



Universidad Autónoma de Baja California Sur

Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar
Departamento de Biología Marina

ISÓTOPOS ESTABLES DE CARBONO Y NITRÓGENO EN MANTAS (BATOIDEA:MOBULIDAE) COMO INDICADORES TRÓFICOS



Tesis como parte de los requisitos para obtener el título de:

BIÓLOGO MARINO

P R E S E N T A :

FLORENCIA CERUTTI PEREYRA

La Paz, B.C.S.

Mayo de 2005.

Índice

Lista de Figuras	4
Lista de Tablas	7
Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Antecedentes	17
Justificación	19
Objetivos e Hipótesis	21
Área de estudio	22
Mapa	24
Material y Método	25
Resultados	
1. Información general del muestreo	27
2. Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno	
2.1 <i>Mobula japonica</i>	33
2.1.1 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2002	33
2.1.2 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2004	35
2.1.3 Comparación interanual	38
2.2 <i>Mobula munkiana</i>	33
2.2.1 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2002	38
2.2.2 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2004	39
2.2.3 Comparación interanual	42
2.3 <i>Mobula thurstoni</i>	43
2.3.1 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2002	44
2.3.2 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2004	45
2.3.3 Comparación interanual	48
2.4 Comparaciones interespecíficas	48

Discusión

1. Información general del muestreo	51
2. Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno	55
2.1 <i>Mobula japonica</i>	56
2.1.1 Comparación interanual	59
2.2 <i>Mobula munkiana</i>	60
2.2.1 Comparación interanual	62
2.3 <i>Mobula thurstoni</i>	63
2.3.1 Comparación interanual	65
2.4 Comparaciones Interespecíficas	65
Conclusiones	69
Literatura Consultada	67
Anexo	72

Lista de Figuras

	Página
Fig. 1 Filtración de una manta	11
Fig. 2 Vista dorsal de la cubana (<i>Mobula spp</i>)	12
Fig. 3 Vista ventral de la manta (<i>Manta birostris</i>)	12
Fig. 4 <i>Mobula sp</i> fileteada en el campo pesquero de Punta Arenas, B.C.S.	13
Fig. 5 Área de estudio, desde el sur de la Bahía de La Paz (El Mogote) (1) hasta la Bahía La Ventana y canal Cerralvo (Campo Pesquero de Punta Arenas)(2)	24
Fig. 6 Estructura de tallas para hembras y machos de <i>Mobula japonica</i>	28
Fig. 7 Estructura de tallas en los dos años de muestreo en <i>Mobula japonica</i>	28
Fig. 8 Abundancias en cada mes en los dos años de muestreo para <i>Mobula japonica</i>	29
Fig. 9 Estructura de tallas para hembras y machos de <i>Mobula munkiana</i>	30
Fig. 10 Estructura de tallas en los dos años de muestreo en <i>Mobula munkiana</i>	30
Fig. 11 Abundancias en cada mes en los dos años de muestreo para <i>Mobula munkiana</i>	31
Fig. 12 Estructura de tallas para hembras y machos de <i>Mobula thurstoni</i>	32
Fig. 13 Estructura de tallas de <i>Mobula thurstoni</i> en los dos años de muestreo	32
Fig. 14 Abundancias en cada mes en los dos años de muestreo para <i>Mobula thurstoni</i>	33
Fig. 15 Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de <i>Mobula japonica</i> . Hembras adultas (HA), hembras jóvenes (HJ), machos adultos	34

	(MA) y machos jóvenes (MJ).	
Fig. 16	Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de <i>M. japonica</i> en mayo en contraste con julio de 2002.	35
Fig. 17	Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de <i>Mobula japonica</i> . Hembras adultas (HA), hembras (HJ), machos adultos (MA) y machos jóvenes (MJ).	36
Fig. 18	Comparación de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de <i>M. japonica</i> entre mayo (inicio de temporada) y octubre (fin de temporada).	37
Fig. 19	Comparación de los valores de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del consumidor (<i>M. japonica</i>) y de la presa (eufáusidos) usando el contenido estomacal (CE).	37
Fig. 20	Comparación de los valores de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de <i>M. japonica</i> en mayo y julio de los dos años de muestreo.	38
Fig. 21	Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ) para <i>M. munkiana</i> en 2002	39
Fig. 22	Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de hembras adultas (HA), hembras jóvenes (HJ), machos adultos (MA) y machos jóvenes (MJ) de <i>M. munkiana</i> en 2004	40
Fig. 23	Comparación de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ al principio y al final de la temporada de <i>M. munkiana</i> en el área de estudio.	41
Fig. 24	Comparación de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del consumidor (<i>M. munkiana</i>) y de la presa (eufausidos). Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y contenido estomacal (CE).	42
Fig. 25	Comparación de las medias de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre los dos años de muestreo en junio de <i>M. munkiana</i> .	43
Fig. 26	Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de <i>M. thurstoni</i> . Machos adultos (MA), machos jóvenes (MJ) y hembras jóvenes (HJ).	44
Fig. 27	Comparación de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ al principio y al final de la temporada de <i>M. thurstoni</i> en el área de estudio.	45

Fig. 28	Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de <i>M. thurstoni</i> . Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ) de <i>M. thurstoni</i> .	46
Fig. 29	Medias de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de <i>M. thurstoni</i> en febrero y octubre de 2004.	47
Fig. 30	Comparación de los valores de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del consumidor (<i>M. thurstoni</i>) y de la presa (eufausidos). Hembra joven (HJ) y contenido estomacal (CE)	47
Fig. 31	Comparación de los valores de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de <i>M. thurstoni</i> en mayo de los dos años de muestreo	48
Fig. 32	Comparación de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre las tres especies más abundantes en el Golfo de California.	49
Fig. 33	Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre los organismos machos de las tres especies más abundantes en el Golfo de California	50
Fig. 34	Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre los organismos hembras de las tres especies más abundantes en el Golfo de California.	50

Lista de Tablas

	Página
Tabla 1 Proporción de sexos para las 3 especies	27
Tabla 2 Número de organismos de <i>M. japonica</i> observados en el suroeste del Golfo de California en los 2 años de muestreo	27
Tabla 3 Número de organismos de <i>M. munkiana</i> observados en el suroeste del Golfo de California en los 2 años de muestreo	29
Tabla 4 Número de organismos de <i>M. thurstoni</i> observados en el suroeste del Golfo de California en los 2 años de muestreo	31
Tabla 5 Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para <i>Mobula japonica</i> en 2002. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ)	34
Tabla 6 Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para <i>Mobula japonica</i> en 2004. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ).	35
Tabla 7 Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para <i>Mobula munkiana</i> en 2002. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ).	39
Tabla 8 Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para <i>Mobula munkiana</i> en 2004. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ).	40
Tabla 9 Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para <i>Mobula thurstoni</i> en 2002. Hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ)	44
Tabla 10 Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para <i>Mobula thurstoni</i> en 2004. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ)	46
Tabla 11 Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para cada especie	49

Resumen

En la costa suroccidental del Golfo de California B.S.C., se está llevando a cabo una pesquería muy fuerte sobre las mantas pertenecientes al género *Mobula* (Batoidea: Mobulidae), estos organismos tienen tasas de crecimiento muy lentas, una talla de primera madurez tardía, periodos de gestación largos y una fecundidad muy baja. Debido a esto, se considera que estas poblaciones están llegando a un nivel de no sustentabilidad por lo que el estudio de su biología y ecología es de suma importancia para la implementación de un plan de manejo y conservación de este recurso. La alimentación y comportamiento alimentario se ha estudiado como parte de su biología y ecología mediante el análisis de contenidos estomacales lo cual aporta información taxonómica del alimento consumido en un periodo corto de tiempo. La técnica de isótopos estables de Carbono y Nitrógeno aporta información sobre el origen de las fuentes nutricionales y su asimilación en los niveles tróficos debido a su acumulación en los tejidos, aportando información sobre la alimentación, patrones y comportamiento alimentario a largo plazo. Por lo que este trabajo tiene como objetivo comparar los valores de isótopos estables de ^{13}C y ^{15}N entre las tres especies explotadas comercialmente en la zona, así como hacer comparaciones entre edades, sexos, temporadas de pesca y años dentro de cada especie. Se encontraron diferencias según la edad en *Mobula japonica* y *Mobula munkiana*, pero no en *Mobula thurstoni*, probablemente debido a que ésta se encuentra todo el año y sus presas varían según la temporada. Se obtuvo que no hay una diferencia en el nivel trófico de las presas entre los dos años de estudio lo que sugiere que están alimentándose cada año en esta zona de las mismas presas, así mismo, se encuentra que entre las tres especies no hay diferencias. Hay un cambio en las firmas isotópicas en el mes de inicio de la temporada de pesca lo que apoya la idea de que las mantas vienen de otras zonas de estancia y alimentación. También se encuentran cambios tanto verticales (bentónico-pelágico) como horizontales (costero-oceánico) dentro de cada especie, lo que sugiere movimientos en función del alimento dentro del área de estudio que podrían estar influenciados por el sexo y la edad de los organismos.

Abstract

In the southwest coast of the Gulf of California B.C.S., there is a strong fishery on manta rays from the *Mobulidae* genera (Batoidea: Mobulidae). Due their slow growth rate, a late sexual maturity, long gestation periods and a very low fecundity, mantas are highly vulnerable to exploitation and the populations of manta rays are being harvested at an unsuitable level. Further biological and ecological studies are necessary for the development of management and conservation plans. Feeding ecology and feeding behavior have been studied using stomach content analysis, and this technique could give taxonomic information about food in a short period of time. In contrast, the Stable Isotope technique is a powerful tool to trace diet in long periods of time, migrations and movements patterns due to their accumulation in tissues. Therefore, the aim of this study is to compare the ^{13}C y ^{15}N stable isotopes values between the three most commercial species of manta rays in the area. Also to make comparisons between sex, age, fishing season and study period (2002 and 2004). Differences between age were found in *Mobula japonica* and *Mobula munkiana*, but not in *Mobula thurstoni*, probably because this one is an all year round species and its prey changes according to the season. There are no differences in trophic level of preys between the two years, and this suggests that they are feeding in this area from the same prey. There is also found that between the three species there are no differences. In the month of the beginning of the fishing season there is a change in the isotopic firms and this supports the idea of migrations. Vertical (benthic-pelagic) and horizontal (coastal-oceanic) changes were found within each species due to movements associated to their feeding behavior in the area, this behavior could be influenced by sex and age.

Introducción

La familia Mobulidae se encuentra dentro del orden Myliobatiformes (clase Chondrichthyes: Elasmobranchii) y sus integrantes son conocidos comúnmente como matarrayas, mantas gigantes, peces diablo o cubanas (nombre local). Presenta cuernos preorbitales bilobulados (aletas cefálicas) con un espacio entre ellos y marcas laterales que los separan del resto del disco; éste es romboidal, más largo que ancho y el cuerpo es desnudo; presenta ojos y espiráculos laterales, boca terminal o subterminal, cinco pares de aberturas branquiales, con una aleta dorsal sobre las aletas pélvicas, aleta caudal ausente y cola en forma de látigo. Los adultos varían de 1 a 6m de ancho de disco. Tienen una distribución mundial dominando en regiones tropicales y templado-cálidas, en zonas tanto continentales como oceánicas e islas. Estas rayas son morfológicamente las más derivadas de todos los elasmobranquios vivientes (Compagno, 1999) y presentan una vascularización en el cerebro (rete mirabilis) que es considerada como evidencia de endotermia (Schweitzer y Notarbartolo di Sciara, 1986; Alexander 1995 y 1996). Esta familia tiene su origen en el Paleoceno reciente (Cappetta, 1987).

Estos organismos son pelágicos, filtradores que se alimentan de organismos planctónicos y nectónicos pequeños (Fig. 1). Presentan baja fecundidad (probablemente sólo una cría cada 2 o 3 años) y las hembras tienen un periodo de gestación largo, las tasas de crecimiento son lentas y tienen una madurez sexual tardía (Notarbartolo di Sciara, 1988).

Las mantas no son los únicos organismos dentro de los Elasmobranquios que presentan este tipo de alimentación de filtrado. De acuerdo a Compagno (1999), existen tres especies de tiburones: el tiburón ballena *Rhincodon typus* (Smith, 1828), el tiburón peregrino *Cetorhinus maximus* (Gunnerus, 1765) y el tiburón boquiancha *Megachasma pelagios* (Taylor, Compagno and Struhsaker, 1983).

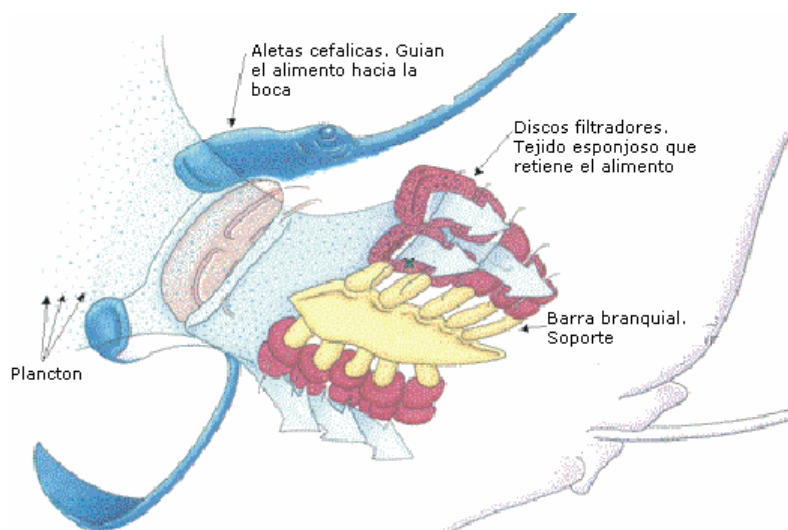


Fig. 1.- Filtración de una manta

La familia Mobulidae, tiene dos géneros bien definidos: *Mobula* (cubana) (Fig. 2) y *Manta* (manta) (Fig. 3) con nueve y una especie respectivamente. Las diferencias entre los géneros son las siguientes: la posición de la boca es la más evidente, donde el género *Mobula* presenta una boca subterminal mientras que en el género *Manta* es terminal. La primera presenta hileras de dientes en ambas mandíbulas mientras que la segunda solamente en la mandíbula inferior. La curvatura de las aletas cefálicas es completa en el género *Manta* mientras que en el género *Mobula* es incompleta. El ancho de la cabeza en el género *Manta* es mayor al 17% de la anchura del disco; mientras que en *Mobula* es menor al 17% (Notarbartolo di Sciara, 1988; Compagno, 1999).

