = 46.2). En cuanto al índice de frecuencia de ocurrencia tanto la langostilla como la macarela *Scomber japonicus* presentaron los valores más altos (%FO = 39.8) (Tabla 6, Fig. 11).

En cuanto al Índice de Importancia Relativa, la categoría alimenticia principal fue el calamar gigante *Dosidicus gigas* (%IIR = 41.4) la presa más importante, seguida por la macarela (%IIR = 32.9) (Fig. 12).

La alimentación de las hembras de esta zona, estuvo conformada por diferentes presas, de las cuales la langostilla fue la principal presa en el índice numérico (%N = 53.2). En cambio, el calamar gigante fue la presa principal tanto en el índice gravimétrico como en el de frecuencia de ocurrencia (%W = 82.09, %FO = 43.4) (Fig. 13), por lo cual el índice de importancia relativa señala a esta última presa como la más importante en la dieta de las hembras de Punta Belcher (%IIR = 50.5) (Tabla 7). En cuanto a la alimentación de los machos, estuvo conformada por diferentes presas, de las cuales la macarela fue la presa más importante en el índice numérico y en el de frecuencia de ocurrencia (%N = 58.02, %FO = 53.19). En el índice gravimétrico el calamar gigante fue la presa más importante (%W = 69.7) (Fig. 14). El índice de importancia relativa señaló a la macarela como la

principal presa en la dieta de los machos (%IIR = 54.7) (Tabla 8).

Con respecto a la alimentación de los diferentes estadios de desarrollo del tiburón piloto en esta zona, se puede señalar que la dieta de los juveniles estuvo conformada por un número alto de presas diferentes, entre las cuales destacó el calamar gigante por tener los valores más altos en todos los índices (%N = 39.7, %W = 94.7 y %FO = 63.6) (Fig. 15), siendo la presa más importante en la dieta de los juveniles de esta zona (%IIR = 89.5) (Tabla 9). La dieta de los adultos, estuvo conformada igualmente por un gran número de presas, siendo la langostilla la presa más importante con respecto a los índices numérico y de frecuencia de ocurrencia (%N = 48.8, %FO = 50). En el índice gravimétrico, la presa más importante fue el calamar gigante (%W = 67.8) (Fig. 16), siendo la macarela la presa que obtuvo el valor más alto en el índice de importancia relativa (%IIR = 41.9) (Tabla 10).

En relación a los estados de digestión de las presas en los contenidos estomacales de los tiburones piloto en ambas zonas, se observó que la mayoría de los peces identificados, se encontraban en estado de digestión intermedio o avanzado y solo pocos se encontraron totalmente digeridos. Los crustáceos se encontraron frescos o también en estado de digestión avanzado, en donde eran reconocidos por la coloración del contenido estomacal y por que su exoesqueleto estaba totalmente dividido. Finalmente, los cefalópodos en su gran mayoría se encontraban digeridos (edo. digestión 4), lo único que se distinguía era la estructura mandibular o pico. En el último muestreo (octubre, 2002), se encontraron frescos y en excelente estado (edo. digestión 1). Como se puede observar en la siguiente tabla.

Edo. Digestión Presas	Fresco (1)	Intermedio (2)	Avanzado (3)	Digerido (4)
	<i>A. cornutus</i>	<i>Auxis</i> sp.	<i>Auxis thazard</i>	<i>A. lessueurii</i>
	<i>D. gigas</i>	<i>Balistidae</i>	<i>C. hippurus</i>	<i>A. cornutus</i>
	<i>P. planipes</i>	<i>C. hippurus</i>	<i>Exocoetidae</i>	<i>D. gigas</i>
		<i>Exocoetidae</i>	<i>H. cruentatus</i>	<i>Gonatus</i> sp.
		<i>Haemulidae</i>	<i>S. japonicus</i>	<i>Histioteuthis</i> sp.
		<i>H. cruentatus</i>	<i>P. planipes</i>	<i>S. oualaniensis</i>
		<i>S. japonicus</i>		Restos de peces
		<i>T. symmetricus</i>		Restos de cefalópodos

7.2 INDICES ECOLÓGICOS.

7.2.1 Punta Lobos.

La amplitud de la dieta mostró valores bajos tanto en Punta Lobos, como en las tallas de machos y entre sexos. Sin embargo los valores fueron altos para la categoría de hembras, presentando los juveniles los valores mayores (0.66). En cuanto al índice de diversidad de Shannon-Wiener, se presentaron valores de diversidad bajos (0.50-1.6) tanto para la zona de estudio como en la dieta para sexos y tallas. El índice de traslapamiento de Morisita-Horn, mostró valores altos entre machos juveniles y adultos como entre sexos (0.91 y 0.96 respectivamente). En la dieta de las hembras el valor de traslapamiento fue bajo, indicando que entre estos dos estadios de desarrollo el traslapamiento trófico es mínimo (Tabla 11).

7.2.2 Punta Belcher.

El Índice de amplitud de nicho en esta zona obtuvo valores bajos (0.08) así como en la dieta entre tallas y entre sexos (0.11 – 0.21 respectivamente). En cuanto al índice de diversidad de presas

de Shannon-Wiener, en general los valores fueron bajos (0.85 -1.22) para esta localidad así como en la dieta por sexos y tallas. El Índice de Morisita-Horn, mostró valores de traslapamiento altos tanto en la dieta de machos adultos y juveniles, como entre sexos (0.91 y 0.91, respectivamente). Lo contrario sucedió para las tallas de las hembras, donde el valor de traslapamiento de la dieta fue bajo (0.32). (Tabla 11).

7.3 CONTENIDO ENERGÉTICO.

En la siguiente tabla, se puede observar el contenido energético de las tres presas más importantes del tiburón piloto, basado en Abitia *et al.* (1997).

Principales categorías alimenticias	Peso húmedo total (presa)	kcal/g (Peso húmedo)	Calorías aportadas a la dieta	%
<i>Dosidicus gigas</i>	119518.8	1.57	187644.516	75.5
<i>Scomber japonicus</i>	26686.2	2.16	57642.192	23.1
<i>Pleuroncodes planipes</i>	3434.1	0.94	3228.054	1.2

El calamar gigante es la presa que aporta más de la mitad de las calorías a la dieta del tiburón piloto, siendo la macarela y la langostilla menos importantes en cuanto al contenido energético (Fig. 17).

7.4 ISÓTOPOS ESTABLES DE $\delta^{13}\text{C}$ Y $\delta^{15}\text{N}$.

Se analizaron 20 muestras de músculo dorsal del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, capturado en Punta Belcher. De estas, 9 fueron músculo de hembras maduras y 11 de machos, de los cuales dos eran organismos inmaduros. Las longitudes totales de estos organismos estuvieron entre 155 - 228 cm. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ del músculo de tiburón piloto analizado, estuvieron entre -18.51 a -17.12 ‰, mientras que para el $\delta^{15}\text{N}$, los valores estuvieron entre los 15.07 a 17.68 ‰.

(Tabla 12) (Fig. 18). También se observa que las hembras y los tiburones que presentaron mayores longitudes, tuvieron los valores más altos de $\delta^{15}\text{N}$ (Fig. 19 y 20).

8. DISCUSIÓN.

8.1 Artes de pesca y Estados de Digestión.

Con respecto a los métodos de captura utilizados por los pescadores, el palangre (cimbra) y la red fueron las artes de pesca utilizadas en las dos áreas de estudio analizadas. Es importante señalar que las redes son el mejor equipo de pesca para capturar tiburones que presenten estómagos con contenido estomacal, ya que los tiburones no se ven atraídos por la carnada, como sucede con los palangres, los cuales atraen a los tiburones con estómagos vacíos (Cortés, 1997).

El definir estados de digestión es importante para observar el comportamiento alimenticio del depredador. Se ha reportado para diferentes especies de tiburones que no se alimentan de más presas hasta que su digestión este completa como sucede en el tiburón limón *Negaprion brevirostris*, *Squalus acanthias*, tiburón puntas blancas *Carcharhinus plumbeus* (Jones y Geen, 1977 y Medved *et al.*, 1988; Cortés y Gruber, 1990).

En este estudio los peces tenían estado de digestión intermedio o avanzado; mientras que los cefalópodos se encontraban mas digeridos (edo. digestión 4), debido a que su musculatura es blanda y se digiere rápidamente. Schaefer (1984) y Olson y Boggs (1986), estimaron que el tejido blando de los calamares pasa por el tracto digestivo de atunes (barrilete negro *Euthynnus lineatus* y atún aleta amarilla *Thunnus albacares*) en un periodo de 5 a 10 horas, tiempo suficiente en el cual las enzimas gástricas digieren todo el manto. Asimismo, estos autores señalan que las presas con menor energía son evacuadas de manera rápida de los estómagos, lo contrario sucede con las presas con alto contenido energético, debido a que los niveles elevados de energía en los

organismos están directamente relacionados con el incremento en la cantidad de lípidos en los tejidos, por lo cual su evacuación es más lenta.

En el último muestreo (octubre 2002), los cefalópodos se encontraron como presas únicas en estado de digestión 1 (fresco), lo cual indica que habían sido ingeridos recientemente o que los tiburones no pasaron mucho tiempo en las artes de pesca.

Considerando que la mayoría de los estómagos tenían presas en estado de digestión avanzado, podría relacionarse con el tiempo de pesca largo; los pescadores tienden sus equipos de pesca aproximadamente 8 horas, tiempo suficiente en el cual los jugos gástricos del estómago de los tiburones actúan de manera efectiva. En el último muestreo (octubre, 2002), las presas estaban casi frescas, lo cual hace pensar que los tiburones no estuvieron mucho tiempo en las redes de los pescadores. Preti *et al.* (2001), también clasificaron los estados de digestión de las presas del tiburón judío *Alopias vulpinus*, encontrando que las presas se encontraron en estado de digestión avanzado debido al tiempo efectivo del lance, el cual duró más de 10 horas. Tricas (1979), hizo pruebas de digestión en tiburones azules *Prionace glauca* en cautiverio, y sus resultados los comparó con tiburones azules capturados cerca de la Isla de Santa Catalina. Observó que las anchovetas que se extrajeron de los estómagos de los tiburones en cautiverio, después de seis horas de haber sido ingeridas, eran fácilmente identificables y tenían señales de digestión en las aletas y en el margen del opérculo, y los calamares solo presentaban signos externos de descomposición. Después de 12 horas, la digestión de las anchovetas se caracterizó por presentar pérdida de las escamas y partes de la piel, y la digestión de los calamares continuó de manera lenta. A las 24 horas, de las anchovetas solo se encontraron las vértebras, otolitos y pequeñas secciones de músculo, mientras que las cabezas de los calamares estaban separadas de su cuerpo, los oculares desprendidos de la capa óptica y los picos seguían implantados en la masa bucal. Con estos antecedentes, se confirma que varias presas en estado de digestión 3 y 4 fueron consumidas por el tiburón piloto por lo menos un día antes de su captura.

Cabrera (2000), reporta que el tiburón piloto en el Golfo de Tehuantepec deja de alimentarse hasta que la digestión de las presas que se encuentran en su estómago haya sido parcial o totalmente terminada, lo cual concuerda con lo encontrado en este estudio.

8.2 ESPECTRO TRÓFICO POR ÁREAS DE MUESTREO.

8.2.1 Punta Lobos.

La curva acumulativa construida para esta zona de estudio, no alcanzó la asintota esperada para aseverar que el número de estómagos colectados fue suficiente para la correcta descripción de la dieta del tiburón piloto, lo cual se debe a que durante los años de muestreo en esta zona, la pesquería dirigida hacia los tiburones disminuyó significativamente ya que los pescadores mencionaron que esta actividad ya no era rentable por diferentes causas, entre las cuales señalaron, que cada vez tenían que ir más lejos a las zonas de pesca debido a que los organismos se habían alejado, problemas con las embarcaciones camaroneras que rompían sus equipos, mal tiempo, etc., lo cual los ha hecho cambiar de recurso comercial, por lo que ahora se dedican a la pesca de dorado o de escama en general.

Con respecto al espectro trófico del tiburón piloto en esta zona, podemos observar que el Índice de Importancia Relativa (%IIR) señala que la presa dominante fue la langostilla *Pleuroncodes planipes*, ya que fue la presa que presentó el mayor aporte tanto al índice numérico como al de frecuencia de ocurrencia.

8.2.2 Punta Belcher.

La curva acumulativa para esta zona de estudio muestra una asintota, la cual indica que el número de estómagos colectados fue el correcto para obtener una descripción de la dieta del tiburón en esta área. A diferencia de Punta Lobos, en Punta Belcher, se sigue pescando tiburón. Los pescadores no se encuentran durante todo el año en este campamento, solo por cierta temporada y mencionan que el tiburón piloto es muy frecuente durante los meses de verano y otoño.

En cuanto al espectro trófico del tiburón piloto en Punta Belcher, las presas que señala el Índice de Importancia Relativa (%IIR) como dominantes fueron al calamar gigante *Dosidicus gigas* y la macarela *Scomber japonicus*. Aunque la langostilla haya presentado los valores más altos con respecto al índice numérico y de frecuencia de ocurrencia, a macarela en este último índice obtuvo el mismo valor que la langostilla y en el índice numérico el valor que presentó fue muy cercano al de la langostilla. En cambio el calamar gigante presentó el valor más alto en el índice gravimétrico, lo cual se debió al hecho de que los calamares que se encontraron dentro de los estómagos del tiburón piloto en el último muestreo presentaron más de 40 cm de longitud de manto, con peso superior a los 500 gramos. Asimismo, esta presa obtuvo un valor alto en el índice de frecuencia de ocurrencia, por lo cual el calamar es señalado por el índice de importancia relativa como la principal presa.

En la dieta del tiburón piloto tanto la macarela, como la langostilla y el calamar gigante resaltan en su composición, ya que son presas que se encuentran comúnmente en la zona de estudio, lo cual concuerda con lo encontrado por diferentes autores en esta misma zona con respecto a diferentes depredadores como atunes, picudos, dorados y algunos tiburones (Galván, 1988; Abitia, *et al.*, 1997; Abitia, 1998). Wetherbee *et al.* (1990), mencionan que la disponibilidad de alimento es un factor muy importante que afecta las preferencias alimenticias de los tiburones ya que se ha observado que cuando la comida es abundante, los tiburones tienden a seleccionar un alimento en particular, el cual maximiza su consumo y el aprovechamiento de energía. En cambio, cuando la comida es escasa, los tiburones no pueden escoger su alimento, por lo cual, se tienen que alimentar de cualquier presa que se encuentre disponible. La disponibilidad de alimento muchas veces se ve influenciada por la hora del día, las estaciones del año, etc. Por ejemplo, el tiburón cabeza de pala, *Sphyrna tiburo*, se alimenta en general, de crustáceos. En invierno su alimentación se basa en el cangrejo *Callinectes sapidus*; mientras que en otoño la diversidad de presas aumenta, por lo que este tiburón se alimenta principalmente de los cangrejos *Libinia dubia* y *Persephona punctata*, así como del calamar *Loligo pealei* (Cortés *et al.*, 1996).

Cabrera (2000), en el Golfo de Tehuantepec, encontró que la dieta de los juveniles de tiburón piloto en esta zona está basada principalmente en el cangrejo *Portunus xantusi affinis*, mientras que Compagno (1984), menciona que el tiburón piloto se alimenta de peces y calamares, esta diferencia puede deberse a que Compagno (1984) realizó una compilación de trabajos de diferentes zonas, en donde probablemente los muestreos se realizaron con organismos que se encontraban en aguas oceánicas y por lo mismo que estaban en diferentes estadios de desarrollo, lo cual no sucede en el Golfo de Tehuantepec, donde la mayoría de los tiburones piloto que se encontraron fueron organismos inmaduros cercanos a la costa y que se alimentaron casi exclusivamente del este cangrejo. Asimismo en el presente estudio realizado en la costa occidental de Baja California Sur, el tiburón piloto consumió otro tipo de crustáceo epipelágico (langostilla).

El cangrejo *Portunus xantusi affinis*, es abundante en el Golfo de Tehuantepec y conforme se va avanzando hacia el norte, la abundancia de este organismo disminuye y va aumentando la de la langostilla, convirtiéndose en una de las principales presas consumidas por el tiburón piloto, en la zona templada y tropical de Baja California Sur.

Con respecto a los resultados del espectro trófico registrados en este estudio y lo citado por otros autores, es acorde. Compagno (1984), menciona que en general tiburón piloto se alimenta de calamares y peces (atún aleta amarilla, albacora, macarelas). Galván *et al* (1989) señala que en el Golfo de California se alimenta de algunos peces pero presenta una gran afinidad por la langostilla. Marín (1992), en las costas de Tamaulipas y Veracruz, observa que el tiburón piloto se alimenta principalmente de macarela, atún y calamares. Castro (1996), menciona que el tiburón piloto se alimenta de peces pelágicos y costeros como macarelas, atunes, calamares y crustáceos pelágicos, lo cual confirma que este tiburón es de hábitos pelágico–costeros.

8.3 PRESAS PRINCIPALES.

Se abordan ciertos aspectos de la biología de las especies presa más importantes en la dieta del tiburón piloto para discutir los resultados obtenidos.

8.3.1 CRUSTÁCEOS.

Pleuroncodes planipes.

La langostilla es el crustáceo pelágico más abundante del necton y del bentos en la costa occidental de Baja California. Son organismos bentónicos en estado adulto. Sin embargo, en la etapa larvaria y juvenil, pueden alternar entre el plancton y el bentos, antes de asumir una vida estrictamente bentónica. La langostilla presenta la peculiaridad de vararse en grandes masas; lo cual, sucede en Bahía Magdalena de manera anual. Su centro de distribución y abundancia, se localiza en la plataforma continental de la costa oeste de Baja California Sur (24° a 27° N). (Aurioles, 1995).

8.3.2 CEFALÓPODOS.

Los cefalópodos constituyen una fuente de alimento importante para diversos depredadores como tiburones, peces, aves y mamíferos marinos, debido en gran parte a que se distribuyen en todos los océanos del mundo, desde las regiones polares hasta los trópicos (Clarke, 1977, 1985a, 1985b).

Dosidicus gigas.

Fue la especie de cefalópodo más importante en la dieta de *C. falciformis*. Se distribuye en el Pacífico oriental y realiza migraciones hacia Perú y Chile. *D. gigas* se mueve en grupos muy grandes, vive en aguas oceánicas profundas, acercándose a la costa en otoño (Zvev y Nesis, 1971).

El tiburón piloto se alimenta de este calamar en otoño, coincidiendo con su ocurrencia estacional, lo cual fue confirmado con los análisis de contenido estomacal, ya que en las muestras que se obtuvieron en octubre del 2002, el 83% de los estómagos colectados presentaban al menos un ejemplar de esta especie de cefalópodo.

Argonauta cornutus.

Los argonautas son cefalópodos que se alimentan de plancton por lo cual se localiza en la superficie la mayor parte de tiempo (Voss, 1967). Se le clasifica como un organismo pelágico, el cual está distribuido desde el Golfo de California hasta Panamá.

La tasa de digestión de estos organismos es rápida ya que su cuerpo presenta musculatura blanda. En este trabajo, la mayoría de los argonautas que se encontraban en los estómagos del tiburón piloto, estaban completos, por lo cual se pudo identificar que era la especie *Argonauta cornutus*. Se le extrajo el pico para guardarlo como referencia para los argonautas que no estuvieran completos.

