



Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas



ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN AZUL
Prionace glauca (LINNAEUS, 1758) EN LA COSTA
OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR,
MÉXICO

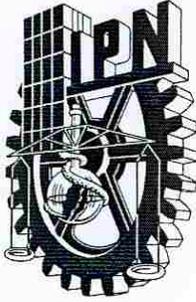
TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

Sandra Berenice Hernández Aguilar

La Paz, Baja California Sur, Febrero 2008.



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 17 del mes Diciembre del año 2007, el (la) que suscribe SANDRA BERENICE HERÁNDEZ AGUILAR alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A060290 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS y cede los derechos del trabajo titulado: "ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN AZUL *Prionace glauca* (LINNAEUS, 1758)
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO
al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: bere.azul@gmail.com labitia@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

SANDRA BERENICE HERNÁNDEZ AGUILAR

nombre y firma



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 05 del mes de Diciembre del 2007 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN AZUL *Prionace glauca* (LINNAEUS, 1758)
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

HERNÁNDEZ
Apellido paterno

AGUILAR
materno

SANDRA BERENICE
nombre(s)

Con registro:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0 | 6 | 0 | 2 | 9 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|

Aspirante al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. LEONARDO ANDRÉS ABITA CÁRDENAS

PRESIDENTE

DR. FELIPE GALVAN MAGAÑA

SECRETARIO

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

SEGUNDO VOCAL

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

TERCER VOCAL

DR. UNAI MARKAIDA ABURTO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCIÓN

Dedicatoria

A quienes me han dado todo lo bueno que soy, a quienes han cobijado mis sueños y los han hecho propios, con todo mi amor y agradecimiento a Mis papitos!!

A mis hermanos que me han compartido su vida, sus alegrías, y me motivan a ser mejor y aprender de ellos. Los quiero feos!

Al amor de mi vida, a quien me lleno de felicidad, a quien con la luz de sus ojos y sonrisa ilumino mi mundo. Para ti Gustavo mi vida entera.

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR, Conacyt, y Laboratorio de Ecología de Peces, por darme la oportunidad de desarrollar mis estudios de maestría, brindándome todo el apoyo.

Al Doctor Felipe Galván, quien me compartió la gran pasión por los tiburones, de quien solo recibí apoyo, palabras de aliento, y grandes ideas. De corazón todo mi respeto y admiración. Por todo Gracias doc!!

Al Doctor Andrés Abitia que sin conocerme me acepto como su alumna, quien me corrigió una y otra vez, que siempre busco la manera de hacerme una mejor estudiante, le agradezco mi preparación y todos sus consejos.

Al Doctor Unai Markaida, por su puntual asesoría, por sus correcciones que me fueron de gran utilidad, gracias!. Al Doctor Agustín Hernández y Doctor Rogelio González Armas, por ser parte de mi comité revisor y darme las opciones de hacer un mejor trabajo.

A mis compañeros de laboratorio que me ayudaron a coleccionar las muestras de tiburón azul, muchas gracias, por su apoyo incondicional, por sus agradables pláticas y ricas comidas en las playas mientras esperábamos a los tiburones, a todos gracias: Ofelia, Ruth, Noé, Mauricio Conde, Carolina, Gigio, Uriel.

A mis amigos de laboratorio quienes me compartieron sus experiencias de abrir "panzas" y pasar agradables jornadas de trabajo: Tripp, Vane, Yassir, Xchel, Mimi y don Pancheiro. Gracias!

A mis amigos los cuales fueron como mi familia en mi estancia en La Paz, muchas gracias: Noé, Carolina, Ruth, Mimi, Sarahí, Hugo, Diego, Raúl, Alvin, Sonia, Laura, Iván, Mauricio Montoya, y mis amigos de tiempo atrás con todo mi cariño: Myrna, Richard y Lupita.

Más que agradecimiento va mi reconocimiento a esos hombres incansables, que siempre me recibieron con una sonrisa, que me tuvieron paciencia y me permitieron muestrear y enamorarme más de los tiburones: A los pescadores, no hay palabras para agradecer sus buenos tratos, las comidas, sus relatos de aventuras en el mar, sus historias de muertos y aparecidos en los campos pesqueros, hasta eso les agradezco!, pero más que nada el dejarme aprender de ustedes. ¡Gracias a mis amigos los pescadores!

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| Lista de figuras y tablas | 1 |
| Glosario | 5 |
| Resumen | 7 |
| Abstract | 8 |
| Introducción | 9 |
| Antecedentes | 13 |
| Justificación | 15 |
| Objetivo | 16 |
| Objetivos específicos | 16 |
| Área de estudio | 17 |
| Material y método | |
| Trabajo de campo | 20 |
| Trabajo de laboratorio | |
| Análisis taxonómico | 24 |
| Trabajo de gabinete | |
| Estimación del tamaño mínimo de muestra | 27 |
| Análisis cuantitativos del espectro trófico | |
| Método numérico | 27 |
| Método gravimétrico | 28 |
| Método de frecuencia de aparición | 28 |
| Índice de importancia relativa | 29 |
| Índices ecológicos | |
| Índice de Levin | 29 |
| Índice de Morisita-Horn | 30 |
| Posición trófica | 31 |
| Resultados | |
| Información general del estudio | 33 |
| Espectro trófico general | 36 |
| Espectro trófico general por meses | 44 |
| Espectro trófico por sexo | |
| Espectro trófico de hembras | 45 |
| Espectro trófico de machos | 47 |
| Espectro trófico por estado de madurez | |
| Espectro trófico de juveniles | 49 |
| Espectro trófico de adultos | 51 |

| | |
|--|----|
| Amplitud trófica | |
| Amplitud trófica general | 53 |
| Amplitud trófica por sexo | |
| Amplitud trófica de hembras | 54 |
| Amplitud trófica de machos | 54 |
| Amplitud trófica por estado de madurez | |
| Amplitud de trófica de juveniles | 54 |
| Amplitud trófica de adultos | 54 |
| Traslado trófico | |
| Traslado trófico por sexo | 55 |
| Traslado trófico por talla | 55 |
| Posición trófica | 56 |
| Discusión | 57 |
| Conclusiones | 66 |
| Recomendaciones | 68 |
| Literatura citada | 69 |

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1. Comportamiento de la captura de tiburones oceánicos en México (cornuda- <i>Sphyrna lewini</i> , zorro- <i>Alopias vulpinus</i> , tunero <i>Carcharhinus falciformis</i> , azul- <i>Prionace glauca</i>) en los años comprendidos de 1986 hasta 1999. - - - - - | 10 |
| FIGURA 2. Distribución global del tiburón azul <i>Prionace glauca</i> .- - - - - | 11 |
| FIGURA 3. Vista lateral de la anatomía externa de <i>Prionace glauca</i> . - - - - - | 11 |
| FIGURA 4. Área de estudio. Localización de los campos pesqueros en la costa occidental de Baja California Sur, México. a- Las barrancas (26° 04' n y 112° 16' w), b- Punta Belcher (24° 15' n y 112° 05' w), c- Punta Lobos (23° 25' n y 110° 15' w)- | 18 |
| FIGURA 5. Tipo de embarcación de la pesca artesanal de tiburón en el campo pesquero Punta Lobos, Baja California Sur, México. - - - - - | 20 |
| FIGURA 6. Diferencias sexuales externas entre tiburón macho y hembra. - - - - - | 21 |
| FIGURA 7. Etapas reproductivas del tiburón azul para ambos sexos con base en análisis histológicos. (Carrera-Fernández, 2004).- - - - - | 22 |
| FIGURA 8. Representación de la longitud total de un tiburón azul. - - - - - | 22 |
| FIGURA 9. a) Trabajo de campo. b) Extracción del estómago de <i>Prionace glauca</i> .- | 23 |
| FIGURA 10. Diferentes medidas del aparato mandibular generalizado de los cefalópodos. - - - - - | 25 |
| FIGURA 11. Número de muestras de estómagos de tiburón azul por meses en Punta Belcher, Punta Lobos y Las Barrancas - - - - - | 33 |
| FIGURA 12. Distribución de tallas de los tiburones muestreados en la costa occidental de Baja California Sur, en centímetros de longitud total.- - - - - | 34 |

FIGURA 13. Método de Hoffman, en donde la acumulación sucesiva de estómagos muestra que la diversidad de componentes alimentarios del tiburón azul alcanza el punto de estabilización aproximadamente a los 76 estómagos. ----- 36

FIGURA 14. Espectro trófico general del tiburón azul por abundancia de cada clase presa. ----- 37

FIGURA 15. Abundancia en porcentaje de las presas del espectro trófico del tiburón azul de acuerdo al método numérico (%N). ----- 38

FIGURA 16. Porcentaje de biomasa que aportaron las presas más importantes de acuerdo al método gravimétrico (%P).- ----- 39

FIGURA 17. Porcentaje de la frecuencia de ocurrencia de las presas del tiburón azul de acuerdo al método de frecuencia de aparición (FA). ----- 40

FIGURA 18. Espectro trófico general del tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Valores porcentuales del método numérico (%N), gravimétrico (%P) frecuencia de aparición (%FA). -----41

FIGURA 19. Porcentaje del índice de importancia relativa (%IIR) por meses para el tiburón azul en la localidad de Punta Belcher, B.C.S. México. -----44

FIGURA 20. Espectro trófico de hembras de tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Valores porcentuales del método numérico (%N), gravimétrico (%P) frecuencia de aparición (%FA). -----45

FIGURA 21. Espectro trófico de machos de tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Valores porcentuales del método numérico (%N), gravimétrico (%P) frecuencia de aparición (%FA). ----- 47

FIGURA 22. Espectro trófico de juveniles de tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Valores porcentuales del método numérico (%N), gravimétrico (%P) frecuencia de aparición (%FA). ----- -49

FIGURA 23. Espectro trófico de adultos del tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Valores porcentuales del método numérico (%N), gravimétrico (%P) frecuencia de aparición (%FA). --- ----- 51

FIGURA 24. Nivel de amplitud trófica para los adultos de tiburón azul. ----- - 53

FIGURA 25. Valores de amplitud trófica para los diferentes grupos de tiburones (hembras, machos, juveniles y adultos). ----- 55

FIGURA 26. Valores de traslapo trófico para grupos de tiburones (juveniles-adultos, machos-hembras). ----- 56

TABLA 1. Relaciones descritas entre el peso y alguna de las medidas del aparato mandibular para diferentes especies de cefalópodos, utilizadas en el cálculo del peso individual de cada calamar consumido por el tiburón azul. ----- 26

TABLA 2. Niveles tróficos estandarizados para presas de tiburones (Cortes, 1999). -
----- 32

TABLA 3. Número de muestras por campo pesquero, mes, sexo y estadios de madurez sexual de tiburón azul. ----- 35

TABLA 4. Lista de la composición de especies presa que integran el espectro trófico del tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. ----- 42

TABLA 5. Espectro trófico de la dieta de tiburones azules hembras en valores porcentuales del índice de importancia relativa. ----- -46

TABLA 6. Espectro trófico de la dieta de tiburones azules machos en valores porcentuales del índice de importancia relativa. ----- -48

TABLA 7. Espectro trófico de la dieta de tiburones azules juveniles en valores porcentuales del índice de importancia relativa. -----50

TABLA 8. Espectro trófico de la dieta de tiburones azules adultos en valores porcentuales del índice de importancia relativa. -----52

GLOSARIO

Amplitud trófica. Selección de componentes alimenticios con respecto a una cantidad potencial de recursos tróficos.

Bentónico. Organismo que tiene su hábitat en el fondo de un ecosistema acuático.

Competencia. Relación biológica entre organismos del mismo nivel trófico que demandan un recurso activo que se encuentra limitando.

Depredador especialista. Organismo que se alimenta preferencialmente por un determinado grupo trófico.

Depredador generalista. Organismo en el cual su espectro trófico es amplio y sin selección previa.

Depredador tope. Organismo ubicado en el nivel trófico más alto de la cadena de alimentación.

Espectro trófico. Totalidad de los componentes alimenticios en la dieta de un depredador.

Epipelágico. Organismo que se encuentra a profundidades menores de los 200 metros.

Mesopelágico. Organismo acuático que tiene su hábitat a profundidades de 200 hasta 1000 metros.

Segregación. Separación de grupos de organismos (sexos, edades, condiciones fisiológicas, etc.) con la finalidad de optimizar su energía para repartición de recursos y de esta manera disminuir la competencia por espacio y/o alimento.

Trama trófica. Red compleja de interacciones alimenticias que suceden en una comunidad, la cual involucra diversas cadenas tróficas por las cuales fluye la energía.

Traslapo trófico. Similitud alimenticia entre dos depredadores.

RESUMEN

El tiburón azul (*Prionace glauca*) es la especie dominante en las capturas de la costa occidental de Baja California Sur. Es el tiburón pelágico más abundante y con mayor amplitud de distribución en el mundo. A pesar de su importancia, son pocos los estudios que tratan sobre su alimentación, y son nulos para el Pacífico mexicano. Un total de 368 muestras fueron analizadas, las cuales fueron obtenidas de la pesca artesanal en la costa occidental de B.C.S., en las localidades de Las Barrancas, Punta Belcher y Punta Lobos. Los tiburones fueron medidos y diferenciados sexualmente, se les extrajo el estómago y el contenido estomacal fue fijado en formaldehído al 10% para su posterior análisis en el laboratorio. Las presas encontradas fueron separadas, pesadas e identificadas taxonómicamente dependiendo del estado de digestión. El espectro trófico de *P. glauca* se constituyó por 13 cefalópodos, 7 peces, 3 crustáceos, una macroalga, un ave y un elasmobranquio. Se calculó el índice de importancia relativa (IIR) para determinar cual fue el alimento más importante, obteniendo que las especies presa más importantes fueron la langostilla *Pleuroncodes planipes* y los calamares *Gonatus californiensis*, *Ancistrocheirus lesueurii* y *Haliphron atlanticus*. Por medio del Índice de Levin se consideró que el tiburón azul es un depredador especialista ($B_i=0.08$) a pesar de la amplitud de su espectro, debido a que solo una parte de los componentes alimenticios representaron una mayor importancia. El traslapo trófico se evaluó por medio del índice de Morisita-Horn, determinándose que entre sexos (machos-hembras) el traslapo fue medio ($C\lambda= 0.35$) y entre tallas (juveniles-adultos) fue alto ($C\lambda= 0.95$). Se estimó un nivel trófico de 3.8 para este depredador, lo cual lo ubica como un consumidor terciario. Se concluye que el tiburón azul es un depredador que incide principalmente en calamares, indicando que este tiburón realiza migraciones verticales considerables ya que sus presas poseen hábitos epipelágicos, mesopelágicos y bentónicos. Se infiere que esta especie presenta segregación por sexo debido a que se registró un traslapo trófico medio, lo cual no ocurre entre juveniles y adultos debido a que consumen las mismas presas.

ABSTRACT

The blue shark *Prionace glauca* is the main shark species on the catch in the western coast of Baja California Sur. It is the most abundant and widespread oceanic shark in the world. Despite its importance, there are very few studies on its feeding habits, and none for the Mexican Pacific. A number of 368 samples from the artisanal fishery of Las Barrancas, Punta Belcher and Punta Lobos were analyzed. In the field, sharks were measured and identified by sex; the stomach was removed and fixed in 10% formaldehyde for posterior analysis in the laboratory). Prey were separated, weighed and identified depending on the digestion state. The trophic spectrum of *P. glauca* was 13 cephalopods, 7 fish, 3 crustaceans, one macroalgae, one bird and one elasmobranch. We applied the Index of Relative Importance (IRI) to determine the most important prey item in terms of number, weight and frequency of occurrence. The most important prey was *Pleuroncodes planipes*, followed by the squid: *Gonatus californiensis*, *Ancistrocheirus lesueurii* and *Haliphron atlanticus*. Levin's Index indicated that the blue shark is a specialist ($B_i=0.08$) despite its spectrum amplitude. This is because only one part of the food components had a considerable importance. Diet overlap was evaluated using the Morisita-Horn Index. We determined that between sexes trophic overlap was medium ($C\lambda= 0.35$) and between sizes (juveniles-adults) it was high ($C\lambda= 0.95$). We conclude that the blue shark is a predator that feeds mostly on squid, showing considerable vertical migrations given that its prey have epipelagic, mesopelagic and benthonic habits. We infer that this species presents sexual segregation given that we obtained a medium diet overlap, which does not occur between juveniles and adults due to their high trophic similarity.

INTRODUCCIÓN

Baja California Sur es uno de los estados de México con mayor tradición en la pesquería de tiburón; debido a su extensa línea de costa, lagunas costeras y aguas oceánicas profundas, además parte de sus costas constituyen un área de transición entre la zona templada y tropical, característica que le permite tener una gran diversidad y abundancia de tiburones. Esta pesquería representa para México una importante fuente de empleo y alimento, lo que ha colocado a México en el cuarto lugar a nivel mundial en captura de tiburón. (Bonfil *et al.*, 1990; Villavicencio-Garayzar *et al.*, 1997; Romeu, 2001).

Entre las especies de mayor importancia pesquera se encuentra el tiburón azul (*Prionace glauca*), ya que es uno de los tiburones oceánicos más capturados por las diferentes flotas tiburonerías y se tiene registro en México de un gran aumento de estas capturas en la década de los noventa (Fig. 1) (Carta nacional pesquera 2004). Este tiburón tiene la mayor biomasa de pesca en el Pacífico norte de México y por tanto ocupa el primer lugar en capturas en el estado de Baja California Sur soportando así la pesquería de este recurso (Carrera-Fernández, 2004).

El tiburón azul (*P. glauca*) se considera uno de los tiburones oceánicos más abundantes (Beckett, 1970; Stevens, 1976), y con mayor amplitud de distribución (Fig. 2) (Compagno, 1984).