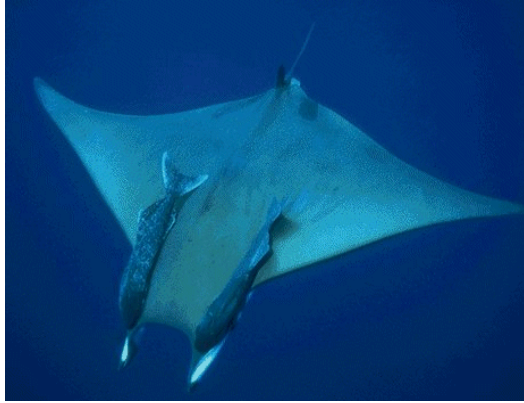


Fig. 2- Vista dorsal de la cubana (*Mobula spp*)



Fig. 3.- Vista ventral de la manta (*Manta birostris*)

En el Golfo de California están presentes cuatro de las nueve especies de *Mobula*: *M. japonica*, *M. thurstoni*, *M. munkiana*, *M. tarapacana* (esta última es muy rara), las cuales están siendo explotadas comercialmente; los filetes se obtienen de las partes más gruesas del cuerpo (Fig. 4) y se venden en fresco o seco-salado; mientras que *Manta birostris* se captura accidentalmente, sin embargo es muy importante en el turismo de la zona ya que se busca como atractivo para bucear y nadar con ellas (Hobro, 2002).



Fig. 4 *Mobula sp* fileteada en el campo pesquero de Punta Arenas, B.C.S.

Entre las especies del género *Mobula* existen diferencias principalmente en el patrón de coloración, largo de la cola, forma del disco, tamaños y presencia de espina.

Mobula japonica (Müller y Henle, 1841) (localmente llamada “cubana de lomo blanco”) es una especie considerada de talla mediana-grande de 310 cm AD y con una talla de primera madurez de 210 cm AD. Presenta una espina caudal, una cola muy larga con una notable línea de dentículos laterales a todo lo largo. Una coloración azul oscura en el dorso y blanca en el vientre y presenta una mancha blanca en la aleta dorsal. El margen anterior del disco es recto. Esta especie se encuentra generalmente solitaria o en pequeños grupos. Es común tanto en aguas oceánicas como en costeras. Esta es la especie más común en el sur del golfo durante junio y julio. El área de estudio probablemente sea utilizada

como zona de alimentación y reproducción para esta especie en verano (Notarbartolo di Sciara 1988; Bizarro, 2001).

La especie siguiente en tamaño es *Mobula thurstoni* (Llyod, 1908) (localmente llamada “cubana de lomo azul”), la cual es considerada una especie de mediana talla de 180 cm de AD y con una talla de primera madurez de 150 cm AD. No presenta espina caudal y la base de la cola está dorsalmente comprimida, tiene una doble y notable curvatura en el margen anterior de las aletas pectorales. Presenta una coloración azul oscura en el dorso ocasionalmente con reflejos purpúreos y una mancha rectangular gris pálida en la región nugal, la punta de la aleta dorsal con una mancha blanca, cara ventral blanca excepto en las aletas pectorales donde presenta un color azul metálico. Se encuentra normalmente en aguas neríticas, poco profundas, pero se ha observado ocasionalmente en mar abierto. Esta especie es la más común en el golfo en mayo y junio y es posible que use estas aguas como zona de alimentación, reproducción y crianza (Notarbartolo di Sciara, 1987; Bizarro, 2001).

La especie más pequeña es *Mobula munkiana* (localmente llamada “tortilla”). Esta especie es de las más pequeñas, con una talla de 110 cm AD y una talla de primera madurez de 85 cm AD. No presenta espina caudal y la base de la cola está lateralmente comprimida. Tiene una coloración dorsal púrpura a gris-morada y blanca en la zona ventral. Bordes anteriores de las aletas pectorales rectos a levemente convexos. Es comúnmente encontrada en la zona nerítica y es la única en esta zona que se le encuentra en grandes agrupaciones en el invierno, sin embargo también se puede observar en menores cantidades iniciando el verano (Notarbartolo di Sciara, 1987).

Existen más características como el tamaño de los dientes, forma y posición del espiráculo, medidas de las branquias, y algunas sinonimias a nivel mundial que están descritas con mayor detalle por Notarbartolo di Sciara, (1987)

Manta birostris (Donndorff 1798) y una cuarta especie de *Mobula*, *M. tarapacana*, (Philippi, 1892) no fueron incluidas en este estudio debido a su escasez y difícil acceso durante los años de muestreo.

En relación a las pesquerías, Villavicencio-Garayzar (1996) menciona que México ocupa el cuarto lugar de producción en elasmobranchios a nivel mundial y es el principal productor de América. En su mayoría es artesanal, multiespecífica y usa varias artes de pesca. Es llevada a cabo en embarcaciones menores tipo panga, de las cuales proviene el 80% de la captura total.

En el suroeste del Golfo de California, la captura de tiburones y rayas se realiza mediante embarcaciones medianas tipo panga de 21 a 23 pies de eslora, de fibra de vidrio y con motor fuera de borda de 45 a 65 caballos de fuerza (Guerrero-Maldonado, 2002). Para la captura de cubanas (Familia Mobulidae) se utilizan redes de multifilamento de 3 a 4 brazas de ancho por 300 a 400 brazas de largo y luz de malla de 6 a 12", las cuales se dejan unidas a una serie de boyas y se dejan toda la noche en el canal de la Isla Cerralvo y dentro de la Bahía La Ventana. En esta zona hay aproximadamente de 4 a 6 pangas dedicadas este recurso y exclusivamente a la pesca de cubanas durante varios meses de verano (mayo-octubre). Entrevistas realizadas a los pescadores por Guerrero- Maldonado (2002), demuestran que la pesquería de cubanas en este periodo es de gran importancia comercial local debido a que representa un sustento económico en tiempos de escasez de otros productos pesqueros.

Debido a su baja fecundidad, gran tamaño y lento crecimiento, las mantas son altamente vulnerables a la sobreexplotación. Evidencia sugiere que tras una fuerte explotación, como la que está ocurriendo en el área de estudio, este recurso ha llegado a un nivel de no sustentabilidad y las poblaciones pueden necesitar de décadas para recuperarse. Por lo que el control debe enfocarse a prevenir la disminución de las poblaciones de mantas en México para asegurar su conservación y manejo sustentable a largo plazo (Hobro, 2002). Sin embargo, hay muy poca información tanto biológica como ecológica sobre esta familia lo cual impide un adecuado manejo como recurso pesquero (Notarbartolo di Sciara, 1988).

Dentro del conocimiento de la biología básica y ecología, son importantes los estudios sobre alimentación y comportamiento alimentario. Lo anterior puede ser estudiado mediante el análisis de contenidos estomacales como lo hicieron

Notarbartolo di Sciara (1988) y Hobro (2002). Este tipo de análisis describe el periodo entre la ingestión y la digestión y aporta información a nivel taxonómico de las presas ingeridas en un periodo corto de tiempo (uno o dos días) y puede darse el caso de la identificación de presas de paso, es decir presas que no son asimiladas, por lo tanto este análisis puede no ser un método adecuado para describir los patrones de alimentación a largo plazo, lo cual limita su aplicación para determinar las interacciones tróficas en el ecosistema y un comportamiento alimentario en plazos largos de tiempo. En contraste, la técnica utilizada en este estudio la cual analiza los isótopos estables de Carbono y Nitrógeno de los organismos estudiados, aporta información sobre el origen de las fuentes nutricionales y cómo se asimilan en los diferentes niveles tróficos debido a su acumulación en los tejidos, aportando información sobre la alimentación, patrones y comportamiento alimentario a largo plazo (De Niro y Epstein, 1978; Fry y Sherr, 1984).

Los estudios de isótopos estables se basan en la razón del isótopo más pesado sobre el más ligero del mismo elemento. Esta razón promedio varía ligeramente como resultado del fraccionamiento durante los procesos físicos, químicos y biológicos. La diferencia en los valores de nitrógeno y carbono entre los organismos y sus dietas, es debida a la retención selectiva del isótopo más pesado y la excreción del más ligero resultando en un enriquecimiento isotópico en los consumidores en comparación con sus dietas. El nitrógeno tiene un incremento de 3-5‰ en cada nivel trófico, es por esto que puede ser utilizado para determinar la posición trófica y otras relaciones entre el depredador y su presa. En cambio un organismo tiene un valor de $\delta^{13}\text{C}$ similar al de su dieta ($\leq 1\text{‰}$), por lo cual el carbono se utiliza generalmente para indicar contribuciones relativas de las fuentes primarias potenciales a la dieta de un organismo en una red trófica permitiendo diferenciar entre las contribuciones a la alimentación de ambientes acuático vs terrestre, costeras vs oceánicas o pelágicas vs bentónicas (Hobson y Clark, 1992, Hobson *et al.*, 1995).

Por lo que el propósito de este trabajo es determinar los isótopos estables de Carbono y Nitrógeno de las tres especies de mantas explotadas comercialmente

en el área de estudio para describir algunos aspectos de su comportamiento alimentario en función al sexo, edad y estacionalidad.

Antecedentes

La historia natural del género *Mobula* en el Golfo de California, es estudiada por Notarbartolo di Sciara (1988) quien obtuvo datos sobre su reproducción, estacionalidad en el golfo, alimentación y presencia. Informa que *M. japonica* se alimenta exclusivamente del eufáusido más abundante en la zona: *Nictiphanes simplex*. Mientras que *M. thurstoni*, se alimenta de adultos y juveniles de la misma especie de eufáusido y una especie de misidáceo (*Mysidium sp*) el cual está en segundo orden de importancia. Estas dos especies nunca se encontraron juntos en el mismo estómago. El misidáceo fue dominante en la temporada de invierno; mientras que el eufáusido en los de verano y también menciona una variación en la alimentación de acuerdo al tamaño del organismo. En *M. munkiana* menciona que el misidáceo *Mysidium sp* es el dominante en su dieta. Además de aspectos alimentarios, describe aspectos reproductivos como tallas de primera madurez y talla de expulsión, entre otros.

En 2002, Guerrero-Maldonado analiza la captura comercial de elasmobranquios en la costa suroccidental del Golfo de California, describe la pesquería artesanal de esta zona y obtiene variaciones mensuales en la captura de cubanas, así como estructura de tallas y sexos durante su periodo de muestreo (de febrero de 1988 a junio de 2002). De las especies más abundantes en su estudio (donde se incluye: *M. japonica* y *M. munkiana*) hace una serie de observaciones en algunos aspectos de su biología.

Hobro (2002) realizó un estudio del comportamiento y ecología trófica del género *Mobula* en el Golfo de California, aportando datos importantes sobre la composición específica de su dieta, así como las migraciones asociadas al comportamiento alimentario. Encontró que las tres especies (*M. japonica*, *M. thurstoni* y *M. munkiana*) se alimentan de *N. simplex* y del misidáceo *Proneomysis walesi*. Obtiene que *M. munkiana* tiene preferencia por diferentes especies que las otras dos especies de *Mobula*. Ésta se alimenta preferencialmente de *P.*

walesi mientras que *M. japonica* y *M. thurstoni* se alimentan principalmente de *N. simplex*. Además, en contraste con Notarbartolo di Sciara, (1988) encuentra que un estómago de *M. japonica* y en uno de *M. thurstoni* están presentes las dos especies pláncnicas.

En relación a los estudios con isótopos estables y su utilización en general, se encuentran trabajos diversos como Ehleringer *et al.* (1986), describen los isótopos estables en la ecología fisiológica y redes alimentarias. Tieszen *et al.* (1983), describen el fraccionamiento de los isótopos estables de carbono en los tejidos animales y sus implicaciones en el análisis de la dieta. Rau (1985) utiliza los valores de isótopos de carbono y nitrógeno en organismos de las ventilas hidrotermales para inferir fuentes y uso de ambos elementos en la dieta de estas comunidades. Monteiro *et al.* (1991), describe al $\delta^{13}\text{C}$ como una herramienta para definir la cantidad de patrones de carbono en las redes alimenticias marinas. Sholto-Douglas *et al.* (1991), estudian las relaciones entre diferentes clases de plancton y peces pelágicos utilizando isótopos estables como indicadores. Hobson *et al.* (1996), hacen un estudio con dietas de focas en cautiverio y lo relacionan con mamíferos marinos en el medio natural. Hobson y Schell (1998) determinan los valores de isótopos estables en la ballena franca *Baleana mysticetus* (Linnaeus, 1758) del Ártico Este y encuentran que estas ballenas se mueven entre áreas con variación en ^{15}N pero no en ^{13}C y que cambian el nivel trófico de sus presas a lo largo de su migración.

En cuanto a elasmobranquios, la información de su biología básica es escasa a nivel mundial. Sobre las especies de tiburones filtradores mencionados existen algunos trabajos recientes donde describen su alimentación, por ejemplo, Sims *et al.* (1997), analizaron la ocurrencia del tiburón peregrino en el suroeste de Inglaterra en relación a la abundancia de plancton. Sims y Quayle (1998) estudiaron el comportamiento alimenticio del mismo tiburón sobre el zooplancton. Colman (1997) realiza un estudio sobre biología y ecología del tiburón ballena. En 2002, Duffy, estudia la distribución, estacionalidad, medidas y comportamiento alimenticio del tiburón ballena en Nueva Zelanda. En 2003, Ketchum-Mejía realiza un estudio en la Bahía de La Paz y áreas adyacentes sobre distribución espacio-

temporal y ecología alimentaria del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) donde encuentra que una temporalidad definida en esta zona que está estrechamente relacionada niveles elevados de biomasa zooplanctónica en el sur de la Bahía, sin embargo los encontrados en la parte media no están relacionados con altos niveles de zooplancton. También encuentra una segregación por talla, encontrando jóvenes en las zonas costeras y adultos en las oceánicas, sugiriendo la posibilidad de que esta zona sea utilizada como área de crianza por esta especie. En 1987, Compagno estudia las relaciones del tiburón boquiáncha (*Megachasma pelagios*) con comentarios sobre sus hábitos alimenticios.

Hay pocos estudios en elasmobranquios (solamente tiburones) donde se ha utilizado esta técnica, por ejemplo, Cabrera-Chávez (2003) estudió la alimentación del *Carcharhinus falciformis* (Müller y Henle 1841) en la costa occidental de Baja California Sur y analizó tanto contenidos estomacales como isótopos estables de carbono y nitrógeno. Aguilar-Castro (2003) trabajó también con alimentación e isótopos pero con el *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en el suroeste del Golfo de California donde obtiene diferencias según la edad y Escobar-Sánchez (2004) realizó un estudio sobre los hábitos alimenticios de *Squatina californica* (Philippi, 1887) en el suroeste del golfo. Actualmente, se está trabajando con tres especies más: el tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus 1758), el tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque 1810) y el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Linnaeus in 1758) en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas en la ciudad de La Paz, B.C.S.