Debido a que los argonautas pasan la mayor parte del tiempo en la superficie, se vuelven presas vulnerables para el tiburón piloto.

8.3.3 TELEÓSTEOS.

Scomber japonicus.

La macarela es una especie predominantemente pelágica, ocasionalmente epipelágica sobre el talud continental, pudiendo encontrarse desde la superficie hasta aproximadamente 300 metros de profundidad. Realiza largas migraciones estacionales y es un pez que forma cardúmenes. El desove se realiza desde marzo hasta finales de octubre frente a las costas de California y de Baja California (Fischer *et al.*, 1995).

Compagno (1984), menciona que el tiburón piloto se alimenta de peces tanto pelágicos como costeros que se agregan en cardúmenes ya que es un nadador rápido, activo y agresivo, lo cual concuerda con lo encontrado en el presente trabajo.

Galván *et al.* (1989) señalan que la estrategia del marlín rayado y de otras especies de depredadores pelágicos como atunes, dorados y tiburones, es de alimentarse de organismos que forman cardúmenes grandes, debido a que dicha agregación de peces, les permite a los depredadores maximizar la eficiencia de la captura de sus presas y por ende del consumo de energía, debido a la mayor disponibilidad y abundancia de este tipo de presas.

Recapitulando un poco de las consideraciones acerca de las presas más importantes que constituyen la dieta del tiburón piloto, se puede resaltar que este tiburón sólo se encuentra en Baja California Sur durante los meses de verano y otoño (de junio a octubre, aproximadamente), habitando tanto en la plataforma continental como en el talud, teniendo de esta manera hábitos costeros y oceánicos. Tanto la langostilla *Pleuroncodes planipes* como el calamar gigante *Dosidicus gigas* y el argonauta *Argonauta cornutus* son organismos que hacen migraciones verticales en la columna de agua hasta la superficie cuando empieza el atardecer con el fin de alimentarse y no ser tan vulnerables a la depredación (debido a que la intensidad de luz es menor), y permanecen en esta zona durante la noche. Asimismo, la macarela *Scomber japonicus* es un organismo pelágico que también se encuentra en la superficie en grandes cardúmenes. El tiburón piloto se alimenta de estas presas, ya que ambas se encuentran en la superficie confluyendo con él en un mismo tiempo y espacio. Es importante resaltar que en un gran número de macarelas que se analizaron en el laboratorio se encontró dentro de sus estómagos langostilla por lo cual, la macarela que fue depredada por el tiburón piloto también se estaba alimentando de langostilla.

Cuando empieza a amanecer la langostilla vuelve al talud (Aurioles, 1995), el argonauta se dirige a una zona intermedia y el calamar gigante se establece a profundidades de 200 a 2000 m (Zev y Nesis, 1971).

Varios autores (Galván, 1988; Perez-Flores y Auriolos, 1995; Balart y Castro, 1995) señalan que la langostilla representa una parte importante en la dieta de numerosas especies de peces, aves y mamíferos marinos, así como de varias especies de tiburones, incluyendo al tiburón piloto. Asimismo, en el área sur de la costa occidental de Baja California, por su gran abundancia y por ser un eslabón entre productores primarios y depredadores tope, este crustáceo ha sido considerado como un recurso de gran importancia ecológica.

8.4 ÍNDICES ECOLÓGICOS.

El análisis de la dinámica de una comunidad, depende en parte de como los organismos utilizan y aprovechan su hábitat. Una manera de medir o cuantificar lo anterior es observando y midiendo los parámetros del nicho de una población. Debido a que el alimento es una de las dimensiones más importantes del nicho, el análisis de su dieta aporta información asociada a la comunidad (Krebs, 1985).

8.4.1 ÍNDICE DE LEVIN'S (Amplitud de nicho trófico).

Debido a que existen animales más especializados en su alimentación, es necesaria la medición cuantitativa de su amplitud de nicho trófico. Levin's propone que la amplitud del nicho puede ser estimada por medio de la cuantificación de la distribución de los depredadores con respecto a sus presas. Es menor la amplitud de nicho trófico cuando todos los individuos se encuentran alimentándose de una o de pocas presas, por lo que el depredador se considera más especializado (Colwell y Futuyma, 1971).

En el tiburón piloto, se observó que tanto en Punta Lobos como en Punta Belcher, existen valores bajos de amplitud de nicho trófico tanto para hembras y machos de ambas localidades (0.05-0.21). Según la escala que propone Krebs (1985), el tiburón piloto para esta zona estaría clasificado como un depredador selectivo, debido básicamente al mayor consumo de tres presas que ocupan

los mayores porcentajes de su espectro trófico: la langostilla (*P. planipes*), la macarela (*S. japonicus*) y el calamar gigante (*D. gigas*). Al comparar entre tallas, se encontró que las hembras juveniles de Punta Lobos y Punta Belcher presentan valores mayores de amplitud con respecto a los machos y hembras adultos, manteniendo su categoría de depredador selectivo. Quizá esta diferencia en cuanto al número de presas ingeridas se deba a que algunas especies de tiburones se segregan tanto por sexo como por estadios de desarrollo. Cabe resaltar que para el tiburón piloto este tipo de segregación no se ha documentado (Compagno, 1984); sin embargo con los resultados del presente estudio, se sugiere que las hembras adultas están separadas de los machos (juveniles y adultos), así como de las hembras juveniles. Las primeras se encuentran en el área oceánica; mientras que las hembras juveniles están más cercanas a la costa.

Wetherbee *et al.* (1990), mencionan que entre los factores que afectan las preferencias alimenticias de los tiburones están: el tamaño de la presa y los estadios de desarrollo.

Asimismo, Lowe *et al.* (1996), señalan que el tiburón cambia su dieta conforme va creciendo, como en la mayoría de los peces. Este autor hace referencia especial al tiburón tigre *Galeocerdo cuvieri* y propone que los cambios ontogénicos tanto en la diversidad como en la talla de las presas que conforman la dieta de los tiburones, se deben a varios factores, entre los que menciona: **a)** los tiburones de mayor tamaño se pueden alimentar de presas grandes, ya que tienen acceso a diferentes hábitats, **b)** los tiburones de estadios diferentes de desarrollo ocupan áreas diferentes ya que se segregan por tallas y sexos y **c)** conforme un tiburón aumenta su talla, también aumenta la eficiencia para capturar a su presa, ya que poseen sus sentidos totalmente desarrollados y son capaces de capturar presas grandes y rápidas; en cambio, los tiburones pequeños no pueden presentar este tipo de comportamiento y tienen que alimentarse de presas que no son tan rápidas o que no presenten un alto contenido de energía, el cual suplen comiendo las presas a las que tengan acceso y que a su vez sean de captura fácil.

La variación en el análisis del contenido estomacal del tiburón piloto en Baja California Sur fue confirmado ya que la dieta de las hembras juveniles del tiburón piloto en Punta Lobos, estuvo compuesta por 5 presas (*P. planipes*, *A. thazard*, *C. equiselis*, *A. lessueurii* y *H. cruentatus*), que aportaron proporciones similares; en cambio, la dieta de las hembras adultas estuvo compuesta por varias presas, dominando la langostilla sobre las demás presas, lo cual indica que las hembras juveniles necesitan más energía para su crecimiento por lo tanto, deben de alimentarse de las presas a las que tengan acceso y que puedan capturar sin tanto gasto de energía; en cambio las adultas pueden dirigir su alimentación a una presa en especial que cubra sus requerimientos energéticos, ya sea por cantidad o por calidad del alimento. También se observó que los valores de amplitud de nicho trófico de los juveniles de ambos sexos siempre fueron mayores que los de los adultos, lo cual sugiere que los juveniles son más generalistas y los adultos tienden a seleccionar más a sus presas debido a sus necesidades energéticas.

Ferry (1998), observó que los tiburones recién nacidos se alimentan en un principio por medio de la succión de su presa o por alimentación de “tipo ram”, en donde la presa es tragada ya que el tiburón nada con el hocico abierto. Este tipo de alimentación desaparece conforme el organismo crece ya que este va adquiriendo experiencia depredatoria. También menciona que la expansión de la boca es mayor conforme el tiburón va creciendo. Medved y Marshall (1981) observaron que la mayoría de los tiburones aletones neonatos (*Carcharhinus plumbeus*), así como los juveniles no presentaron estómagos totalmente llenos, lo cual fue atribuido a que todavía no son lo suficientemente hábiles para atrapar a sus presas. Los juveniles de *Carcharhinus plumbeus*, se alimentan de presas de tallas que puedan permitirle al tiburón tragárselas sin tener que morderlas. Las que fueron consumidas a mordidas fueron algunas rayas y algunos otros tiburones como *Mustelus canis* y *Squalus acanthias*, las cuales fueron consumidas por adultos y juveniles grandes (Stillwell y Kohler, 1992).

Otro factor que está relacionado con la alimentación diferencial entre los estadios de desarrollo de los tiburones es el tamaño de presa, el cual ejerce un efecto importante en la organización de las cadenas alimenticias, ya que los animales tienden a ser de mayor tamaño para alcanzar los niveles tróficos altos; aunque hay un límite definido por el tamaño de las presas de las que se alimenta. Los organismos de gran tamaño no se alimentan de presas pequeñas porque no podrían capturar un número suficiente en un lapso adecuado para satisfacer sus necesidades metabólicas; aunque existen tres excepciones en los tiburones: el tiburón ballena *Rhincodon typus*, el tiburón peregrino *Cetorhinus maximus* y el megamouth *Megachasma pelagios*, los cuales se alimentan de plancton. En general la mayoría de los tiburones se pueden alimentar de presas más grandes que ellos, ya que presentan una serie de cartílagos que les permiten protuir la mandíbula superior y dar mordidas grandes. Ferry (1998), observó en dos grupos diferentes de edad del tiburón *Cephaloscyllium ventriosum*, que los desplazamientos máximos del hiomandibular y de la región bucal ventral eran diferentes, siendo mayores en los tiburones de mayor edad y menores en los pequeños, por lo cual los pequeños no podían alimentarse de presas muy grandes, influyendo de esta manera en sus preferencias alimenticias.

Compagno (1984), Marín (1992) y Castro (1996), reportan que el tiburón piloto presenta una alimentación generalista, ya que se alimenta de diversas presas (peces, crustáceos y cefalópodos). Cabrera (2000), sugiere que en el Golfo de Tehuantepec este tiburón es más selectivo, debido al mayor consumo del cangrejo pelágico *P. xantusi affinis*, aunque no se realizó ninguna cuantificación, así que en el presente trabajo se cuantifica por primera vez la amplitud de su nicho trófico, observándose que el tiburón piloto tiene preferencia por cierto tipo de presas.

Se puede observar que el espectro trófico en ambas zonas de estudio está constituido por más de 15 especies presa, lo cual indicaría que su diversidad es alta; sin embargo las preferencias alimenticias del tiburón piloto son de tipo selectivo, ya que su dieta se orienta principalmente a un número bajo de especies presa. Schoener (1989), menciona que cuando la repartición de un recurso

se vuelve importante en la organización de la comunidad, las especies deben segregarse en relación al tamaño del recurso y mostrar un decremento en la amplitud del nicho para mantener un nivel mínimo de separación entre nichos; sin embargo de la única presa que se tiene el dato de abundancia es para la langostilla: 187, 310 t.m. durante el periodo cálido (Aurioles, 1995) de las otras dos presas, no se conoce su abundancia en la Costa Occidental de Baja California Sur, por lo tanto, no se puede mencionar si los depredadores seleccionan a su presa o si explotan los recursos alimenticios de una manera denso-dependiente.

8.4.2 INDICE DE SHANNON – WIENER (Diversidad de presas).

El índice de Shannon-Wiener al igual que el índice de Levin's, ayudan a cuantificar las propiedades del nicho trófico. La diversidad de la dieta de un depredador (diversidad trófica), ha constituido un parámetro esencial en los estudios ecológicos para especies simpátricas ya que complementa estudios de amplitud de nicho trófico y traslapamiento de la dieta (Hurtubia, 1972). Hulbert (1968), señala que el índice de Shannon-Wiener es más importante en los recursos raros o poco frecuentes que son utilizados por una especie, sucediendo lo contrario en el índice de Levin's en donde se le da mayor importancia a los recursos más abundantes (Krebs, 1985).

En Punta Lobos, aunque el valor de diversidad en general fue bajo, es más alto que en Punta Belcher, debido a que Punta Lobos se ubica hacia el sur de la península de Baja California y se encuentra influenciada por la corriente de California y la contracorriente ecuatorial, siendo una zona que presenta mayor diversidad de especies de origen tropical durante verano y otoño como es el dorado *C. equiselis*, *Auxis* spp. y *Argonauta cornutus*. Esto se confirmó observando el espectro trófico del tiburón piloto en ambas zonas, encontrando que en P. Belcher las especies que conforman su dieta son menos (15) que en P. Lobos (18). Probablemente se deba a la influencia de la temperatura fría de la corriente de California que permite la presencia de menos especies presa, pero con mayor abundancia.

Considero que el tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* no es un organismo especialista estricto. Podemos observar que su espectro trófico está constituido por 23 tipos presa, de los cuales el tiburón piloto se alimenta con mayor incidencia de tres especies presa que son abundantes en la zona de estudio, por ello los valores tanto del índice de Levin's como del índice de Shannon-Wiener indican que es un organismo selectivo. Esta preferencia en algunas presas podría ser debido a que el tiburón piloto al alimentarse de presas abundantes evita la pérdida de energía al tener que buscar a otras presas y cazarlas; Asimismo estas presas con excepción de la langostilla probablemente le retribuyan un alto valor energético.

8.4.3 INDICE DE MORISITA – HORN (Traslapamiento trófico).

Para entender la organización de la comunidad, es importante medir el traslapamiento en el recurso que es utilizado por diferentes especies que se encuentran en una misma comunidad, siendo los recursos más comúnmente medidos la comida y el espacio (Krebs 1985). El traslapamiento en un nicho, se define como el uso de uno o varios recursos por dos o más especies, por lo cual el traslapamiento trófico en un nicho estaría definido como el uso de uno o varios recursos alimenticios por dos o más especies. El objetivo principal de cuantificar el traslapamiento trófico, es observar si existe o no una probable competencia interespecífica, ya que el recurso podría ser limitado o abundante o quizá podría ser irrelevante para una o para ambas especies (Colwell y Futuyma, 1971).

En general, para las dos áreas de estudio, este índice demostró que existe un traslapamiento alto (0.97), en las dietas del tiburón piloto, indicando que las dietas en cada una de las zonas presentan presas que son las mismas. Se observó que se comparten 10 de los 23 tipos presa que conforman el espectro trófico del tiburón piloto en la costa occidental de Baja California Sur.

En Punta Lobos, los valores de traslapamiento en la dieta entre los dos estadios de madurez de los machos (juveniles y adultos) fueron altos (0.91), ya que la presa principal de ambos fue la langostilla (*P. planipes*). Lo mismo sucede para esta categoría en Punta Belcher en donde el valor también es de 0.91 pero la principal presa es la macarela (*S. japonicus*). Con respecto a la dieta entre sexos, el valor fue alto en ambas zonas (0.91 y 0.96), debido al mayor consumo de langostilla en Punta Lobos y de macarela y langostilla en Punta Belcher. En cuanto a las hembras juveniles y adultas, de ambas zonas, los valores de traslapamiento son muy bajos, debido a que en Punta Lobos ambas categorías se alimentaron de presas similares, pero en diferente proporción, las hembras adultas consumieron cefalópodos y una proporción mayor de langostilla, así como, una especie diferente de cefalópodo (*Histioteuthis* spp) con respecto a las hembras juveniles que consumieron diferentes especies de peces, un cefalópodo y un crustáceo en proporciones similares.

Es probable que estos cambios en el traslapamiento trófico entre organismos se deban a la segregación por sexo y tamaño ya documentada en general para los tiburones. Se podría considerar que las hembras adultas pasan la mayor parte del tiempo en la zona oceánica, ya que los cefalópodos que se identificaron en sus estómagos habitan zonas del ambiente batipelágico, pero también migran de manera frecuente hacia la costa, debido a la presencia frecuente de la langostilla. En Punta Belcher, las hembras juveniles están consumiendo como presa principal a la macarela y en menor porcentaje al calamar gigante; en cambio las hembras adultas basan su dieta en la langostilla y como presa secundaria se alimentan de la macarela, lo que podría indicar una segregación por estadio de desarrollo considerando que las hembras juveniles se encuentran más cerca de la costa, teniendo a su disposición cardúmenes grandes de macarela; mientras que las adultas que están alejadas de la costa se están alimentando principalmente de langostilla, probablemente por ser una presa abundante, aunque también en su dieta se encontraron cefalópodos los cuales habitan la zona batipelágica.

8.5 CONTENIDO ENERGÉTICO.

En general, todos los seres vivos buscan alimento con un alto contenido energético y que impliquen en su obtención poco gasto de energía. Existen pocos trabajos que mencionan el contenido calórico de presas en tiburones, entre estos, Klimley *et al.* (2001) trabajó con tiburón blanco *Carcharodon carcharias* y Heitatus (2001) con tiburón tigre *Galeocerdo cuvier*.

Ambos autores mencionan que el contenido energético de los mamíferos marinos es alto, por ejemplo, un elefante marino juvenil tiene un contenido de 48% de grasa, y este porcentaje puede mantener al tiburón sin alimentarse aproximadamente un mes y medio. Klimley *et al.* (2001) y Heitatus (2001), mencionan que el tiburón blanco puede emplear la estrategia de permanecer cerca de otros tiburones de su misma especie para alimentarse de los restos que dejen después de comer. Carey *et al.* (1982), también menciona que con este tipo de alimentación los tiburones blancos pueden sobrevivir hasta por un mes y medio.

Con respecto al tiburón piloto, se utilizaron los valores de calorías de las tres presas principales de su dieta. La que tuvo el menor contenido calórico fue la langostilla *P. planipes* (1.2%). Golley (1961), Slobodkin y Richman, (1961) y Thayer *et al.* (1973), señalan que esto es común en los crustáceos. Paine (1964) menciona que la presencia de carbonato de calcio y de fosfato de calcio en el exoesqueleto de estos organismos causa su bajo valor calórico. Los peces almacenan lípidos en sus músculos y vísceras, por lo tanto el contenido energético que presentan es mayor (75.4%) (Cummins y Wuycheck, 1971). Grove *et al* (1978), Flowerdew y Grove (1979) y Jobling (1979), demostraron que las presas con menor contenido energético son evacuadas de los estómagos a una mayor velocidad. Como se puede observar en los resultados, tanto la macarela *S. japonicus* como el calamar gigante *D. gigas*, aportan mayor contenido energético al tiburón piloto ya que son organismos que poseen una mayor cantidad de tejido muscular en sus cuerpos, lo cual le provee mayor alimento al depredador. Asimismo estas presas presentaron mayor biomasa en la dieta del tiburón piloto.

8.6 ISÓTOPOS ESTABLES DE $\delta^{13}\text{C}$ Y $\delta^{15}\text{N}$.

El análisis del contenido estomacal es un método directo que describe el periodo entre la ingestión y la digestión del alimento en el momento en el cual se realiza la observación, por lo tanto, puede no ser adecuado para describir los patrones de alimentación a largo plazo; sin embargo tiene la ventaja de que se puede identificar a las presas, lo cual resulta de particular importancia para validar las inferencias basadas en los datos isotópicos; mientras que el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno aportan información del origen de los nutrientes (presas) y como se asimilan en cada uno de los eslabones de la cadena alimenticia. La combinación de los hábitos alimenticios y técnicas isotópicas son importantes ya que proporcionan resultados diferentes que son complementarios entre si.