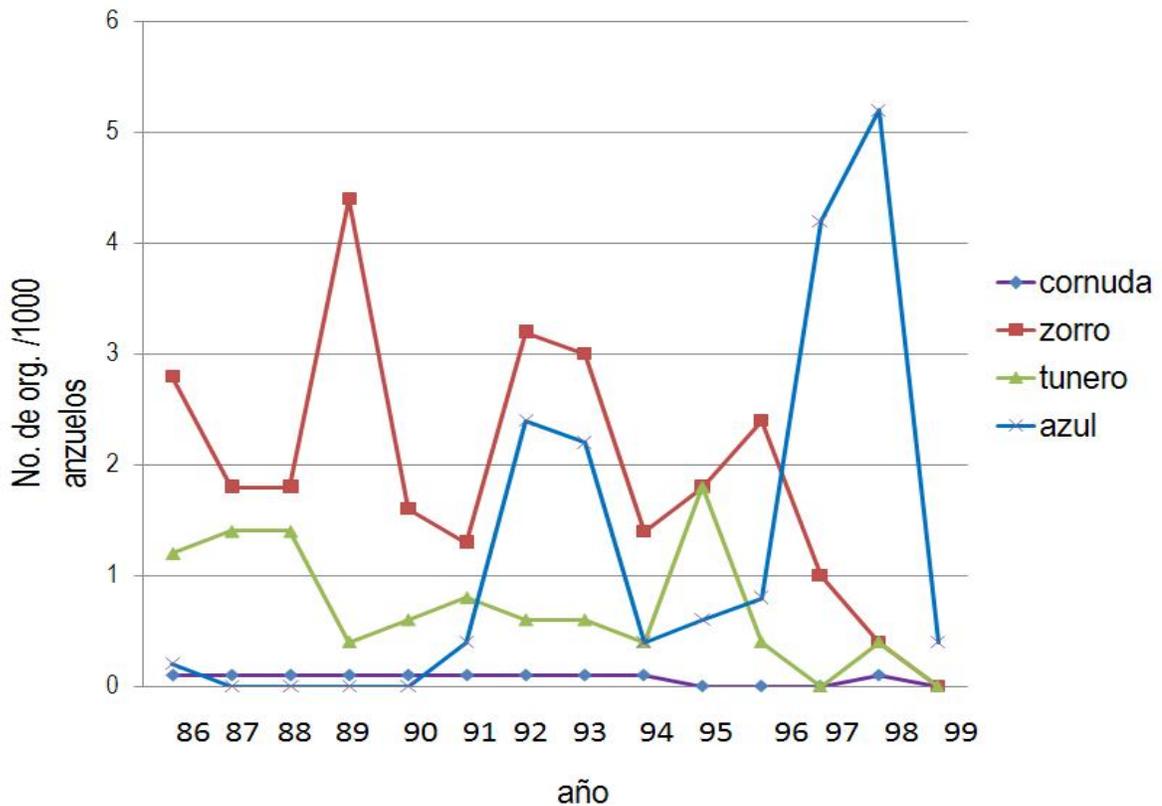


FIGURA 1. Comportamiento de la captura de tiburones oceánicos en México (cornuda-*Sphyrna lewini*, zorro-*Alopias vulpinus*, tunero *Carcharhinus falciformis*, azul- *Prionace glauca*) en los años comprendidos de 1986 hasta 1999 (Carta nacional pesquera 2004).

El tiburón azul se encuentra en aguas preferentemente frías (7-16° c.), aunque puede tolerar intervalos máximos de temperatura de 8 a 29.5°C. Sus hábitos migratorios están asociados principalmente a la temperatura del agua. En cuanto a la migración vertical se tienen registros de una profundidad máxima de 300 a 600 metros durante el día en inmersiones rápidas, y durante la noche se encuentra entre la superficie y la termoclina (80-150 m) (Carey y Scharold, 1990), con una velocidad máxima de 97 kph. Es una especie vivípara placentada (Pratt, 1979), el número de crías fluctúa entre 4-135 embriones (Gubanov y Grigor'yev, 1975) pero el promedio es de 35 embriones por gestación, la cual se extiende por un periodo de 9 a 12 meses (Pratt, 1979). Las crías al nacer presentan una longitud de 40 a 50 cm, estas

características reproductivas lo catalogan como uno de los tiburones más fecundos (Gubanov y Grigor'yev, 1975).

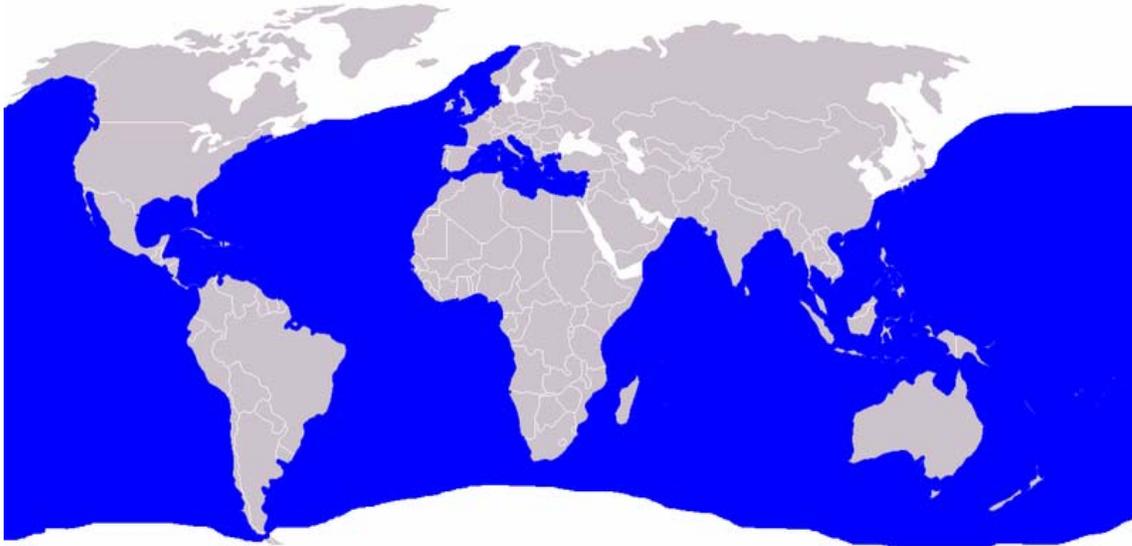


FIGURA 2.  Distribución global del tiburón azul *Prionace glauca*.

El tiburón azul se caracteriza por poseer el cuerpo delgado, hocico cónico, dientes triangulares aserrados, aletas pectorales alargadas, la primera aleta dorsal considerablemente más grande que la segunda, aleta caudal elongada, dorso azul intenso, vientre blanco (Fig. 3) (Compagno, 1984). La longitud total máxima se ha registrado a los 383 cm. (Cervigón *et al.*, 1992). En condiciones óptimas esta especie puede sobrepasar los 20 años de vida.



FIGURA 3. Vista lateral de la anatomía externa de *Prionace glauca*.

Los estudios científicos en tiburones se incrementan por la necesidad de conocer distintos aspectos ya sean biológicos, ecológicos, genéticos, pesqueros, etc. Los estudios enfocados a conocer el espectro trófico de los organismos permiten conocer como se conduce la energía a través de los niveles tróficos en una comunidad; además de entender por medio del papel funcional del depredador las relaciones intra e interespecíficas (Cailliet *et al.*, 1996). La importancia de estos estudios no solo radica en el conocimiento de la composición específica del espectro trófico, sino que además la información resultante permite inferir ciertas condiciones ambientales del océano categorizando a depredador y sus presas como biomuestreadores.

Realizar este tipo de estudios a depredadores tope como los tiburones reviste mayor relevancia, ya que son densoreguladores de las poblaciones de sus presas, manteniendo así el equilibrio en el ecosistema marino (Margalef, 1995).

En este contexto el presente estudio aporta información a la ecología trófica del tiburón azul en la costa occidental de Baja California Sur, con la finalidad de contribuir al conocimiento biológico de la especie y de esta manera en conjunto con otros estudios científicos generar las bases que den origen a un plan de manejo y conservación de la especie.

ANTECEDENTES

A pesar de que el tiburón azul *Prionace glauca*, es uno de los elasmobranquios más abundantes y con más amplia distribución en el mundo, se conoce poco acerca de su dinámica poblacional y biología básica. De manera particular a nivel mundial es muy reducido el número de antecedentes sobre su alimentación; sin embargo destaca el trabajo de Tricas (1979), quien analizó los hábitos alimentarios, movimientos y abundancia estacional del tiburón azul, en el sureste de la Isla Catalina en California, Estados Unidos. Halló que la presencia del grupo de los peces teleósteos fue el principal componente alimenticio, siendo la anchoveta norteña *Engraulis mordax* el pez mejor representado; y en segundo término el grupo de los cefalópodos con dos especies *Histioteuthis heteropsis* y *Loligo opalescens*.

En Perú, Hoyos *et al.* (1991) analizaron la ecología trófica del tiburón azul; donde la dieta estuvo constituida por 16 especies presa, se tipificaron como presas principales el cefalópodo *Dosidicus gigas*, y los peces *Engraulis ringens* y *Sardinops sagax*. Al analizar la variabilidad ontogenética, estacional y anual de la dieta se determinó que no fueron muy grandes, por lo tanto se concluyó que las variaciones de la dieta de *P. glauca* estuvieron condicionadas principalmente por oscilaciones de la disponibilidad y abundancia en el ecosistema de afloramiento costero peruano.

En el Océano Atlántico norte Henderson *et al.* (2001), determinaron a partir del análisis de 159 estómagos de *P. glauca*, que los cefalópodos fueron las presas más importantes, presentándose en un estado de digestión avanzado, por lo cual la identificación se realizó por medio del aparato mandibular de cefalópodos. Las especies de cefalópodos predominantes fueron *Histioteuthis reversa*, *Haliphron atlanticus* y *Gonatus steenstrupi*. Las especies de peces más importantes fueron *Thunnus alalunga* y *Entelurus aequoraeus*. También se presentaron cetáceos, aves y crustáceos aunque en mínima frecuencia.

Asimismo, Campana y Mac'Cord (2003) en el Atlántico norte; determinaron que los peces pelágicos mejor representados fueron *Scomber scombrus* y *Clupea harengus*, así como el pez bentónico *Cyclopterus lumpus*. Se registró también la presencia de cefalópodos pero estos no fueron identificados. Algunos mamíferos fueron consumidos por el tiburón pero en una frecuencia baja.

En el Atlántico sur, Vaske-Junior y Rincón-Filho (1998) estudiaron la alimentación del tiburón azul y el tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) provenientes del sureste de Brasil. En esta zona los cefalópodos *Chiroteuthis verany*, *Moroteuthis rosoni* y *Ancistrocheirus lesueurii*, fueron las presas principales para el tiburón azul, seguidas en orden de importancia por el pez *Lepidocybium flavobrunneum*.

Un estudio reciente es el desarrollado por Kubodera y Watanabe (2006) donde analizan los hábitos alimentarios del tiburón azul y el tiburón salmonero (*Lamna ditropis*) en la región transicional del Océano Pacífico norte, encontrando a partir del estudio de 57 estómagos con alimento del tiburón azul que los cefalópodos como *Chiroteuthis calix*, *Haliphron atlanticus*, *Histioteuthis dofleini* y *Belonella borealis* fueron las presa más importantes seguida por los peces como mictófidios (*Electrona riso*, *Symbolophorus californiensis*, *Lampanyctus alatus*, *Diaphus garmani*, entre otros).

En aguas mexicanas no se tienen estudios de la biología trófica de este depredador; existiendo a la fecha solo antecedentes de estudios tróficos para otras especies de tiburones como: el tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (Velasco-Tarelo, 2005), tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Cabrerá-Chávez Costa, 2003; Andrade-González, 2005), tiburón angelito *Squatina californica* (Escobar-Sánchez, 2004), tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Aguilar-Castro, 2003; Torres-Rojas, 2006) y tiburón ballena *Rhincodon typus* (Ketchum-Mejía 2003; Hacoheñ-Domene, 2007).

JUSTIFICACION

Los tiburones se caracterizan por presentar una estrategia de vida tipo “*K*” la cual consiste en presentar un crecimiento lento, por lo tanto la madurez sexual es tardía, ciclos reproductivos muy largos, además de una tasa de fecundidad muy baja (Romeu, 2001). Se considera que estas características biológicas aunadas a la sobrepesca a la cual han sido sometidos en las últimas décadas es la causa principal de la disminución en los niveles poblacionales de los tiburones (Holden, 1974; Cailliet y Bedford, 1983; Bonfil, 1994).

Cabe mencionar que el tiburón azul soporta esta pesquería en Baja California Sur y en distintas partes del mundo. Aunque este tiburón se caracteriza por ser una de las especies más fecundas y por ende abundante en todos los océanos, es también la especie que aparece con mayores registros dentro de la captura incidental de la pesca de altura y flotas palangreras (Lamilla, 2005). Es importante mencionar que científicos expertos en tiburones han detectado un declive del 50 al 70% en las poblaciones de tiburón azul en el Océano Atlántico. Lo que indica que la sobrepesca es excesiva de tal forma que su capacidad reproductiva no logra compensar los niveles poblacionales (Pratt y Casey, 1990), por lo que la Unión Mundial para la Naturaleza la tipificó como una especie casi amenazada. No obstante lo anterior se conoce muy poco sobre su biología básica.

Esta situación ha preocupado al sector científico, productivo y sociedad en general, ya que el tiburón es un recurso pesquero y ecológico de suma importancia, por lo cual desarrollar estudios científicos que permitan conocer a fondo la biología básica de este grupo de organismos permitirá desarrollar las medidas de explotación y conservación adecuadas.

Por lo anterior el presente estudio aporta información de la biología trófica del tiburón azul; un depredador tope del ecosistema marino de la costa occidental de Baja California Sur, México.

OBJETIVO

Describir el espectro trófico del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) y evaluar su posible variación por sexo y estadios de madurez sexual en la costa occidental de Baja California Sur, México.

Objetivos específicos:

I.- Describir y cuantificar la composición específica del espectro trófico del tiburón azul *P. glauca*.

II.- Determinar los componentes principales en la dieta del tiburón azul.

III.- Determinar la amplitud de la dieta de *P. glauca*.

VI.- Estimar el posible traslapo trófico entre sexos (macho y hembra) y estadios de madurez sexual (juveniles y adultos).

V.- Estimar la posición trófica del tiburón azul.

ÁREA DE ESTUDIO

La costa occidental de la península de Baja California (Fig. 4) está influenciada principalmente por la Corriente de California, que sigue una dirección paralela a la costa hasta llegar casi al extremo de la península. Esta corriente se origina aproximadamente a los 48°N como una extensión de la corriente de las Aleutianas (Sverdrup *et al.*, 1942), y se caracteriza por aguas frías y baja salinidad. La temperatura media anual es de 18°C y la salinidad de 35 ups (Álvarez-Sánchez, 1977).

Los eventos de surgencia consisten en el movimiento de las aguas más profundas hacia la superficie, lo cuales aportan nutrientes hacia la superficie (Sverdrup *et al.*, 1942). Se han observado surgencias a lo largo de la costa occidental de Baja California, pero hay ciertos lugares y épocas del año en que es más probable que ocurran. Las surgencias son más frecuentes al sur de Bahía Magdalena, durante los primeros meses del año y en primavera (Sverdrup *et al.*, 1942; Gulland, 1971), así como en Punta Eugenia. A la altura de Cabo Colnett, hay surgencias frecuentes, y el agua de baja temperatura y alta salinidad que aflora se encuentra cerca de la Bahía de Sebastián Vizcaíno (Groves y Reid, 1958).

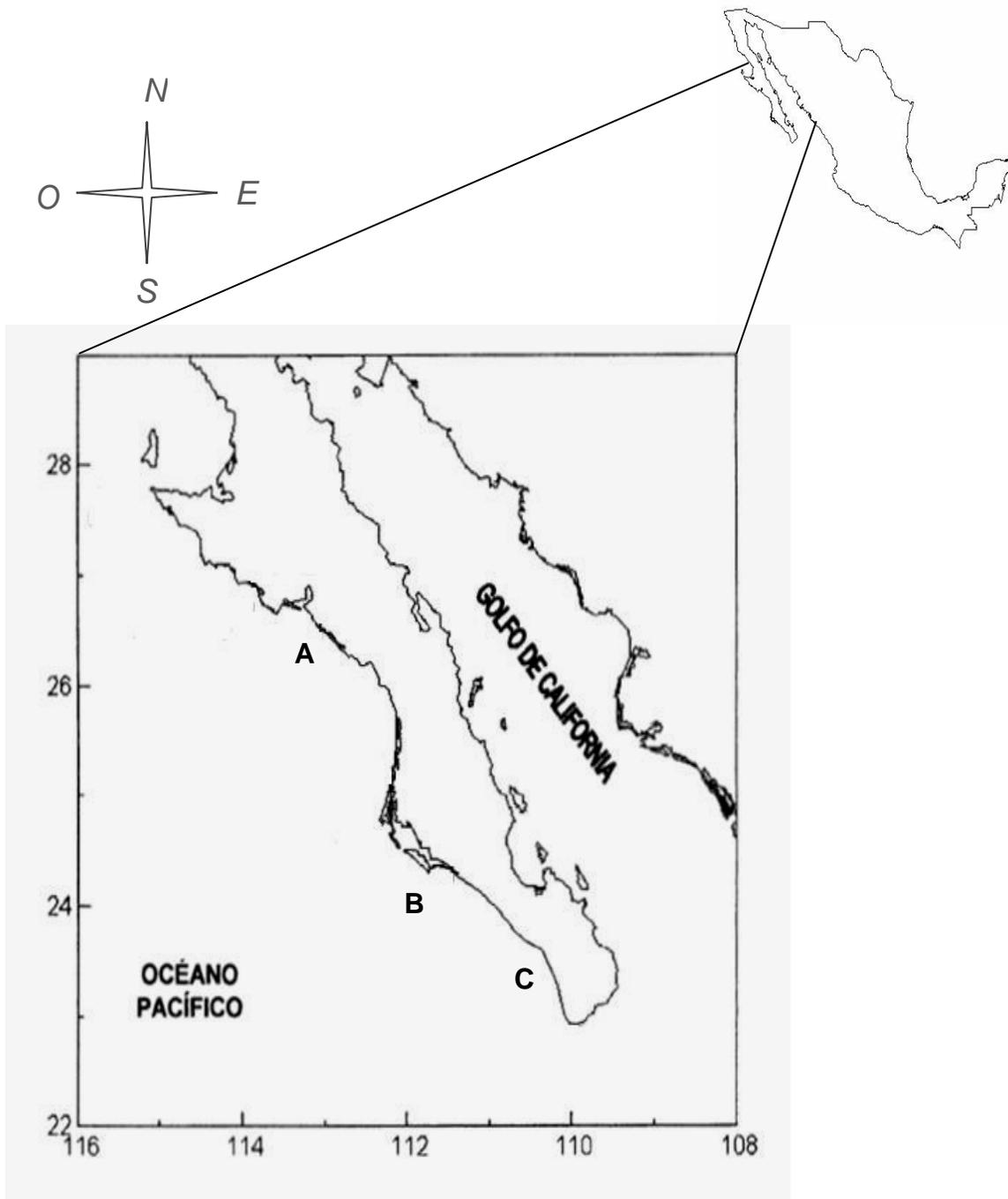


FIGURA 4. Área de estudio. Localización de los campos pesqueros en la costa occidental de Baja California Sur, México. **A-** Las Barrancas ($26^{\circ} 04' N$ y $112^{\circ} 16' W$), **B-** Punta Belcher ($24^{\circ} 15' N$ y $112^{\circ} 05' W$), **C-** Punta Lobos ($23^{\circ} 25' N$ y $110^{\circ} 15' W$).