Justificación

Con los trabajos anteriores podemos decir que los estudios sobre mantas en el Golfo de California son escasos. Las leyes mexicanas han prohibido la captura de *Manta birostris* en los últimos años y recientemente ha iniciado un proceso de reglamentación en la pesquería de las especies de elasmobranquios más vulnerables incluyendo todas las especies de mantas. Sin embargo, son necesarios más estudios que corroboren la información presentada y que son esenciales para el desarrollo de un plan de manejo y conservación de estas

especies. Applegate y Espinoza (1993), mencionan que en México, uno de los problemas principales para las decisiones en el manejo pesquero es la falta de información biológica y ecológica confiable que sustente las medidas de regulación y conservación de cualquier grupo, en especial los elasmobranchios.

Por otro lado, Hart (1988) menciona que los estudios de las redes tróficas por medio de isótopos estables ayudan a resolver obtener información de su alimentación estacional y migración. El conocimiento del lugar en donde un organismo ha obtenido su alimento y cuál fue su fuente, puede ser de gran ayuda para proteger sistemas frágiles, para su manejo y la evaluación de los efectos a largo plazo de la contaminación ambiental y el impacto antropogénico. Fraker y Mate (1999) mencionan que el conocimiento del espectro trófico de un organismo provee información adicional que ayuda a entender el funcionamiento y desarrollo del ecosistema en su conjunto, donde cada individuo se desarrolla de una manera particular. La comprensión de la procedencia de la energía es un conocimiento básico para el monitoreo de aspectos poblacionales y ecológicos así como para apoyar y/o promover políticas de manejo.

Este trabajo pretende aportar información biológica para conocer el origen de la fuente de alimento, posición trófica y comportamiento alimentario. Los trabajos de alimentación y comportamiento alimentario como parte del conocimiento de la biología, ecología básica e historia natural son de suma importancia tanto para la protección como para el posible manejo de las pesquerías de mantas debido a la sobreexplotación de la que están siendo objeto; este manejo es necesario debido a la estrategia reproductiva que tienen estos organismos lo cual las ubica como un recurso sumamente frágil además de la gran importancia económica y turística que tienen las mantas en el área de estudio.

Objetivo

Comparar el origen de la fuente alimentaria de las tres especies más abundantes del género *Mobula* en el Golfo de California por medio de la técnica de isótopos estables de carbono y nitrógeno.

Objetivos particulares

- Determinar diferencias en los valores de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ entre sexos y entre edades de *Mobula japonica*, *Mobula munkiana* y *Mobula thurstoni* en 2002 y en 2004.
- Determinar diferencias en los valores de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ entre el mes con el que inicia la temporada de pesca y el mes con el que termina de *Mobula japonica*, *Mobula munkiana* y *Mobula thurstoni* en 2002 y en 2004.
- Comparar los valores de isótopos estables de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ de contenidos estomacales (presa) con músculo (consumidor) de *Mobula japonica*, *Mobula munkiana* y *Mobula thurstoni* en 2004.
- Comparar un mes de 2002 y 2004 para determinar variación interanual en los valores de isótopos estables de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ en *Mobula japonica*, *Mobula munkiana* y *Mobula thurstoni*

Hipótesis

Existen diferencias interespecíficas e intraespecíficas en el origen de la fuente de alimento en las tres especies más abundantes del género *Mobula* presentes en el Golfo de California.

Área de Estudio

El Golfo de California está situado en la zona noroeste de México, entre los 105° 15' y 115° 08' longitud oeste y los 20° 22' y 32° 45' latitud norte (Fig. 5). El Golfo es una cuenca marina alargada que limita con las costas de Sonora y Sinaloa al este y la península de las Californias al oeste. Ésta última, por sus altas cadenas montañosas provocan un efecto moderado del clima del Pacífico (Roden, 1964).

Tiene una orientación noroeste-sureste y se extiende desde la desembocadura del río Colorado hasta una distancia de aproximadamente 1000 km y un ancho de 150 km. La parte sur consiste en una serie de cuencas que aumentan progresivamente en profundidad desde 2000 m hasta 3000 en la boca del Golfo. La estructura termohalina de la parte sur del Golfo es básicamente igual a la del Pacífico Ecuatorial, con modificaciones en la superficie debido a la evaporación (Álvarez-Borrego, 1983).

La temperatura superficial del agua es más cálida que en regiones latitudinales durante abril- septiembre y es similar durante el resto del año. Las variaciones de temperatura ambiental anuales fluctúan estacionalmente entre los 30 y 34°C en el verano y los 10 a 13°C en el invierno. Este amplio intervalo tiene un efecto sobre la flora y la fauna, pues presenta especies tanto tropicales como templadas. La precipitación es mayor en el lado oriental que en el occidental.

El sur del Golfo de California tiene la influencia de tres masas de agua: aguas frías de la Corriente de California de baja salinidad, aguas cálidas del Pacífico Tropical Oriental de salinidad intermedia y aguas cálidas de alta salinidad del Golfo de California. La presencia de estas tres masas de agua aunado a los sistemas de frentes oceánicos provocan un fuerte impacto biológico en las poblaciones es decir, una alta productividad. Además la gran diversidad de características topográficas y batimétricas del Golfo, producen una variedad de hábitats para peces y otros organismos marinos (Thomson, *et al.* 2000).

Para la obtención de muestras se visitaron dos campos pesqueros, 1) situado en "El Mogote" quienes pescan en la zona sur de la Bahía, entre Punta Prieta y la Isla Gaviota y 2) el de Punta Arenas, campo pesquero ubicado en la Bahía La

Ventana, quienes ponen sus redes de deriva en el canal Cerralvo y dentro de esta Bahía (Fig. 5).

La Bahía de La Paz es el cuerpo de agua protegido mas grande del Golfo de California en su litoral occidental. Está localizada geográficamente entre los 24° 10' y los 24° 47'N y los 110° 20' y 110° 44'W. Cubre aproximadamente 2635 km² y está limitada al norte por la isla San José, al sur por la Ensenada de La Paz y la barra de arena conocida como "El Mogote", al oriente por las islas Espíritu Santo y La Partida y al occidente por la península de Baja California. Presenta profundidades variables, al sur es un cuerpo de agua relativamente somero y de pendiente suave, su profundidad aumenta hacia el norte. La región de la Bahía es de clima seco y cálido y se localiza dentro de una franja de clima del tipo BW (Seco Desértico) que incluye a todo el Golfo, la Península de Baja California y una parte importante de la zona noroeste de México (De Silva-Dávila y Palomares-García, 2002). El promedio anual de temperatura de agua es de 24.7°C con un intervalo de 20-29.5°C; la salinidad media es de 36pp.

El campo pesquero de Punta Arenas se encuentra dentro de la Bahía La Ventana que esta localizada en la parte suroeste del Golfo frente a la Isla Cerralvo, ésta se separa 11 km del lado este de la península de Baja California Sur por el canal de Cerralvo que tiene una profundidad de hasta 500 mts. La región está considerada como una zona de transición con una complicada estructura oceanográfica (De la Lanza, 1991)

Por lo que el área de estudio se encuentra en la zona suroccidental del Golfo de California, desde el sur de la Bahía de La Paz hasta la Bahía La Ventana.



Fig. 5 Área de estudio, desde el sur de la Bahía de La Paz (El Mogote) (1) hasta la Bahía La Ventana y canal Cerralvo (Campo Pesquero de Punta Arenas)(2)

Material y Método

En Campo

Las muestras se obtuvieron en mayo, junio y julio de 2002 y desde febrero hasta octubre (excepto septiembre) de 2004, ya que la presencia de las mantas coincide con los influjos de aguas cálidas de cada primavera.

Se recolectaron muestras de tejido muscular del área dorsal del organismo y contenidos estomacales correspondientes a algunos ejemplares muestreados en el campo pesquero de Punta Arenas, Bahía La Ventana, B.C.S. y en El Mogote. Se midió el ancho de disco (AD), se determinó el sexo y se etiquetaron con los datos correspondientes (especie, fecha, lugar y número de la bitácora) finalmente se congelaron para su preservación.

Tratamiento del material en el laboratorio

Las muestras se mantuvieron congeladas y etiquetadas en refrigeradores del Laboratorio de Ecología Marina del CICIMAR. Se hicieron cortes lavando el material con solución acetona-metanol proporción 1:1 entre cada corte. Éstos se colocaron en tubos de Emendorf de 1.5 ml previamente esterilizados en una autoclave en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y se etiquetaron.

Para el análisis isotópico, se liofilizaron 45 muestras a una temperatura de -45 a -50 °C a una presión de entre 77 y 87 x 10^3 MBARES por tres días en una liofilizadora marca LABCONCO proporcionada por UPIMA. Otras 50 muestras se liofilizaron -50 °C y a una presión de entre 50 y 70 MBARES por 24 hrs en una liofilizadora marca Benchtop proporcionada por el Laboratorio de Metabolismo de Lípidos del CIBNOR.

Después, en el Laboratorio de Química Marina, se aplicó el protocolo de Extracción Asistida por Microondas (MAE) mediante el cual se extrajeron los lípidos en 25 ml de cloroformo-metanol (1:1) utilizando un microondas MARS 5 con temperatura y presión controlada durante 1 hr. Las muestras libres de lípidos se secaron en un horno con 3 focos de 100 watts (45 °C aprox.) por 24 hrs para eliminar todo el solvente. Las muestras se homogeneizaron y se molieron en un

mortero de ágata para obtener un polvo fino. El mortero de ágata fue sucesivamente lavado con agua destilada y solvente para evitar la contaminación de las muestras.

Del músculo pulverizado, se pesó 0.0040-0.0060 mg en microcápsulas de estaño (8x5 mm). Finalmente, fueron enviadas al laboratorio de isótopos estables (Dpto. de Agronomía) en la Universidad de Davis, California (E.U.A.) para su análisis en el espectrómetro de masas con el fin de cuantificar $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.

Las razones de isótopos estables de la muestra y de los estándares con los que son comparados, se expresan como δ (delta) en partes por mil (‰) de acuerdo a los estándares aceptados y la formula empleada fue:

$$\delta^{15}\text{N} \text{ o } \delta^{13}\text{C} = [(R \text{ muestra} / R \text{ estándar}) - 1] * 1000$$

donde R muestra para $\delta^{15}\text{N}$, es la proporción entre sus isótopos $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ mientras que para $\delta^{13}\text{C}$ es la proporción de los isótopos de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Los estándares empleados fueron nitrógeno atmosférico para el $\delta^{15}\text{N}$ y una calcita fósil llamada Pee Dee Belemnite (PDB) para el $\delta^{13}\text{C}$.

Al realizar la lectura de isótopos estables en el espectrofotómetro de masas, se obtiene un valor isotópico relativo por muestra.

Trabajo de escritorio

Con los datos obtenidos en campo se determinó abundancia, estructura de tallas y proporción de sexo en cada una de las especies y se realizaron los gráficos correspondientes en el programa Excel.

Los valores de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ se analizaron para determinar diferencias entre sexos, tallas, temporadas, años y presa (contenido estomacal)-consumidor (músculo), así como entre las tres especies.

En las comparaciones interespecíficas, se obtuvieron desviaciones estándar de los datos en conjunto y se incluyeron en las figuras.

Resultados

1. Información general del muestreo

Se obtuvieron un total de 345 organismos, de los cuales 124 fueron de *Mobula japonica*, 112 de *M. munkiana* y 109 de *M. thurstoni* durante los muestreos realizados en 2002 y 2004.

Tabla 1. Proporción de sexos para las 3 especies

Especie	Hembras	Machos	Total
<u>M. japonica</u>	67	57	124
<u>M. thurstoni</u>	51	58	109
<u>M. munkiana</u>	50	62	112

Para *Mobula japonica*, se obtuvo un total de 67 hembras y 61 machos, representando una proporción de sexos de 1.09:1 hembras por macho (Tabla 1 y 2). La estructura de tallas para esta especie fluctuó entre 66 cm ancho del disco (AD) hasta 264 cm AD, siendo el intervalo 200 cm AD el que presentó un mayor número de organismos. Las tallas de las hembras oscilaron entre 75 y 239 cm AD y entre 66.1 y 264 cm de AD para los machos, siendo el intervalo más común de 200 cm AD en ambos sexos (Fig. 6).

Tabla 2.- Número de organismos de *M. japonica* observados en el suroeste del Golfo de California en los 2 años de muestreo

Mes	2002		2004		Total
	H	M	H	M	
May	7	3	4		14
Jun	17	13	9	15	54
Jul	16	16	5	4	41
Ago			5	4	9
Sept					
Oct			4	2	6
Nov					
Total	40	32	27	25	124

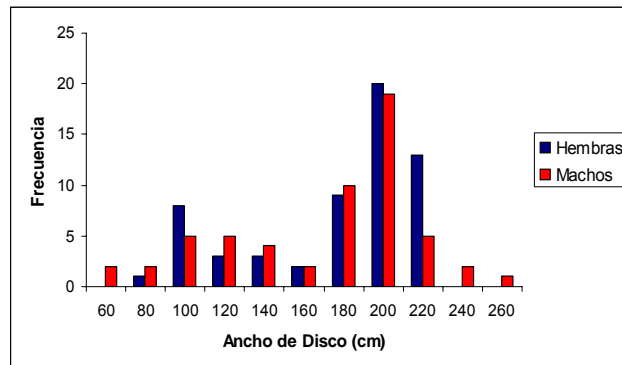


Fig. 6 Estructura de tallas para hembras y machos de *Mobula japonica*.

En la distribución de tallas por año se observó que en 2002 se encuentra una talla mínima de 66.1 cm y una máxima de 264 cm AD siendo el intervalo más común entre 200 y 220 cm AD; en 2004 la talla mínima fue 75 cm y la máxima 240 cm AD donde el intervalo más común fue 200cm AD (Fig. 7). En 2002 se obtuvo una mayor cantidad de organismos que en 2004, en julio de 2002 se presentó la mayor cantidad de organismos mientras que en 2004 fue en junio (Fig. 8).