Los isótopos de nitrógeno son indicadores de la posición trófica ya que el valor isotópico de un depredador y su presa son fácilmente distinguibles; mientras que el menor enriquecimiento de los isótopos de carbono permite conocer cual es la fuente original de carbono en la cadena alimenticia (De Niro y Epstein, 1981), indicando por ejemplo fuentes alimenticias acuáticas vs. terrestres, costeras vs. oceánicas o bentónicas vs. pelágicas (Das *et al.*, 2003).

El patrón general de las presas de origen costero o bentónico, se encuentra más enriquecido (menos negativo) en isótopos de carbono, comparado con las presas oceánicas pelágicas (más negativas). Así valores altos de $\delta^{13}\text{C}$ son comunes en cadenas tróficas costeras o bentónicas; mientras que los valores son menores en cadenas tróficas oceánicas o pelágicas (Hobson, 1999). Por ejemplo Rau *et al.* (1983), encontraron que los valores para el tiburón blanco *Carcharodon carcharias* estaban enriquecidos ($\delta^{13}\text{C} = -15.8$ a -16), el tiburón blanco es un organismo que se

alimenta principalmente de pinípedos, los cuales son organismos más costeros o que habitan en islas, consumiendo presas de origen bentónico. Asimismo Rau *et al.* (1973) compara los valores obtenidos por la ballena azul *Balaenoptera musculus* ($\delta^{13}\text{C} = -17.3$ a -17.9), debido a que la ballena azul se alimenta principalmente de eufáusidos en la zona oceánica. En el presente análisis isotópico se observó que el tiburón piloto consume a largo plazo (tres meses) presas de origen oceánico debido a que los valores isotópicos fueron más negativos ($\delta^{13}\text{C} = -17$ a -18.5), lo cual también es comprobado con las presas preferenciales que consume este tiburón en la zona de la costa occidental de Baja California Sur durante la temporada de primavera a otoño, las cuales son presas oceánicas - pelágicas (*Scomber japonicus*, *Dosidicus gigas* y *Pleuroncodes planipes*).

Fry y Arnold (1982), Hesslein *et al.* (1993) y Overman y Parrish (2001), señalan que la composición isotópica varía entre organismos de diferentes clases de edad y también estacionalmente entre organismos de la misma edad. Lo encontrado en este estudio confirma que entre las clases de edad del tiburón piloto, los datos variaron entre sí, de una a dos partes por mil, lo cual puede deberse a que las razones isotópicas cambian entre las diferentes áreas que un depredador explota en diferentes tiempos o a lo largo de su ruta migratoria, de tal manera que los depredadores consumen cadenas tróficas isotópicamente distintas y retienen la información de la localidad anterior en la cual se estuvieron alimentando por un cierto periodo de tiempo. La tasa de renovación de los tejidos permite acumular la información a mayor o menor tiempo, en el caso del hígado la información isotópica es de una a dos semanas; mientras que en músculo es aproximadamente de tres meses (Hobson, 1999). Este tipo de análisis es importante en los animales migratorios como sucede con el tiburón piloto, los cuales llegan hasta las costas de Baja California Sur en su migración que hacen desde el sur (probablemente desde Ecuador o el sur de México), pasando de esta manera por toda la costa del Océano Pacífico oriental y llegando hasta la zona de estudio con diferentes firmas isotópicas de los lugares en los cuales se alimentó.

Con respecto a las presas principales que componen la dieta del tiburón piloto, se puede señalar que la langostilla se alimenta principalmente de fitoplancton, por lo cual su cadena trófica es corta, lo mismo sucede con la macarela ya que en sus primeros estadios de vida también se alimenta de plancton y a tallas mayores consume langostilla. Con respecto al calamar gigante, se alimenta principalmente de peces mesopelágicos (mictófidios) (Markaida y Sosa 2003) o sardinas (Ehrhardt 1983), lo cual indica que el calamar gigante también tiene una cadena trófica corta debido a que los mictófidios y las sardinas se alimentan de zooplancton. En este estudio se esperaba que el tiburón piloto al ser un depredador tope tuviera una cadena trófica larga, sin embargo los resultados demuestran que tienen una cadena trófica corta, debido a que sus presas se alimentan principalmente de organismos de la base de la cadena alimenticia marina, por lo cual el enriquecimiento isotópico no es significativo.

9. CONCLUSIONES.

1. El tipo de artes de pesca que se emplearon, así como la hora de la captura, son dos factores que influyeron en el estado de digestión en el cual se encontró el alimento.
2. El tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, se presenta en la costa occidental de Baja California Sur de manera estacional (verano-otoño), encontrándose con mayor abundancia en el periodo de agosto a octubre.
3. El espectro trófico del tiburón piloto *C. falciformis* en la costa occidental de Baja California Sur, está constituido por 23 tipos presa, de las cuales las presas que consume en un mayor porcentaje son: el calamar gigante (*D. gigas*), la langostilla (*P. planipes*), y la macarela (*S. japonicus*).
4. La amplitud del nicho trófico del tiburón piloto en Punta Belcher y Punta Lobos fue bajo (0.08 - 0.47), entre sexos como por estadios de desarrollo por lo tanto, el tiburón piloto (*C. falciformis*) es considerado en el área de la costa occidental de Baja California Sur como un depredador selectivo.
5. El índice de diversidad de Shannon-Wiener demostró que la diversidad de la dieta del tiburón piloto *C. falciformis* es baja (0.5 – 1.6), en ambas zonas, por sexos y estadios de desarrollo.
6. El espectro trófico de Punta Belcher es menor que el de Punta Lobos, debido a que Punta Belcher se encuentra más hacia la zona templada con menor diversidad de especies, pero con mayor abundancia; mientras que en Punta Lobos la diversidad es mayor debido a la mezcla de la corriente fría de California y la contracorriente ecuatorial (caliente).

-
7. En ambas zonas de estudio se presentó traslapamiento de presas. Las categorías entre machos juveniles y adultos así como entre sexos, presentan traslapamiento alto en sus dietas (0.91 – 0.97), lo que indica que se alimentan de presas similares; mientras que entre hembras juveniles y adultas de ambas zonas se alimentan de presas diferentes y en diferente intensidad, por lo tanto para esta categoría hay traslapamiento trófico bajo (0.32 – 0.39), indicando una probable segregación por tamaño de hembras.
 8. Los valores de calorimetría utilizados en el estudio, indican que la presa que aporta más contenido energético a la dieta del tiburón piloto es el calamar gigante *D. gigas*, seguido por la macarela *S. japonicus* y la langostilla *P. planipes*.
 9. El análisis de los isótopos estables de Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y de contenidos estomacales confirma que el hábitat alimenticio del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* sucede en la zona oceánica, el cual consume principalmente presas oceánicas y pelágicas como la langostilla, macarela y el calamar gigante.

10. RECOMENDACIONES.

En México es necesaria la regulación de la pesca del tiburón por medio de medidas de captura, las cuales deben hacerse con base en estudios biológicos, pesqueros y demográficos, para establecer un manejo sustentable de las poblaciones de tiburones y evitar de esta manera su colapso.

A nivel mundial se conoce poco acerca del estado de las poblaciones de tiburones. En la zona del Océano Pacífico lo que se conoce con respecto al tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* es muy poco, como se detalla en los antecedentes, los trabajos realizados sobre esta especie son escasos por lo cual el conocimiento de su biología básica es limitado. Por ello se recomienda seguir con este tipo de estudios complementados con trabajos de Ración diaria, Cronología alimenticia, Evacuación gástrica, Calorimetría y Comportamiento Alimenticio.

El análisis de isótopos estables puede ser usado para generar mayor información concerniente a la ecología alimentaria de numerosos organismos. Recomendando hacer estudios de este tema en las poblaciones de tiburones que están declinando. Para estos estudios se recomienda tener un número de muestra significativo de la población de la cual se pretenda describir.

Es importante implementar técnicas que permitan visualizar las interacciones tróficas de especies que coexisten en un ecosistema con un mayor énfasis para especies en riesgo, amenazadas, en peligro de extinción y/o sin la información suficiente para su explotación comercial.

11. LITERATURA CITADA.

- Abitia, C. L. A., F. Galván y J. Rodríguez. 1997. Food habits and energy values of prey of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off the coast of Mexico. *Fishery Bulletin* 95: 360 – 368.
- Abitia, C. L. A., F. Galván y A. Muhlia. 1998. Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) en el área de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 33 (2) : 277 – 290.
- Allen, G., R. y Robertson, D., R. 1994. Fishes of the tropical eastern Pacific. Univ. of Hawaii Press. 332 pp.
- Applegate, P. S., L. Espinosa-Arrubarena., L. Menchaca-López y F. Sotelo-Macias. 1979. Tiburones Mexicanos. *Dir. Gral. de Ciencia y Tecnología del Mar, SEP*. México 146p.
- Applegate, P. S. y L. Espinosa. 1993. An overview of mexican shark fisheries, with suggestion for shark conservation in Mexico. 31-37. *In*: Branstetter, S. (Ed) Conservation Biology of Elasmobranchs. NOAA Tech. Rep. NMFS. 115.
- Au, D. W. 1991. Polyspecific nature of tuna schools: sharks, dolphin and seabird associates. *Fish. Bull.* 89 : 343 – 354.
- Aurioles-Gamboa, D. y E. F. Balart. 1995. La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 233 pp.
- Bane, G. W. 1966. Observations on the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, in the Gulf of Guinea. *Copeia*. 2 : 354 – 356.
- Bass, A. J., J. D. D'Aubrey y N. Kistnasamy. 1973. Sharks of the east coast of southern Africa. I. The genus *Carcharhinus* (Carcharhinidae). *Oceanog. Res. Inst. (Durban). Invest. Rep.* 33, 168 p.
- Bonfil, S. R. 1987. Composición por especies de la pesquería de tiburón y cazón de Yucatán y relaciones morfométricas para las principales especies. Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera de Yucalpeten. Contribuciones de Investigación Pesquera. *Doc. Tec.* 1 : 1 – 10.

-
- Bonfil, S. R. 1990. Contribution to the Fisheries biology of the silky shark: *Carcharhinus falciformis* (Bibron 1839) from Yucatán, México. Ph. D. Dissertation. School of Biological Sciences, U. C. N. W. Bangor. 112 pp.
- Bonfil, R., D. de Anda y A. R. Mena. 1993. Biological parameters of commercially exploited silky sharks from the Campeche Bank, Mexico. *In: Conservation Biology of Sharks. NOAA Tech. Rep. NMFS. No. 115*, 73 – 86.
- Branstetter, S. 1987. Age and growth estimates for black tip *Carcharhinus limbatus*, and spinner *Carcharhinus brevipinna*, sharks from the northwestern Gulf of Mexico. *Copeia*. 964 – 974.
- Branstetter, S. and McEachran. 1986. Age and growth of four carcharhinid sharks common to the Gulf of Mexico: a summar paper, p. 361 – 371. *In: Indo Pacific fish biology: proceedings of the second international conference of Indo Pacific fishes.* (T. Uyeno, R. T. Taniuchi and K. Matsuura, eds.), p. 361 – 371. *Ichthyol. Soc. Japan*, Tokyo.
- Brusca, R. C. 1980. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California, Mexico. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 100 : 231 - 529.
- Cabrera, Ch-C, A. 2000. Determinación de los hábitos alimenticios durante las estaciones primavera y verano de *Carcharhinus falciformis*, *Sphyrna lewini* y *Nasolamia velox* (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) a partir del análisis de su contenido estomacal en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de Licenciatura. UNAM. México. 63 pp.
- Cadena, C. L. 2001 Biología reproductiva de *Carcharhinus falciformis* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Carcharhinidae), en el Golfo de California. *Tesis Profesional*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S. 68 pp.
- Caillet, G. M., M. S. Love y A. W. Ebeling. 1986. *Fishes: a field and laboratory manual on their structure, identification and natural history*. Wadsworth Publishing Co., Belmont, California. 194 pp.
- Campos, J. A., A. Segura, O. Lizano y E. Madrigal. 1993. Ecología básica de *Coryphaena hippurus* (Pises: Coryphaenidae) y abundancia de otros grandes pelágicos en el Pacífico de Costa Rica. *Cent. Invest. Cienc. Mar y Limnol. Rev. Biol.* 41 (3 – B): 783 – 790 pp.

- Carey, F. G., J. W. Kanwisher, O. Brazier, G. Gabrielson, J. G. Casey y H. L. Pratt. 1982. Temperature and activities of a white shark, *Carcharodon carcharias*. *Copeia*. 254 – 260.
- Castillo, G. J. L., A. Cid del Prado, S. Soriano, F. Sancho, F. Márquez y C. Ramírez. 1997. Descripción, evaluación y manejo de la pesquería artesanal de tiburón de Puerto Madero, Chiapas. INP. SEMARNAP. Primer informe anual. 53 p.
- Castro A. J. L. 1965. Primer registro de dos elasmobranquios en aguas mexicanas. *Anal. Inst. Nal. De Invest. Biológico-Pesqueras*. 1 : 156 – 162.
- Castro A. J. L. 1969. Contribución al estudio de los tiburones de México. *Tesis Profesional*. Esc. Nal. Cienc. Biol. INP. México. 262 p.
- Castro, J. I. 1996. The sharks of North american waters. *Texas A & M University Press*. Texas, E. U. A. 180 p.
- Clark, E. y K. von Schmidt. 1965. Sharks of the central Gulf Coast of Florida. *Bull. Mar. Sci*, 15 : 13 – 83.
- Clarke, M. R. 1962. The identification of cephalopod beaks and their relationship between beak size and total body weight. *Bull. British. Mus. (Nat. Hist.)* 10 : 422 – 480.
- Clarke, M. R. 1977. Beaks, nets and numbers. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 38: 86-126
- Clarke, M. R. 1986. *A handbook for the identification of cephalopod beaks*. Clarendon Press. Oxford. 273 pp.
- Clarke, M. R. 1985 a. Cephalopods in the diet of Cetacean and seals. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.* 29 : 311-218.
- Clarke, M. R. 1985 b. Cephalopod biomass-estimation from predation. Pp., 221 – 237. In: Cephalopod life cycles. P. R. Boyle (Eds). Academic Press.
- 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.
- Cohen, E., M. Grosslein, M. Sissenwine, F. Serchuk y R. Bowman. 1981. Stomach contents studies in relation to multispecies fisheries analysis and modeling for the northwest Atlantic. International Council for the Exploration of the Seas, C.M. 1981/ G:66. Council Meeting, 1981. Ground Fish Section, no. 66.

- Colwell, R. K. y D. J. Futuyma. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*. 52 (4): 567 – 576.
- Compagno, J. L. V. 1984. FAO Species Catalogue. Vol. 4 Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species know to date. Parts 1 and 2. *FAO Fish. Synop.* (125) 4 (1 & 2), 655 pp.
- Compagno, J. L. V. 1999. Systematics and body form. *En: Sharks, skates and rays, the biology of elasmobranch fishes*. Editor Hamlett. W. C. The John Hopkins University Press. 1 – 42 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. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES J. Mar. Sci.* 56 : 707 – 717.
- Cortés, E. y S. Gruber. 1990. Diet, feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). *Copeia* 1990 (1) : 204 -218.
- Cortés, E., C. A. Manire y R. Hueter. 1996. Diet, Feeding habits, and diel feeding chronology of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*, in southwest Florida. *Bull. Mar. Sci.*, 58 : 353 – 367.
- Cummings, K. W. y J. C. Wuycheck. 1971. Caloric equivalents for investigations in ecological energetics. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 18 : 1 – 158.
- Das, K., C. Beans, L. Holsbeek, G. Mauger, S. D. Berrow, E. Rogan y J. M. Bouqueneau. 2003. Marine mammals from northeast atlantic: relationship between their trophic status as determined by $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ measurements and their trace metal concentrations. *Mar. Env. Res.* 56 : 349 – 365.
- Del Rosario, R. C. 1998. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del tiburón blanco *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839), de las costas del Pacífico de Guatemala. *Tesis de Lic. Acuicultura*, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. CEMA. 74 p.
- DeNiro, M. J. y S. Epstein. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 42: 495-506.
- DeNiro, M. J. y S. Epstein. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 45: 341-351.

-
- Ehrhardt, N.M, Jacqemin, P.S., Garcia, F.,González, G., López, J. M.,Ortiz, J. y Solis, A. 1983. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico. I: Advances in assesment of world cephalopod resources . J.F. Caddy (Ed.) pp 306-309. Rome: *FAO Fisheries Technical paper* No. 231.
- Ellis, J. R., M. G. Pawson y S. E. Shackley. 1996. The comparative feeding ecology of six species of shark and four species of ray (Elasmobranchii) in the north-east Atlantic. *J. Mar. Bio. Ass. U.K.*, 76 : 89 – 106.
- Ferry, L. A. 1998. Feeding kinematics of hatchling swellsharks, *Cephaloscyllium ventriosum* (Scyliorhinidae): the importance of predator size. *Marine Biology*. 131: 703 – 718.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. Roma FAO. Vol. I, II, III. 1- 1813 pp.
- Flowerdew, M. W. y D. J. Grove. 1979. Some observations of the effects of body weight, temperature, meal size and quality on gastric emptying time in the turbot, *Scophthalmus maximus* (L) using radiography. *J. Fish. Biol.* 14 : 229 – 238.
- Fry, B. 1988. Food web structure on Georges Bank from stable C, N and S isotopic composition. *Limnol. Oceanogr.* 33:1182-1190.
- Galván, M. F. 1988. Composición y análisis de la dieta del atún aleta amarilla. *Tesis de Maestría. CICIMAR. IPN. B.C.S.* 86 p.
- Galván, F., H. Nienhuis y P. Klimley. 1989. Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, Mexico. *Calif. Fish and Game*. 75 : 74 – 84.
- Garrick, J. A.F., R. H. Backus y R. H. Gibbs Jr. 1964. *Carcharhinus floridanus*, the silky shark, a synonym of *Carcharhinus falciformis*. *Copeia*. 369 – 375.
- Garth, J. S. y W. Stephenson. 1966. Brachyura of the Pacific coast of America. Brachyrhyncha - Portunidae. *Allan Hancock Monogr. Mar. Biol.* 1 : 154 p.
- Gilbert, P. W. y D. A. Schlernitzauer. 1966. The placenta and gravid uterus of *Carcharhinus falciformis*. *Copeia*. 3 : 451 – 457.
- Golley, F. R. 1961. Energy values of ecological materials. *Ecology* 42 (3); 581 – 584.