Durante el verano, cerca a la costa, se presenta una corriente costera cálida. Debido a los vientos dominantes del noroeste se presentan surgencias intensas en la región costera con aguas de baja temperatura y alta salinidad, aún en verano. La marea es de tipo semidiurno y la desigualdad del nivel de pleamares es grande, del orden de 3 m. (Álvarez-Sánchez, 1977).

MATERIALES Y MÉTODOS

TRABAJO DE CAMPO

Las muestras que se analizaron provienen de la pesquería artesanal de tiburón de Baja California Sur. Ésta opera en embarcaciones tipo panga (Fig. 5), utilizando como arte de pesca simpleras (línea de palangre con un anzuelo) y palangre. Se pone de carnada los peces como macarela y bonita. La temporada de pesca para este recurso esta mayormente representada en los meses con temperaturas más bajas (enero a abril) debido a la abundancia de este tiburón por efecto de su afinidad a aguas frías.



FIGURA 5. Tipo de embarcación de la pesca artesanal de tiburón en el campo pesquero Punta Lobos, Baja California Sur, México.

La colecta se realizó mensualmente en tres diferentes campos pesqueros. A.- Las Barrancas (con temperaturas anuales promedio de los 18 a los 20°C), B.- Punta Belcher y C.- Punta Lobos (temperaturas anuales de los 20-22°C) (Fig. 4) representando la temporada de pesca (meses mejor representados son febrero y marzo) de los años 2001, y parte de 2005 y 2006. Cabe mencionar que el reducido número de muestras en algunos muestreos y la ausencia de estas provienen principalmente de problemas climáticos como los fuertes vientos, por lo que los operadores de las embarcaciones de la pesquería de tiburón optan por renunciar a la jornada de trabajo hasta que las condiciones del tiempo sean más prosperas, ocupándose a la pesca de especies en las que las labores de captura sean más sencillas y cercanas a la costa.

Los tiburones fueron diferenciados sexualmente por la presencia de los gonopterigios en machos (Fig. 6); a los cuales se les observó el grado de calcificación, rotación y la abertura del rifiodon (estructura de anclaje para la copula). En hembras se observó si existía la presencia de embriones, marcas de copula y semen en la abertura vaginal para diferenciar la etapa de madurez en la que se encontraba el tiburón para detectar si existen diferencias en la alimentación con respecto al estado de madurez.

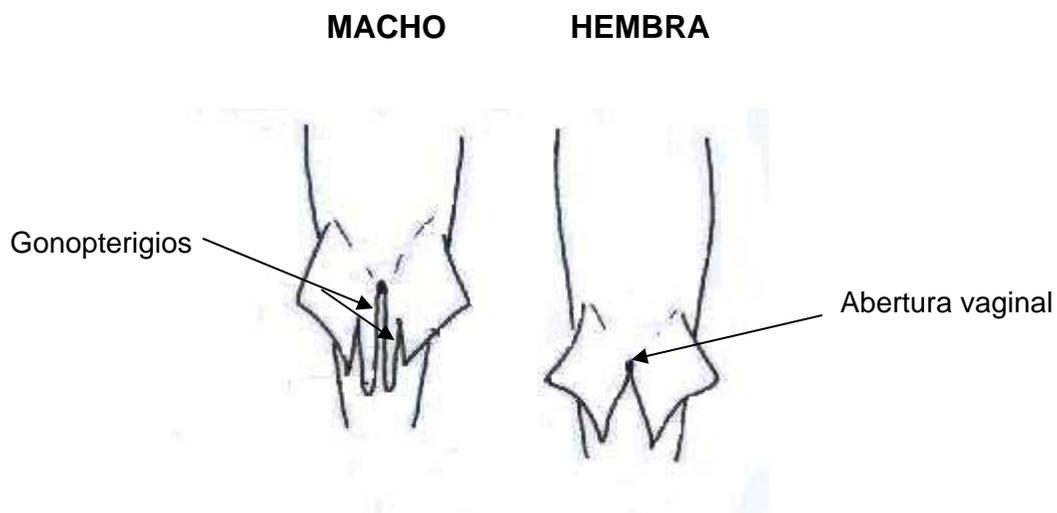


FIGURA 6. Diferencias sexuales externas entre tiburón macho y hembra.

En este aspecto en particular se consideró el estudio de biología reproductiva del tiburón azul desarrollado por Carrera-Fernández (2004) ya que en éste se validó por medio de cortes histológicos la información que aportan las características reproductivas externas. Se determinó que los tiburones machos mayores a 180 cm. de longitud total y hembras mayores a 200 cm. de longitud total se encuentran en la etapa adulta (Fig. 7). En la figura 8 se esquematiza como se registró la longitud total, la cual va desde el extremo anterior de la región cefálica a la región posterior de la aleta caudal.

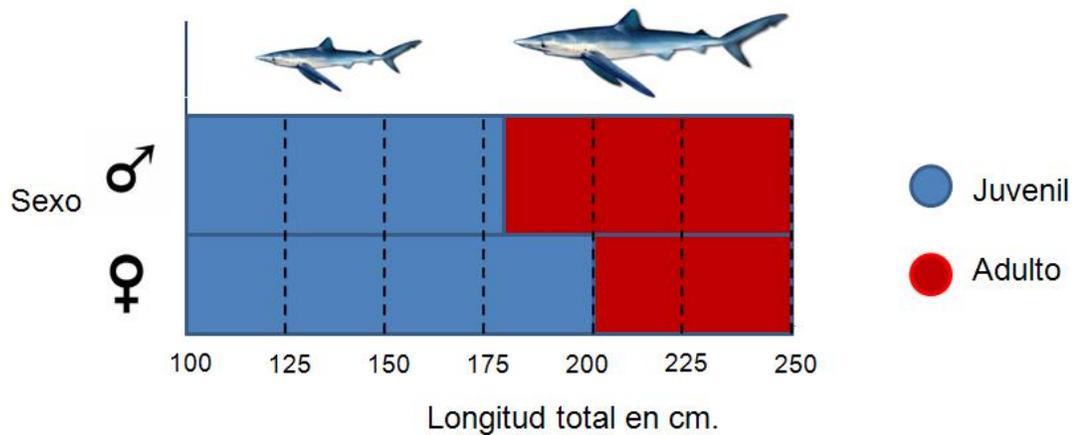


FIGURA 7. Etapas reproductivas del tiburón azul para ambos sexos con base en análisis histológicos. (Carrera-Fernández, 2004).

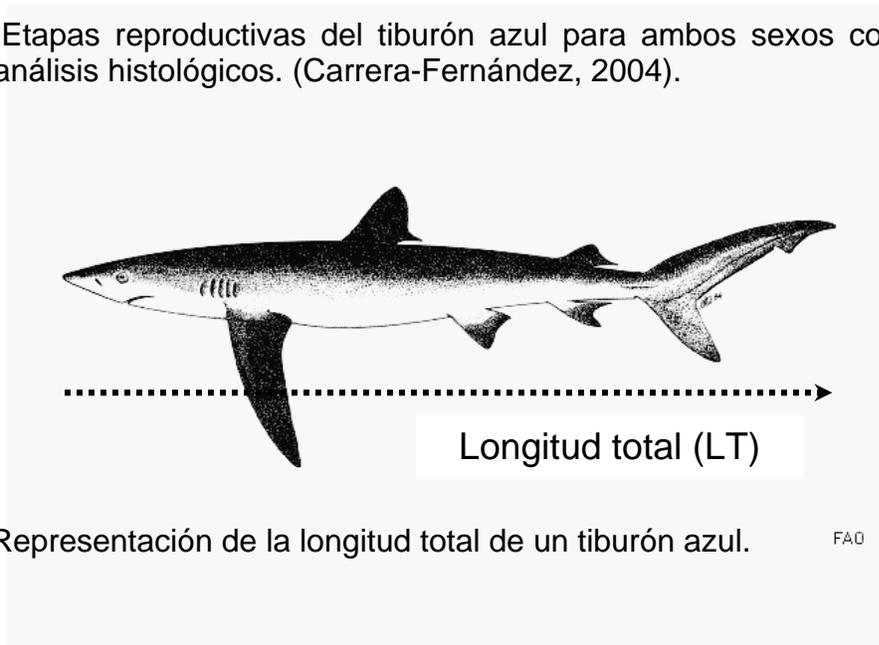


FIGURA 8. Representación de la longitud total de un tiburón azul.

Posteriormente se realizó un corte longitudinal en la región ventral, para poder extraer el estómago (Fig. 9). El contenido estomacal fue depositado en bolsas de plástico y fijado en formaldehído al 10 %, para su posterior análisis en el Laboratorio de Ecología de Peces, del CICIMAR IPN, en la ciudad de La Paz, Baja California Sur.



FIGURA 9. a) Trabajo de campo. b) Extracción del estómago de *Prionace glauca*.

TRABAJO DE LABORATORIO

I.- Análisis Taxonómico

Para el análisis del contenido gástrico, se separaron los diferentes tipos de categorías presa de acuerdo a los grupos taxonómicos registrados (peces, cefalópodos y crustáceos), identificándose hasta el menor taxón posible según lo permitió el grado de avance del proceso digestivo en el que se encontraron las presas. La identificación taxonómica para peces con grado de digestión avanzado, se realizó por medio del esqueleto axial y apendicular. Para identificar los restos de peces se utilizó los trabajos de Clothier (1950) y Miller y Jorgensen (1973) para conteos vertebrales. Asimismo se realizaron análisis comparativos con la colección de esqueletos de peces del Laboratorio de Ecología de peces del CICIMAR-IPN.

Para los peces con grado de digestión bajo, se utilizaron las claves de Miller y Lea (1972), Allen y Robertson (1994). Los crustáceos se identificaron por medio de los exoesqueletos o por restos de éstos, utilizándose 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 identificación se hizo por medio del aparato mandibular (pico), por lo que se emplearon las claves para identificación de Wolff (1982; 1984) y Clarke (1962; 1986). Para calcular el peso de los cefalópodos se utilizaron ecuaciones de retrocálculo a partir de las longitudes del rostro del aparato mandibular (Fig. 10) de la mayoría de las especies de cefalópodos presa.

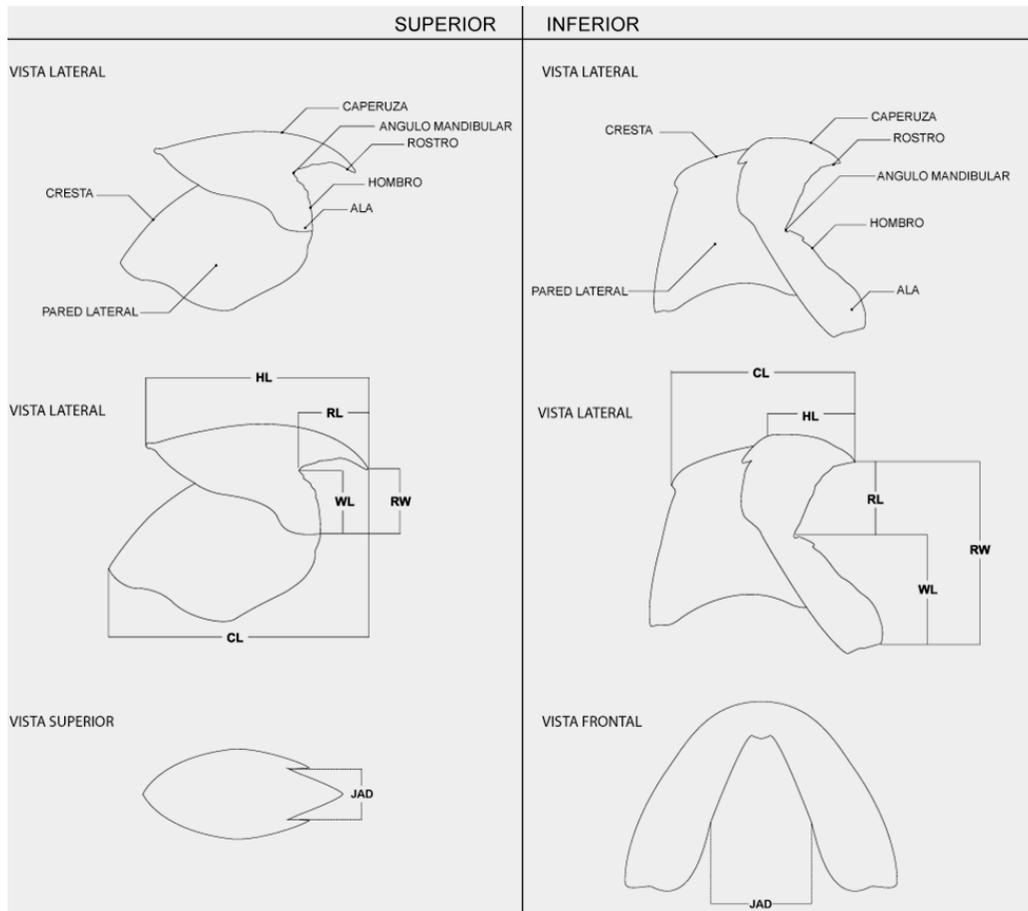


FIGURA 10. Diferentes tipos de longitudes del aparato mandibular generalizado de los cefalópodos.

TABLA 1. Relaciones descritas entre el peso y alguna de las medidas del aparato mandibular para diferentes especies de cefalópodos, utilizadas en el cálculo del peso individual de cada calamar consumido por el tiburón azul.

| Espece | Ecuación para retrocálculo |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. <i>Ancistrocheirus lesueurii</i> | $W = 0.812 * (RL)^{3.6584}$ |
| 2. <i>Gonatus californiensis</i> | $\ln W = (-0.655 + 3.33 * \ln(RL))$ |
| 3. <i>Dosidicus gigas</i> | $W = 4.631 * (RL)^{2.6886}$ |
| 4. <i>Onychoteuthis banksii</i> | $\ln W = (0.58 + 3.7 * \ln(RL))$ |
| 5. <i>Pholidoteuthis boschmai</i> | $\ln W = (0.976 + 2.83 * \ln(RL))$ |
| 6. <i>Thysanoteuthis rhombus</i> | $\ln W = (2.855 + 3.06 * \ln(RL))$ |
| 7. <i>Histioteuthis dofleini</i> | $\ln W = (1.342 + 2.44 * \ln(RL))$ |
| 8. <i>Argonauta</i> spp. | $W = .0366 * (CL)^{2.06045}$ |
| 9. <i>Haliphron atlanticus</i> | $W = 1.7 * (LH)^{3.2}$ |

Donde:

W= Peso retrocalculado

LR= Longitud rostral

CL= Longitud de la cresta

Tomado de Wolff (1982, 1984), Clarke (1986), Santos *et al.* (2002) y datos no publicados proporcionados por Tripp-Valdez (2005).

TRABAJO DE GABINETE

Estimación del tamaño mínimo de muestra.

Para establecer si el número de estómagos analizados fue representativo para caracterizar el espectro trófico, se utilizó la metodología propuesta por Hoffman (1978), que consiste en graficar en el eje horizontal el número de estómagos revisados contra la diversidad acumulada al *iésimo* estómago revisado en el eje vertical. La diversidad se estimó con el índice de Shannon-Weiner (Margalef, 1969). Al graficar, la diversidad se va incrementando conforme aumenta el número de estómagos revisados; sin embargo, llega a un límite en el cual la curva se estabiliza, indicando el punto en donde el número de estómagos es representativo.

Análisis cuantitativo del espectro trófico.

Después de haber identificado taxonómicamente la totalidad de la presas y con la finalidad de conocer cuales fueron las presas con mayor importancia se aplicaron los siguientes métodos cuantitativos:

MÉTODO NÚMÉRICO (N).

Se contabilizó el número de presas de cada una de las categorías taxonómicas y se expresó en porcentaje con respecto al número total de presas que se encontraron en el total de estómagos.

$$N = n/NT * 100$$

Donde:

N = Método numérico

n = Número total de un grupo presa

NT = Número total de presas encontradas en los estómagos

MÉTODO GRAVIMÉTRICO (P).

Se obtuvo la biomasa generada por cada categoría presa identificada y se estimó el porcentaje que obtuvo en el total del peso estimado y registrado, por todas las categorías de presas encontradas en el total de los estómagos analizados.

$$P = p/PT * 100$$

Donde:

P = Método gravimétrico

p = Peso total de un grupo presa

PT = Peso total de todas las presas encontradas en los estómagos

MÉTODO DE FRECUENCIA DE APARICIÓN (FA).

Con este método se registró el número de estómagos en los cuales se presentó determinada presa, lo cual se expresó en porcentaje con respecto al número total de estómagos analizados.

$$FA = n/TE * 100$$

Donde:

FA = Método de frecuencia de aparición

n = Número de estómagos en los que se presenta determinado grupo presa

TE = Total de estómagos analizados

ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA (IIR).

Este índice propuesto por Pinkas *et al.* (1971) combina los tres métodos anteriores y fue utilizado para valorar de una manera integral la importancia de cada tipo de alimento en la totalidad el espectro trófico del tiburón azul (Hyslop, 1980).

$$IIR = (\%P + \% N) * \%FA$$

Donde:

IIR= Índice de importancia relativa

%P= Método gravimétrico

%N= Método numérico

%FA= Método de frecuencia de aparición

ÍNDICES ECOLÓGICOS.

I.- Índice de Levin

Se calculó la amplitud de la dieta (*Bi*), utilizando el índice estandarizado de Levin (Hurlbert, 1978; Krebs, 1999), a partir de los valores absolutos del método numérico. Este índice asume valores de 0 a 1. Cuando los valores de *Bi* son menores de 0.6, el depredador se considera especialista, lo que indica que utiliza un número bajo de recursos y presenta preferencia por ciertas presas. Cuando los valores son cercanos a uno (>0.6), su espectro es generalista, es decir, utiliza un mayor número de recursos sin previa selección (Krebs, 1999).

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

Donde:

B_i = Índice de Levin para el depredador i .

P_{ij} = Proporción de la dieta del depredador i que utiliza la presa j .

n = Número de categorías de las presas.

Cabe mencionar que este índice se aplicó en primera instancia al total de tiburones muestreados (depredador i), posteriormente por grupos separados, es decir por sexo (macho y hembra) y por etapa de madurez (juvenil y adulto) con la finalidad de obtener un valor para cada agrupación. La cuantificación de la dieta se hizo en términos de la abundancia absoluta de cada tipo presa.