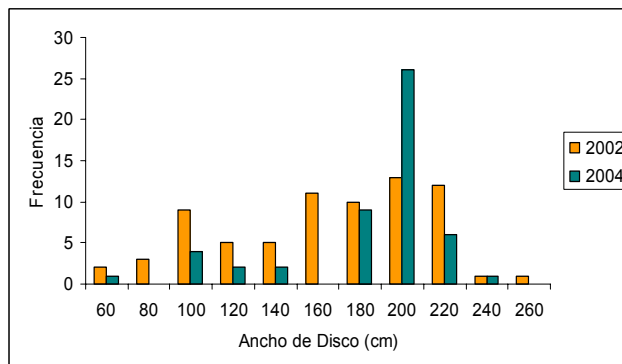


Fig. 7 Estructura de tallas en los dos años de muestreo en *Mobula japonica*.

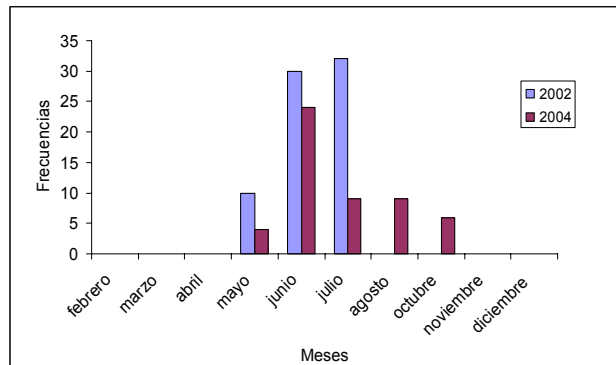


Fig. 8 Abundancias en cada mes en los dos años de muestreo para *Mobula japonica*.

En el caso de *Mobula munkiana*, se encontraron 50 hembras y 62 machos representando una proporción de 0.8:1 hembras por macho (Tabla 3). Las tallas estuvieron comprendidas entre 33 cm y los 150 cm AD, siendo 50 cm AD el intervalo con mayor número de organismos. Las tallas de las hembras comprendieron entre 33 cm y 140 cm AD; el intervalo de tallas con mayor frecuencia fue 50 cm de AD. En el caso de los machos de esta especie, las tallas registradas fueron entre 40 y 150 cm AD y el intervalo con mayor frecuencia fue de 50 cm AD en ambos casos (Fig. 9).

Tabla 3.- Número de organismos de *M. munkiana* observados en el suroeste del Golfo de California en los 2 años de muestreo

Mes	2002		2004		Total
	H	M	H	M	
Feb			7	2	9
Mar			2	2	4
Abr					
May					
Jun	9	3	30	37	79
Jul		8	2	10	20
Ago					
Sept					
Oct					
Nov					
Total	9	11	41	51	112

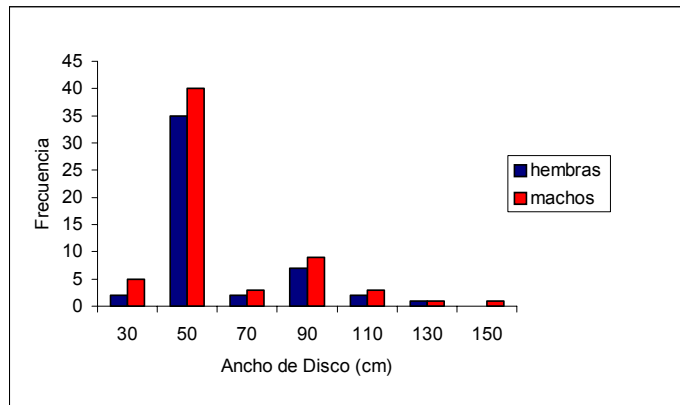


Fig. 9 Estructura de tallas para hembras y machos de *Mobula munkiana*.

Para el 2002, se encontró una talla mínima de 33cm y una máxima de 112 cm AD, donde el intervalo más común fue de 50 cm AD. En el 2004, la talla mínima fue de 38 cm y la máxima fue de 150 cm AD, el intervalo de tallas con mayor frecuencia fue de 50 cm AD (Fig. 10). Esta especie muestra una mayor abundancia en junio de ambos años (Fig. 11).

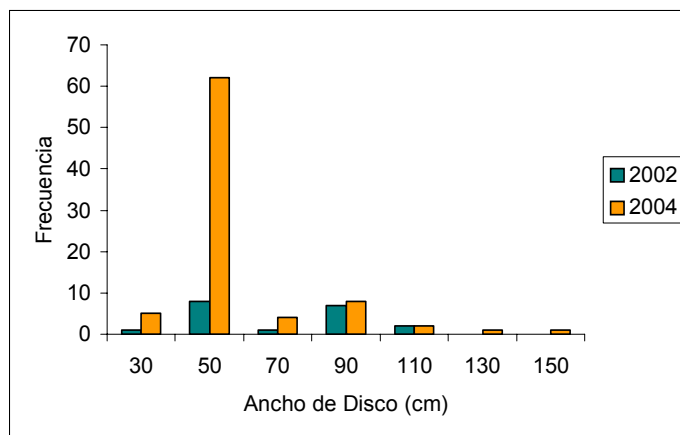


Fig. 10 Estructura de tallas en los 2 años de muestreo en *Mobula munkiana*.

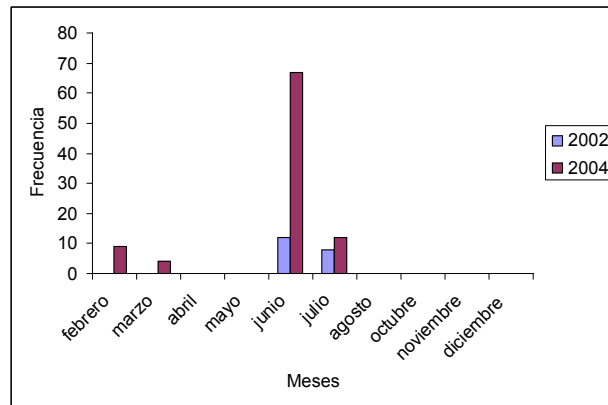


Fig. 11 Abundancias en cada mes en los dos años de muestreo para *Mobula munkiana*.

Para *Mobula thurstoni* se obtuvieron 51 hembras y 58 machos representando una proporción de 0.9:1 hembras por macho (Tabla 4). La estructura general de tallas está comprendida entre 50 cm y 215 cm AD, el intervalo con un mayor número de organismos fue 150 cm AD. Las tallas de las hembras oscilaron entre 70.5 cm y 114 cm AD y la mayor frecuencia de organismos fue en el intervalo de 130 cm AD. En el caso de los machos, la talla menor fue de 50 cm y la mayor de 215 cm AD, donde el intervalo más común fue en 150 cm AD (Fig. 12).

Tabla 4.- Número de organismos de *M. thurstoni* observados en el suroeste del Golfo de California en los 2 años de muestreo

Mes	2002		2004		Total
	H	M	H	M	
Feb				1	1
Mar				1	1
Abr					
May	5	4	1		10
Jun	0	2	12	18	32
Jul	2	2	1	1	6
Ago			20	19	39
Sept					
Oct			10	10	20
Nov					
Total	7	8	44	50	109

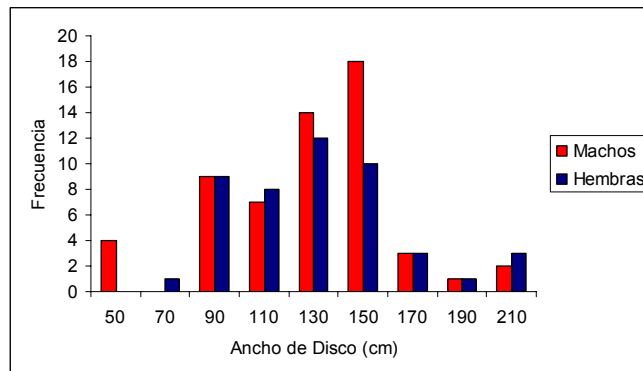


Fig. 12 Estructura de tallas para hembras y machos de *Mobula thurstoni*.

En 2002 se encontró una talla mínima de 62 cm y una máxima de 196 cm AD; donde el intervalo más común fue de 110 cm AD. En el 2004, la talla mínima encontrada fue de 50 cm y la máxima 215 cm AD, con un intervalo de mayor frecuencia de 150 cm AD (Fig. 13). En 2002 se encuentra una mayor cantidad de organismos en mayo mientras que en 2004, se encuentran en agosto (Fig. 14).

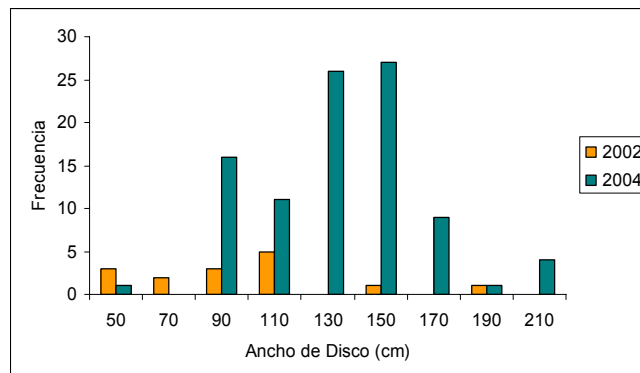


Fig. 13 Estructura de tallas de *Mobula thurstoni* en los dos años de muestreo.

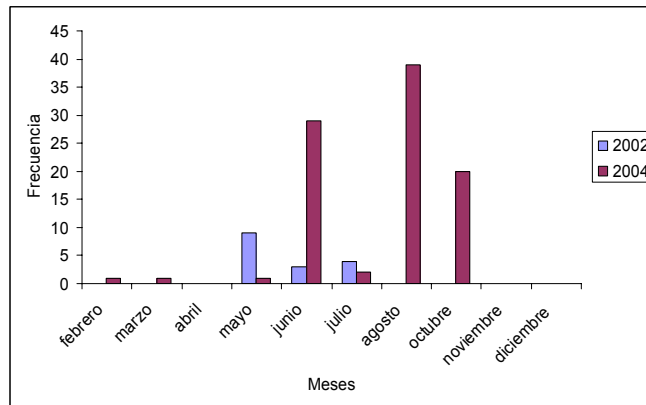


Fig. 14 Abundancias en cada mes en los dos años de muestreo para *Mobula thurstoni*.

2. Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno

2.1 *Mobula japonica*

El análisis de isótopos estables fue aplicado a organismos cuyas tallas fueron de 75 a 240 cm AD. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ fueron de -15.98‰ a -18.19‰ ($\mu = -17.13 \text{‰} \pm 0.68$). En cuanto al $\delta^{15}\text{N}$, se obtuvieron valores de 12.93‰ a 18.20‰ ($\mu = 16.23 \text{‰} \pm 1.12$). (Tabla 5)

2.1.1 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2002

Las muestras obtenidas en este año, solamente representan la temporada cálida (mayo, junio y julio), cuando se obtiene la mayor pesca para esta especie.

Se puede observar una agrupación de los organismos jóvenes que se separa de los adultos, los adultos están disminuidos tanto en $\delta^{15}\text{N}$ como en $\delta^{13}\text{C}$ en comparación con los jóvenes. La diferencia entre sexos es menor que la diferencia entre edades, sin embargo las hembras tienen valores más enriquecidos en $\delta^{15}\text{N}$ y disminuidos en $\delta^{13}\text{C}$ (Fig. 15). La diferencia en ambos isótopos estables es menor entre hembras ($\mu = 0.79\text{‰}$) que entre los machos ($\mu = 1.18\text{‰}$).

Tabla 5.- Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para *Mobula japonica* en 2002. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ)

HA		HJ	
N	C	N	C
16.16	-17.52	18.20	-16.19
15.99	-17.52	17.05	-16.85
16.07	-17.52	16.86	-16.61
		16.13	-17.26
		16.14	-16.80
		16.88	-16.74
MA		MJ	
15.95	-16.37	18.02	-15.98
14.84	-18.16	15.27	-16.07
15.39	-17.27	16.95	-16.01
		16.71	-16.95
		16.73	-16.25

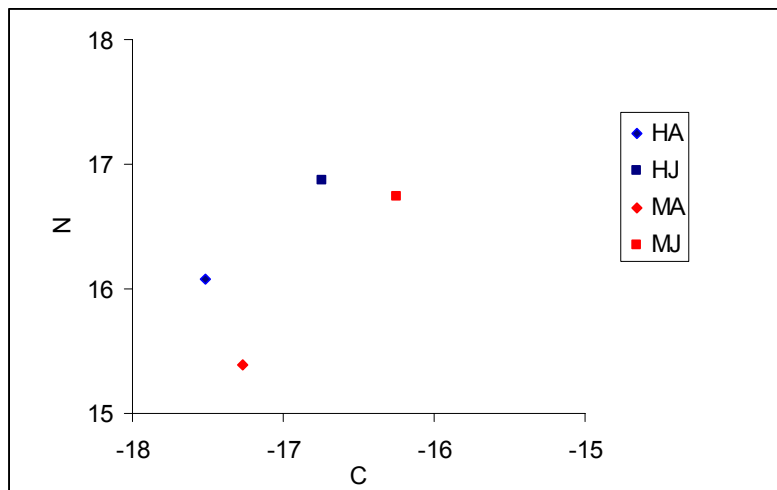


Fig. 15 Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de *Mobula japonica*. Hembras adultas (HA), hembras jóvenes (HJ), machos adultos (MA) y machos jóvenes (MJ).

La figura 16, es una comparación de los valores de isótopos del mes con que inicia la temporada (mayo) y un mes de la mitad de temporada de pesca (julio). Se observa una clara separación de los valores entre los dos meses, en mayo se presenta un mayor enriquecimiento tanto de $\delta^{13}\text{C}$ como de $\delta^{15}\text{N}$, mientras que en julio los valores de ambos son más bajos.

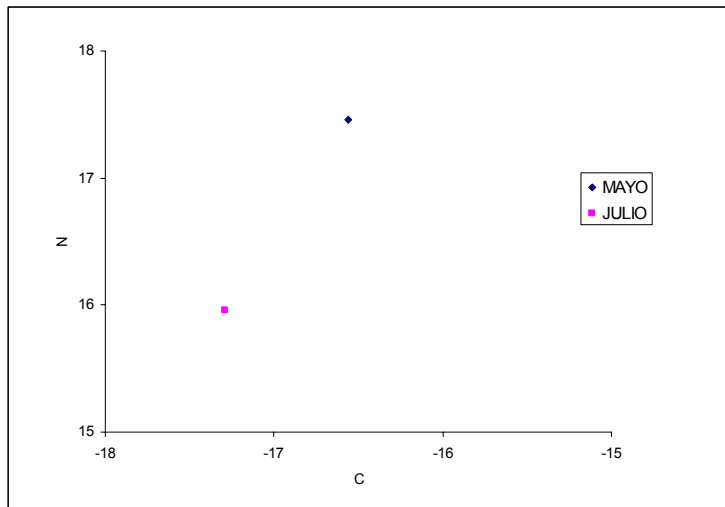


Fig. 16 Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de *M. japonica* en mayo en contraste con julio de 2002.