-
- Gómez, J y Vélez. 1982. Variaciones estacionales de temperatura y salinidad en la región costera de la Corriente de California. *Ciencias Marinas*. 8 (2) : 167 – 176.
- Grove, D. J., L. G. Loizzzides y J. Nott. 1978. Satiation amount, frequency of feeding and gastric emptying rate in *Salmo gairdneri*. *J. Fish. Biol.* 12 : 507 – 516.
- Gulland, J. A. 1983. El porqué de la evaluación de las poblaciones pesqueras. FAO, *Circ. de Pesca*. No. 759. Roma. 20 p.
- Gruber, S. H. 1977. The visual system of sharks: adaptations and capability. *Amer. Zool.* 17 : 453 – 469.
- Gruber, S. H. y A. A. Myrberg. 1977. Aproaches to the study of the behavior of sharks. *Amer. Zool.* 17 : 471 – 486.
- Heithatus, M. R. 2001. Shark attacks on bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in shark bay, Western Australia: attack rate, bite scar frequencies, and attack seasonality. *Marine Mammal Science*. 17 (3) : 526 – 539.
- Hobson, K. A. 1999. Tracing origins and migration of wildlife usin stable isotopes: a review. *Oecologia*. 120 : 314 – 326.
- Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *In: Sea Fisheries Research*. F.H. Jones (ed) Halted Press Book.
- Horn, H. S. 1966. Measurement of overlap in comparative ecological studies. *Am. Nat.* 100 : 419 – 424.
- Hulbert, S. H. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*. 59 : 67 – 77.
- Hurtubia, J. 1972. Trophic diversity measurement in sympatric predatory species. *Ecology*. 54(4): 885-890.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17 : 411 - 429.
- IATTC. 1998. Annual Report of the Inter- American Tropical Tuna Commission.
- Instituto Nacional de la Pesca. 2001. Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo. SAGARPA 1999 – 2000. 1111 p.

- Jobling, M. 1979. Dietary digestibility and the influence of food components on gastric evacuation in plaice, *Pleuronectes platessa* L. *J. Fish. Biol.* 19 : 29 – 36.
- Jones, B. C. y G. H. Geen. 1977. Food and feeding of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. *J. Fish. Res. Board Can.* 34 : 2067 – 2078.
- Kato, S. y A. Hernández. 1967. Shark tagging in the eastern Pacific Ocean, 1962-1965. In: P. W. Gilbert, R. F. Mathewson and D. P. Rall (Eds). *Sharks, skates and rays*. Baltimore, M., John Hopkins Press. 93-109 p.
- Klimley, P. A., B. J. Le Boeuf, K. M. Cantara, J. E. Richert, S. F. Davis, S. V. Sommeran y J. T. Kelly. 2001. The hunting strategy of white sharks (*Carcharodon carcharias*) near a seal colony. *Marine Biology*. 138: 617 – 636.
- Krebs, C. J. 1985. *Ecología : Estudio de la distribución y la abundancia*. 2ª ed. Harla. México. 753 pp.
- Labropoulou, M. y A. 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.
- Litvinov, F. F. 1993. Sharks and tuna fisheries. Southern Scientific Research Institute of Marine Fisheries & Oceanography. Resources of tunas and related especies in the world ocean and problems of their rational utilization. 30-32 pp.
- Lowe, G. C., B. M. Wetherbee, G. L. Crow y A. L. Tester. 1996. Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters. *Env. Biol. Fish.* 47 : 203 – 211.
- Marín, O. R. 1992. Aspectos biológicos de los tiburones capturados en las Costas de Tamaulipas y Veracruz, México. Tesis Profesional. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México. 146 pp.
- Markaida, U. y O. Sosa-Nishizaki. 2003. Food and feeding habits of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) (Cephalopoda:Ommastrephidae) from the Gulf of California, México. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 83:507-522.

-
- Medved, R. y J. Marshall. 1981. Feeding behavior and biology of young sandbar sharks, *Carcharhinus plumbeus* (Pisces: Carcharhinidae), in Chincoteague bay, Virginia. *Fish. Bull.*, 79: 441 – 447.
- Medved, R., C.E. Stillwell y J. G. Casey. 1988. The rate of food consumption of young sandbar sharks (*Carcharhinus plumbeus*) in Chincoteague Bay, Virginia. *Copeia*. 4 : 956 – 963.
- Miller, J.D. y N. R. Lea. 1972. Guide to the Coastal Marine Fishes of California. *Fish. Bull.*, 157: 249pp.
- Miller, D. J. y S. C. Jorgensen. 1973. Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. *Calif. Dep. Fish. Bull.* 1 : 301 – 312.
- Monod, T. 1968. Le complexe urophore des poissons teleosteens. *Memories de L'Institute Fundamental D' Afrique Noire*. 81 – 705 p.
- Morris, R. J., J. A. Ballantine y J. C. Roberts. 1983. The sterol composition of some shark livers. *Inst. Oceanogr. Sci. Wormley, Godalming, Surrey. J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 63 (2) : 295 – 299.
- Olson, R. J. y C. H. Boogs. 1986. Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics and cesium concentrations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43 : 1760 – 1775.
- Olson, R. J. y F. Galván. 2002. Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Pacific Ocean. *Fish. Bull.* 279 – 298.
- Owens, N. J. P. 1987. Natural variation in ¹⁵N in the marine environment. *Adv. Mar. Biol.* 24: 390-451.
- Paine, R. T. 1964. Ash and caloric determinations of sponges and opisthobranch tissues. *Ecology*. 45 (2) : 384 – 387.
- Parker, R. R. 1963. Effects of formalin on length and weight of fishes. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 20 : 144 – 155.
- Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese y F. Torres Jr. 1998. Fishing down marine food webs. *Science*. 279 : 860 -863.
- Peterson B. J. y B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annu Rev. Ecol. Syst.* 18: 193-320.

- Pinkas, L., Oliphant, M. S. e Iverson, I. L. K. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters of the Pacific Ocean. *Calif. Fish. Bull.* 2 : 85p.
- Preti, A., S. E. Smith y D. A. Ramon. 2001. Feeding habits of the common thresher shark (*Alopias vulpinus*) sampled from the California-based drift gill net fishery, 1998-1999. *CalCOFI Rep.*, 42: 145 – 152.
- Rau, G. H., A. J. Mearns, D. R. Young, R. J. Olson, H. A. Schafer y I. R. Kaplan. 1983. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ correlates with trophic level in pelagic food webs. *Ecology*. 64: 1314-1318.
- Ronquillo, K. 1999. Aspectos biológicos y pesqueros del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) de las aguas del Golfo de Tehuantepec, Chiapas, México. *Tesis Profesional*. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 90 p.
- Rueda, S. F. 1983. La precipitación como indicador de variación climática en la Península de Baja California y su relación dendrocronológica. *Tesis de Maestría*. CICIMAR - IPN. B. C. S. 125 p.
- Salinas, G. F. 1987. Cálculo de corrientes geostróficas e inducidas por el viento frente a Bahía Magdalena a partir de datos del crucero CICIMAR - 8502. *Tesis de Maestría*. CICIMAR - IPN. B.C.S. 166 p.
- Schaefer, K. M. 1984. Swimming performance, body temperatures and gastric evacuation times of the black skipjack, *Euthynnus lineatus*. *Copeia*. 1984 (4) : 1000 - 1003.
- Schoener, T. W. 1989. Food webs from the small to the large. *Ecology*. 70 : 1559 – 1589.
- Sierra, R. P. 1995. Análisis Preliminar de la Pesquería del tiburón en Puerto Madero, Chiapas. 1994. Informe Final del Proyecto. Instituto Nacional de la Pesca. CRIP. Salina Cruz. Oaxaca. SEMARNAP.
- Slobodkin, L. B. y S. Richman. 1961. Calories/g in species of animals. *Nature*. 191 (4785. p. 299.
- Smith, P. E. y M. T. Zaret. 1982. Bias in estimating niche overlap. *Ecology*. 63: 1248 – 1253.
- Springer, S. 1960. Natural history of the sandbar shark, *Eulamia milberti*. U. S. Fish. Wildl. Serv. *Fish. Bull.* 61 : 1 – 38.
- Stevens, J. D. 1984. Life history and ecology of sharks at Aldabra Atoll, Indian Ocean. *Proc. R. Soc. Lond. B* 222 : 79 – 106.

-
- Stevens, J. D., R. Bonfil, N. K. Dulvy y P. A. Walker. 2000. The effect of fishing on sharks, rays and chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES. Journal of Marine Science*. 57 : 476 – 494.
- 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. Fish. Aquat. Sci.* 39: 407 – 414.
- Strasburg, D. W. 1958. Distribution, abundance, and habits of pelagic sharks in the central Pacific Ocean. *U. S. Fish. Bull.* 58 : 335 – 361.
- Sverdrup, H. W., M. W. Johnson y R. H. Fleming. 1942. The Oceans: Their physics, chemistry and general biology. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff, New Jersey. USA: 1087 pp.
- Talent, L. 1976. Food habits of the leopard shark, *Triakis semifasciata*, in Elkhorn slough, Monterey Bay, California. *Calif. Fish and Game.*, 62 : 286 – 298.
- Thayer, E., S. J. W. Angelolovic y M. W. Lacroux. 1973. Caloric measurements of some estuarine organisms. *Fish Bull.* 71 (1) : 289 – 296.
- Tieszen, L. L., T. W. Boutton, D. G. Tesdahl y N. A. Slade. 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implication for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. *Oecologia*. 57:32-37.
- Timokhin, I. G. y V. Korkosh. 1993. Fish concentrations near floating objects, their species composition and some features of their biology. Southern Scientific Research Institute of Marine Fisheries & Oceanography. Resources of tunas and related species in the world ocean and problems of their rational utilization. 82 - 86 pp
- Thomson, D. A., L. T. Findley y A. N. Kerstitch. 1979. *Reef fishes of the Sea of Cortez*. John Wiley and Sons. New York. 302 pp.
- Tricas, T. C. 1979. Relationships of the blue shark, *Prionace glauca* and it's prey species near Santa Catalina island, California. *Fish. Bull.* 77 (1) : 175 – 182.
- Villatoro, O. y C. Rivera. 1994. Diagnóstico de la pesquería del tiburón en El Salvador. *Tesis de Lic.* Universidad Nacional, CENDEPESCA. 95 p.

-
- Villavicencio, G. C. 1996. Pesquería de tiburón y cazón. *In*: Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Casa-Valdez, M and G. Ponce Díaz (eds) pp. 305 – 316. SEMARNAP, Gob. del Edo. B.C.S. FAO. INP. UABCS. CIB. CICIMAR y CET del Mar.
- Voss, G. L. 1967. The biology and bathymetric distribution of deep-sea cephalopods. *In*: Proceedings of the International Conference on Tropical Oceanography. University of Miami. Institute of Marine Sciences. *Stud. Trop. Oceanogr.* (5): 847 pp.
- Wetherbee, B., S. Gruber y E. Cortés. 1990. Diet, feeding habits, digestion and consumption in sharks, with special reference to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. Pp. 29-47. *In*: H. L. Pratt Jr., S. H. Gruber and T. Taniuchi (eds). *Elasmobranchs as living resources: advances in the Biology, Ecology, Systematics and the status of the Fisheries*. NOAA Tech. Rep. 90.
- Wetherbee, B., G. L. Crow y C. Lowe. 1996. Biology of the galapagos shark, *Carcharhinus galapagensis*, in Hawai'i. *Environm. Biol. Fish.* 45 : 299 – 310.
- Wright, L. D., H. H. Robert, J. M. Coleman, R. L. Kupfer, y L. W. Bowden. 1973. Process – form variability of multiclass coast: Baja California. NOAA Tech. Rep. No. 137.
- 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.
- Wolff, C. A. 1984. Identification and estimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Tech. Rep. NMFS. 17 – 50 p.
- Zeiske, E., B. Theisen y S. H. Gruber. 1987. Functional morphology of the olfactory organ of two carcharhinid shark species. *Can. J. Zool.* 65 (10) : 2406 – 2412.
- Zhev, G. V. y K. N. Nesis. 1971. Kal'mary: Biologiya i. *J. promysel.* Moscow, Pishchevaya Promyshlennost. 360 pp.

12. TABLAS Y FIGURAS.

Tabla 1. Espectro trófico del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, en Punta Lobos, B.C.S., expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos Numérico (N y %N), Gravimétrico (W y %W), Frecuencia de Ocurrencia (FO y %FO) e Índice de Importancia Relativa (IIR y %IIR).

Especies presa	N	% N	W	% W	FO	% FO	IIR	%IIR
Cephalopoda								
Teuthoidea								
Enoploteuthidae								
<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	9	6.4	9.1	0.1	4	21.1	140.3	2.6
Histioteuthidae								
<i>Histioteuthis</i> spp.	1	0.7	0.2	0.004	1	5.2	3.8	0.007
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	5	3.5	2046.3	42.7	1	5.2	244.1	4.6
Octopoda								
Argonautidae								
<i>Argonauta comutus</i>	8	5.7	46.5	0.8	2	10.5	73.6	1.41
Crustacea								
Decapoda								
Galatheidae								
<i>Pleuroncodes planipes</i>	97	69.7	241.8	5.1	11	57.8	4333.01	83.1
Osteichthyes								
Balistidae	1	0.7	54.5	1.1	1	5.2	9.7	0.18
Carangidae								
<i>Trachurus symmetricus</i>	1	0.7	4.9	0.1	1	5.2	4.3	0.08
Coryphaenidae								
<i>Coryphaena equiselis</i>	1	0.7	870.9	18.2	1	5.2	99.6	1.9
<i>Coryphaena hippurus</i>	2	1.1	789.4	16.5	1	5.2	92.3	1.77
<i>Coryphaena</i> spp.	2	1.4	267.2	5.5	2	10.5	73.9	1.4
Clupeidae								
<i>Harengula thrissina</i>	1	0.7	0.5	0.01	1	5.2	3.8	0.07
Labridae								
<i>Bodianus diplotaenia</i>	1	0.7	12.1	0.2	1	5.2	5.1	0.09
Priacanthidae								
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	3	2.1	176.7	3.6	2	10.5	61.6	1.1
Scombridae	1	0.7	24.2	0.5	1	5.2	6.4	0.12
<i>Scomber japonicus</i>	2	1.4	31.6	0.6	2	10.5	7.27	0.13
<i>Auxis thazard</i>	1	0.7	0.3	0.007	1	5.2	3.8	0.07
<i>Auxis</i> spp.	1	0.7	148.7	2.2	1	5.2	20.1	0.3
Tetraodontidae	1	0.7	20.5	0.4	1	5.2	6.04	0.11
Restos de pez	2	1.4	22.3	0.4	2	10.5	20.06	0.38

Tabla 2. Espectro trófico de las hembras de tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Lobos, B.C.S., expresado en valores porcentuales de los índices Numérico (%N), Gravimétrico (%W), de Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

Presa	%N	%W	%FO	%IIR
Cephalopoda				
Teuthoidea				
Enoploteuthidae				
<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	5.8	0.09	25	2.8
Histioteuthidae				
Histioteuthis spp.	1.1	0.004	8.3	0.1
Ommastrephidae				
<i>Dosidicus gigas</i>	5.8	47.3	8.3	8.7
Octopoda				
Argonautidae				
<i>Argonauta cornutus</i>	2.3	0.3	8.3	0.4
Crustacea				
Decapoda				
Galatheididae				
<i>Pleuroncodes planipes</i>	74.1	3.2	50	76.08
Osteichthyes				
Balistidae	1.1	1.2	8.3	0.3
Clupeidae				
<i>Harengula thrissina</i>	1.1	0.01	8.3	0.1
Coryphaenidae				
<i>Coryphaena equiselis</i>	1.1	20.1	8.3	3.47
<i>Coryphaena hippurus</i>	2.3	18.2	8.3	3.3
<i>Coryphaena</i> spp.	2.3	6.1	16.6	2.7
Scombridae				
<i>Auxis thazard</i>	1.1	0.008	8.3	0.1
Priacanthidae				
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	1.1	3.03	16.6	1.3

Tabla 3. Espectro trófico de los machos de tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Lobos, B.C.S., expresado en valores porcentuales de los índices Numérico (%N), Gravimétrico (%W), de Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

Presa	%N	%W	%FO	%IIR
Cephalopoda				
Teuthoidea				
Enoploteuthidae				
<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	7.4	1.08	14.2	1.5
Octopoda				
Argonautidae				
<i>Argonauta cornutus</i>	11.1	10.06	14.2	3.8
Crustacea				
Decapoda				
Galatheidae				
<i>Pleuroncodes planipes</i>	62.9	21.7	71.4	77.46
Osteichthyes				
Carangidae				
<i>Trachurus symmetricus</i>	1.8	1.06	14.2	0.5
Labridae				
<i>Bodianus diplotaenia</i>	1.8	2.6	14.2	0.8
Priacanthidae				
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	3.7	9.8	14.2	2.4
Scombridae	1.8	5.2	14.2	1.2
<i>Auxis</i> spp.	1.8	32.1	14.2	6.1
<i>Scomber japonicus</i>	1.8	6.8	14.2	1.5
Tetraodontidae	1.8	4.4	14.2	1.1
Restos	3.7	4.8	28.5	3.1

Tabla 4. Espectro trófico de los juveniles de tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Lobos, B.C.S., expresado en valores porcentuales de los índices Numérico (%N), Gravimétrico (%W), de Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

Presa	%N	%W	%FO	%IIR
Cephalopoda				
Teuthoidea				
Enoplateuthidae				
<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	10	0.02	20	3.3
Crustacea				
Decapoda				
Galatheididae				
<i>Pleuroncodes planipes</i>	50	0.8	60	50.6
Osteichthyes				
Coryphaenidae				
<i>Coryphaena equiselis</i>	10	85.6	20	31.7
Priacanthidae				
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	10	12.8	20	7.5
Scombridae				
<i>Auxis thazard</i>	10	0.03	20	3.3
Restos	10	0.5	20	3.4

Tabla 5. Espectro trófico de los adultos de tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Lobos, B.C.S., expresado en valores porcentuales de los índices Numérico (%N), Gravimétrico (%W), de Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

Presa	%N	%W	%FO	%IIR
Cephalopoda				
Teuthoidea				
Enoploteuthidae				
<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	6.2	0.2	21.4	2.5
Histioteuthidae				
<i>Histioteuthis</i> spp.	0.7	0.005	7.1	0.09
Ommastrephidae				
<i>Dosidicus gigas</i>	3.8	54.3	7.14	7.5
Octopoda				
Argonautidae				
<i>Argonauta cornutus</i>	6.2	1.5	14.2	2.02
Crustacea				
Decapoda				
Galatheididae				
<i>Pleuroncodes planipes</i>	71.3	6.1	57.1	80.6
Osteichthyes				
Balistidae	0.7	1.4	7.1	0.2
Carangidae				
<i>Trachurus symmetricus</i>	0.7	0.1	7.1	0.1
Coryphaenidae				
<i>Coryphaena hippurus</i>	1.5	20.9	7.1	2.9
<i>Coryphaena</i> spp.	1.5	7.09	14.2	2.2
Clupeidae				
<i>Harengula thrissina</i>	0.7	0.01	7.1	0.09
Labridae				
<i>Bodianus diplotaenia</i>	0.7	0.3	7.1	0.1
Priacanthidae				
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	0.7	1.2	3.5	0.2
Scombridae	0.7	0.6	7.1	0.1
<i>Auxis</i> spp.	0.7	3.9	7.1	0.5
<i>Scomber japonicus</i>	0.7	0.8	7.1	0.1
Tetraodontidae	0.7	0.5	3.5	0.6
Restos	0.7	0.4	3.5	0.07

Tabla 6. Espectro trófico del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, en Punta Belcher, B.C.S., expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos Numérico (N y %N), Gravimétrico (W y %W), Frecuencia de Ocurrencia (FO y %FO) e Índice de Importancia Relativa (IIR y %IIR).