III.- Índice de Morisita-Horn

El índice de Morisita-Horn se empleó para evaluar el traslapo de dieta entre tallas (juveniles-adultos) y sexos (macho-hembra) (Smith y Zaret, 1982). Este índice varía de cero (dietas completamente distintas) a uno (dietas similares). Se considera un traslapo de dietas biológicamente significativa cuando el valor excede a 0.60; de 0.30 a 0.59 el traslapo es medio y de 0.1 a 0.29 se considera bajo (Langton, 1982).

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

Donde:

$C\lambda$ = Índice de Morisita-Horn de traslapo trófico entre depredador x y depredador y .

P_{xi} = Proporción de la presa i del total de presas usadas por el depredador x .

P_{yi} = Proporción de la presa i del total de las presas usadas por el depredador y .

n = Número total de presas.

IV.- Posición trófica

Con la finalidad de ubicar al tiburón azul *P. glauca* en su nivel trófico correspondiente dentro de la trama alimenticia oceánica, se utilizó el método propuesto por Cortes (1999); donde se determina el nivel trófico del depredador, estandarizando los niveles tróficos de sus presas previamente asignados (Tabla 2).

$$TL_k = 1 + (\sum P_j * TL_j)$$

Donde:

TL_k = Nivel trófico.

TL_j = Nivel trófico asignado a la presa

TABLA 2. Niveles tróficos estandarizados para presas de tiburones. (Cortes, 1999).

| CLASE | TIPO PRESA | NIVEL TRÓFICO |
|---------------|--|---------------|
| PECES | Peces teleósteos | 3.24 |
| CEFALÓPODOS | calamares y pulpos | 3.2 |
| MOLUSCOS | excepto cefalópodos | 2.1 |
| CRUSTÁCEOS | camarones, cangrejos y langostas | 2.52 |
| INVERTEBRADOS | todos los invertebrados excepto moluscos, crustáceos y Zooplancton | 2.5 |
| ZOOPLANCTON | zooplancton (principalmente eufaúsidos) | 2.2 |
| AVES | aves marinas | 3.87 |
| REPTILES | tortugas y serpientes marinas | 2.4 |
| MAMÍFEROS | cetáceos, pinípedos y mustélidos | 4.02 |
| CONDRICTIOS | tiburones, rajas, rayas y quimeras | 3.65 |
| PLANTAS | algas y plantas marinas | 1 |

RESULTADOS

Información general del estudio.

Se analizaron un total de 368 estómagos de tiburones azules los cuales en su mayoría pertenecieron a la localidad de Punta Belcher con un total de 313 para el año 2001, seguido de Punta Lobos con 38 para el 2006 y Las Barrancas con 17 en el 2005.

La mayor presencia de muestras del tiburón azul en la pesquería artesanal de la costa occidental de Baja California Sur se presentó en los meses de febrero, marzo, abril y mayo del año 2001 (meses más fríos) (Fig. 11).

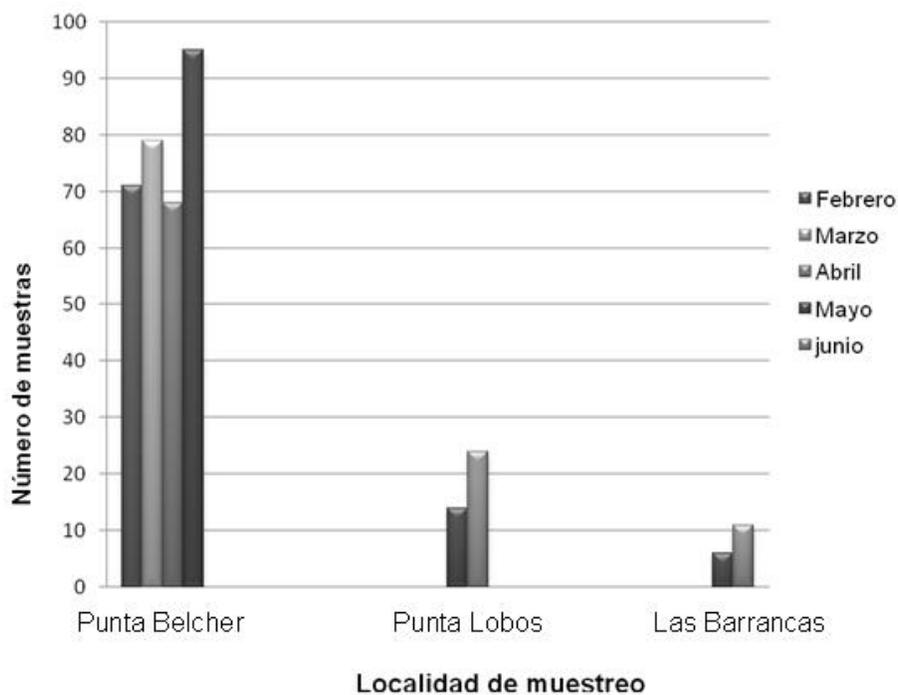


FIGURA 11. Número de muestras de estómagos de tiburón azul por meses en Punta Belcher, Punta Lobos y Las Barrancas.

La estructura de tallas de los tiburones muestreados en la costa occidental de Baja California Sur fluctuó de los 99 cm hasta los 269 cm de longitud total, con un promedio de 153.7 cm. (Fig. 12).

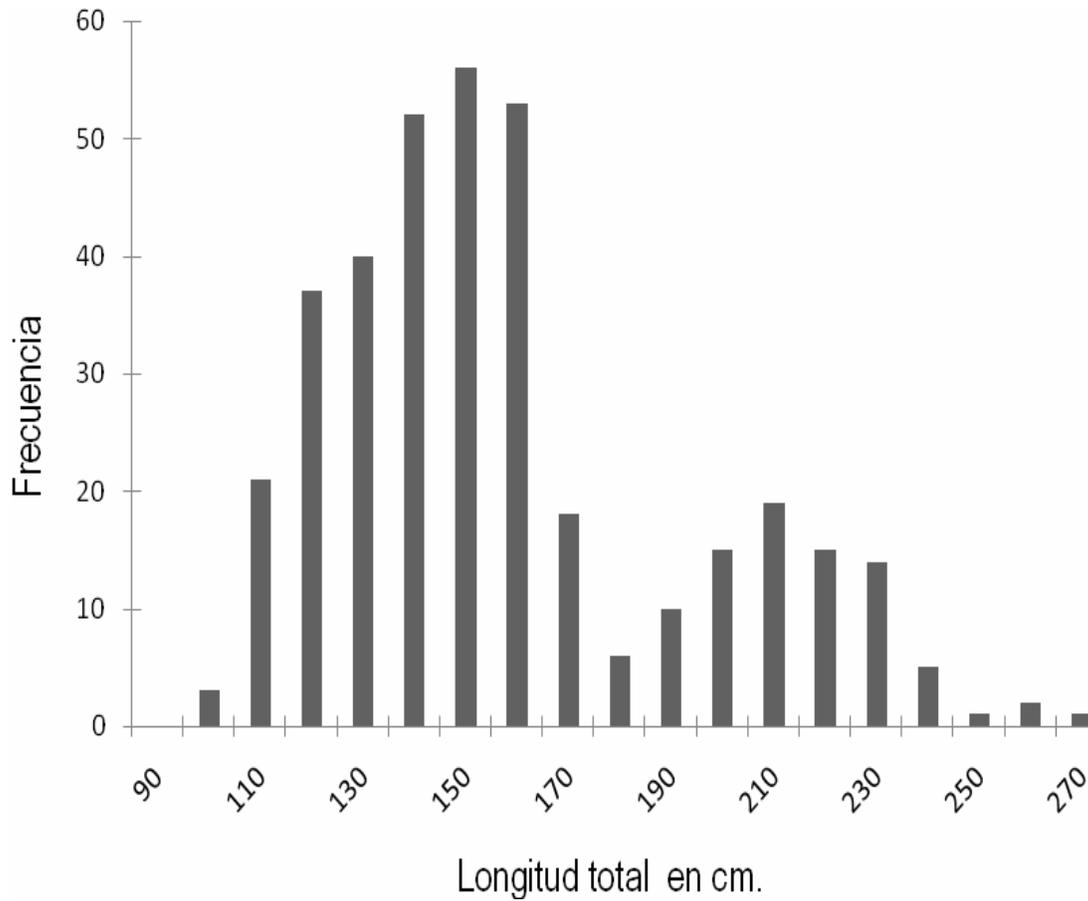


FIGURA 12. Distribución de tallas de los tiburones muestreados en la costa occidental de Baja California Sur, en centímetros de longitud total.

Del total de los tiburones muestreados (368), hubo 261 machos y 107 hembras.

En cuanto a la etapa de madurez sexual que presentaron los tiburones muestreados se encontró que la mayoría estuvo en la etapa juvenil con un total de 311 muestras, mientras que solo se muestrearon un total de 57 tiburones adultos, por lo tanto sus longitudes totales para machos en su mayoría estuvieron por debajo de los 180 cm. y para hembras el mayor porcentaje por debajo de los 200 cm. de longitud total.

TABLA 3. Número de muestras por campo pesquero, mes, sexo y estadios de madurez sexual de tiburón azul.

| Mes | Punta Belcher | | | | Punta Lobos | | | | Las Barrancas | | | | |
|---------|---------------|---------|-----------|---------|-------------|---------|-----------|---------|---------------|---------|-----------|---------|--|
| | Machos | | Hembras | | Machos | | Hembras | | Machos | | Hembras | | |
| | Juveniles | Adultos | Juveniles | Adultos | Juveniles | Adultos | Juveniles | Adultos | Juveniles | Adultos | Juveniles | Adultos | |
| Febrero | 34 | 11 | 22 | 4 | | | | | | | | | |
| Marzo | 55 | 2 | 17 | 5 | | | | | | | | | |
| Abril | 43 | 7 | 14 | 4 | | | | | | | | | |
| Mayo | 61 | 5 | 26 | 4 | 8 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | | |
| Junio | | | | | 13 | 6 | 2 | 3 | 8 | 1 | 2 | | |

Espectro trófico general.

Se analizaron un total de 368 estómagos de tiburón azul de los cuales el 57% contenía alimento en diferentes estados de digestión. La mayoría presentó un estado avanzado del proceso digestivo, ya que la mayoría de las presas encontradas fueron restos duros de cefalópodos y en menor proporción peces; por lo tanto los niveles de llenado de los estómagos fueron mínimos.

De acuerdo con el método de Hoffman (1978), el número de estómagos con alimento analizado suficiente para caracterizar el espectro trófico del tiburón azul fue de 76 estómagos. (Fig. 13).

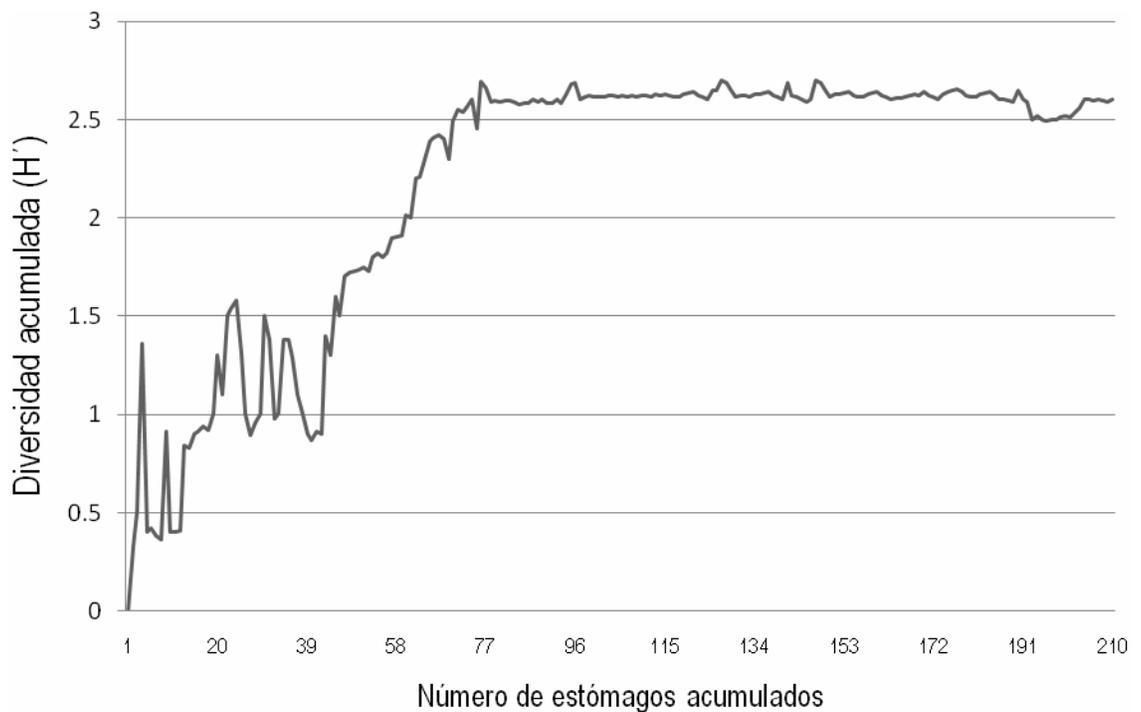


FIGURA 13. Método de Hoffman, en donde la acumulación sucesiva de estómagos muestra que la diversidad de componentes alimentarios del tiburón azul alcanza el punto de estabilización aproximadamente a los 76 estómagos.

La dieta estuvo integrada por 27 categorías presa de las cuales los cefalópodos fueron los mejor representados con un mayor número de especies presa seguida de los peces, crustáceos, aves, condriictios y macroalgas (Fig. 14).

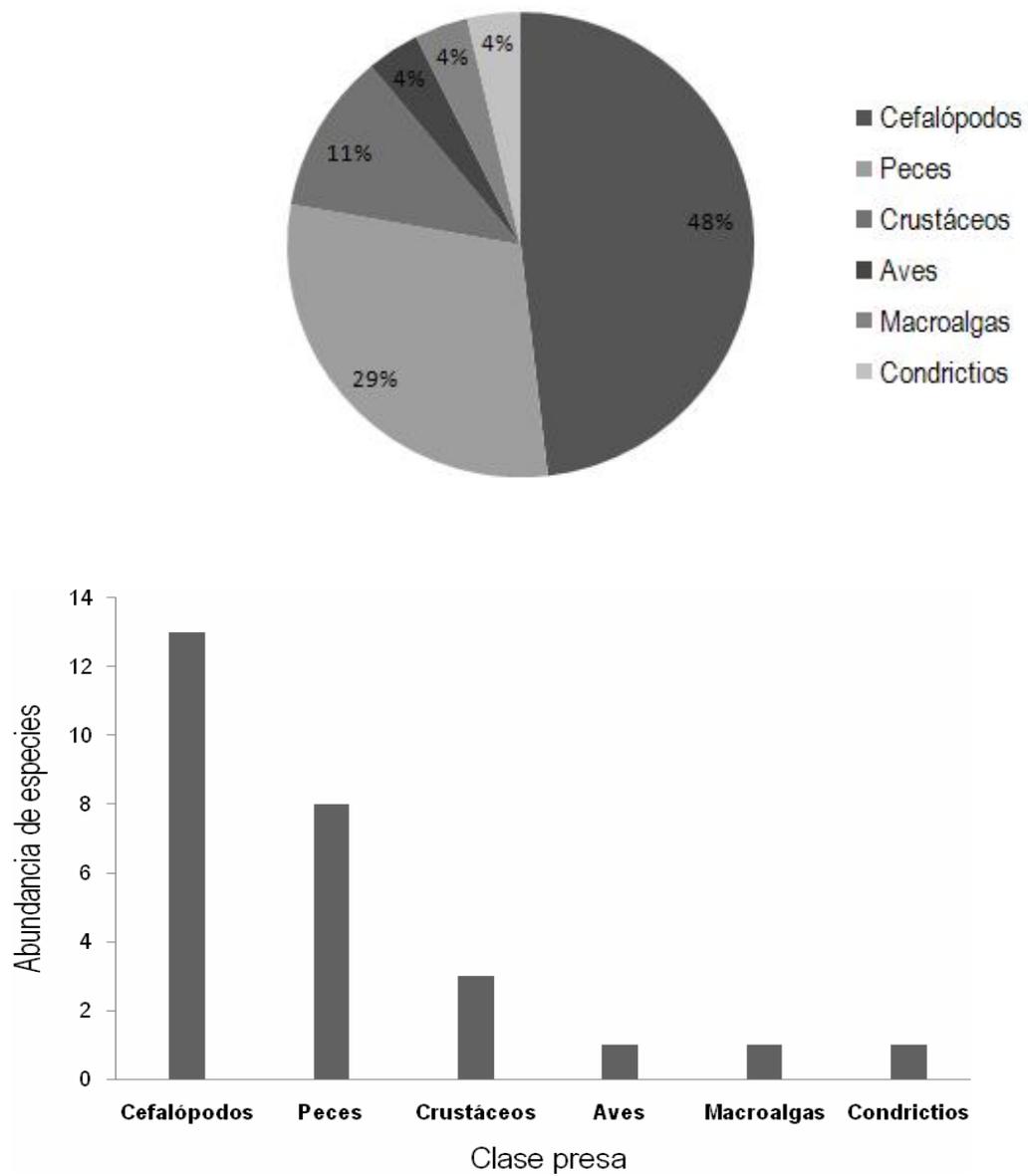


FIGURA 14. Espectro trófico general del tiburón azul por abundancia de cada clase presa.

Método numérico (N).

Se contabilizaron un total de 736 organismos, las presas más abundantes fueron la langostilla *Pleuoncodes planipes* (52%), y los cefalópodos *Gonatus californiensis* (11.41%), *Argonauta spp.* (8.9%), *Ancistrocheirus lesueurii* (5.84%) (Fig. 15) y el resto de las categorías presa se presentan con porcentajes numéricos menores al 5% , sumando en total el 22.2%.