2.1.2 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2004

Los valores (Fig. 17) obtenidos en durante 2004 para *M. japonica* se encuentran mucho más concentrados en este año que en 2002, a pesar de que en 2004 se incluyeron ocho meses de muestreo mientras que en 2002 fueron tres. En 2004, no se observa una diferencia marcada entre tallas ni sexos, solamente las hembras jóvenes cuyas muestras se obtuvieron en primavera muestran los valores más enriquecidos en $\delta^{15}\text{N}$ y disminuidos en $\delta^{13}\text{C}$ (Tabla 6).

Tabla 6.- Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para *Mobula japonica* en 2004. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ).

HA		HJ	
N	C	N	C
15.91	-17.72	12.93	-16.77
16.73	-16.91	12.99	-16.53
16.30	-18.19	16.94	-16.87
16.19	-17.81	16.30	-17.78
16.58	-17.34	14.79	-16.99
16.13	-17.41		
16.31	-17.56		
MA		MJ	
15.78	-17.79	16.11	-17.97

16.18	-18.08	16.66	-17.25
17.44	-16.17	16.38	-17.61
16.35	-17.91		
16.44	-17.49		

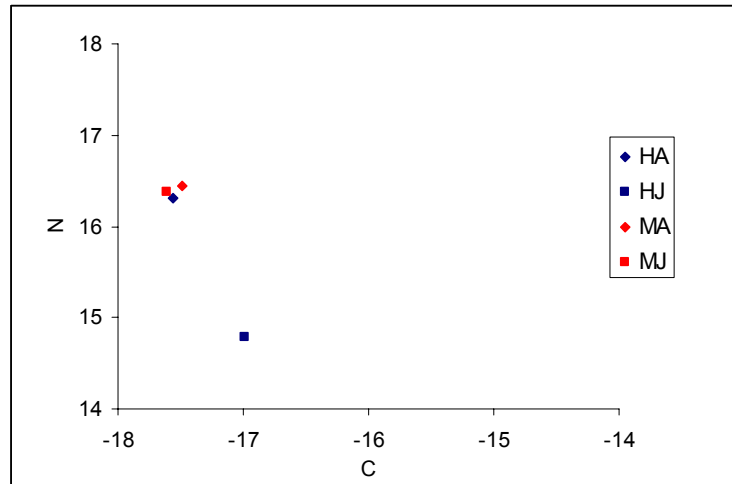


Fig. 17 Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de *Mobula japonica*. Hembras adultas (HA), hembras jóvenes (HJ), machos adultos (MA) y machos jóvenes (MJ).

En mayo se encuentran valores muy disminuidos en $\delta^{15}\text{N}$ (12.93‰ y 15.91‰ $\delta^{15}\text{N}$) en contraste con octubre (16.13‰, 16.33‰ y 16.50‰). En cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, se observan valores muy similares (-16.77‰ y -17.72‰ en mayo y -17.25‰, -17.41‰ y -17.48‰ $\delta^{13}\text{C}$), por lo que al compararlo con 2002, no se observa un patrón de cambio a lo largo del tiempo muestreado. En mayo, las hembras adultas muestran una diferencia de 3‰ en $\delta^{15}\text{N}$ en comparación con las hembras jóvenes mientras que en octubre no hay diferencia marcada.

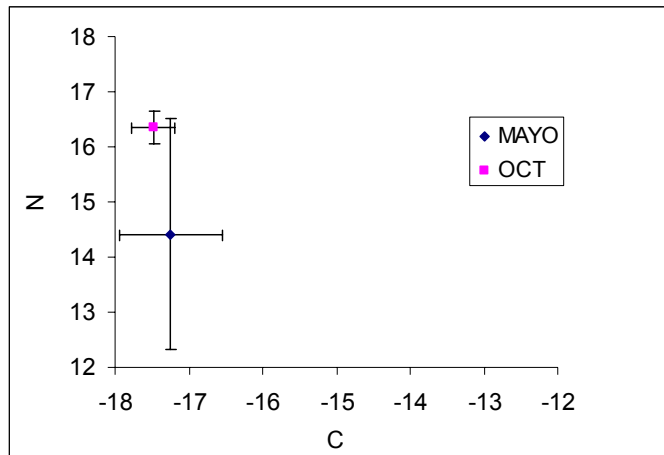


Fig. 18.- Comparación de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de *M. japonica* entre mayo (inicio de temporada) y octubre (fin de temporada).

Se comparó un macho adulto obtenido en otoño con el contenido estomacal extraído, se observa que el músculo del consumidor está enriquecido con casi 2‰ de ^{15}N , mientras que en ^{13}C está ligeramente disminuido (16.66‰ $\delta^{15}\text{N}$ y -17.25‰ $\delta^{13}\text{C}$ en el músculo y 14.79‰ $\delta^{15}\text{N}$ y -16.59‰ $\delta^{13}\text{C}$ en contenido estomacal) (Fig. 19).

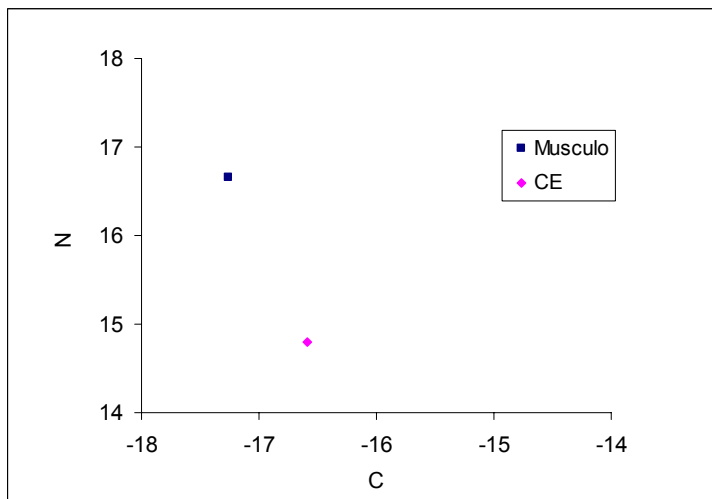


Fig. 19 Comparación de los valores de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del consumidor (*M. japonica*) y de la presa (eufáusidos) usando el contenido estomacal (CE).

2.1.3 Comparación interanual

En mayo de 2002, se observa una notable disminución de $\delta^{15}\text{N}$ en 3‰ en relación a mayo de 2004, mientras que en $\delta^{13}\text{C}$, está ligeramente enriquecido. En julio los valores están más cercanos en ambos isótopos, en 2002, están ligeramente disminuidos tanto en $\delta^{13}\text{C}$ como en $\delta^{15}\text{N}$ (Fig. 20).

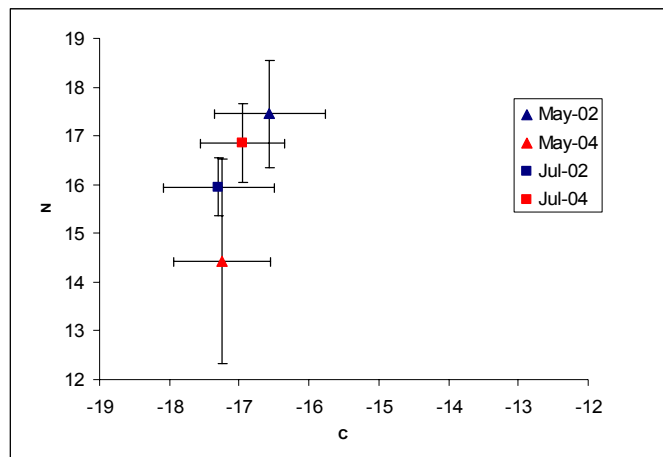


Fig. 20 Comparación de los valores de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de *M. japonica* en mayo y julio de los dos años de muestreo.

2.2 *Mobula munkiana*

El análisis de isótopos estables fue aplicado a organismos cuyas tallas fueron de 34 a 111 cm de AD. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ fueron de -15.78‰ hasta -17.67‰ ($\mu = -17.01\text{‰} \pm 0.42$). En cuanto al $\delta^{15}\text{N}$, se obtuvieron valores de 15.82‰ hasta 17.56‰ ($\mu = 16.60\text{‰} \pm 0.5$). (Tabla 7)

2.2.1 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2002

En la figura 21 se observa que los organismos jóvenes tienen un ligero enriquecimiento en $\delta^{13}\text{C}$ comparado con los adultos (Tabla 7). En cuanto al $\delta^{15}\text{N}$, la diferencia no es por edad sino por sexo, las hembras tanto jóvenes como adultas están ligeramente disminuidas comparadas con los machos. La hembra joven es quien presenta los valores de $\delta^{13}\text{C}$ más enriquecidos.

Tabla 7.- Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para *Mobula munkiana* en 2002. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ).

HA		HJ	
N	C	N	C
16.47	-17.09	16.43	-16.27
MA		MJ	
16.94	-17.29	17.02	-16.99
		16.78	-16.79
		16.90	-16.89

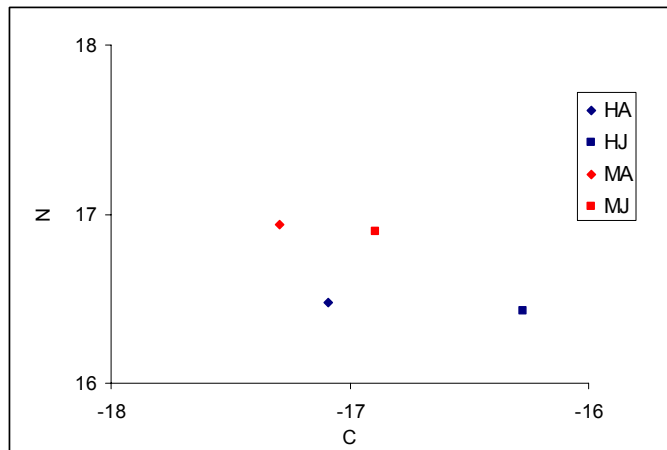


Fig. 21 Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ) para *M. munkiana* en 2002.

2.2.2 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2004

En la figura 22, se observa una separación de los organismos adultos y jóvenes (Tabla 8), los jóvenes están disminuidos en $\delta^{15}\text{N}$ y enriquecidos en $\delta^{13}\text{C}$. En $\delta^{15}\text{N}$ hay una mayor separación entre las hembras ($\mu = 1.18\text{‰}$) que entre los machos ($\mu = 0.93\text{‰}$). Mientras que en $\delta^{13}\text{C}$ es al contrario, los machos adultos están disminuidos en 1.5‰ comparado con los jóvenes.

Tabla 8.- Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para *Mobula munkiana* en 2004. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ).

HA		HJ	
N	C	N	C
16.92	-17.01	17.41	-15.78
16.20	-16.95	17.56	-16.57
16.39	-16.94	17.48	-16.18
15.82	-17.28		
16.17	-17.14		
16.30	-17.06		
MA		MJ	
16.14	-17.30	17.41	-15.78
15.89	-17.43		
16.37	-17.45		
16.99	-17.06		
16.71	-17.23		
15.95	-17.67		
17.29	-17.00		
16.48	-17.31		

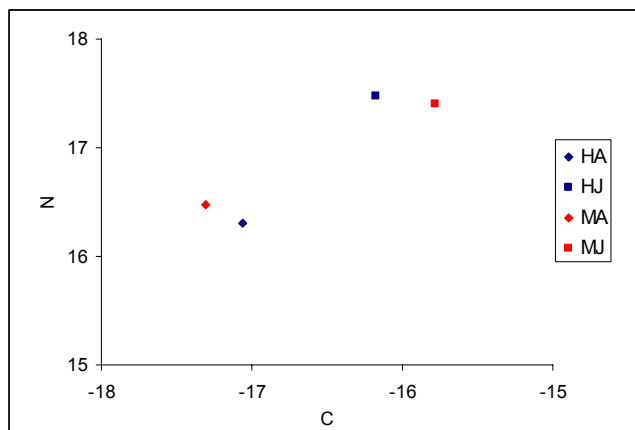


Fig. 22 Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de hembras adultas (HA), hembras jóvenes (HJ), machos adultos (MA) y machos jóvenes (MJ) de *M. munkiana* en 2004.

En febrero, esta especie presenta valores disminuidos en $\delta^{15}\text{N}$ y enriquecidos con aproximadamente 2‰ de $\delta^{13}\text{C}$ comparados con julio, que es el último mes en el que se obtuvo esta especie (Fig. 23).

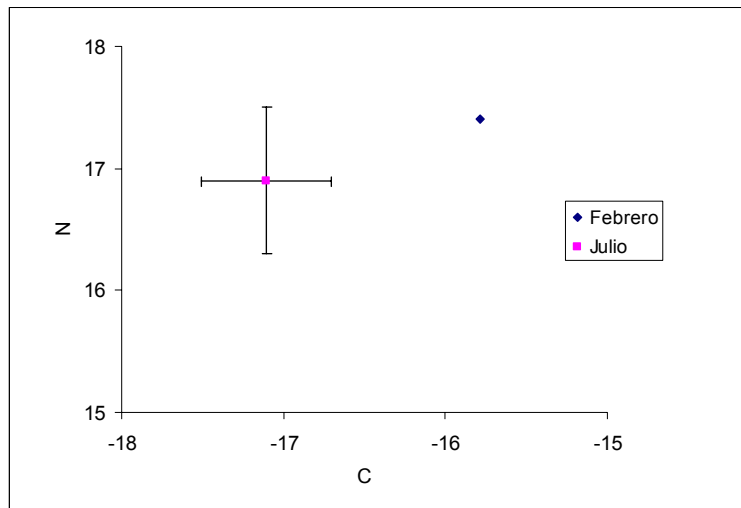


Fig. 23 Comparación de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ al principio y al final de la temporada de *M. munkiana* en el área de estudio.

En la figura 24, se comparan los valores de isótopos estables del músculo de tres ejemplares y el contenido estomacal obtenido de cada uno de ellos. En $\delta^{13}\text{C}$, se observa muy poca diferencia entre el músculo y el contenido estomacal (CE), solamente en el macho adulto en el que se observa que el contenido estomacal está disminuido con casi 2 ‰ en comparación con el músculo. En cuanto al $\delta^{15}\text{N}$ las diferencias son más marcadas, el músculo del macho adulto está enriquecido con 5 ‰ en comparación con su presa, el músculo de la hembra adulta está enriquecido con 2.44 ‰ y el músculo de la hembra joven con 2.25 ‰.