Especies presa	N	% N	W	% W	FO	% FO	IIR	%IIR
Cephalopoda								
Teuthoidea								
Enoploteuthidae								
<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	9	0.3	132.9	0.08	6	4.8	1.824	0.0241315
Gonatidae								
<i>Gonatus</i> spp.	1	0.04	0.5	0.0003	1	0.8	0.03224	0.0004265
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	145	6.2	117472.5	77.8	49	37.3	3133.2	41.452121
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>	1	0.04	1	0.0006	1	0.8	0.03248	0.0004297
Octopoda								
Argonautidae								
<i>Argonauta cornutus</i>	18	0.7	64.3	0.04	4	3.2	2.368	0.0313286
Restos de Cefalópodo	4	0.1	336.7	0.2	4	3.2	0.96	0.0127008
Crustacea								
Decapoda								
Galatheididae								
<i>Pleuroncodes planipes</i>	1044	46.2	3192.3	2.1	49	39.8	1922.34	25.432487
Osteichthyes								
Balistidae								
	1	0.04	700.5	0.4	1	0.8	0.352	0.0046569
Carangidae								
<i>Trachurus symmetricus</i>	1	0.04	66	0.04	1	0.8	0.064	0.0008467
Coryphaenidae								
<i>Coryphaena hippurus</i>	9	0.3	1367.7	0.9	3	2.4	2.88	0.0381023
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	1	0.04	0.1	0.0001	1	0.8	0.03208	0.0004244
<i>Scomber japonicus</i>	1008	44.8	26654.6	17.8	49	39.8	2491.48	32.962189
Exocoetidae	2	0.08	5.7	0.003	2	1.6	0.1328	0.0017569
Haemulidae	1	0.04	189.8	0.1	1	0.8	0.112	0.0014818
Sphyraenidae								
<i>Sphyraena</i> spp.	1	0.001	6.3	0.004	1	0.8	0.004	0.00005
Restos de pez	9	0.3	140.4	0.09	9	7.3	2.847	0.0376657

Tabla 7. Espectro trófico de las hembras de tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Belcher, B.C.S., expresado en valores porcentuales de los índices Numérico (%N), Gravimétrico (%W), de Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

Presa	%N	%W	%FO	%IIR
Cephalopoda				
Teuthoidea				
Enoploteuthidae				
<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	0.2	0.001	3.9	0.01
Ommastrephidae				
<i>Dosidicus gigas</i>	6.6	82.09	43.42	50.65
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>	0.07	0.0009	1.3	0.001
Restos de Decapodo	0.1	0.2	2.7	0.02
Octopoda				
Argonautidae				
<i>Argonauta cornutus</i>	1.1	0.06	3.9	0.06
Crustacea				
Decapoda				
Galatheidæ				
<i>Pleuroncodes planipes</i>	53.2	2.3	39.4	28.8
Osteichthyes				
Carangidae				
<i>Trachurus symmetricus</i>	0.07	0.06	1.3	0.002
Coryphaenidae				
<i>Coryphaena hippurus</i>	0.6	1.3	3.9	0.1
Exocoetidae	0.07	0.0006	1.3	0.001
Haemulidae	0.07	0.1	1.3	0.002
Scombridae				
<i>Auxis thazard</i>	0.07	0.000009	1.3	0.1
<i>Scomber japonicus</i>	36.9	13.5	30.2	20.08
Sphyraenidae				
<i>Sphyraena</i> spp	0.07	0.007	1.3	0.002
Restos	0.4	0.1	7.8	0.05

Tabla 8. Espectro trófico de los machos de tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Belcher, B.C.S., expresado en valores porcentuales de los índices Numérico (%N), Gravimétrico (%W), de Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

Presa	%N	%W	%FO	%IIR
Cephalopoda				
Teuthoidea				
Enoploteuthidae				
<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	0.4	0.1	6.3	0.04
Gonatidae				
<i>Gonatus</i> spp.	0.1	0.001	2.1	0.002
Ommastrephidae				
<i>Dosidicus gigas</i>	6.08	69.7	29.7	27.4
Restos de cefalópodo	0.24	0.3	4.2	0.02
Octopoda				
Argonautidae				
<i>Argonauta cornutus</i>	0.1	0.0007	2.1	0.002
Crustacea				
Decapoda				
Galatheididae				
<i>Pleuroncodes planipes</i>	34.2	1.7	40.42	17.68
Portunidae				
<i>Portunus xanthusi affinis</i>	0.1	0.01	2.1	0.002
Osteichthyes				
Balistidae	0.1	1.4	2.1	0.03
Exocoetidae	0.1	0.01	2.1	0.002
Scombridae				
<i>Scomber japonicus</i>	58.02	26.5	53.1	54.7
Restos	0.3	0.04	6.3	0.03

Tabla 9. Espectro trófico de los juveniles de tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Belcher, B.C.S., expresado en valores porcentuales de los índices Numérico (%N), Gravimétrico (%W), de Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

Presa	%N	%W	%FO	%IIR
Cephalopoda				
Teuthoidea				
Enoploteuthidae				
<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	0.6	0.1	3.03	0.02
Gonatidae				
<i>Gonatus</i> spp.	0.6	0.0008	3.03	0.01
Ommastrephidae				
<i>Dosidicus gigas</i>	39.75	94.7	63.6	89.5
Octopoda				
Argonautidae				
<i>Argonauta cornutus</i>	0.6	0.0006	3.03	0.01
Restos de cefalópodo	1.8	0.3	9.09	0.2
Crustacea				
Decapoda				
Galatheididae				
<i>Pleuroncodes planipes</i>	12.4	0.1	15.1	1.9
Osteichthyes				
Coryphaenidae				
<i>Coryphaena hippurus</i>	1.8	0.9	3.03	0.08
Exocoetidae	1.2	0.009	6.06	0.07
Haemulidae	0.6	0.3	3.03	0.02
Scombridae				
<i>Scomber japonicus</i>	37.2	3.3	18.18	7.7
Sphyraenidae				
<i>Sphyraena</i> spp	0.6	0.01	3.03	0.01
Restos	2.4	0.03	12.12	0.3

Tabla 10. Espectro trófico de los adultos de tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Belcher, B.C.S., expresado en valores porcentuales de los índices Numérico (%N), Gravimétrico (%W), de Frecuencia de Ocurrencia (%FO) e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

Presa	%N	%W	%FO	%IIR
Cephalopoda				
Teuthoidea				
Enoploteuthidae				
<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	0.3	0.07	5.6	0.03
Ommastrephidae				
<i>Dosidicus gigas</i>	3.8	67.8	29.5	25.9
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>	0.04	0.001	1.1	0.0005
Octopoda				
Argonautidae				
<i>Argonauta cornutus</i>	0.8	0.06	3.4	0.03
Restos de cefalópodo	0.04	0.1	1.1	0.001
Crustacea				
Decapoda				
Galatheididae				
<i>Pleuroncodes planipes</i>	48.8	3.3	50	31.9
Portunidae				
<i>Portunus xanthusi affinis</i>	0.04	0.007	1.1	0.0006
Osteichthyes				
Balistidae	0.04	0.7	1.1	0.01
Carangidae				
<i>Trachurus symmetricus</i>	0.04	0.07	1.1	0.001
Coryphaenidae				
<i>Coryphaena hippurus</i>	0.2	0.9	2.2	0.03
Scombridae				
<i>Auxis thazard</i>	0.04	0.0001	1.1	0.0005
<i>Scomber japonicus</i>	45.2	26.6	47.7	41.9
Restos	0.2	0.1	5.6	0.02

Tabla 11. Valores de los Índices Ecológicos cuantificados en la dieta del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, en ambas áreas de estudio.

INDICES	Levin's (Amplitud)	Shannon-Wiener (Diversidad)	Morisita-Horn (Traslapamiento)
Punta Lobos	0.052	1.3	
Machos	0.13	1.4	
Machos Juveniles	0.47	0.5	
Machos Adultos	0.14	1.4	
Hembras	0.06	1.1	
Hembras Juveniles	0.66	1.6	
Hembras Adultas	0.08	0.9	
Machos Adultos & Machos Juveniles			0.91
Hembras Adultas & Hembras Juveniles			0.39
Hembras & Machos			0.96
Punta Belcher	0.08	1	
Machos	0.11	0.9	
Machos Juveniles	0.21	1.2	
Machos Adultos	0.17	0.8	
Hembras	0.11	1	
Hembras Juveniles	0.17	1.2	
Hembras Adultas	0.11	1	
Machos Adultos & Machos Juveniles			0.91
Hembras Adultas & Hembras Juveniles			0.32
Hembras & Machos			0.91
Punta Lobos & Punta Belcher			0.97

Tabla 12. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de músculo del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de Punta Belcher, B. C. S.

Longitud Total (cm)	Fecha	Sexo	Edo. Madurez	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$
155	1.ago.2002	Macho	juvenil	15.07	-17.83
179	31.julio.2002	Macho	juvenil	16.31	-17.75
182	31.julio.2002	Macho	adulto	16.09	-17.84
183	31.julio.2002	Hembra	adulto	15.92	-17.47
184	31.julio.2002	Hembra	adulto	15.09	-17.88
188	1.ago.2002	Macho	adulto	15.47	-17.12
192	1.ago.2002	Macho	adulto	16.00	-17.65
197	31.julio.2002	Hembra	adulto	17.17	-18.11
200	1.ago.2002	Macho	adulto	16.30	-18.37
200	1.ago.2002	Macho	adulto	17.16	-17.51
200	1.ago.2002	Macho	adulto	15.46	-18.04
204	31.julio.2002	Hembra	adulto	16.68	-18.51
205	31.julio.2002	Hembra	adulto	17.68	-17.98
205	1.ago.2002	Hembra	adulto	16.21	-18.02
207	31.julio.2002	Hembra	adulto	15.57	-17.75
211	1.ago.2002	Macho	adulto	16.44	-17.90
218	1.ago.2002	Macho	adulto	16.18	-17.92
220	1.ago.2002	Macho	adulto	16.25	-17.65
225	31.julio.2002	Hembra	adulto	16.26	-17.90
228	31.julio.2002	Hembra	adulto	16.41	-17.55



Figura 1. Localización del área de estudio.

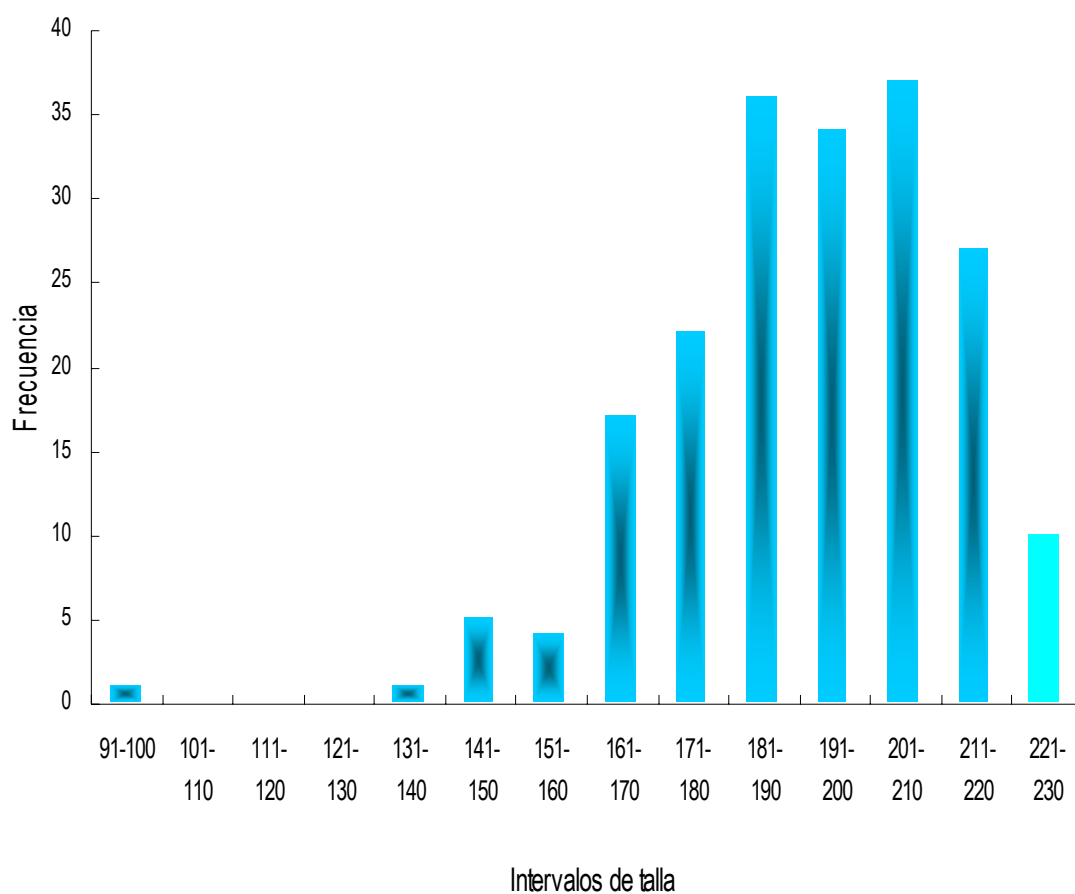


Figura 2. Estructura de tallas del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* capturado en la Costa occidental de Baja California Sur.

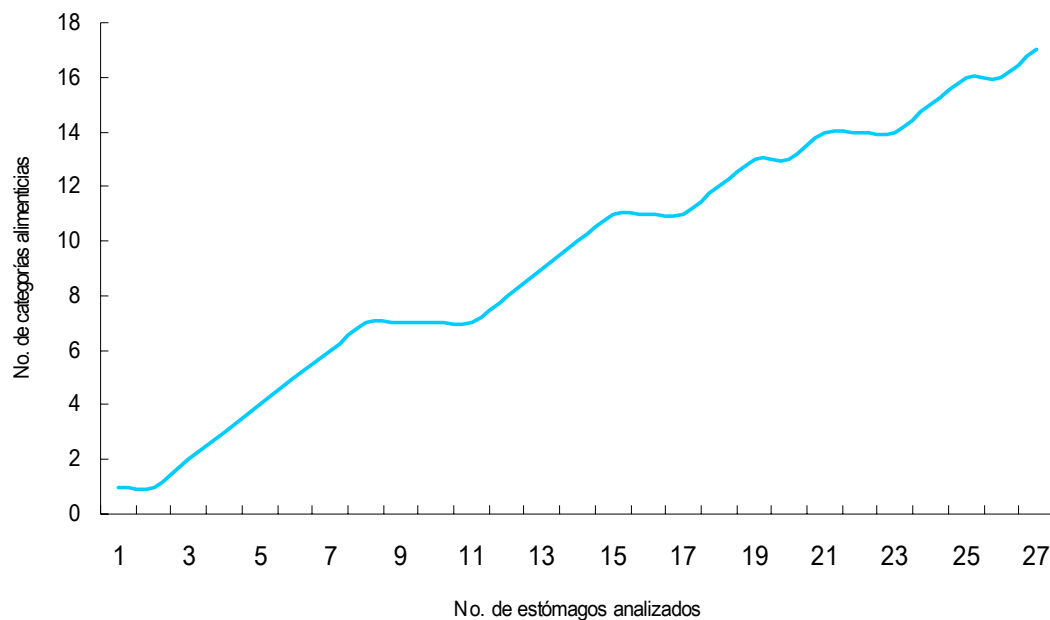


Figura 3. Curva acumulativa del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Lobos, B. C. S.

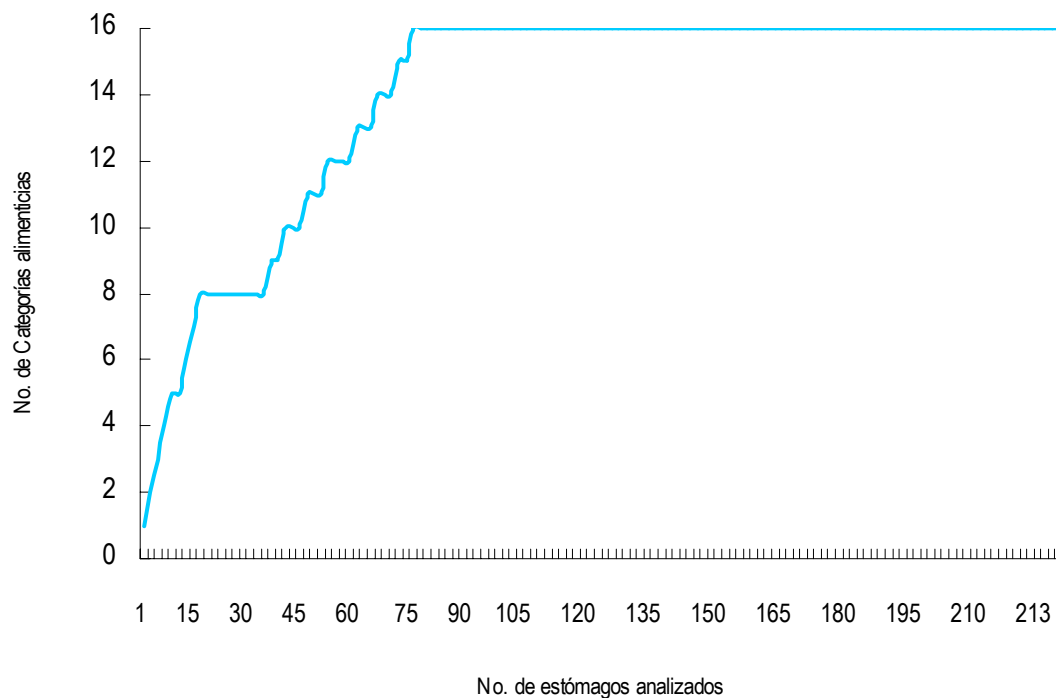


Figura 4. Curva acumulativa del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Belcher, B. C. S.

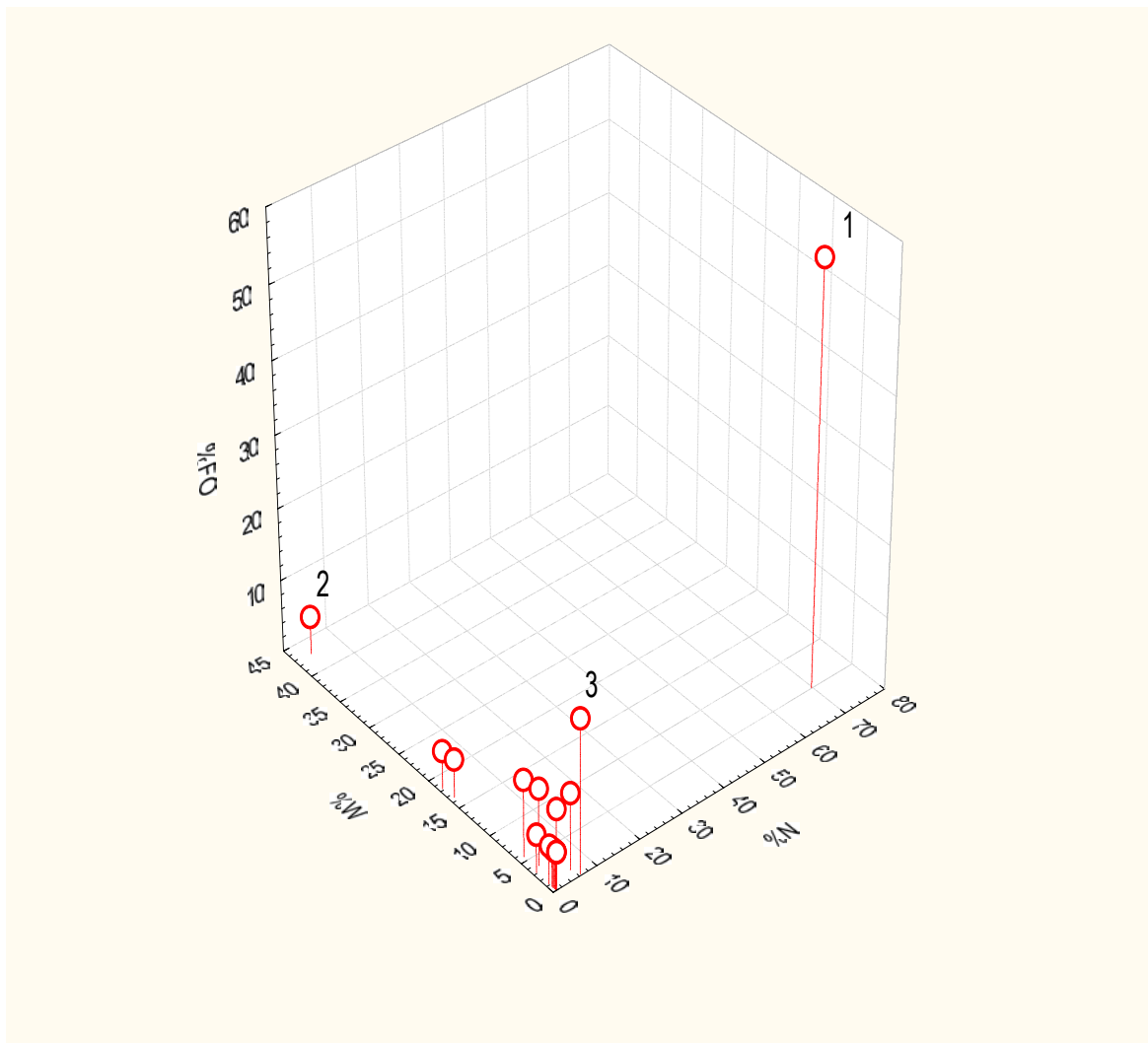


Figura 5. Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos en los contenidos estomacales del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Lobos, B. C. S. 1. *Pleuroncodes planipes*, 2. *Dosidicus gigas*, 3. *Ancistrocheirus lessueuri*.