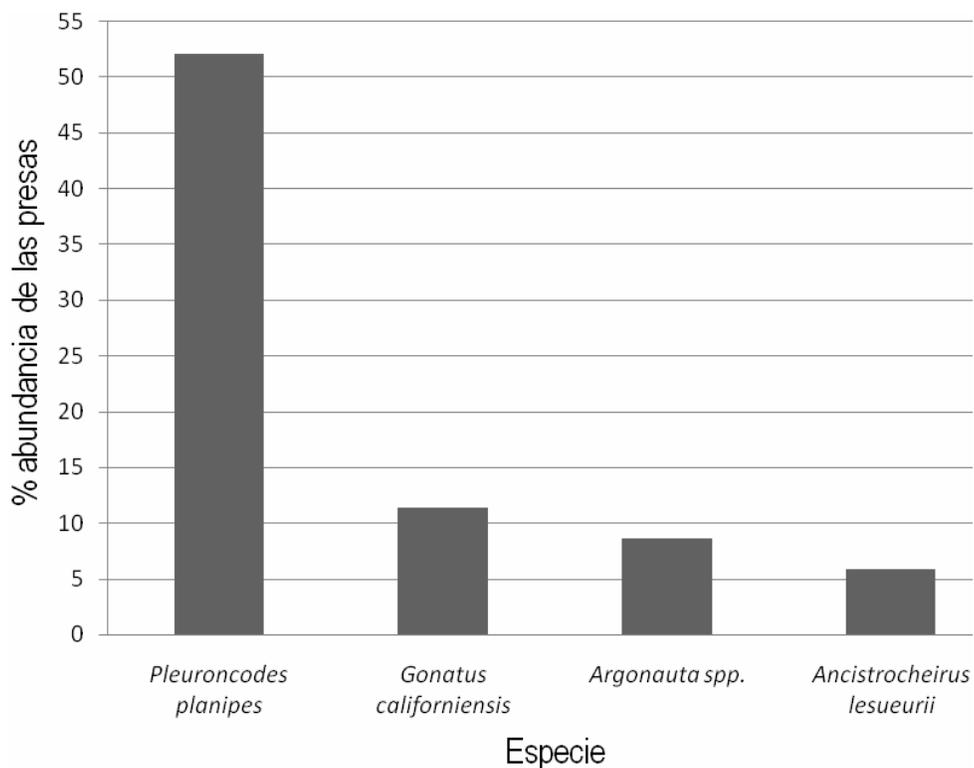


FIGURA 15. Abundancia en porcentaje de las presas del espectro trófico del tiburón azul de acuerdo al método numérico (N).

Método gravimétrico (P).

Las presas que aportaron mayor biomasa fueron los calamares *Gonatus californiensis* (36.7%), *Ancistrocheirus lesueurii* (22.4%), *Haliphron atlanticus* (18%), *Dosidicus gigas* (7.8%) y *Thysanoteuthis rhombus* (5.4%) (Fig. 16), representando así casi el 90% del total de la biomasa consumida, cabe mencionar que estos datos son resultado de la aplicación ya detallada de los retrocálculos en los picos de cefalópodos.

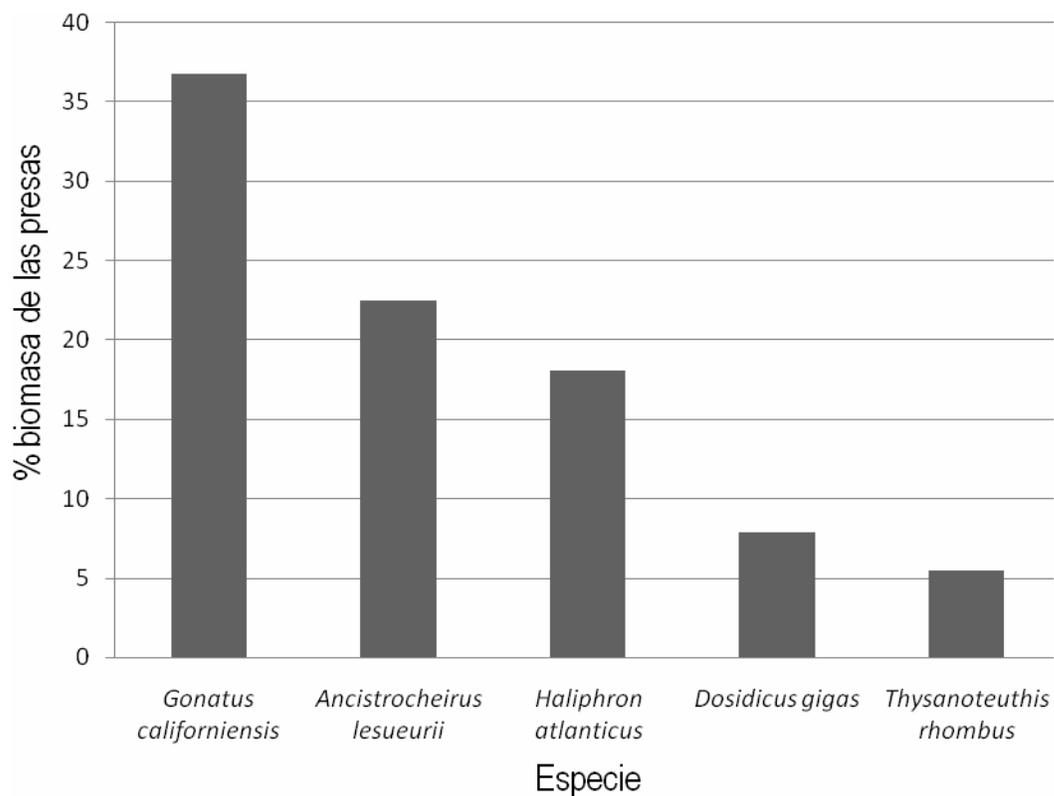


FIGURA 16. Porcentaje de biomasa que aportaron las presas más importantes de acuerdo al método gravimétrico (P).

Frecuencia de aparición (FA).

En cuanto a las categorías presa con mayor presencia en los estómagos se encontró que los componentes de la dieta más importantes fueron *Pleuroncodes planipes* (31.8%), *Gonatus californiensis* (30%), *Argonauta* spp. (23.1%), *Ancistrocheirus lesueurii* (15.6%) y *Haliphron atlanticus* (8.75%) (Fig. 20).

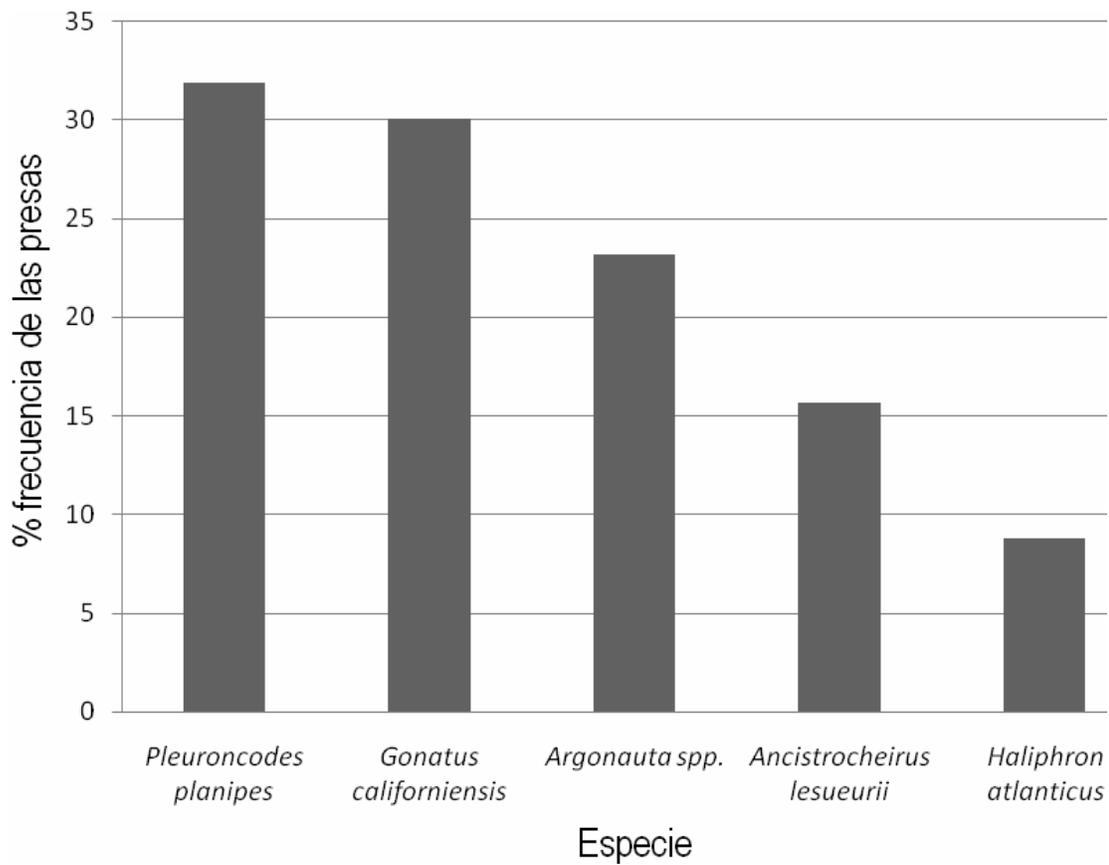


FIGURA 17. Porcentaje de la frecuencia de ocurrencia de las presas del tiburón azul de acuerdo al método de frecuencia de aparición (FA) .

Índice de importancia relativa (IIR) general.

En función de los métodos numérico, gravimétrico y frecuencia de aparición se obtuvo que la langostilla *Pleuroncodes planipes* fue la presa más importante en la dieta general del tiburón azul, posteriormente los calamares *Gonatus californiensis*, *Ancistrocheirus lesueurii*, *Argonauta spp.* y *Haliphron atlanticus*. (Fig. 21).

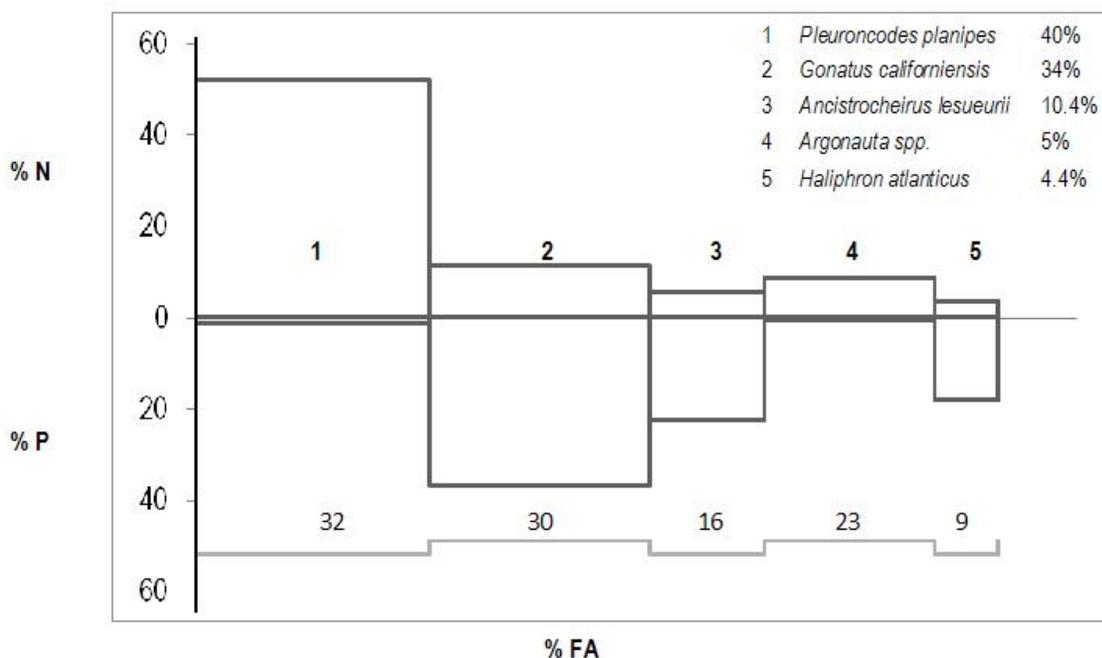


FIGURA 18. Espectro trófico general del tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Valores porcentuales del método numérico (%N), gravimétrico (%P) y frecuencia de aparición (%FA).

TABLA 4. Lista de la composición de especies presa que integran el espectro trófico del tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México.

| ESPECIE PRESA | N | %N | P | %P | FA | %FA | IRI | %IRI |
|----------------------------------|----|-------|-----------|----------|----|--------|----------|----------|
| CEPHALOPODA | | | | | | | | |
| TEUTHOIDEA | | | | | | | | |
| ANCISTROCHEIRIDAE | | | | | | | | |
| <i>Ancistrocheirus lesueurii</i> | 43 | 5.84 | 20,812.89 | 22.43 | 25 | 15.62 | 550.3075 | 7.796891 |
| ALLOPOSIDAE | | | | | | | | |
| <i>Haliphron atlanticus</i> | 27 | 3.66 | 16,718.24 | 18.02 | 14 | 8.75 | 228.3639 | 3.235516 |
| BOLITAENIDAE | | | | | | | | |
| <i>Japetella heathi</i> | 20 | 2.71 | 20 | 0.02 | 14 | 8.75 | 51.06313 | 0.723475 |
| CRANCHIIDAE | | | | | | | | |
| <i>Liocranchia reinhardtii</i> | 3 | 0.40 | 318.05 | 0.34 | 2 | 1.25 | 1.524102 | 0.021594 |
| GONATIDAE | | | | | | | | |
| <i>Gonatus californiensis</i> | 84 | 11.41 | 34,077.05 | 36.73 | 48 | 30 | 1848.53 | 26.19042 |
| HISTIOTEUTHIDAE | | | | | | | | |
| <i>Histioteuthis dofleini</i> | 13 | 1.76 | 1,351.57 | 1.45 | 13 | 8.125 | 42.69253 | 0.604878 |
| OMMASTREPHIDEA | | | | | | | | |
| <i>Dosidicus gigas</i> | 14 | 1.90 | 7,299.2 | 7.86 | 11 | 6.875 | 82.75912 | 1.172551 |
| ONYCHOTEUTHIDAE | | | | | | | | |
| <i>Onychoteuthis banksii</i> | 6 | 0.81 | 635.16 | 0.68 | 4 | 2.5 | 6.093842 | 0.086339 |
| PHOLIDOTEUTHIDAE | | | | | | | | |
| <i>Pholidoteuthis boschmai</i> | 9 | 1.22 | 355.3 | 0.38 | 7 | 4.375 | 13.14307 | 0.186214 |
| THYSANOTEUTHIDAE | | | | | | | | |
| <i>Thysanoteuthis rhombus</i> | 1 | 0.13 | 5066.91 | 5.46 | 1 | 0.625 | 3.638636 | 0.051553 |
| OCTOPODA | | | | | | | | |
| ARGONAUTIDAE | | | | | | | | |
| <i>Argonauta spp.</i> | 66 | 8.96 | 277.6 | 0.29 | 37 | 23.125 | 450.685 | 6.385414 |
| VAMPYROMORPHA | | | | | | | | |
| VAMPYROTEUTHIDAE | | | | | | | | |
| <i>Vampyroteuthis infernalis</i> | 4 | 0.54 | 4 | 0.004 | 4 | 2.5 | 2.917893 | 0.041341 |
| restos de cefalópodo | 22 | 2.98 | 3063.89 | 3.30 | 22 | 13.75 | 133.9242 | 1.89747 |
| PISCES | | | | | | | | |
| PERCIFORMES | | | | | | | | |
| CARANGIDAE | | | | | | | | |
| <i>Selar crumenophthalmus</i> | 1 | 0.13 | 3.63 | 0.290698 | 1 | 0.625 | 0.184163 | 0.002609 |

Continuación Tabla 4

SCOMBRIDAE

| | | | | | | | | |
|--------------------------|----|------|--------|--------|----|-------|----------|----------|
| <i>Scomber japonicus</i> | 16 | 2.17 | 692.34 | 0.74 | 11 | 6.875 | 37.17266 | 0.526671 |
| <i>Auxis thazard</i> | 1 | 0.13 | 0.43 | 0.0004 | 1 | 0.625 | 0.181979 | 0.002578 |

ECHENEIDAE

| | | | | | | | | |
|----------------------|---|------|-----|-------|---|-------|---------|----------|
| <i>Remora remora</i> | 1 | 0.13 | 2.6 | 0.002 | 1 | 0.625 | 0.18346 | 0.002599 |
|----------------------|---|------|-----|-------|---|-------|---------|----------|

LAMPRIFORMES

TRACHIPTERIDAE

| | | | | | | | | |
|---------------------|---|------|------|------|---|-------|----------|----------|
| <i>Zu cristatus</i> | 1 | 0.13 | 11.2 | 0.01 | 1 | 0.625 | 0.189327 | 0.002682 |
|---------------------|---|------|------|------|---|-------|----------|----------|

CLUPEIFORMES

ENGRAULIDAE

| | | | | | | | | |
|-----------------------|---|------|---|-------|---|------|----------|----------|
| <i>Engraulis spp.</i> | 2 | 0.27 | 2 | 0.002 | 2 | 1.25 | 0.728245 | 0.010318 |
|-----------------------|---|------|---|-------|---|------|----------|----------|

GADIFORMES

MERLUCCIDAE

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|------|-------|------|---|-------|----------|----------|
| <i>Merluccius productus</i> | 2 | 0.27 | 22.93 | 0.02 | 2 | 1.25 | 0.758033 | 0.01074 |
| restos de peces | 3 | 0.40 | 147.7 | 0.15 | 3 | 1.875 | 1.937484 | 0.027451 |

CHONDRICTYES

CARCHARHINIFORMES

CARCHARHINIDAE

| | | | | | | | | |
|------------------------|---|------|--------|------|---|-------|----------|---------|
| <i>Prionace glauca</i> | 5 | 0.67 | 725.52 | 0.78 | 5 | 3.125 | 7.017117 | 0.09942 |
|------------------------|---|------|--------|------|---|-------|----------|---------|

AVES

PASSERINIFORMES

CINCLIDAE

| | | | | | | | | |
|--------------------------|---|------|----|------|---|-------|----------|----------|
| <i>Cinclus mexicanus</i> | 1 | 0.13 | 20 | 0.02 | 1 | 0.625 | 0.195331 | 0.002768 |
|--------------------------|---|------|----|------|---|-------|----------|----------|

MALACOSTRACA

DECAPODA

GALATHEIDAE

| | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|-------|---------|------|----|--------|----------|----------|
| <i>Pleuroncodes planipes</i> | 383 | 52.03 | 1090.34 | 1.17 | 51 | 31.875 | 3586.812 | 50.81883 |
|------------------------------|-----|-------|---------|------|----|--------|----------|----------|

STOMATOPODA

SQUILLIDAE

| | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------|-------|---|-------|----------|----------|
| <i>Squilla biformis</i> | 1 | 0.13 | 8.12 | 0.008 | 1 | 0.625 | 0.187226 | 0.002653 |
|-------------------------|---|------|------|-------|---|-------|----------|----------|

LOPHOGASTRIDA

0

LOPHOGASTRIDAE

| | | | | | | | | |
|--|---|------|------|-------|---|-------|---------|----------|
| | 1 | 0.13 | 4.08 | 0.004 | 1 | 0.625 | 0.18447 | 0.002614 |
|--|---|------|------|-------|---|-------|---------|----------|

PHAEOPHYTA

LAMINARIALES

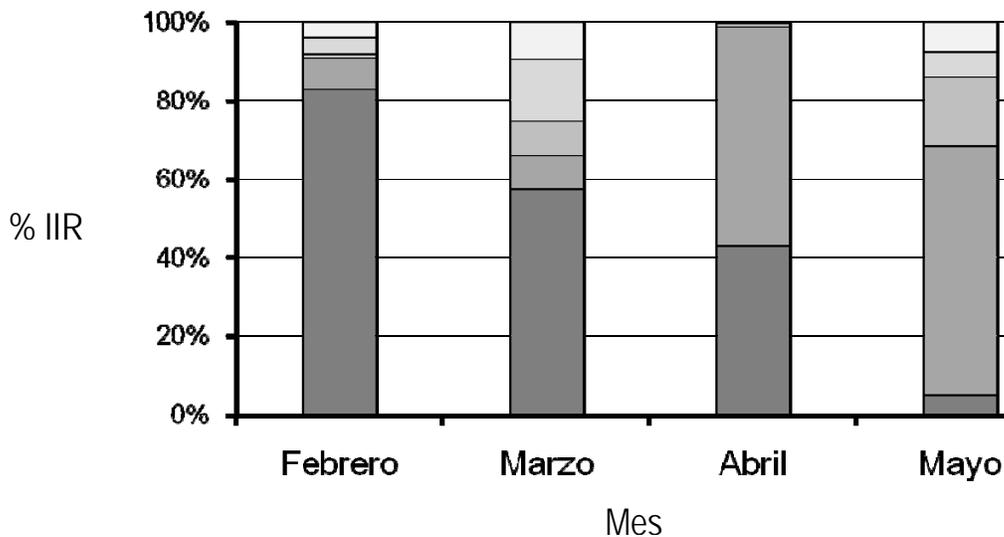
LESSONIACEAE

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|------|-------|------|---|------|----------|----------|
| <i>Macrocystis pyrifera</i> | 6 | 0.81 | 30.11 | 0.03 | 6 | 3.75 | 6.663955 | 0.094417 |
|-----------------------------|---|------|-------|------|---|------|----------|----------|

ESPECTRO TRÓFICO GENERAL POR MESES.