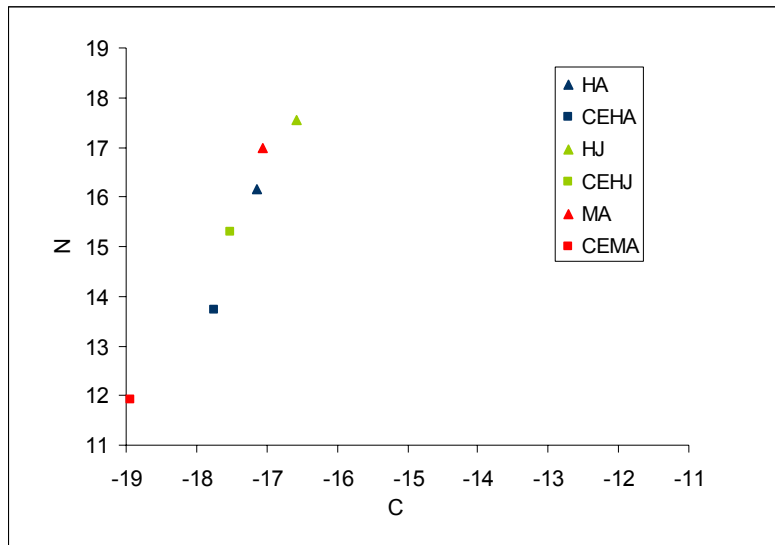


Fig. 24 Comparación de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del consumidor (*M. munkiana*) y de la presa (eufausidos). Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y contenido estomacal (CE).

2.2.3 Comparación interanual

En la comparación interanual (Fig. 25), no se observa un cambio marcado en el nivel trófico de esta especie, aun cuando en junio de 2002, los valores están ligeramente disminuidos en $\delta^{15}\text{N}$ y varianza alcanza valores enriquecidos de $\delta^{13}\text{C}$.

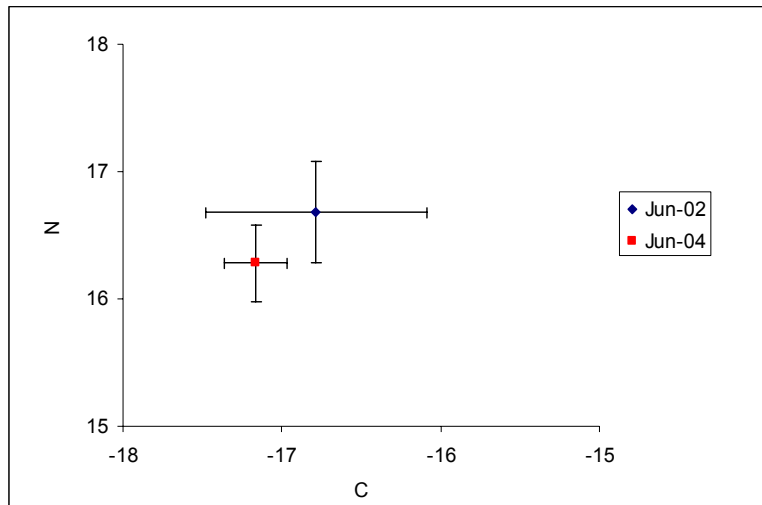


Fig. 25 Comparación de las medias de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre los dos años de muestreo en junio de *M. munkiana*.

2.3 *Mobula thurstoni*

El análisis de isótopos estables fue aplicado a organismos cuyas tallas fueron de 46 a 196 cm de AD. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ estuvieron comprendidos desde -15.40‰ hasta -17.87‰ ($\mu = -16.56\text{‰} \pm 0.56$). En cuanto al $\delta^{15}\text{N}$, se obtuvieron valores de 14.02‰ hasta 17.54‰ ($\mu = 16.45\text{‰} \pm 0.89$). (Tabla 6)

2.3.1 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2002

Se observa una separación entre sexos tanto en $\delta^{13}\text{C}$ como en $\delta^{15}\text{N}$ (Tabla 9). Se observa una agrupación de los organismos machos los cuales se separan por aproximadamente 1.5‰ de $\delta^{13}\text{C}$ de la hembra. En el caso de los machos, la diferencia entre jóvenes y adultos es muy poca. En cuanto al $\delta^{15}\text{N}$ los machos jóvenes y adultos tienen mayor enriquecimiento que la hembra especialmente el macho joven (Fig. 26)

Tabla 9.- Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para *Mobula thurstoni* en 2002. Hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ)

MA		MJ	
N	C	N	C
16.28	-16.85	16.72	-16.66
		17.51	-16.88
		17.12	-16.77
		HJ	
		15.79	-15.53

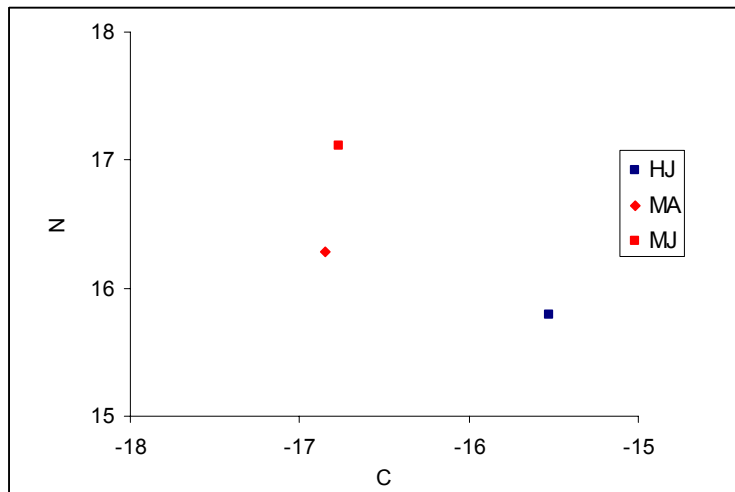


Fig. 26 Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de *M. thurstoni*. Machos adultos (MA), machos jóvenes (MJ) y hembras jóvenes (HJ).

En la figura 27, se observa una ligera separación de aproximadamente 1.2‰ de $\delta^{15}\text{N}$ entre mayo y julio. En $\delta^{13}\text{C}$ la diferencia entre ambos meses es menor que uno.

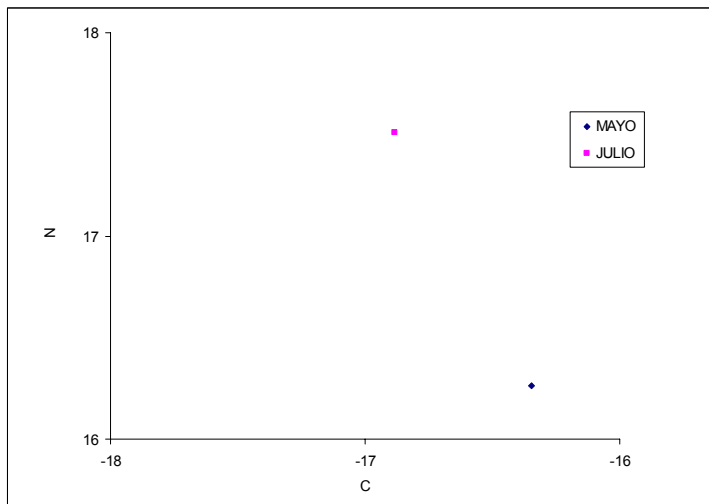


Fig. 27 Comparación de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ al principio y al final de la temporada de *M. thurstoni* en el área de estudio.

2.3.2 Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno durante 2004

En la figura 28 no se observa una clara separación por sexo ni por edad, sin embargo las hembras tienen valores ligeramente disminuidos en $\delta^{15}\text{N}$, es la hembra joven quien presenta el valor más bajo de $\delta^{15}\text{N}$ y el macho joven quien presenta un mayor enriquecimiento (Tabla 10). En cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, tampoco se observa una agrupación, la hembra adulta está enriquecida y el macho adulto es quien tiene una mayor disminución.

Tabla 10.- Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para *Mobula thurstoni* en 2004. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ)

HA		HJ	
N	C	N	C
16.75	-16.20	16.10	-16.92
16.04	-15.81	16.93	-16.43
16.40	-16.00	16.50	-16.76
		14.02	-16.27
		16.96	-16.65
		16.10	-16.61
MA		MJ	
16.70	-17.23	17.42	-16.36
14.49	-17.87	17.54	-15.40
16.94	-16.87	16.84	-16.88
16.87	-16.46	16.71	-16.62
16.25	-17.11	17.13	-16.32

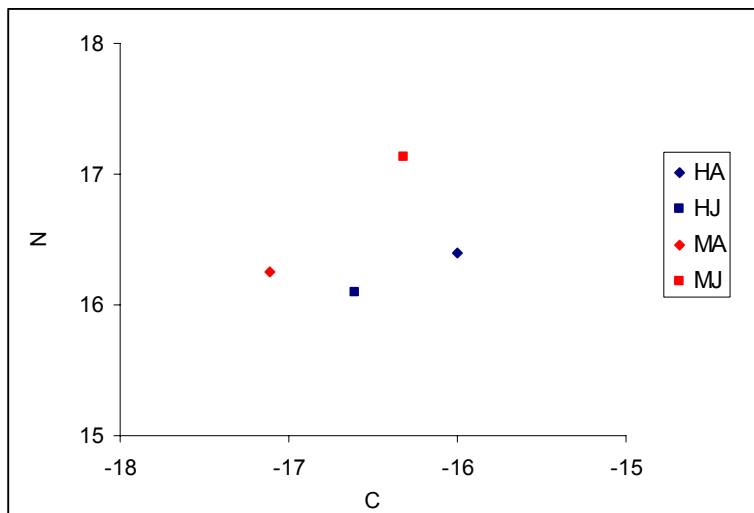


Fig 28 Nivel trófico ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) de *M. thurstoni*. Hembra adulta (HA), hembra joven (HJ), macho adulto (MA) y macho joven (MJ) de *M. thurstoni*.

En febrero (Fig. 29) se observan valores enriquecidos en $\delta^{15}\text{N}$ (17.42‰) mientras que al avanzar la temporada y llegar a octubre se observa una disminución (16.65‰). En cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, no hay diferencia.

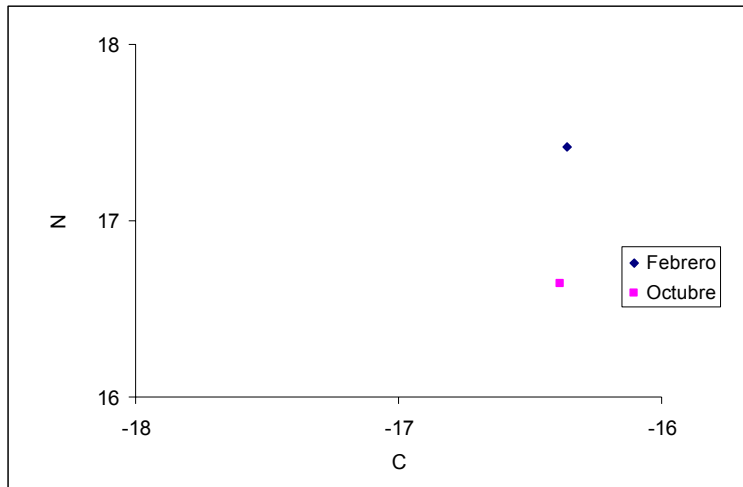


Fig. 29 Medias de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de *M. thurstoni* en febrero y octubre de 2004.

El contenido estomacal presenta un ligero enriquecimiento de $\delta^{15}\text{N}$ en comparación con el músculo de su consumidor, en cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, el músculo de la manta tiene un enriquecimiento de 2‰ (Fig. 30).

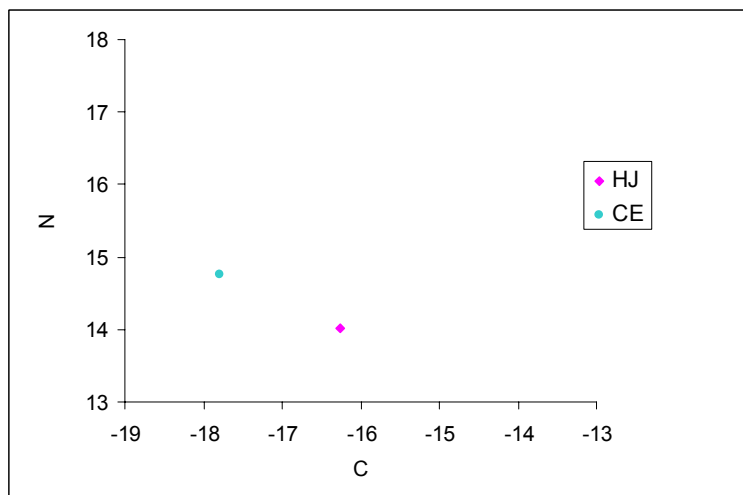


Fig. 30 Comparación de los valores de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del consumidor (*M. thurstoni*) y de la presa (eufausidos). Hembra joven (HJ) y contenido estomacal (CE)

2.3.3 Comparación interanual

En la comparación interanual (Fig. 31), no se observa una diferencia en la posición trófica de esta especie. En 2002, se observan valores de $\delta^{15}\text{N}$ ligeramente enriquecidos comparados con 2004, en cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, se observa un enriquecimiento menor a 1.

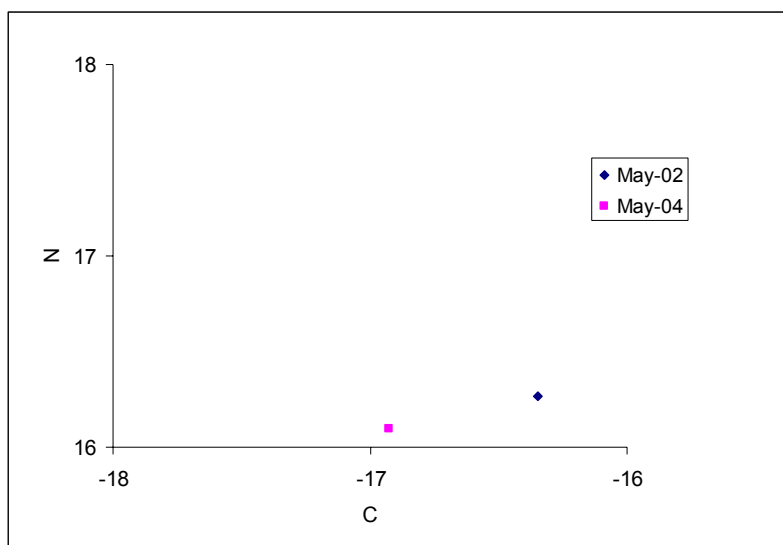


Fig. 31 Comparación de los valores de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de *M. thurstoni* en mayo de los dos años de muestreo.