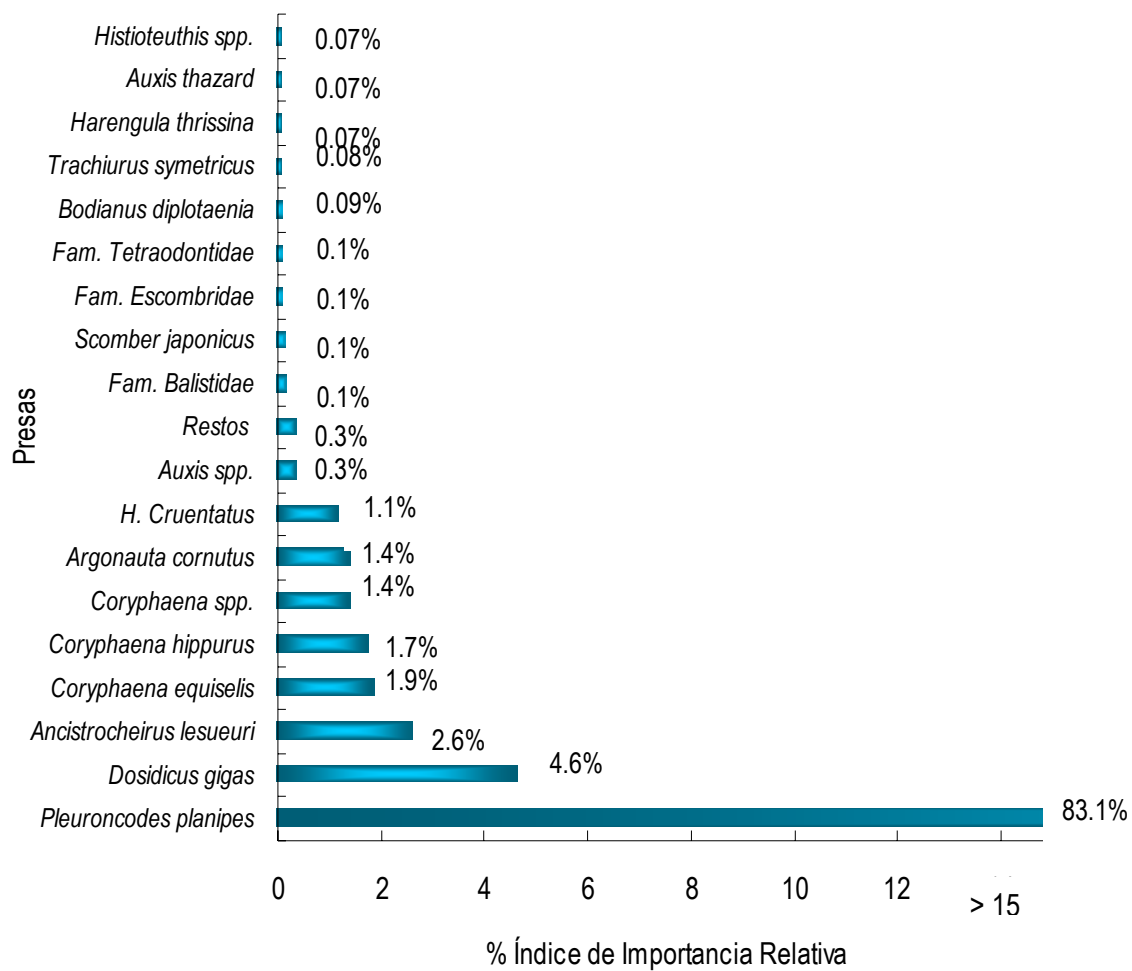


Figura 6. Presas principales del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de acuerdo con el Índice de Importancia Relativa en Punta Lobos, B. C. S.

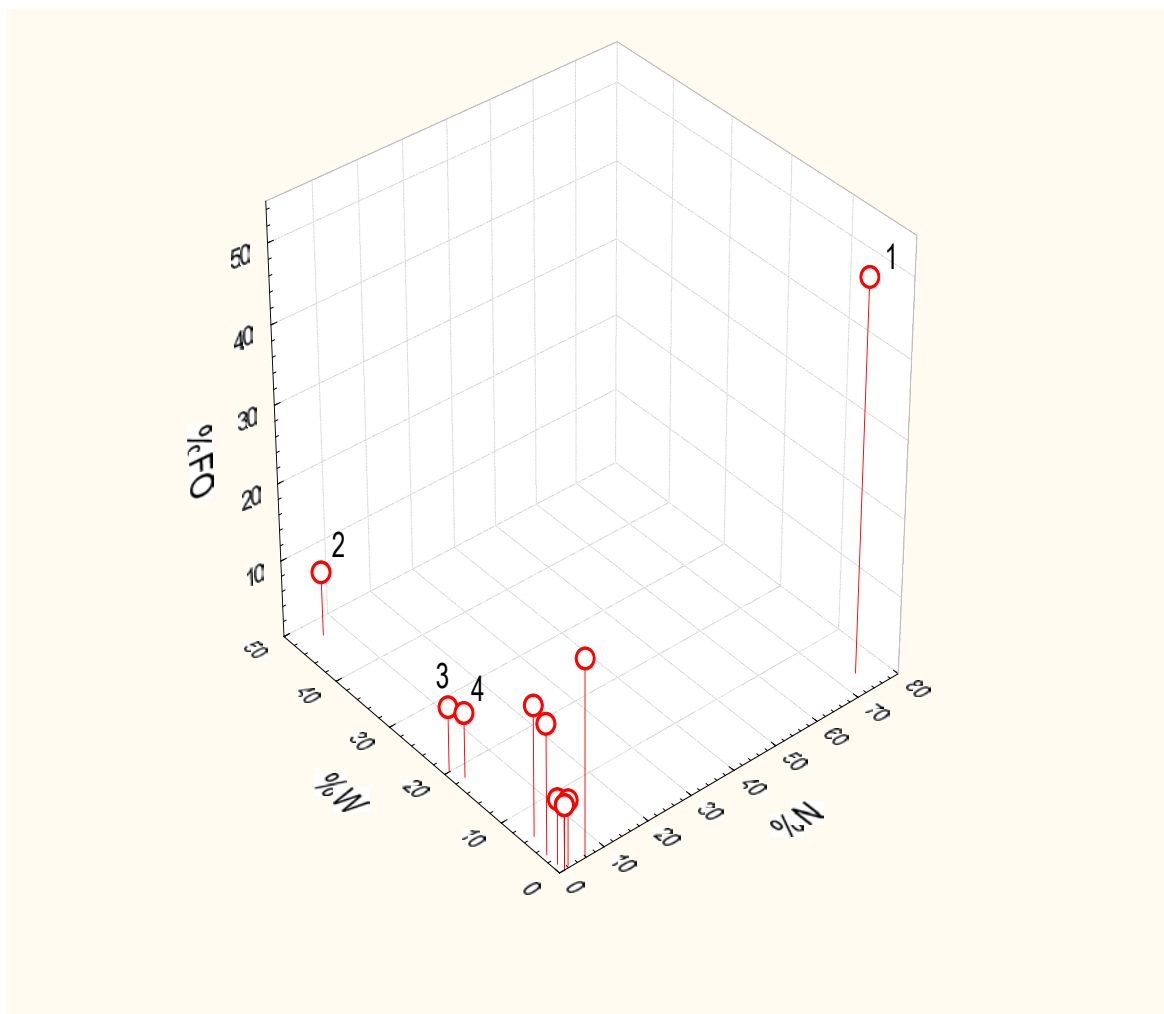


Figura 7. Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de las hembras de tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Lobos, B. C. S. 1. *Pleuroncodes planipes*, 2. *Dosidicus gigas*, 3. *Coryphaena equiselis*, 4. *Coryphaena hippurus*.

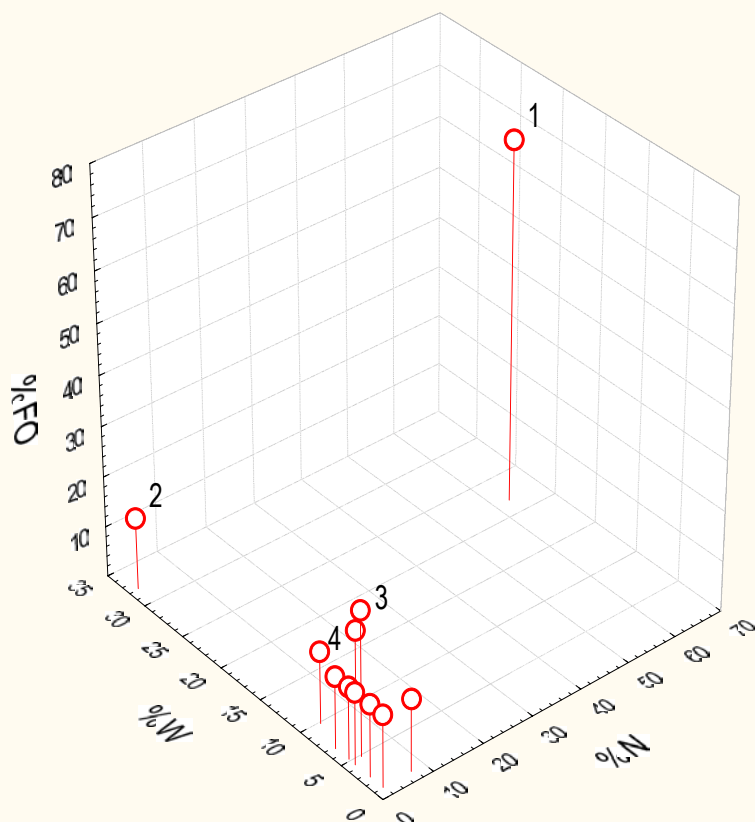


Figura 8. Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de los machos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Lobos, B. C. S. 1. *Pleuroncodes planipes*, 2. *Auxis* spp., 3. *Argonauta cornutus*, 4. Restos de peces.

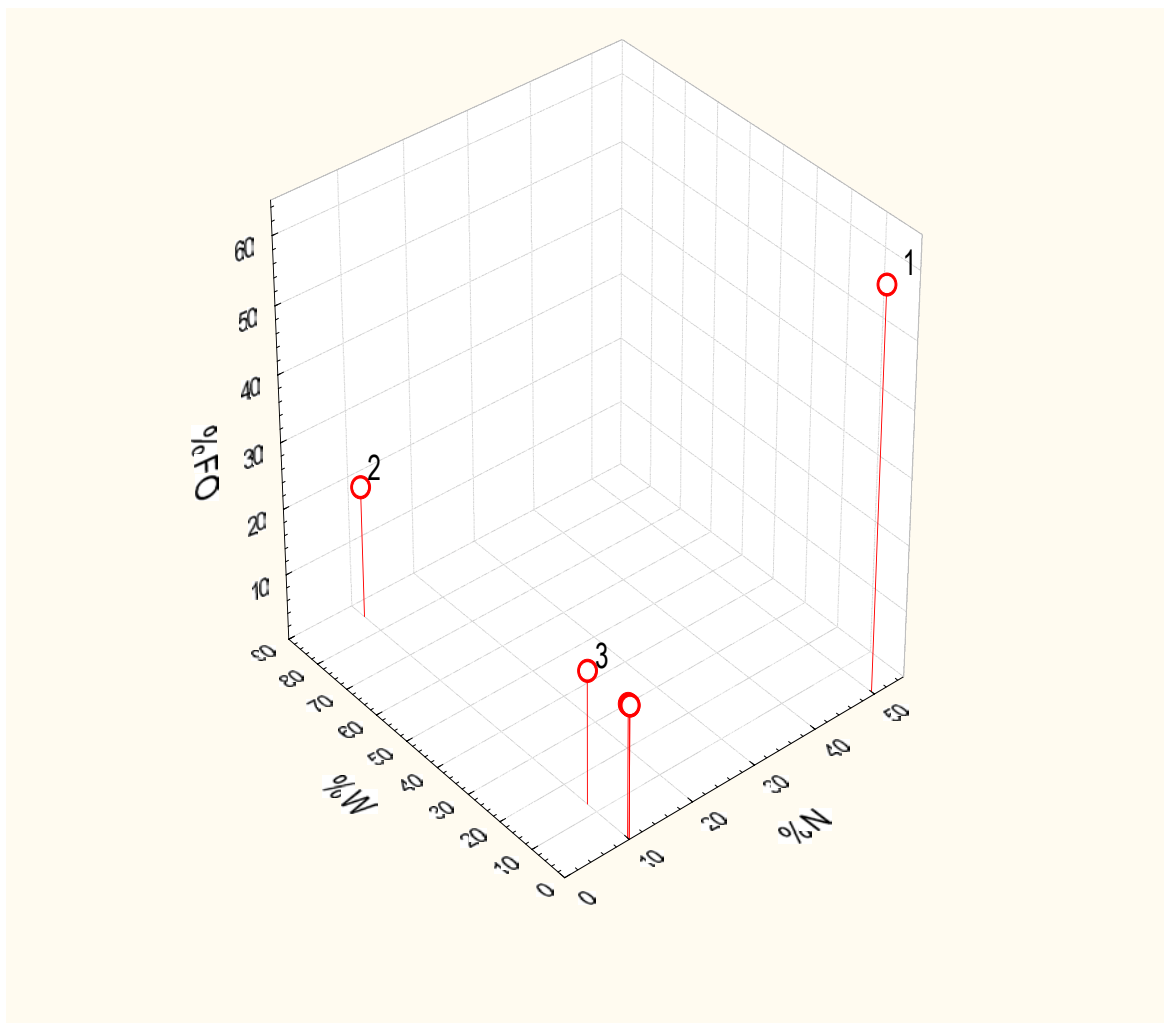


Figura 9. Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de los juveniles del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Lobos, B. C. S. 1. *Pleuroncodes planipes*, 2. *Coryphaena equiselis*, 3. *Heteropriacanthus cruentatus*.

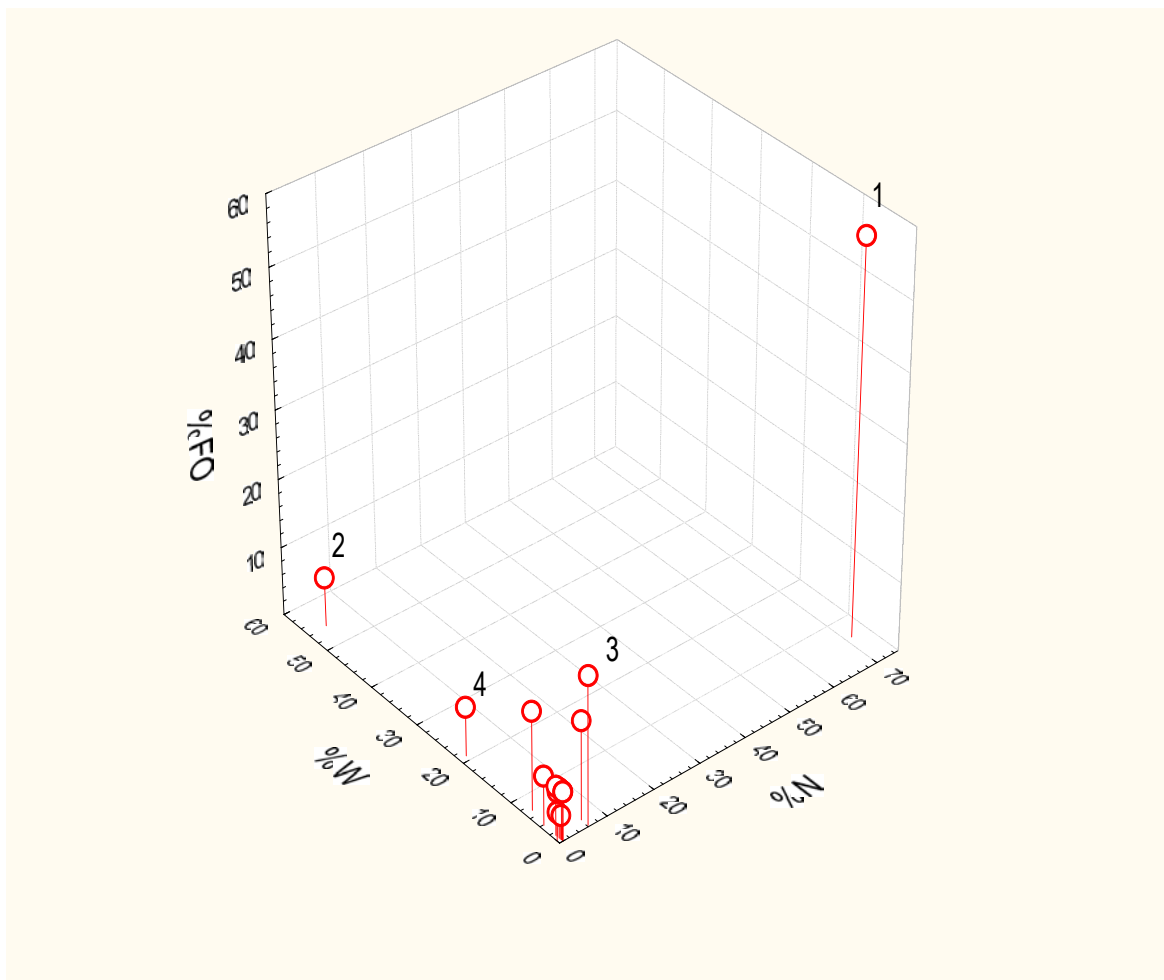


Figura 10. Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos de los contenidos estomacales de los adultos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Lobos, B. C. S. **1.** *Pleuroncodes planipes*, **2.** *Dosidicus gigas*, **3.** *Ancistrocheirus lessueurii*, **4.** *Coryphaena hippurus*.