Índice de Importancia relativa estacional.

Analizando el contenido estomacal del tiburón azul por meses en las muestras recolectadas en el campo pesquero de Punta Belcher (localidad con mayor número de muestras) se encontró que las principales presas no cambian con respecto a los meses, pero si cambia el orden de importancia de cada una de ellas en la dieta de *Prionace glauca* (Fig. 19). El número de muestras varió por mes teniendo para febrero 71 muestras, marzo 79, abril 68 y mayo 95. Cabe mencionar que el cálculo se realizó tomando en cuenta las 5 categorías presa más importantes por mes, asumiendo que el valor de las 5 categorías es de 100%, ya que el resto de las presas presentaron valores muy bajos.



-  *Pleuroncodes planipes*
-  *Gonatus californiensis*
-  *Ancistrocheirus lesueurii*
-  *Argonauta spp.*
-  *Haliphron atlanticus*

FIGURA 19. Porcentaje del índice de importancia relativa (IIR) por meses para el tiburón azul en la localidad de Punta Belcher, B.C.S. México.

ESPECTRO TRÓFICO POR SEXOS.

HEMBRAS

Se encontraron un total de 17 componentes alimenticios en la dieta de las hembras que se expresaron en valores porcentuales del índice de importancia relativa (Tabla 5). Las hembras se alimentaron principalmente de *Pleuroncodes planipes* (61%), *Ancistrocheirus lesueurii* (16.5%) y *Gonatus californiensis* (15.5 %) de acuerdo al IIR (Fig. 20).

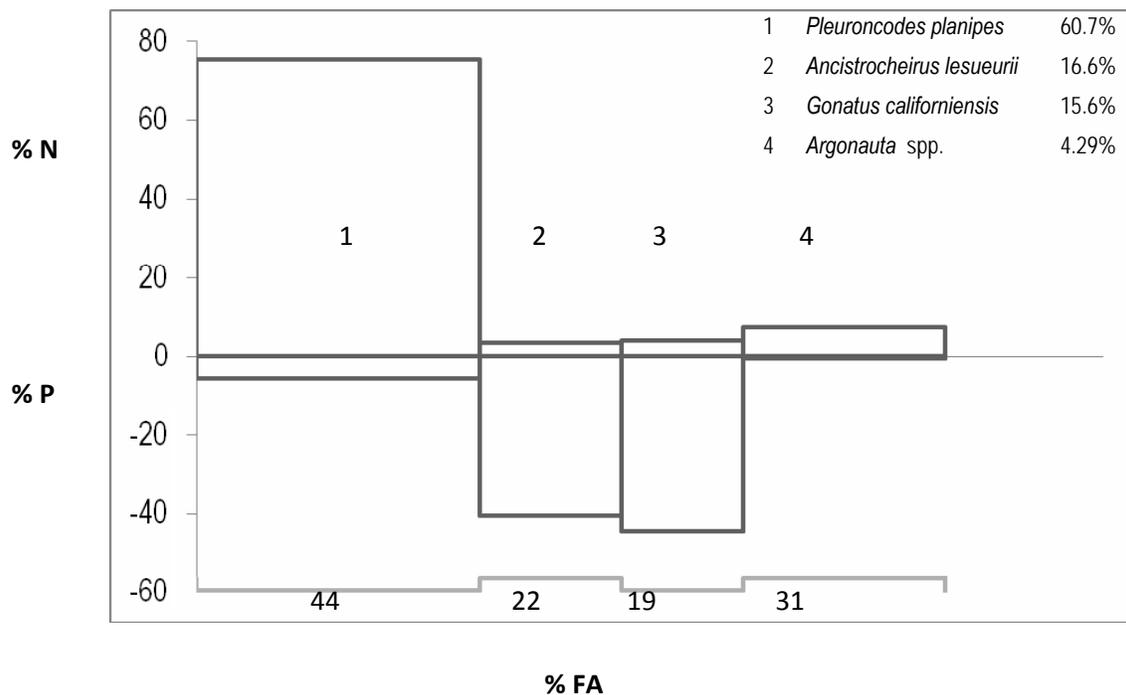


FIGURA 20. Espectro trófico de hembras de tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Valores porcentuales del método numérico (%N), gravimétrico (%P) y frecuencia de aparición (%FA).

Tabla 5. Espectro trófico de la dieta de tiburones azules hembras en valores porcentuales del índice de importancia relativa.

| PRESA | %IIR |
|----------------------------------|------|
| <i>Ancistrocheirus lesueurii</i> | 16.6 |
| <i>Argonauta</i> spp. | 4.29 |
| <i>Auxis thazard</i> | 0.02 |
| Carcharinidae | 0.06 |
| <i>Engraulis</i> sp. | 0.02 |
| <i>Gonatus californiensis</i> | 15.6 |
| <i>Haliphron atlanticus</i> | 0.11 |
| <i>Histioteuthis dofleini</i> | 0.54 |
| <i>Japetella heathi</i> | 0.42 |
| Lophogastridae | 0.02 |
| <i>Macrocistiys pirifera</i> | 0.19 |
| <i>Merluccius productos</i> | 0.03 |
| <i>Pholidoteuthis boschmai</i> | 0.36 |
| <i>Pleuroncodes planipes</i> | 60.7 |
| <i>Remora remora</i> | 0.02 |
| <i>Scomber japonicus</i> | 0.89 |
| <i>Vampyroteuthis infernalis</i> | 0.02 |

MACHOS

El espectro trófico de los machos estuvo integrado por 24 diferentes categorías presas (Tabla 6) siendo el calamar *Gonatus californiensis* (41.8% IIR) el alimento principal seguido de *Pleuroncodes planipes*, *Ancistrocheirus lesueurii* y *Haliphron atlanticus* (Fig.24).

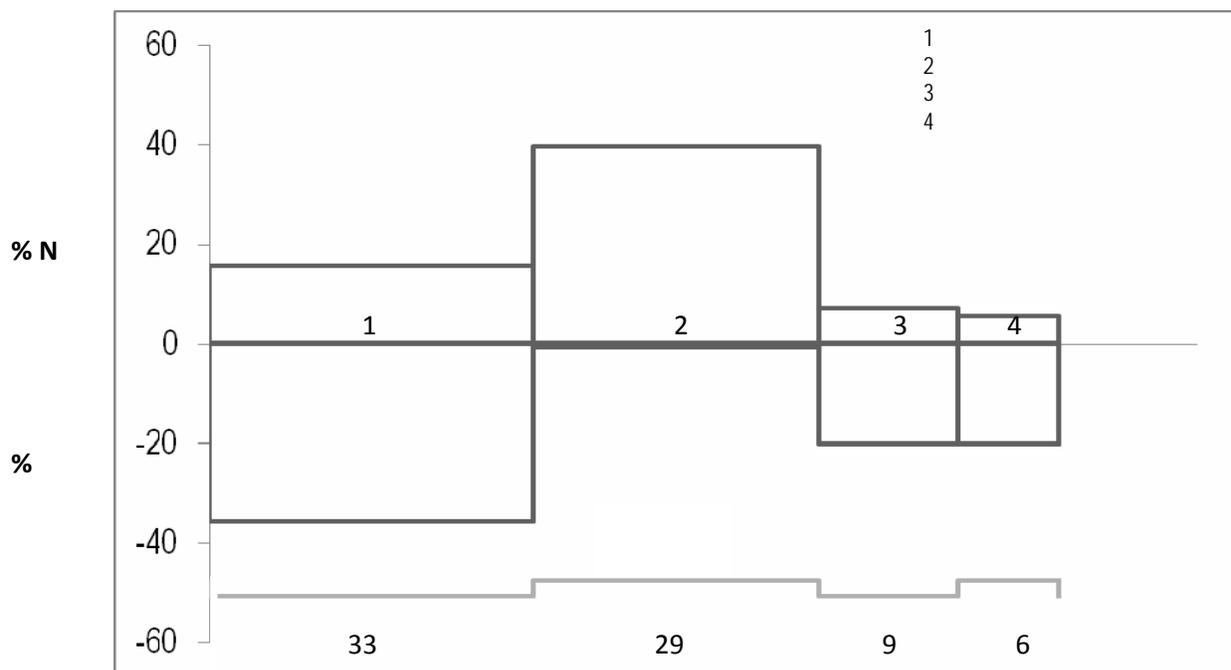


FIGURA 21. Espectro trófico de machos de tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Valores porcentuales del método numérico (%N), gravimétrico (%P) y frecuencia de aparición (%FA).

Tabla 6. Espectro trófico de la dieta de tiburones azules machos en valores porcentuales del índice de importancia relativa.

| PRESA | %IIR |
|----------------------------------|------|
| <i>Ancistrocheirus lesueurii</i> | 9.53 |
| <i>Argonauta</i> spp. | 5.34 |
| Carcharinidae | 0.13 |
| <i>Cinclus mexicanus</i> | 0 |
| <i>Dosidicus gigas</i> | 2.53 |
| <i>Engraulis</i> sp. | 0 |
| <i>Gonatus californiensis</i> | 41.9 |
| <i>Haliphron atlanticus</i> | 6.46 |
| <i>Histioteuthis dofleini</i> | 0.68 |
| <i>Japetella heathi</i> | 0.62 |
| <i>Liocranchia reinhardti</i> | 0.04 |
| <i>Macrocystis pyrifera</i> | 0.04 |
| <i>Merluccius productos</i> | 0 |
| <i>Onychoteuthis banksii</i> | 0.16 |
| <i>Pholidoteuthis boschmai</i> | 0.12 |
| <i>Pleuroncodes planipes</i> | 29 |
| restos de cefalópodos | 2.85 |
| restos de peces | 0.05 |
| <i>Scomber japonicus</i> | 0.39 |
| <i>Selar crumenophthalmus</i> | 0 |
| <i>Squilla biformis</i> | 0 |
| <i>Thysanoteuthis rhombus</i> | 0.12 |
| <i>Vampyroteuthis infernalis</i> | 0.04 |
| <i>Zu cristatus</i> | 0 |

ESPECTRO TRÓFICO POR ESTADO DE MADUREZ.

JUVENILES

Los organismos pertenecientes a la etapa juvenil se alimentaron principalmente de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) además de los cefalópodos *Gonatus californiensis*, *Ancistrocheirus lesueurii* y *Argonauta* spp. (Fig. 25). El espectro trófico estuvo compuesto por 26 categorías presa que se expresaron en valores porcentuales del índice de importancia relativa (Tabla).

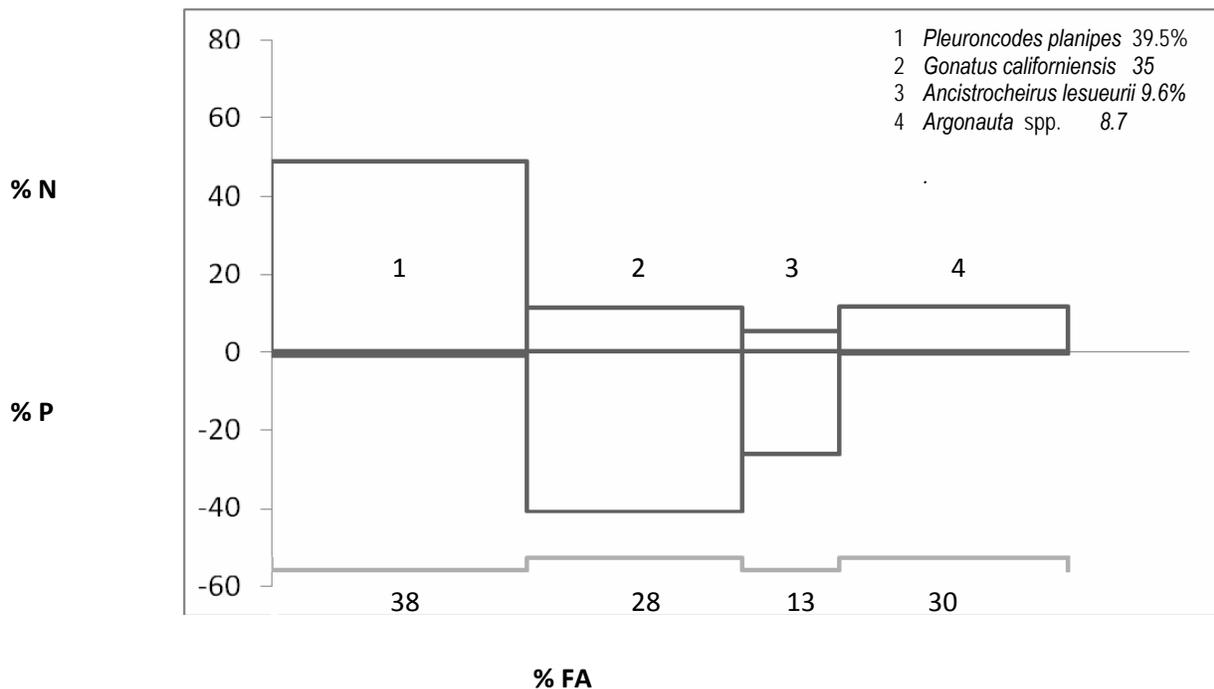


FIGURA 22. Espectro trófico de juveniles de tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Valores porcentuales del método numérico (%N), gravimétrico (%P) y frecuencia de aparición (%FA).

Tabla 7. Espectro trófico de la dieta de tiburones azules juveniles en valores porcentuales del índice de importancia relativa.

| PRESA | %IRI |
|----------------------------------|-------------|
| <i>Ancistrocheirus lesueurii</i> | 9.61 |
| <i>Argonauta</i> spp. | 8.74 |
| <i>Auxis thazard</i> | 0 |
| Carcharinidae | 0.09 |
| <i>Cinclus mexicanus</i> | 0.01 |
| <i>Dosidicus gigas</i> | 1.26 |
| <i>Engraulis</i> sp. | 0.02 |
| <i>Gonatus californiensis</i> | 35 |
| <i>Haliphron atlanticus</i> | 2.19 |
| <i>Histioteuthis dofleini</i> | 0.6 |
| <i>Japetella heathi</i> | 1.11 |
| <i>Liocranchia reinhardti</i> | 0.05 |
| Lophogastridae | 0 |
| <i>Macrocystis pyrifera</i> | 0.12 |
| <i>Merluccius productos</i> | 0.02 |
| <i>Onychoteuthis banksii</i> | 0.01 |
| <i>Pholidoteuthis boschmai</i> | 0.2 |
| <i>Pleuroncodes planipes</i> | 39.5 |
| <i>Remora remora</i> | 0 |
| restos de cefalópodos | 0.47 |
| restos de peces | 0.06 |
| <i>Scomber japonicus</i> | 0.67 |
| <i>Selar crumenophthalmus</i> | 0 |
| <i>Thysanoteuthis rhombus</i> | 0.21 |
| <i>Vampyroteuthis infernalis</i> | 0.04 |
| <i>Zu cristatus</i> | 0 |

ADULTOS

El espectro trófico de los tiburones en la etapa adulta estuvo compuesto por 16 diferentes categorías presas (Tabla), los alimentos principales fueron *Pleuroncodes planipes*, *Gonatus californiensis*, *Ancistrocheirus lesueurii* y restos de cefalópodos (Fig. 26).

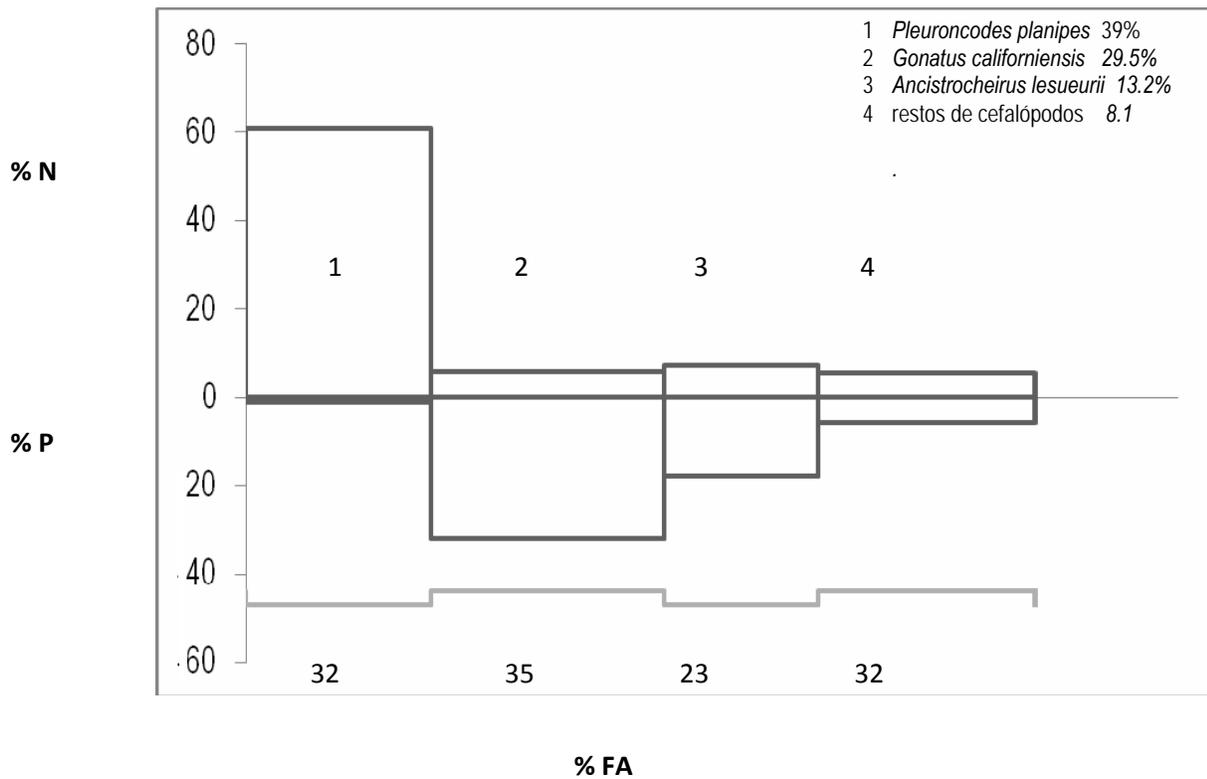


FIGURA 23. Espectro trófico de adultos del tiburón azul *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Valores porcentuales del método numérico (%N), gravimétrico (%P) y frecuencia de aparición (%FA).