2.4 Comparaciones interespecíficas

No se observa una diferencia marcada en el nivel trófico de las tres especies (Fig. 32), sin embargo, *M. japonica* es la que presenta los valores de $\delta^{13}\text{C}$ más reducidos, presentando -16.87‰ de $\delta^{13}\text{C}$, en contraste tiene los valores de $\delta^{15}\text{N}$ más enriquecidos (16.26‰ de $\delta^{15}\text{N}$), además es la que tiene una mayor varianza en ambas razones isotópicas. *M. thurstoni* presenta el mayor enriquecimiento de $\delta^{13}\text{C}$ y está en un punto intermedio de $\delta^{15}\text{N}$. *M. munkiana* está disminuida en $\delta^{15}\text{N}$ y está un punto intermedio de $\delta^{13}\text{C}$ (Tabla 11).

Tabla 11.- Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para cada especie

Especie	N	C
<i>Mobula japonica</i>	16.26	-16.87
hembras	15.98	-17.03
machos	16.4	-16.67
<i>Mobula thurstoni</i>	16.67	-16.39
hembras	15.96	-16.31
machos	17.09	-16.43
<i>Mobula munkiana</i>	16.85	-16.75
hembras	16.61	-16.79
machos	17.03	-16.72

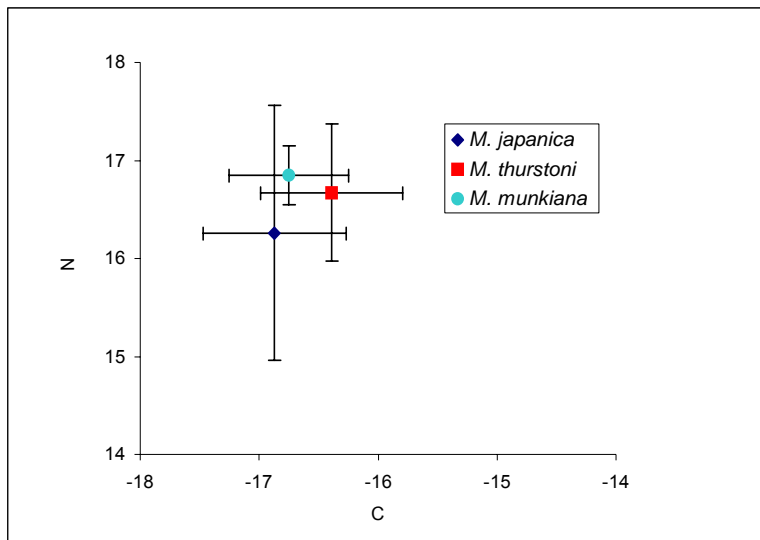


Fig. 32 Comparación de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre las tres especies más abundantes en el Golfo de California.

En el análisis por sexo de las tres especies, los machos de *Mobula thurstoni* y *Mobula munkiana* presentan valores muy cercanos de $\delta^{15}\text{N}$, siendo *Mobula japonica* quien presenta valores más disminuidos (Figs. 33), en las hembras es *M. munkiana* quien tiene valores ligeramente enriquecidos. En cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, *M. thurstoni* presenta los valores ligeramente enriquecidos tanto en machos como en hembras (Fig 34).

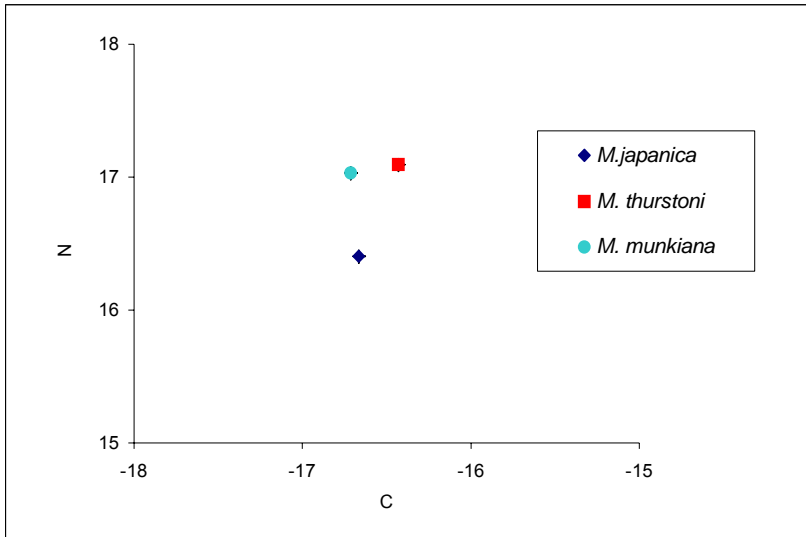


Fig. 33 Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre los organismos *machos* de las tres especies más abundantes en el Golfo de California

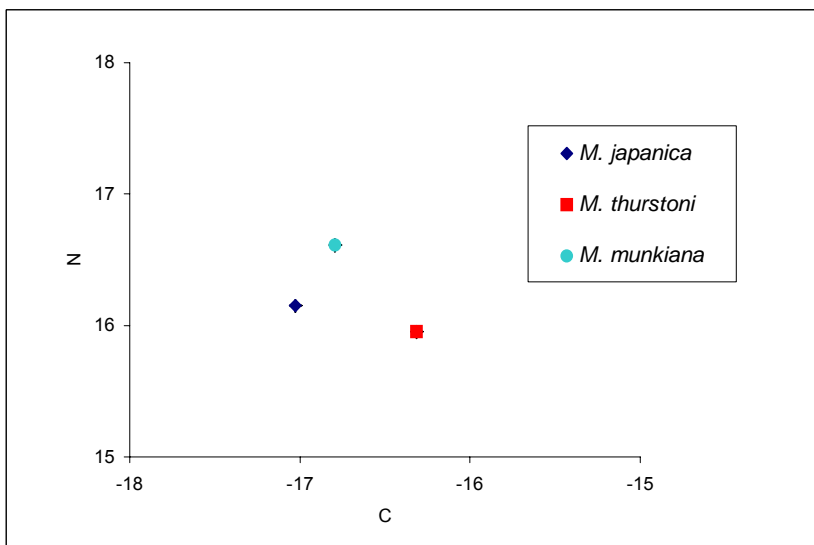


Fig. 34 Medias de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre los organismos *hembras* de las tres especies más abundantes en el Golfo de California.

Discusión

1. Información general del muestreo

La especie de *Mobula* más abundante en los dos años de estudio (2002 y 2004) (35.9%, n=124) en Punta Arenas, B.C.S., fue *M. japonica*, Hobro (2002) menciona que en dos años de estudio (2001 y 2002) esta especie constituyó el 41% del total de muestras recolectadas. Guerrero- Maldonado (2002), menciona que de las 17 especies que componen la captura comercial de elasmobranquios en la zona de Punta Arenas, cinco fueron las más representativas, ocupando *M. japonica* el segundo lugar con 19% (n= 83). En contraste con el estudio hecho por Notarbartolo di Sciara (1988) durante 1981-1984, éste obtuvo que *M. thurstoni* fue la más abundante constituyendo el 58% (n=78) del total de mobulidos colectados, lo que indica que a lo largo de los últimos 20 años, *M. japonica* es la especie mas abundante de los mobulidos presentes en el área de estudio, sin embargo esto puede estar influenciado por el arte de pesca ya que esta especie es la de mayor tamaño por lo que puede quedar atrapada en las redes con mayor facilidad que las otras especies.

La proporción de sexos encontrada en esta especie fue de 1.09: 1 hembras por macho y la moda fue de aproximadamente 200 cm ancho de disco (AD) tanto para hembras como para machos de *M. japonica* (20 hembras y 19 machos). Notarbartolo di Sciara (1988,) encuentra una proporción de sexos similar (casi uno) y una talla general de 210 cm AD excepto en abril, donde no encontró diferencias en la media de AD entre sexos. En la comparación interanual, la estructura de tallas fluctuó menos en 2002 que en 2004; sin embargo, en ambos años la mayor abundancia se presenta alrededor de los 200 cm AD. Hobro (2002), encuentra una talla media de 149 cm AD mientras que Guerrero-Maldonado (2002), encuentra una moda entre 205 y 220 cm para ambos sexos. Notarbartolo di Sciara (1988), menciona que la talla de madurez para esta especie se aproxima a 210 cm AD; sin embargo, Guerrero-Maldonado (2002) encuentra embriones en hembras de 202cm AD y en machos encuentra que a partir de 189 cm AD se pueden considerar maduros. En este estudio se encuentra que el 48% del total de muestras corresponde a organismos con 200 cm AD o más y el 52% son organismos menores a esta talla, lo que significa que en los años de muestreo del

presente estudio, se están capturando una cantidad mayor de organismos por debajo de la talla aproximada de madurez. Notarbartolo di Sciara (1988) no encontró hembras grávidas, pero sí evidencia tanto en hembras como en machos de que existe actividad reproductiva durante los meses de verano, por lo que considera a la zona de Bahía La Ventana, B.C.S. como área de reproducción y alimentación de esta especie. Sin embargo, este último autor no encontró organismos de tallas pequeñas ni embriones mientras que Guerrero-Maldonado (2002), encontró embriones cercanos a la talla de expulsión y algunas características que podrían sugerir una expulsión de crías reciente, además tanto en el trabajo de Guerrero-Maldonado (2002), como en el presente estudio se encontraron tallas por debajo de la sugerida para madurez por lo que esta zona podría ser considerada también como zona de crianza.

La especie siguiente en abundancia en la zona de Punta Arenas es *M. munkiana*, (32.4%, n=112). Esta especie es de agua más fría comparada con *M. japonica*, Notarbartolo di Sciara (1988) menciona que es una especie que se presenta en los meses de invierno en esta área cuando las otras especies de mantas no están o se encuentran con poca frecuencia. En este estudio se registró en junio y julio de 2002 y desde febrero hasta junio de 2004. Notarbartolo di Sciara (1988), menciona que esta especie solo se obtuvo durante los meses de otoño e invierno y la presenta como el tercer lugar de abundancia (n=24). Es decir que es posible que esta especie se mueva a zonas más frías en verano y que el resto del año se encuentre cerca del área Notarbartolo di Sciara (1988), menciona que esta especie viaja en cardúmenes a lo largo de la costa y que se puede observar en pulsos.

Se obtuvo una menor proporción de hembras que de machos (0.8:1 H:M); sin embargo, esta proporción es cercana a uno. Notarbartolo di Sciara (1988) encuentra una proporción similar (0.71: 1 M:H). Guerrero-Maldonado (2002) en contraste, encuentra una proporción de casi 2 machos por hembra (1.8:1 M:H) y Villavicencio-Garayzar (1991), realiza un estudio donde combina sus datos con los obtenidos por Notarbartolo di Sciara y obtiene una proporción de 2.1:1 hembras por macho con esto, él sugiere que hay una ligera segregación por sexo. Sin embargo, la proporción encontrada en el presente estudio es cercana a 1:1,

además, esta especie se le observa comúnmente en grandes concentraciones probablemente de ambos sexos que viajan a lo largo de la costa (Notarbartolo di Sciara 1988).

M. munkiana es la especie más pequeña de las cuatro registradas en el Golfo de California según Notarbartolo di Sciara (1988), quien registra tallas desde 65 hasta 105 cm AD sugiriendo una talla de primera madurez a los 87cm AD en machos. Guerrero- Maldonado (2002) registra tallas desde 69.5 hasta 108 cm AD aunque toma la talla de primera madurez sugerida por Villavicencio-Garayzar (1991) de 97 cm AD para hembras y de 98 cm AD para machos. En este estudio se tiene un intervalo de tallas mayor, desde 33 cm AD hasta 150 cm AD. Las tallas menores fueron tres hembras de 33, 34 (en junio de 2002) y 38 cm AD (en marzo de 2004). Villavicencio-Garayzar (1991), encuentra embriones totalmente desarrollados con una talla media de 34.8 cm AD, por lo que las tres hembras pequeñas encontradas en este trabajo pueden estar recién nacidas o pueden haber sido expulsadas por el estrés de la captura como sucede en otros elasmobranchios. En el presente estudio se tomó la talla de primera madurez propuesta por Notarbartolo di Sciara (1988) y se encontró que la talla más frecuente fue de 50 cm AD; el 70% del total obtenidos son organismos muy por debajo de la talla de madurez, lo cual sugiere que en la actualidad se están capturando más organismos jóvenes que adultos.

Notarbartolo di Sciara (1988) no encuentra organismos pequeños, ni hembras grávidas en la temporada en encuentra esta especie en el área, es decir en meses de invierno. Por lo que sugiere que para *M. munkiana* esta zona es utilizada como un área de estancia y alimentación en invierno para después migrar (probablemente al norte del golfo) para reproducirse y tener crías. Sin embargo, por las tallas encontradas en junio (2002) y marzo (2004), se podría sugerir que La Bahía La Ventana, B.C.S., es utilizada por esta especie como área de crianza además de estancia invernal y alimentación sugerida previamente, lo que concuerda con lo obtenido por Villavicencio-Garayzar (1991), quien encuentra tres embriones totalmente desarrollados entre mayo y junio de 1987.

En el análisis interanual, se encuentran tallas menores en 2002 que en 2004; sin embargo, en ambos años se obtuvo una media de 50 cm AD.

Comentario [U1]: Tiene caso mencionar esto aquí? Influye sobre la presencia de esa especie? Yo creo que no.

Comentario [U2]: Primero dices que Notarbartolo encontró su presencia en invierno, pero no era reproductiva. Después indicas, que puede ser de crianza y finalmente mencionas que Villavicencio encuentra embriones en verano. En que se queda es solo de crianza, es reproductiva que es?

La especie menos abundante durante el muestreo fue *Mobula thurstoni* (31.5%, n=109). La proporción de sexos fue de 0.9:1 hembras por macho, lo cual indica una proporción de casi 1:1. Notarbartolo di Sciara (1988) encuentra 1.8:1 machos por hembra y menciona que las proporciones de sexo varían con la estación, las hembras parecen ser dominantes en invierno mientras que los machos en primavera. Sin embargo, durante los meses de verano, no parece haber segregación.