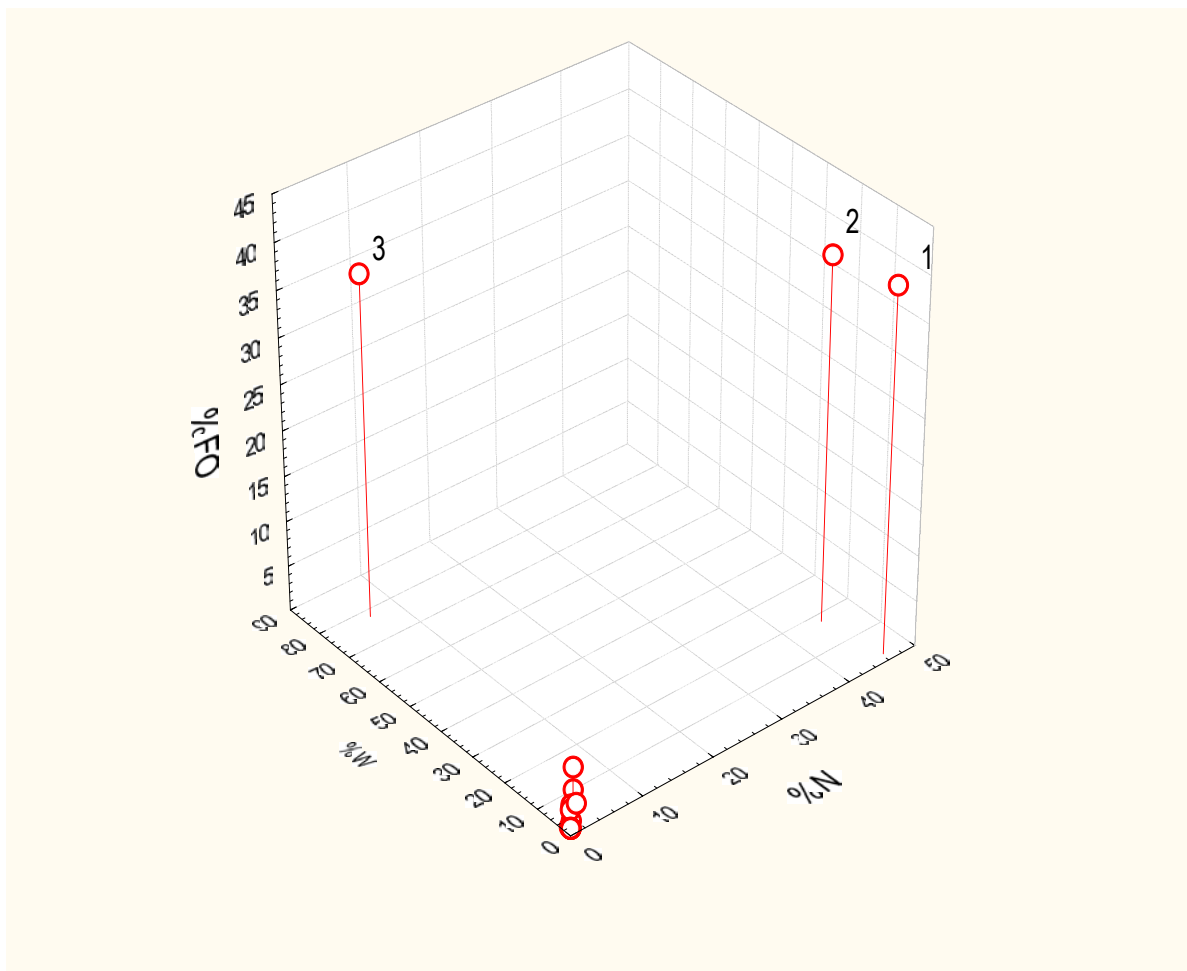


Figura 11. Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos en los contenidos estomacales del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Belcher, B. C. S. 1. *Pleuroncodes planipes*, 2. *Scomber japonicus*, 3. *Dosidicus gigas*.

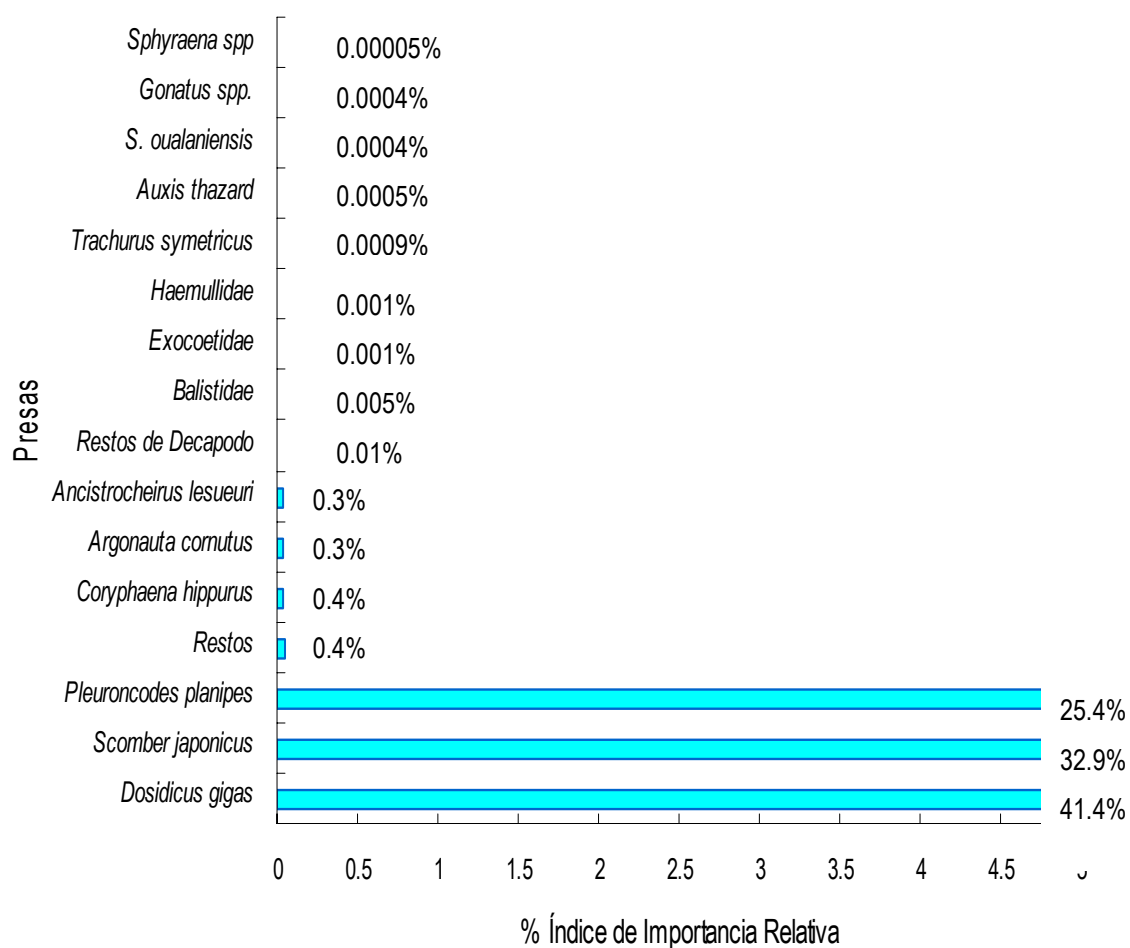


Figura 12. Presas principales del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de acuerdo con el Índice de Importancia Relativa en Punta Belcher, B. C. S.

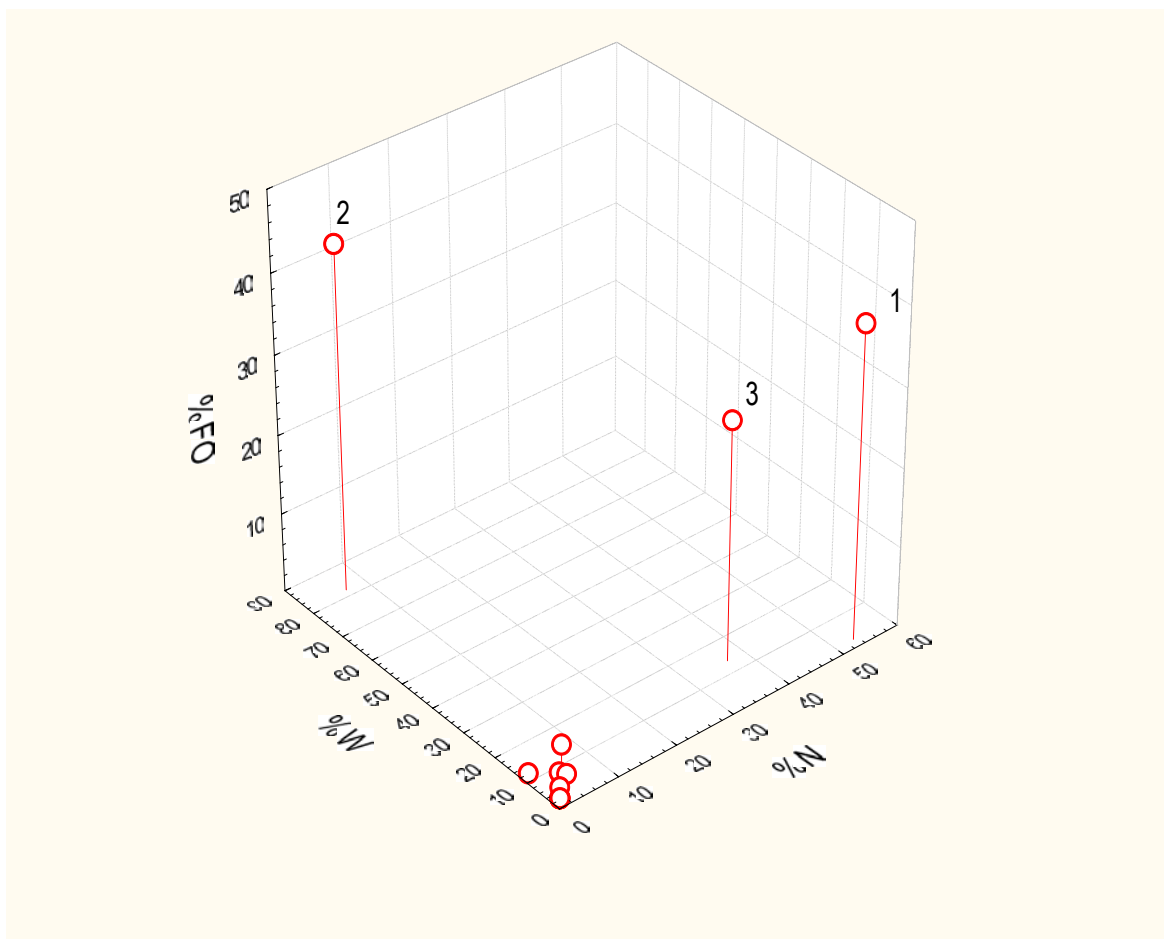


Figura 13. Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos en los contenidos estomacales de las hembras del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Belcher, B. C. S. 1. *Pleuroncodes planipes*, 2. *Dosidicus gigas*, 3. *Scomber japonicus*.

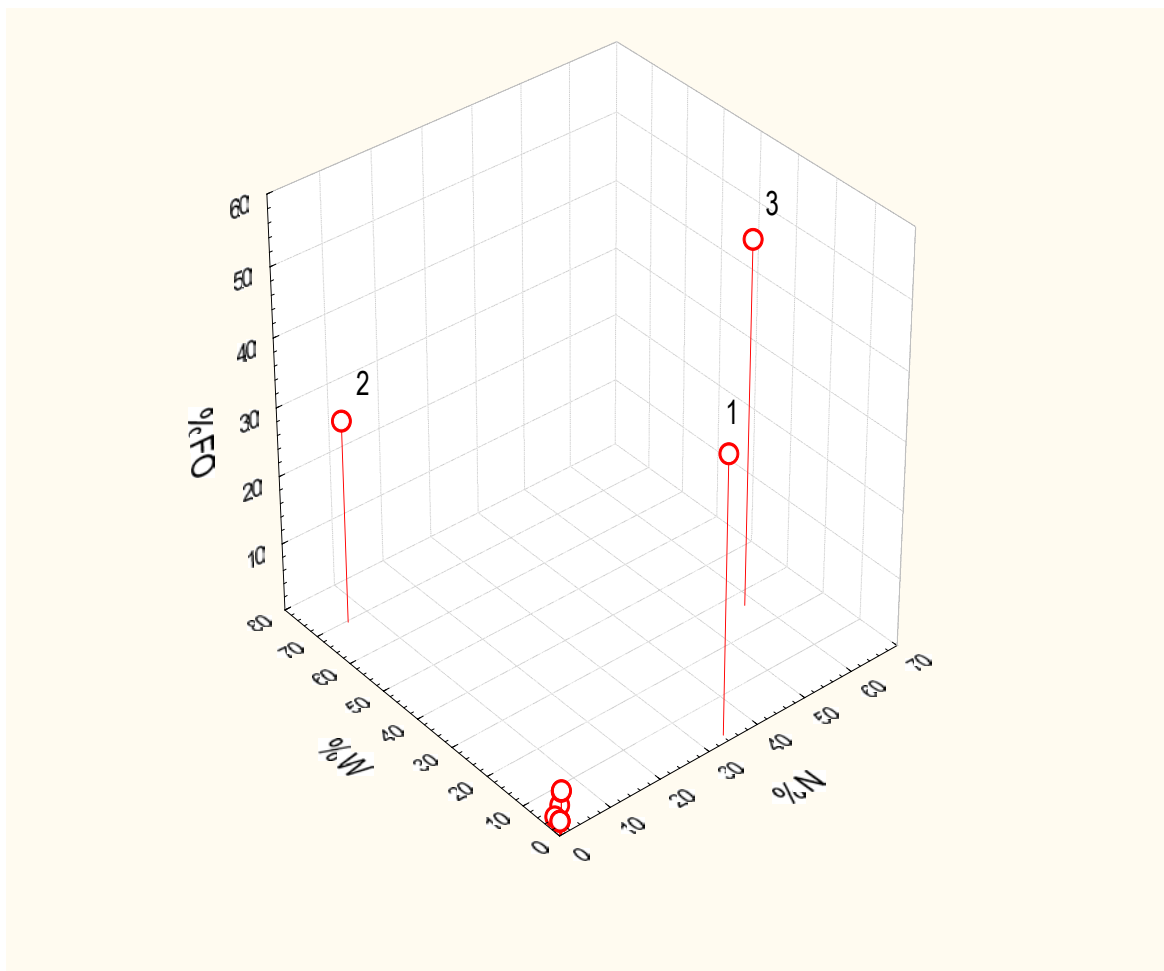


Figura 14. Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos en los contenidos estomacales de los machos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Belcher, B. C. S. 1. *Pleuroncodes planipes*, 2. *Dosidicus gigas*, 3. *Scomber japonicus*.

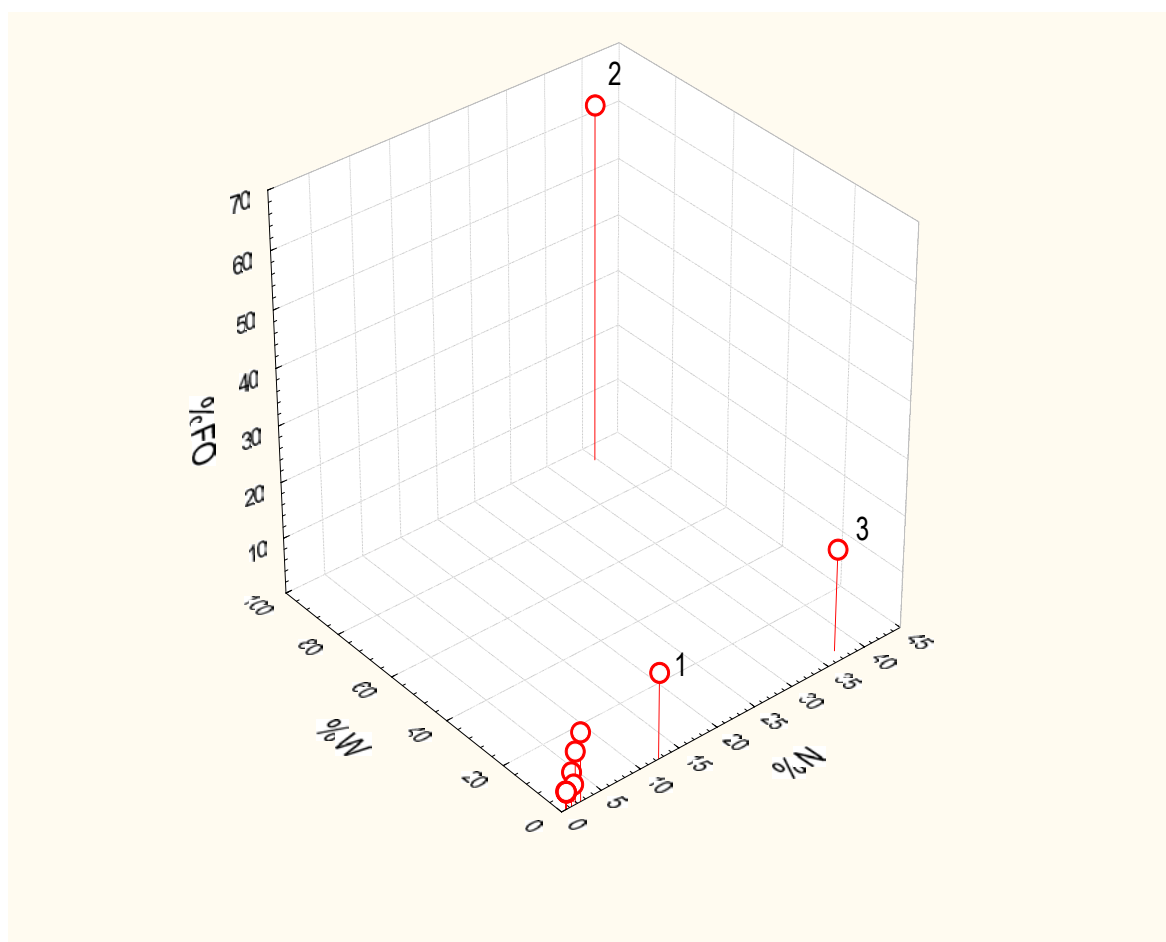


Figura 15. Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos en los contenidos estomacales de los juveniles del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Belcher, B. C. S. 1. *Pleuroncodes planipes*, 2. *Dosidicus gigas*, 3. *Scomber japonicus*.