Tabla 8. Espectro trófico de la dieta de tiburones azules adultos en valores porcentuales del índice de importancia relativa.

| PRESA | %IIR |
|----------------------------------|------|
| <i>Ancistrocheirus lesueurii</i> | 13.2 |
| <i>Argonauta</i> spp. | 0.49 |
| Carcharinidae | 0.15 |
| <i>Dosidicus gigas</i> | 2.33 |
| <i>Gonatus californiensis</i> | 29.5 |
| <i>Haliphron atlanticus</i> | 5.67 |
| <i>Histioteuthis dofleini</i> | 0.74 |
| <i>Japetella heathi</i> | 0.02 |
| <i>Macrocystis pyrifera</i> | 0.02 |
| <i>Onychoteuthis banksii</i> | 0.44 |
| <i>Pholidoteuthis boschmai</i> | 0.11 |
| <i>Pleuroncodes planipes</i> | 39 |
| restos de cefalópodos | 8.13 |
| <i>Scomber japonicus</i> | 0.2 |
| <i>Squilla biformis</i> | 0.02 |
| <i>Vampyroteuthis infernalis</i> | 0.02 |

ANÁLISIS ECOLÓGICOS:

Índice de Levin.

Amplitud de dieta.

Amplitud de dieta general:

Al aplicar este índice se encontró un valor de $B_i=0.08$, lo cual indicó que este depredador se alimentó de manera significativa de un reducido número de componentes tróficos (Fig. 24).



FIGURA 24. Nivel de amplitud trófica general para el tiburón azul.

Amplitud de dieta por sexo.

En hembras se encontró un valor en el índice de Levin de $B_i = .0029$, un valor considerablemente bajo. Se considera que esta especiación trófica esta originada por la alta ingesta de langostilla (*Pleuroncodes planipes*), la cual en los meses de muestreo es muy abundante.

En machos se registró un espectro trófico más amplio y con relativa menor dominancia de alguna presa en particular, por lo que el valor obtenido fue de $B_i = .0082$, lo cual lo tipificó como un depredador especialista

Amplitud de dieta por etapa de madurez.

Los tiburones en etapa juvenil presentaron un espectro trófico dominando por un reducido número de componentes alimenticios, registrándose un valor de amplitud trófica de $B_i = 0.0059$. Los organismos en la etapa adulta presentaron una amplitud de dieta de $B_i = 0.0060$ un valor muy bajo el cual esta dado por el excesivo consumo de langostilla.

En general los valores de amplitud de dieta fueron muy bajos mostrando que los componentes alimenticios de los cuales depende el tiburón azul son reducidos y fuertemente dominados por las presas con abundancias estacionales (Fig. 25).

|

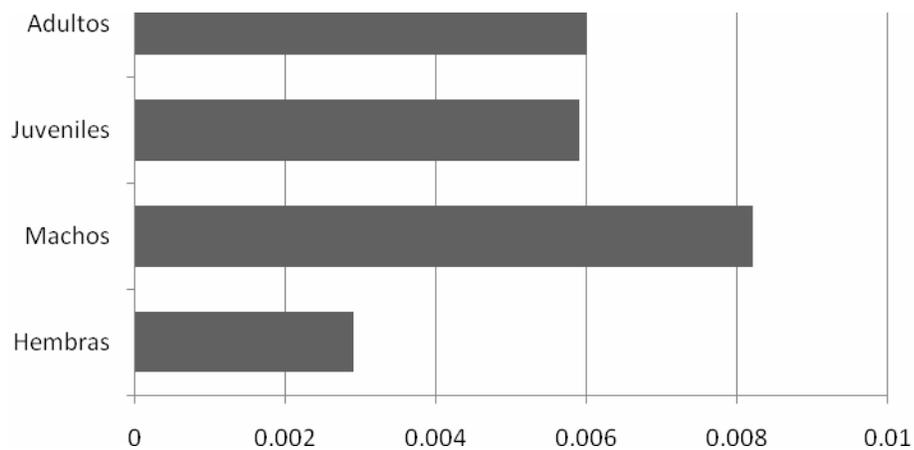


FIGURA 25. Valores de amplitud de dieta para los diferentes grupos de tiburones (hembras, machos, juveniles y adultos).

Morisita-Horn

Evaluación de traslapo trófico entre sexos y tallas.

El traslapo trófico que se determinó entre sexos se considera medio ($C\lambda=0.35$) por lo tanto los recursos que se compartieron tuvieron diferente importancia en la dieta del depredador.

En cuanto al traslapo trófico que se encontró para organismos en etapa juvenil y adulta fue mayor ($C\lambda=0.95$), lo cual indica que su espectro alimentario es muy similar (Fig. 26).

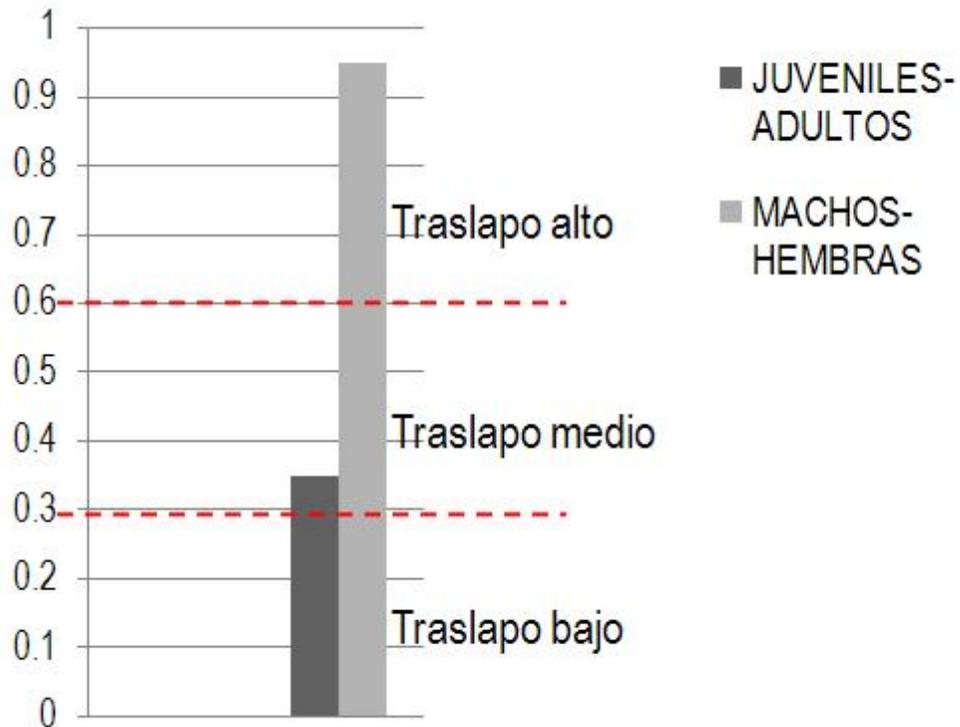


FIGURA 26. Valores de traslapo trófico para grupos de tiburones (juveniles-adultos, Machos-hembras).

- **Nivel trófico**

Ubicación en la cadena de alimentación.

Por medio de la metodología tradicional de análisis de contenido estomacal y basándose en la metodología propuesta por Cortes (1999) se estimó un nivel trófico de 3.8 para el tiburón azul.

DISCUSION

Estado de digestión y grado de repleción gástrica.

En investigaciones científicas en donde se aborda el estudio de la biología trófica a través del análisis del contenido estomacal, se presentan diferentes problemáticas. Así la alta frecuencia de estómagos vacíos, además del avanzado estado de digestión que presentan las presas está en función de distintas variables, como son el arte de pesca, el tiempo que el organismo dura atrapado en el arte de captura, el tipo de presas consumidas, etc. En el caso particular de los tiburones si estos permanecen por mucho tiempo capturados en las redes estos tienden a evertir sus estómagos como mecanismo de defensa, y por otro lado en el mejor de los casos el proceso de digestión continua haciendo aún más difícil la identificación de las presas.

En los últimos años se han empleado metodologías complementarias al análisis de contenido estomacal (Harvey y Kitchel, 2000), con la finalidad de tener información adicional principalmente en especies donde la toma de muestras resulta de gran dificultad, un ejemplo de esto es el uso de isótopos estables de carbono y nitrógeno. Para este estudio en particular los contenidos estomacales analizados para estudiar la biología trófica del tiburón azul en la costa occidental de Baja California Sur, fueron suficientes para caracterizar sus hábitos alimentarios. Sin embargo en otros estudios desarrollados en el sur del Golfo de California y costa oeste de la península de Baja California (Aguilar-Castro, 2003; Cabrera-Chávez Costa, 2003; Escobar-Sánchez, 2004; Velasco-Tarelo, 2005; Torres-Rojas, 2006; Hacoheh-Domene, 2007), se ha tenido que complementar la información empleando otro tipo de metodologías como la aplicación de isótopos estables.

El tiburón azul presentó grados de repleción gástrica bajos y estado de digestión de las presas muy avanzados; debido principalmente al hábito del tiburón azul depredador teutófago (Vaske-Junior y Rincón Filho, 1998; Henderson *et al.*, 2001; Kubodera y Watanabe, 2007). Los calamares tienen el tejido blando por lo que son digeridos rápidamente; es por esto que en los contenidos estomacales se presento una alta frecuencia de sus aparatos mandibulares (picos) en los estómagos. Debido a este porcentaje de frecuencia de aparición de mandíbulas de cefalópodos, se consideró pertinente aplicar las ecuaciones de retrocálculo utilizando las medidas de los picos, con la finalidad de obtener una mejor representación de la biomasa real consumida por los tiburones azules. En diversos estudios sobre biología trófica de otras especies pelágicas y específicamente del tiburón azul, existe el antecedente de la aplicación de esta metodología (Tricas, 1979; Henderson *et al.*, 2001; Kubodera y Watanabe, 2007), coincidiéndose en que esta herramienta permite tener más certeza sobre la cuantificación de biomasa real consumida, aunque también se debe señalar que en algunos otros estudios (Vaske -Junior y Rincón-Filho, 1998) se considera que esta metodología podría causar una sobreestimación en la importancia de cefalópodos debido a que estos aparatos mandibulares pudieran ser cúmulos de consumos de otros días.

Para el presente estudio se consideró que era pertinente la aplicación del retrocálculo, debido al alto consumo que el tiburón azul *P. glauca* realiza sobre los calamares en la costa occidental de Baja California Sur, México, por lo que se considero que si no se efectuaba la estimación de la biomasa de cefalópodos, definitivamente se estaría subestimando la importancia real de este tipo de presa en la dieta del tiburón. Sin embargo no es posible hacer retrocálculo a todas las presas especialmente peces debido a que se carece de este tipo de ecuaciones, por lo que es necesario incrementar los esfuerzos en este sentido. En este caso la categorización de teutófago y el escaso consumo de otras clases presas del tiburón azul nos ayuda a tener información más confiable debido a la útil metodología del retrocálculo para cefalópodos.

Espectro trófico general.

El tiburón azul es un depredador oportunista que incide principalmente en especies de la clase Cephalopoda (48%) seguida por peces (29%), crustáceos (11%), aves (4%), condrictios (4%) y plantas (4%). Se encontró un total de 27 categorías presas y un valor de amplitud de dieta de $Bi=0.8$, lo que lo tipificó como un depredador especialista. De acuerdo al método numérico se contabilizaron un total de 736 organismos siendo la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) la presa más abundante (52%), seguida por los cefalópodos *Gonatus californiensis* (11.4%), *Argonauta* spp. (8.6%) y *Ancistrocheirus lesueurii* (5.6%). La abundancia de la langostilla como presa principal ha sido también reportada para otros grandes depredadores del área de estudio (Cabrera-Chávez Costa, 2003). Sin embargo al analizar por el método gravimétrico, son los cefalópodos los que aportan la mayor biomasa. En este sentido Kubodera y Watanabe (2007) reportaron que los cefalópodos representaron el 90% del total de la biomasa consumida por el tiburón azul del Pacífico norte. Henderson *et al.* (2001) encontraron en agua irlandesas que el 85.1% de la biomasa la aportaron los cefalópodos, asimismo Tricas (1979) también determinó en la Isla Santa Catalina, EUA, que los calamares se constituyeron como el alimento más importante en la dieta del tiburón azul.

En el presente estudio los calamares *Gonatus californiensis* (36.7%), *Ancistrocheirus lesueurii* (22.4%) *Haliphron atlanticus* (18%) y *Dosidicus gigas* (7.8%) proporcionan la mayor biomasa estimada del total de las presas consumidas por el tiburón azul. Cabe mencionar que en los estudios donde ubican a los cefalópodos como las presas más importantes de acuerdo al método gravimétrico utilizan ecuaciones de retrocálculo para los aparatos mandibulares, por lo que se constata la importancia de la aplicación de esta metodología.

El índice de importancia relativa (IIR) indicó que la langostilla (*P. planipes*) fue la presa principal (40%). Sin embargo se puede categorizar al tiburón azul como un depredador teutófago, debido a que este tipo de presas constituyeron el alimento más importante por la mayor riqueza específica registrada en el espectro trófico del tiburón azul, así como por la biomasa que aportan al total de la dieta; además de que estos organismos aportan mayor energía a su depredador, según lo reporta (Abitia-Cárdenas *et al.*, 1997) donde el aporte calorimétrico de la langostilla es de 0.94 kcal/gr, mientras que un cefalópodo como lo es *Dosidicus gigas* aporta 1.57 kcal/gr.

Se considera que el tiburón azul tiene un hábitat diverso, ya que sus presas tienen hábitos tanto epipelágicos, mesopelágicos, batipelágicos y bentónicos, lo que indica que el tiburón azul realiza migraciones verticales considerables. Por ejemplo, este depredador se alimenta del calamar *Vampyroteuthis infernalis*, el cual está restringido a profundidades mayores de 1500 m. en el Océano Pacífico (Roper y Young, 1975). Esta especie de calamar no realiza migraciones verticales hacia la superficie, por lo que se deduce que el tiburón azul efectúa inmersiones mayores a las registradas (600 m) (Carey y Scharold, 1990).

V. infernalis también fue encontrado en la dieta del tiburón azul en la Isla Santa Catalina, California (Tricas, 1979). Es interesante mencionar que en el trabajo desarrollado por Kubodera y Watanabe (2007) se encontraron también cefalópodos de hábitos meso y batipelágicos como *Chiroteuthis calyx* (1000 m.), *Belonella borealis* (1000 a 1500 m.), *Stauroteuthis spp.* y *Cirrothauma spp.* (2300 a 2500 m.), lo cual plantea la posibilidad de que el tiburón azul efectúe migraciones verticales para poder alimentarse. Por lo anterior es evidente que el registro de especies presa en la dieta de un depredador permite conocer su hábitat trófico, lo cual habla de la importancia de los depredadores como biomuestreadores.

Dentro del espectro trófico del tiburón azul incluyo la presencia del tiburón *Prionace glauca*, lo cual se podría documentar como canibalismo; sin embargo no se tienen los argumentos necesarios para hacerlo, ya que por medio de la visualización de los restos encontrados, pudieran ser restos de carnada, además de que en platicas con los pescadores se nos comunicó que debido al frenesí en el que entran los tiburones al ser capturados empiezan a morderse entre ellos, por lo que se podría descartar que sea un alimento consumido de manera natural.

Espectro trófico por meses.

Se analizó la dieta del tiburón azul mensualmente en la localidad de Punta Belcher (febrero, marzo, abril y mayo de 2001) mostrando cambios en el índice de importancia relativa, en febrero se encontró un valor del 76.13% de importancia de la langostilla, en marzo el porcentaje de esta presa bajo (52.13%) al igual que en el mes de abril, tomando mayor importancia el calamar *Gonatus californiensis* (51.67%), para el mes de mayo el porcentaje de importancia relativa de la langostilla fue de 4.98%. Esto indica las fluctuaciones en la disponibilidad de alimento para el tiburón azul, mostrando así cambios considerables en la dieta, lo que permite tipificar al tiburón azul como un depredador oportunista, ya que se alimenta del alimento más abundante según la temporalidad en la disponibilidad de sus presas.

Los patrones de abundancia en el contenido estomacal de la langostilla corresponden a su comportamiento en la costa oeste de la península de Baja California, siendo en los meses con temperaturas más bajas cuando se encuentra la mayor abundancia de la langostilla. Al ir aumentando la temperatura del agua esta importancia dentro del espectro trófico decrece. Los calamares son las presas más importantes en los meses donde la temperatura del agua es mayor. Cabe mencionar que si bien las especies más importantes durante los meses de muestreo fueron las

mismas; no así su importancia. Una conducta similar presentó el tiburón angelito (*Squatina californica*) en el sur del Golfo de California (Escobar-Sánchez, 2004). Esta variabilidad temporal ha sido documentada para el tiburón azul en la costa del Perú (Hoyos *et al.*, 1991) donde la diferencia estacional en la alimentación del tiburón azul depende de las oscilaciones naturales del medio.

Espectro trófico por sexo.