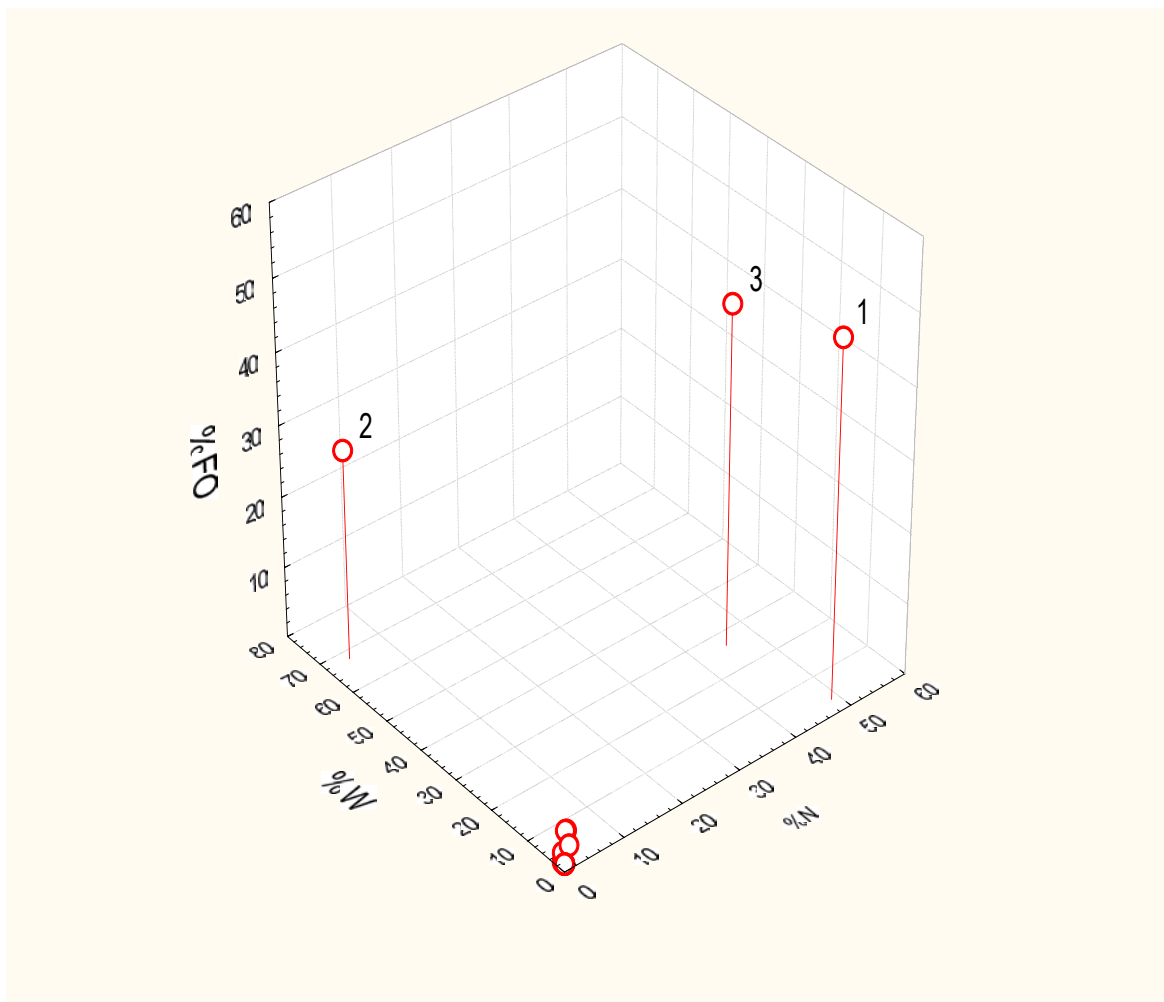


Figura 16. Análisis trófico aplicando tres métodos cuantitativos en los contenidos estomacales de los adultos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en Punta Belcher, B. C. S. 1. *Pleuroncodes planipes*, 2. *Dosidicus gigas*, 3. *Scomber japonicus*.

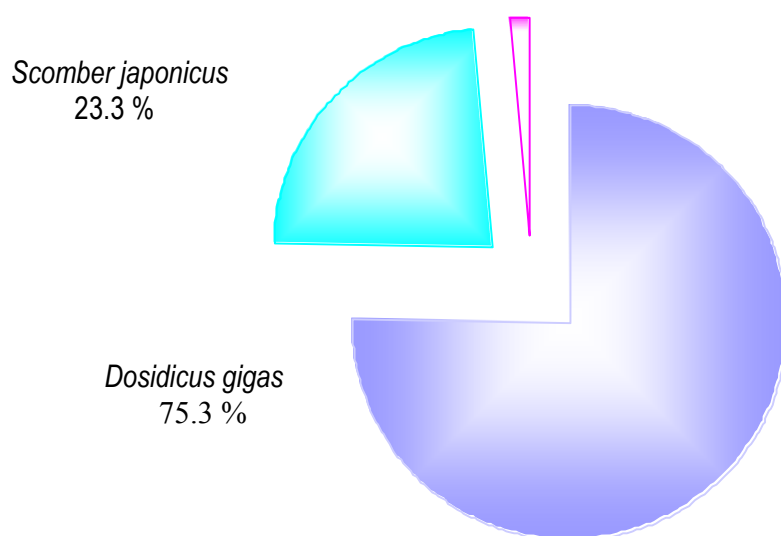


Figura 17. Contribución energética (expresada en porcentaje de kilocalorías) de la langostilla *P. planipes*, la macarela *S. japonicus* y el calamar gigante *D. gigas* a la dieta del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*.

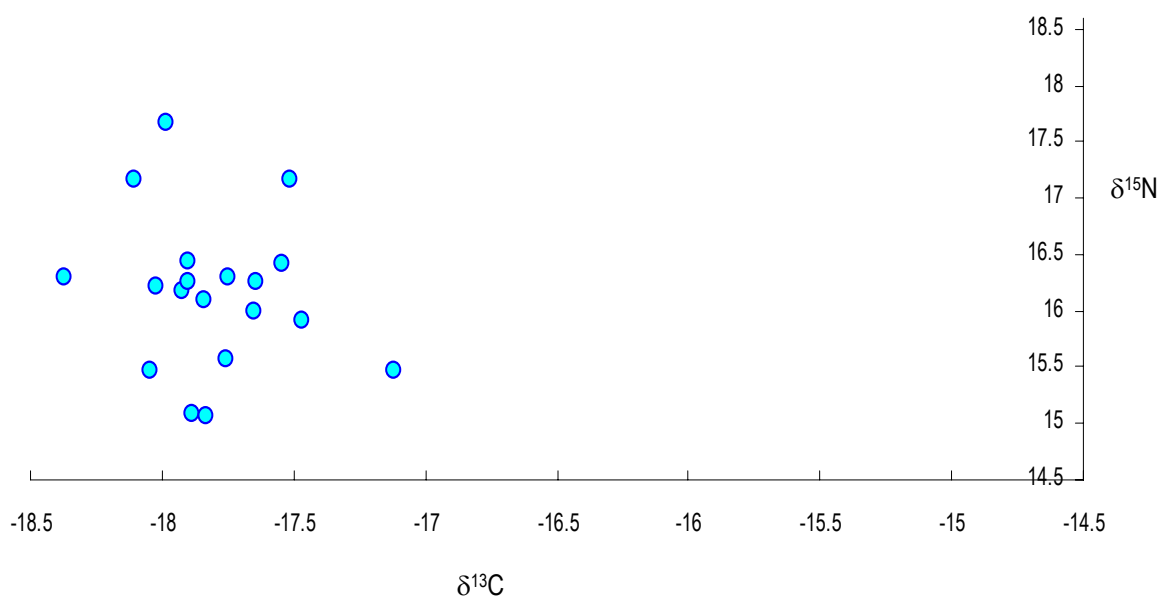


Figura 18. Representación gráfica de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de músculo del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de Punta Belcher, B. C. S.

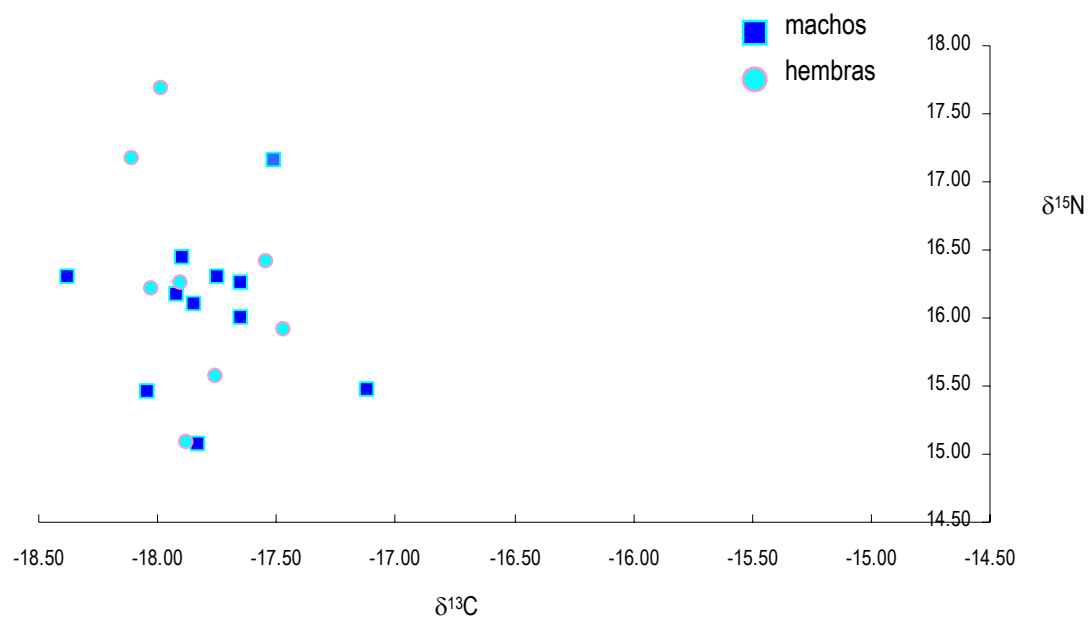


Figura 19. Representación gráfica de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de músculo de hembras y machos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de Punta Belcher, B. C. S.

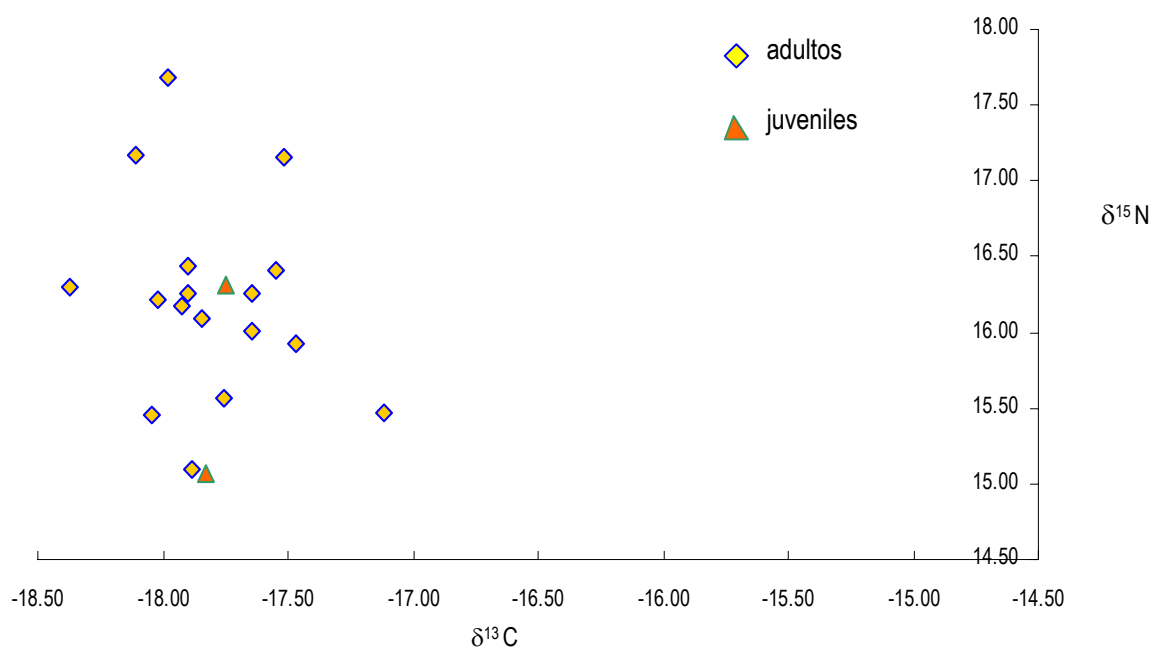
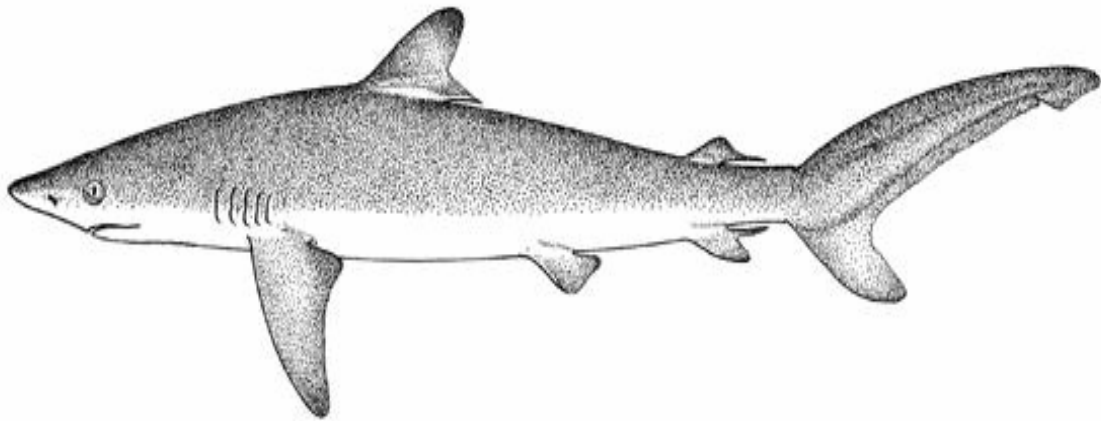


Figura 20. Representación gráfica de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de músculo de juveniles y adultos del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* de Punta Belcher, B. C. S.

13. ANEXO.

Carcharhinus falciformis (Bibron, 1839).

(Tomado de Compagno, 1984)



Sinonimias:

Carcharias falcipinis; *Carcharias menisorrah*; *Squalus* o *Prionodon tiburo*; *Gymnorhinus pharaonis*; *Aprionodon silankainesis*; *Carcharhinus floridanus*; *Eulamia malpeloensis*; *Carcharhinus atrodorsus*.

Nombres comunes:

In: Silky shark; *Fr*: requin soyeux; *Esp*: tiburón sedoso, tiburón jaquetón, tiburón piloto.

Características distintivas:

Es un tiburón gris oceánico grande, oscuro, delgado, con hocico largo y moderadamente redondeado. Ojos moderadamente grandes. Dientes de la mandíbula superior con súspides de moderadas a oblicuas y con bordea aserrados, dientes de la mandíbula inferior con dúspides delgadas y erectas, con pliegues lisos y raíces transversas. Presenta filas de dientes

anteroposteriores 15/15. Con pliegue interdorsal, aletas largas y angostas. La primera dorsal es moderadamente larga, falcada con ápice y margen distal redondeado, su margen interno es largo, presenta su origen posterior a la punta de las pectorales. La segunda dorsal es pequeña y baja, con altura de 1.3 a 2.2 % de la longitud total, presenta un pliegue libre con un margen interno largo de 1.6 a 3 veces su altura, presenta su origen por detrás del origen de la aleta anal. Las aletas pectorales son largas y falciformes, sus ápices son redondeados ó puntiagudos. Las puntas de las aletas exceptuando a la primera dorsal, son oscuras sin llegar a ser negras. Presenta de 199 a 215 vértebras centrales totales, de 98 a 106 precaudales. La distancia internarial de 1.2 a 1.6 veces la distancia prioral. Ojos con longitud de 1.2 a 2.7 % de la longitud total. Línea hiomandibular de poros justo debajo de las esquinas de la boca. Aberturas branquiales moderadamente largas del 2.9 a 3.6 % de la distancia total.

Distribución:

Se distribuye en el Atlántico Oeste, desde Massachussets hasta el Sur de Brasil, incluyendo el Golfo de México y el Mar Caribe. En el Atlántico Este, se encuentra desde Madeira hasta España y desde Senegal al Norte de Angola. En el mar Indico, se distribuye en Madagascar, Mozambique, Isla Comores y Aldabra entre Somalia y las Maldivas, también en el Mar Rojo y Sri Lanka. En el Pacífico Oeste, se le ubica en Tailandia, Filipinas, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda y China; mientras que en el Pacífico Este en: Hawaii, en las Islas Revillagigedo, Clipperton y desde el Sur de Baja California hasta Perú.

Hábitat:

Se encuentra en aguas cálidas tropicales y subtropicales alrededor del mundo. Es una especie epipelágica tanto oceánica como costera y litoral, se le puede encontrar en la plataforma continental e insular, es abundante en aguas oceánicas. Cuando se encuentra cerca de la costa, está en aguas con profundidades de aproximadamente 18 m; mientras que en aguas oceánicas se le encuentra desde la superficie hasta aproximadamente 500 m de profundidad a temperaturas de 23 a 24 °C.

Es un tiburón activo, de movimientos rápidos y agresivo en el agua. La dinámica y estructura de la población están poco estudiados. Diversos muestreos en el Pacífico este y central, demuestran que es más abundante en aguas abiertas cerca de la costa que en mar abierto. Los datos recopilados hasta el momento no demuestran tendencia a la segregación sexual, sin embargo, esta puede ocurrir. Se presenta segregación por tamaño, los juveniles están en áreas de crianza y los adultos se encuentran en el océano abierto. Este tiburón es uno de los tres tiburones oceánicos más comunes junto con el azul y el puntas blancas oceánico.

Reproducción:

Es vivíparo con placenta de saco vitelino. El número de crías va de 2 a 14 por camada. Parece que no existe ninguna estacionalidad en los nacimientos. El periodo de gestación no se conoce muy bien aún. En áreas de crianza del Atlántico noroeste los juveniles de esta especie se localizan en el borde externo de la plataforma continental y en los bancos oceánicos del Caribe. Este tiburón es de lento crecimiento, de adulto mide aproximadamente 3 metros de largo y tiene crías aproximadamente de 90 centímetros, las que pasan su vida temprana en áreas de playa someras.

Alimentación:

Se le describe como un nadador rápido, activo y agresivo que se alimenta principalmente de peces tanto pelágicos como costeros (macarelas, atún aleta amarilla, atún albacora, pez globo), así como de calamares, nautilos y cangrejos pelágicos. Se le encuentra asociado con cardúmenes de atún y arenque, por lo que comúnmente causan daños a equipos de pesca, debido a esto en el Pacífico Este le llaman comedor de redes.

Comportamiento:

Se le reconoce como potencialmente peligroso para el humano debido al gran tamaño que alcanza, así mismo, es muy abundante en aguas abiertas, sin embargo no se le han atribuido ataques a seres humanos.

Tamaño:

El tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* es un organismo que alcanza tallas hasta de 330 cm. de longitud total. Los machos, maduran sexualmente entre los 187 – 217 cm, alcanzan longitudes de 270 – 330 cm, en cambio las hembras maduran entre los 213 – 230 cm y llegan a longitudes de hasta 305 cm. Nacen de 2 a 14 crías que miden aproximadamente de 70 a 87 cm.

Pesquerías:

Es el tiburón más común en la pesquería artesanal de México ya que su carne es comestible ya que se vende fresca, seca – salada, su piel se utiliza como cuero, sus aletas para la sopa de aleta de tiburón y del hígado se extrae vitamina A. Es explotado de manera comercial en ambos litorales, tanto por medio de la pesca de altura con líneas como con redes de fondo. Es una de las especies más importantes en la pesquería de los estados de Baja California Sur, Chiapas y Yucatán.