Se describió el espectro trófico tanto de hembras como de machos de tiburón azul, sin embargo cabe resaltar la gran diferencia entre el número de muestras de cada sexo. Se conoce por medio de estudios de biología reproductiva de este tiburón que la proporción sexual de nacimiento es 1:1 (Carrera-Fernández, 2004), Si embargo se encontró en los muestreos un 71% de tiburones machos (1:0.41), esta amplia diferencia entre el número de muestras entre sexos se presentó tanto por localidad y mes de muestreo, situación similar es reportada por otros autores (Vaske Junior y Rincón Filho, 1998; Campana y McCord, 2003). Las muestras que se analizaron en ambos trabajos también provienen de la pesca artesanal. Estas embarcaciones operan en zonas más cercanas a la costa por lo que se infiere que en esta zona predominan los machos y en este tipo de estudios son más abundantes. Las hembras se encuentran en una zona más oceánica como lo reportó Henderson *et al.* (2001) donde las muestras provienen de la pesca incidental de la flota atunera la cual opera en zonas oceánicas.

En el estudio realizado por Tricas (1979) encontró que en los meses cálidos se registró la mayor presencia de machos, mientras que en los meses fríos de hembras en la Isla Catalina, California. Las mayores abundancias del tiburón azul frente a BCS se presentan en los meses donde las aguas son más frías. En este estudio no

se contó con muestras de meses cálidos, debido a que la presencia de estos organismos es considerablemente muy baja por su movimiento migratorio.

El espectro trófico de las hembras se integró de un total de 17 tipos presa, de las cuales las más importantes de acuerdo al índice de importancia relativa fueron *Pleuroncodes planipes* (60.7%), *Ancistrocheirus lesueurii* (16.6%) y *Gonatus californiensis* (15.6%). En el caso de los machos se encontró que su espectro trófico es más amplio, registrándose un total de 24 componentes alimenticios, siendo el calamar *Gonatus californiensis* la presa más importante (41.9%), seguido por la langostilla (29%) y el cefalópodo *Ancistrocheirus lesueurii* (9.5%). A pesar que el espectro trófico en cuanto el número de componentes fue diferentes para ambos sexos cabe mencionar que las presas que tuvieron mayor importancia fueron las mismas solo que con diferente orden de importancia de acuerdo al IIR.

Las diferencias entre el espectro de hembras y machos, podrían estar asociadas al tipo de hábitat en el cual se encuentran los machos y hembras, ya que se ha reportado que los tiburones presentan segregación sexual (Springer, 1967). Este tipo de conducta se considera que permitiría eficientizar el uso del hábitat disminuyendo de esta manera la competencia por recursos, además que machos y hembras por lógica no presentan los mismos comportamientos reproductivos, por lo que ocupan sitios diferentes, lo que ocasionará que estos cambios se vean reflejados en la alimentación. Una manera de corroborar esta segregación sexual es por medio de la composición taxonómica de los espectros tróficos (considerando que las muestras tendrían que provenir de mismas fechas y localidad), ya que si estos son diferentes la alimentación puede provenir de hábitat diferentes, en este sentido al evaluar el traslapo trófico entre sexos se obtuvo un traslapo medio ($C\lambda=0.35$). Lo anterior puede estar condicionado por la diversidad, abundancia y distribución de las presas existentes en el hábitat del tiburón.

Se evaluó la amplitud de dieta obteniendo que en ambos sexos los tiburones son especialistas debido al número tan reducido de componentes alimenticios que realmente juegan un papel determinante en la dieta. Sin embargo se encontró que los machos son ligeramente menos especialistas que las hembras ($B_i=0.0029$). Esto porque los machos ($B_i=0.0082$) presentaron un espectro trófico más amplio, aunque los componentes alimenticios que consumieron los machos y las hembras no, se pudieran considerar como alimento incidental para los machos.

Espectro trófico por etapa de madurez.

El mismo comportamiento de segregación por grupos se da para tiburones en etapa juvenil y adulta, ya que se encontraron una mayoría de tiburones inmaduros en la captura, lo anterior ya ha sido reportado en otros estudios (Henderson *et al.*, 2001; Campana y Mc'cord, 2003; Kubodera y Watanabe, 2007).

Las diferencias en los espectros tróficos por etapa de madurez no fueron tan evidentes como en hembras y machos, registrándose un traslapeo trófico significativamente alto ($C\lambda=0.95$). Los organismos juveniles fueron los que mostraron un espectro trófico más amplio (26 componentes alimenticios) con respecto a los adultos (16). La amplitud de dieta fue muy similar para ambos grupos (juveniles $B_i=0.0059$, adultos $B_i=0.0060$), por lo tanto la alimentación entre estos grupos sucede en las mismas zonas o la abundancia y distribución de sus presas es bastante amplia.

Por demás preocupante la alta incidencia de organismos inmaduros en los artes de pesca, ya que no han logrado entrar a la etapa adulta para reproducirse.

Nivel trófico.

En los modelos de alimentación que basan el equilibrio de la estructura comunitaria de los ecosistemas marinos en los depredadores ápices de la cadena de alimentación, los tiburones juegan un papel determinante como densoreguladores de las poblaciones de sus presas. El nivel trófico de los organismos es de suma importancia, ya que se puede deducir como fluye la energía dentro de la comunidad marina. En este caso el nivel trófico asignado al tiburón azul *P. glauca* en la costa occidental de Baja California Sur, por medio de metodología tradicional fue de 3.8, un valor aproximado al asignado por Cortes (1999) donde utiliza la misma metodología, determinando un nivel trófico de 4.1.

Se considera que esta diferencia, aunque no muy amplia se originó debido a la mayor ingesta que tuvo el tiburón azul en aguas mexicanas de langostilla, la cual tiene un nivel trófico bajo, por lo tanto le infiere a este depredador un nivel trófico menor, además de que en el estudio desarrollado por Cortes (1999) se registraron presas de niveles tróficos superiores como son los mamíferos marinos, tortugas y condriictios. Cabe mencionar que en otro estudio desarrollado por Estrada *et al.* (2003) en el Atlántico, asignaron al tiburón azul el mismo nivel trófico de 3.8 (con intervalos de 3.7 a 4.0) al igual que en el presente estudio para el Pacífico mexicano. Es interesante este resultado ya que la metodología no fue la misma; este resultado lo obtuvieron por medio del análisis de isotopos estables.

CONCLUSIONES

El espectro trófico del tiburón azul se constituyó de 27 diferentes tipos de presa de los cuales 13 fueron cefalópodos, 7 peces, 3 crustáceos, una macroalga, una ave y un elasmobranquio.

El tiburón azul tiene un hábitat diverso, al consumir presas de hábitat epipelágico, mesopelágico, batipelágico y bentónico.

Es probable que el tiburón azul realiza migraciones verticales hacia aguas profundas (mayores a 600 m) para el consumo de cefalópodos mesopelágicos y batipelágicos.

Los principales componentes de la dieta de *Prionace glauca* se mantienen a lo largo del tiempo de muestreo, siendo la langostilla *Pleuoncodes planipes*, y los cefalópodos *Gonatus californiensis* y *Ancistrocheirus lesueurii* las presas más importantes de acuerdo al Índice de Importancia Relativa (IIR).

Prionace glauca es un depredador activo que debido a su oportunismo diversifica su dieta de acuerdo a las fluctuaciones naturales del ecosistema marino.

El traslapo trófico entre machos y hembras fue bajo, indicando una segregación alimentaria por sexo, mientras que entre juveniles y adultos fue alto ($C\lambda=.95$), indicando que comparten la mayoría de los recursos alimenticios.

La amplitud de la dieta general y por grupos (machos-hembras y juveniles-adultos), fue baja, por lo que la conducta trófica del tiburón azul se puede catalogar como un depredador especialista oportunista.

Se estimó un nivel trófico de 3.8, valor muy similar al registrado para el tiburón azul en otras latitudes, lo cual lo ubica como un depredador tope en el ecosistema marino de la costa occidental de Baja California Sur, México.

RECOMENDACIONES

Debido a la problemática que tienen las poblaciones de tiburones con importancia comercial, la cual consiste en la sobreexplotación, la falta de medidas de regulación en la pesquería, además que las características biológicas de los tiburones; se recomienda incrementar los estudios sobre su biología básica con la finalidad de proporcionar las herramientas necesarias para que las autoridades competentes generen los planes de manejo y conservación de tiburones.

En cuanto a los estudios de biología trófica, se recomienda obtener muestras tanto de pesca artesanal como de barcos de altura, debido a que estas operan en distintas zonas y por tanto la alimentación de los tiburones que se capturen en zona costera y en zona oceánica será diferente, por lo que ayudaría a conocer a fondo el papel funcional de este depredador en la costa occidental de Baja California Sur.

Se recomienda complementar la metodología del análisis de contenido estomacal con técnicas de calorimetría y evacuación gástrica, con la finalidad de conocer que aporte energético le proporciona cada presa a su depredador.

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.
- Aguilar-Castro, 2003. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Golfo de California. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 113 pp.
- Allen, G. y Robertson, D., 1994. Peces del Pacífico Oriental Tropical. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Agrupación Sierra Madre y CEMEX. México. 327pp.
- Álvarez-Sánchez, L.G., 1977. Vientos en la Bahía de Todos Santos, Baja California. *Ciencias Marinas*, 4 (1): 881-88.
- Andrade-González, 2005. Hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* en el Océano Pacífico oriental. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 120 pp.
- Beckett, J., 1970. Swordfish, shark and tuna tagging, 1961-69. *Fish. Res. Board Can. Tech. Rept.* 193:1-13 pp.

Bonfil, R., De Anda F. y Mena R., 1990. Shark fisheries in México: The case of Yucatan as an example. En: Pratt H.L., S.H. Gruber y T. Taniuchi (eds).1990. Elasmobranch as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Technical Report NMFS 90: 518 pp.

Bonfil, S. R., 1994. Overview of world elasmobranchs fisheries. FAO Fish Technical. Pap. 341: 1-119.

Brusca, R., 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press. (2nd. Ed). 513 pp.

Cabrera-Chávez Costa. 2003. Hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 110 pp.

Cailliet, G. y Bedford, D., 1983. The biology of three pelagic sharks from California waters, and their emerging fisheries: A review. CalCOFI Rep. 24:57-68 pp.

Cailliet, G., Love M. y Ebeling A., 1996. Fishes, A field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history. Waveland Press. EUA. 194 pp.

Campana, S. y M'c Cord M., 2003. A quantitative assessment of the diet of blue shark (*Prionace glauca*) of Nova Scotia, Canada. J. North. Atl. Fish.Sci., Vol. 32: 57-63 pp.

Carey F.G., y Sharold J.V., 1990. Movements of blue shark (*Prionace glauca*) in depth and course. Mar. Biol. 106:329-342.

Carrera-Fernández, 2004. Biología reproductiva del tiburón azul, *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 67 pp.

Carta Nacional Pesquera 2004.

http://www.sagarpa.gob.mx/conapesca/ordenamiento/carta_nacional_pesquera/260404/CNP%20Parte%201.pdf

Cervigón, F., Ciprian R., Fischer W., Garibaldi L., Hendrickx M., Lemus A., Márquez R., Poutiers J., Robaina G. y Rodríguez B., 1992. Fichas FAO de identificación de peces para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO, Roma, 513 pp.

- Clarke, M. R., 1962. The identification of cephalopod beaks and their relationship between beak size and total body weight. *Bulletin British Museum (Natural History)*. 8(10): 422-480.
- Clarke, M. R., 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press. Oxford. 273 pp.
- Clothier , C., 1950. A key to some southern California Fishes based on vertebral characters. *Calif. Dep. Fish. Game. Fishery Bulletin*. 79: 1-83 pp.
- Compagno, C.J.V., 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. *FAO Fisheries Synopsis* N° 125, 4 (1 and 2): 655 pp.
- Cortes, E., 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science*, 56: 707–717 pp.
- Henderson, A.C., Dunne, J. y Flannery K., 2001. Observations on the biology and ecology of the blue shark in the North-east Atlantic. *Journal of Fish Biology* 58, 1347-1358 pp.
- Escobar-Sánchez, 2004. Hábitos alimentarios del tiburón ángel *Squatina californica* (Ayres, 1859) en el suroeste del Golfo de California, México. Tesis de

maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 93 pp.

Estrada, J.A., Rice, A.N., Lutcavage, M.E. y Skomal, G. B., 2003. Predicting trophic position in sharks of the north-west Atlantic Ocean using stable isotope analysis. *Journal Mar. Biol.* 83, 1347-1350.

Fisher, W., F. Krupp, W, Scheneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem, (Red.) 1995. *Pacífico Centro-Oriental: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca.* FAO., Roma. (Vol-I-II-II) 1-1813 pp.

Garth, J.S. y W. Stephenson. 1966. *Brachyura of the Pacific coast of America. Brachyrhyncha: Portunidae.* Allan Hancock Monogr. Marine Biology. 1:54 pp.

Groves, G.W. y J.L. Reid 1958. *Estudios oceanográficos sobre las aguas de Baja California.* Mem. 1 Congr. Hist.Regional, Mexicali :89-121.

Gulland, J.A. (ed.) 1971. *The fish resources of the ocean.* Fao, Fishing news Ltd., Surrey. 255 pp.

Gubanov, Y., y Grigor'yev, V., 1975. Observations on the distribution and biology of the blue shark, *Prionace glauca*, (Carcharhinidae) of the Indian Ocean. *J. Ichthyol.* 15(7): 37-43 pp.

Hacohen-Domene, 2007. Ecología trófica del tiburón ballena *Rhincodon typus*, en el sur del Golfo de California. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

Harvey, C. J y Kitchell J.F., 2000. Stable isotope evaluations of the structure and spatial heterogeneity of a Lake Superior food web. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 57:1395-1403.

Hoffman, M., 1978. The use of Pielou's method to determine sample size in food studies. En: *Fish Food Habits Studies. Proc. 2nd. Pac. NW. Technical Workshop*. Washington Sea Grant Publications. University of Washington, Seattle, pp. 56-61.

Holden, M., 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranchs populations and some suggested solutions. En: *Sea fisheries research*. F. R. Harden Jones (ed.). Halsted Press, J. Wiley y Sons, New York. 117-137 pp.

Hoyos, L. Marquin G. y Valle S., 1991. Ecología trófica de *Prionace glauca* "tintorera", de la costa central del Perú. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en: <http://www.unmsm.edu.pe/biologia/reunion/c1dir606.htm>

Hurlbert, S. H., 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. Ecology. 59 (1): 67-77 pp.

Hyslop, E., 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and their application. Journal of Fish Biology. 17 : 411 – 429 pp.

Ketchum-Mejia, 2003. Distribución espacio-temporal y ecología alimentaria del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes en el suroeste del Golfo de California. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 91 pp.

Krebs, C. J. 1999. Ecological methodology. Addison Wesley Longman. E. U. A. 620 pp.

Kubodera T. y Watanabe H., 2007. Feeding habits of the blue sharks, *Prionace glauca*, and salmon shark, *Lamna ditropis*, in the transition region of the Western North Pacific. Rev. Fish Biol. Fisheries. 17:111-124.

Lamilla, J., 2005. Tiburones en peligro. Disponible en: <http://www.oceana.org/fileadmin/oceana/uploads/americadelsur/documentos/2005/Tiburones.pdf>

Langton, R. W. 1982. Diet overlap between the Atlantic cod *Gadus Morhua*, silver hake *Merluccius bilinearis* and fifteen other northwest Atlantic finfish. U. S. National Marine Fisheries Service. Fishery Bulletin. 80: 745-759 pp.

Margalef, R., 1969. Perspective in Ecological Theory. Chicago Univ. Press, Chicago, 111 pp.

Margalef, R., 1995. Ecología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 485-512 pp.

Miller D. y Lea R., 1972. Guide to the coastal marine fishes of California. Fish Bulletin 157. 249 pp.

Miller, D. y Jorgensen S., 1973 Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. California Departament. Fishery Bulletin. 71(1): 301-312 pp.

Pinkas L., S. M. Oliphant y I.L.K. Iverson., 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Fish Bulletin.152:105 pp.

Pratt, H. L. Jr. 1979. Reproduction of the blue shark, *Prionace glauca*. Fish. Bull. 77: 445-470 pp.

Pratt, H. L. y Casey, J. G., 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth-parameters. En: Elasmobranchs as living resources: Advances in biology, ecology, systematic and status of the fisheries. H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber, y T. Taniuchi, (Eds.), U.S. Dep. Comer., NOAA Tech. Rep. NMFS, 90, 97-109 pp.

Romeu, E. 2001. <http://www.conabio.gob.mx/biodiversitas/tiburón.htm>

Roper, C.F. y Young R.E., 1975. Vertical distributions of pelagic cephalopods. Smithson. Contrib. Zool. 209: 1-51.

Santos, M. B., Pierce G.J., García M., Smeenk C., Addink M.J., Kuiken T., R.J. Reid R.J., Patterson L.A., Lordan C., Rogan E., Mente E., 2002. Additional notes on stomach contents of sperm whales *Physeter macrocephalus* stranded in the north-east Atlantic. Journal Marine Biology, vol. 82, 501-507.

Smith, P. E. y Zaret, M. T., 1982. Bias in estimating niche overlap. Ecology 63(5):1248-1253 pp.

Springer, S., 1967. Social organization of shark population. En: P.W. Gilbert, R.F.

- Stevens, J., 1976. First results of sharks tagging in the northeast Atlantic, 1972-1975. J. Mar. Biol. Assoc. UK 56 :929-037.
- Sverdrup H.V., M.W. Johnson y Fleming R.H., 1942. The Oceans. Prentice Hall, Inc. 1087 p.
- Torres-Rojas, 2006. Hábitos alimenticios y la razón de isotopos estables de carbono y nitrógeno del tiburón *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith 1834) capturado en el área de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 107 pp.
- Tricas, T., 1979. Relationship of the blue shark, *Prionace glauca* and its prey species near Santa Catalina Island, California. Fish Bull. NOAA/NMFS, 77(1):175-182 pp.
- Vaske-Junior, T. y Rincon-Filho, A., 1998. Stomach content of blue sharks (*Prionace glauca*) and anequim (*Isurus oxyrinchus*) from oceanic waters of Southern Brazil. Rev. Bras. Biol. 58(3): 445-452 pp.
- Velasco-Tarelo, 2005. Hábitos alimenticios e isotopos de ^{13}C y ^{15}N del tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 93 pp..

- Villavicencio-Garayzar, C. J., Mariano-Meléndez, E. y Downton-Hoffman, C. A. 1997. Tiburones capturados comercialmente en la Bahía de La Paz, Baja California Sur. En: Urbán, R. J. y Ramírez, R. M. (Eds). 1997. La Bahía de La Paz, investigación y conservación. Universidad Autónoma de Baja California Sur-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-SCRIPS. 189-200 pp.
- Wolff, G., 1982. A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopods species, with relationship between their beak dimensions and size. Fishery Bulletin. 80(2): 357-370 pp.
- Wolff, G., 1984. Identification and estimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Technical Report NMFS. 17: 50 pp.