Se encontró un intervalo de 50 a 215 cm AD y se encontraron embriones con poco desarrollo en agosto y embriones en fases terminales en octubre; sin embargo, las medidas de los embriones no fueron incluidas dentro del intervalo de tallas de este estudio, como lo hizo Notarbartolo di Sciara (1988). La media para las hembras fue de 130 y 150 cm AD en los machos, Hobro (2002) obtiene una moda general de 132 cm AD y Notarbartolo di Sciara (1988), una de 134 cm AD. Este último autor obtiene que la talla de primera madurez es de 150 cm AD para ambos sexos, lo que indica que comúnmente se están capturando organismos jóvenes, principalmente hembras.

Comentario [U3]: Cual autor?

En las muestras recolectadas durante 2004, se encontraron organismos pequeños (de 50 y 90 cm AD) en febrero y marzo y los organismos más grandes (de 206-215 cm AD) al final de la temporada es decir en octubre. Notarbartolo di Sciara (1988) propone que la talla de expulsión para esta especie de manta está entre 65 y 85 cm AD y observa que las más pequeñas fueron dominantes en invierno y las medianas y grandes en verano debido a que empiezan a moverse hacia esta zona en la primavera probablemente por alimentación y reproducción. La observación de embriones en las primeras fases de desarrollo en agosto y embriones en fase terminal en octubre, así como la presencia de organismos neonatos en los primeros meses del año, apoya la propuesta de Notarbartolo di Sciara (1988) de considerar esta zona como área de alimentación, reproducción y crianza, además de asumir que esta especie tiene ciclos reproductivos anuales. Este autor también encuentra una dominancia de hembras en invierno, todas las hembras muestreadas en octubre estaban grávidas y todos los embriones

encontrados en ellas estaban en la misma etapa de madurez lo que sugiere una actividad reproductiva coordinada.

La mínima diferencia en la proporción de sexos, la presencia de ambos en las redes y las diferencias en tallas en invierno y verano, sugiere que no hay una segregación de sexos, pero si por talla según la temporada como lo sugiere Notarbartolo di Sciara (1988).

2. Análisis de Isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$

Debido a que las razones de isótopos estables de los tejidos del consumidor se derivan de la comida asimilada, los tejidos reflejan las aportaciones de la dieta a lo largo del tiempo, lo cual permite comparar los valores de las presas con los depredadores. Las tasas metabólicas y la consecuente refracción de los elementos difieren según el tejido que se utilice, por ejemplo, el tejido del hígado puede almacenar información de 15 días aproximadamente, el músculo guardará información de un mes y un diente puede almacenarla por un año. Puede haber múltiples razones de variación en las razones isotópicas, desde el tipo de comida, entre especies de consumidor, entre tejidos u órganos dentro de un mismo organismo o debido a algún tipo de estrés fisiológico como la falta de proteínas. La combinación específica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ es el resultado de la interacción de los componentes de la dieta de las especies (Tiezen *et al.*, 1983; Hobson *et al.*, 1996 y 1997).

Se ha observado que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ son más altos en especies que se alimentan en zonas costeras en comparación a las especies que se alimentan en zonas oceánicas debido a que en las zonas costeras hay una mayor aportación de nutrientes provenientes del continente y las cadenas tróficas suelen ser más largas, por lo que la acumulación de isótopos estables en los tejidos de los organismos de la zona costera es mayor que en la zona oceánica donde las cadenas tróficas suelen ser más cortas. Los valores mayores a -16‰ C tienden a estar más cercanos a la costa y menores a este valor se consideran provenientes de la zona oceánica (De Niro y Epstein, 1978; Hobson, *et al.*, 1995).

Comentario [U4]: Le entiendes? Yo no!

2.1 *Mobula japonica*

Esta es la especie más abundante en el área de estudio. En 2002, se obtuvieron muestras en los meses de primavera y verano (mayo, junio y julio) debido a que son los meses con los que inicia la temporada de esta especie coincidiendo con la presencia del eufáusido *Nectiphanes simplex* el cual es la presa preferida de *Mobula japonica* (Notarbartolo di Sciara 1988; Hobro, 2002).

Nectiphanes simplex es la especie de eufáusido más abundante en el Golfo de California y es considerado una especie de aguas transicionales con un máximo de abundancia y periodo reproductivo entre febrero y junio. Es probable que los grandes enjambres formados por esta especie en los meses mencionados, se deban a un comportamiento reproductivo. Esta especie es costera y permanece cerca de los 100 mts de profundidad y probablemente realiza migraciones verticales a profundidades mayores. Las islas del Golfo de California, especialmente del lado oeste, aumentan la superficie de costa lo que ayuda al proceso de mezcla y surgencias trayendo como consecuencia el aumento de zooplancton (Brinton y Townsend, 1980, Gendron 1992).

En la figura 15 se muestran los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de *M. japonica* en categorías por sexo y edad durante 2002. Se observa una separación en las razones isotópicas de carbono y nitrógeno entre adultos y jóvenes independientemente del sexo, lo cual se confirma con la proporción de sexos obtenida de casi igual a uno. Los organismos jóvenes tienen valores de $\delta^{15}\text{N}$ enriquecidos en comparación con los adultos, sin embargo no se observan cambios de nivel en la cadena trófica que requiere de una diferencia de 3 a 5‰ de $\delta^{15}\text{N}$. La diferencia encontrada presenta un valor menor, lo cual sugiere que los organismos jóvenes se están alimentando de la misma fuente de alimento que los adultos pero a diferente profundidad (mayor) (Hobson y Clark, 1992; Hobson *et al.*, 1995). Es posible que los jóvenes se mantengan más cercanos al fondo marino por protección o por una diferencia en las velocidades de nado entre individuos de diferente tamaños como lo menciona Springer (1967) en otras especies de elasmobranquios.

Las hembras tienen una disminución de entre 1 y 1.5 ‰ de $\delta^{13}\text{C}$ comparado con los machos, lo que sugiere que las hembras tienen un origen de la fuente alimentaria diferente a la de éstos, probablemente se alimenten más hacia la zona oceánica. Estos valores indican que su fuente de alimento no es cercana a la costa, pues los valores de $\delta^{13}\text{C}$ costeros están más enriquecidos. Generalmente se asume que el aumento en $\delta^{13}\text{C}$ del consumidor respecto a la presa es desde 0.5 hasta 2‰ (Hobson *et al.*, 1995).

En la figura 16, se observa que los valores de ambos isótopos se recorren de mayo a julio, disminuyéndose en ambas razones. Tiezen *et al.* (1983), mencionan que la tasa de renovación del tejido muscular es de un mes, es decir que los valores encontrados en las mantas al inicio de la temporada (mayo) es información proveniente de otra zona de alimentación fuera de la Bahía La Ventana, B.C.S. lo que podría apoyar la idea de movimientos estacionales de esta especie, coincidiendo con lo que informa Notarbartolo di Sciara (1988), así como con los comentarios y observaciones hechos por los pescadores de la zona referentes a la llegada de las “manchas” de cubana cuando inicia el verano. Este enriquecimiento observado en mayo (en comparación con julio) menor a 3‰ en $\delta^{15}\text{N}$ sugiere que provienen de zonas enriquecidas en N y probablemente de aguas más profundas. El enriquecimiento de $\delta^{13}\text{C}$ puede sugerir que se están alimentando en zonas más cercanas a la costa, al llegar a la zona de estudio, se alimentan probablemente en el canal Cerralvo o afuera de la isla Cerralvo y en aguas más superficiales donde se encuentran los grandes enjambres del eufáusido *N. simplex* (Hobson, *et al.* 1996)

En 2004 (Fig. 17), los datos están agrupados entre -16.99 y -17.56‰ de $\delta^{13}\text{C}$ y 14.79 y 16.44‰ de $\delta^{15}\text{N}$, solamente una hembra joven muestra una disminución considerable de $\delta^{15}\text{N}$ (14.79‰) apartándose del grupo. Este valor disminuido en nitrógeno, indica que al menos un mes previo a la captura, esta hembra joven se alimentó en zonas más superficiales que los demás grupos (Hobson *et al.*, 1995). Esto puede deberse a la tendencia de estos organismo a buscar los parches de *N. simplex* que suelen encontrarse cerca de la superficie (Brinton y Townsend, 1980).

En cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, tampoco hay una agrupación que sugiera un comportamiento, las mismas hembras jóvenes que se separan en $\delta^{15}\text{N}$, tienen valores ligeramente enriquecidos en C, lo que puede sugerir una zona de alimentación ligeramente más cercana a la costa pues en la zona costera hay una mayor cantidad de nutrientes, sin embargo, siguen siendo oceánicos ya que todos los valores son menores que -16‰ . (De Niro y Epstein, 1978; Hobson, *et al.*, 1995).

En 2004 (Fig. 18) se consideró mayo como el inicio de la temporada (igual que en 2002) debido a que las mobulas empiezan a llegar al área de estudio junto con la entrada de corrientes de aguas cálidas. Su abundancia disminuye en octubre debido a la entrada de corrientes de aguas más frías por lo que este mes se considera el fin de la temporada (Notarbartolo di Sciara, 1988). Incluso, los pescadores de la cooperativa de Punta Arenas cambian al recurso tiburón porque la “mancha” de cubana ya esta terminando.

Los valores de mayo, tienen una disminución de 1.5‰ en $\delta^{15}\text{N}$ comparados con los de octubre (Fig. 18), sin embargo no hay una diferencia marcada en $\delta^{13}\text{C}$. Tieszen *et al.* (1983), mencionan que el músculo puede acumular información por un periodo de un mes, lo que sugiere que la información obtenida en mayo proviene de otra zona de alimentación diferente que la de octubre. Es probable que las mantas hagan migraciones verticales frecuentes siguiendo el comportamiento de su presa, *Nectiphanes simplex* dentro de un área donde el origen del alimento no varíe (Hobro, 2002).

En la figura 19, se tiene un macho adulto con una diferencia de casi 2‰ de $\delta^{15}\text{N}$ entre el músculo y el contenido estomacal, lo cual no es suficiente para determinar un cambio en el nivel trófico (Hobson y Clark, 1992) pero sí sugiere que el consumidor se alimenta a diferentes profundidades y la presa se encontraba a una profundidad menor cuando fue consumida. En el $\delta^{13}\text{C}$ la diferencia es muy poca, siendo el eufáusido quien está enriquecido lo que sugiere que éste se encuentra en una zona más costera cuando fue consumido. Es posible que la manta esté realizando migraciones de la zona costera hacia la zona oceánica dentro de esta área y por ello el valor reflejado en el músculo es menor (posiblemente información de un mes atrás) (Tieszen *et al.*, 1983; Hobro, 2002).

Gendron *et al.* (2001), determinan los valores de isótopos estables para diferentes especies de ballenas así como para *N. simplex* y obtiene un valor de 11‰ en $\delta^{15}\text{N}$ y -19.5‰ de $\delta^{13}\text{C}$ para el eufáusido colectado en la parte media de La Bahía de La Paz. Los valores obtenidos para los eufáusidos en el presente estudio, no fueron colectados del medio natural sino de los estómagos de los consumidores y fueron de 14.79‰ de $\delta^{15}\text{N}$ Y -16.59‰ de $\delta^{13}\text{C}$. Estos valores indican una zona más profunda y más costera que los obtenidos por Gendron *et al.* (2001). Es posible que las mantas se estén alimentando de eufáusidos que estén en aguas más cercanas al fondo, Gendron (1992) menciona que *N. simplex* posiblemente se alimente de detritus en el fondo y Hobson *et al.* (1995) mencionan que las aguas más profundas están enriquecidas en Nitrógeno, por lo cual es probable que los valores sean mayores en comparación con lo encontrado por Gendron *et al.*, (2001).

La diferencia mínima en los niveles de $\delta^{15}\text{N}$ del consumidor en comparación con la presa sugiere que tienen el mismo nivel trófico, algo similar a lo que sucede con *N. simplex* y algunas sardinas (*S. sagax*) que los depredan, donde la diferencia es muy pequeña (Jaume, 2004).

2.1.1 Comparación interanual

En la comparación interanual (fig. 20), en mayo de 2002 los valores de $\delta^{15}\text{N}$ están enriquecidos aproximadamente en 3‰ en comparación con mayo de 2004 lo que sugiere que en 2002 se alimentaron de presas con un nivel trófico diferente que en 2004 (Rau, 1985). La información obtenida en mayo, probablemente proviene de otra zona de alimentación lo cual podría sugerir una zona fuera de la Bahía La Ventana en donde se están alimentando de diferentes presas y debido a su migración estén cambiando de fuentes alimentarias. En julio de ambos años, es probable que la información obtenida del músculo, provenga de la zona de estudio, la diferencia en los dos isótopos estables es muy poca lo que puede sugerir que se alimentan de las mismas presas dentro del área y durante la temporada confirmando lo encontrado por Notarbartolo di Sciara (1988) y Hobro (2002). Estos dos autores mencionan que esta especie de manta consume preferencialmente *N. simplex* en esta zona durante el verano.

2.2 *Mobula munkiana*

Esta es la manta más pequeña presente en el golfo comúnmente llamada “tortilla”. Esta especie se encuentra solamente durante los meses de otoño e invierno, sin embargo el presente estudio se encuentra desde febrero hasta julio, siendo más abundante en junio y posteriormente se deja de capturar. Notarbartolo di Sciara (1988) menciona que *M. munkiana* es visitante de los meses de invierno y que en verano, solamente se observa ocasionalmente para luego desaparecer del área de pesca. Asimismo, sugiere la posibilidad de que esta especie se reproduzca en la mitad norte del Océano Pacífico Oriental Tropical y que tenga crías en el verano como se sugiere para las otras dos especies.

En 2002 (Fig. 21), se obtuvieron muestras durante los meses de verano. En los valores de $\delta^{15}\text{N}$, no se observan diferencias mayores a 3‰ lo que sugiere se están alimentando de presas con el mismo nivel trófico independientemente de la edad o sexo. Se observa una clara separación entre hembras y machos en $\delta^{15}\text{N}$, las hembras tanto adultas como jóvenes tienen el mismo nivel de nitrógeno y los machos tanto adultos como jóvenes, tienen valores de nitrógeno similares. Es decir que no hay una diferencia en la profundidad a la que se están alimentando según la edad, pero sí según sexo. Las hembras están disminuidas en $\delta^{15}\text{N}$ en comparación con los machos lo que sugiere que se están alimentando en zonas más superficiales. En cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, los valores sugieren una agrupación más por edad que por sexo. Los adultos de ambos sexos están disminuidos en carbono comparados con los jóvenes de ambos sexos, lo que sugiere que el origen de la fuente alimentaria de los adultos probablemente está más alejada de la costa. Es probable que los organismos jóvenes se alimenten más cerca de la costa por protección y porque cerca de la costa es probable que encuentren más alimento (Springer, 1967).

Villavicencio-Garayzar (1991), sugiere que hay una segregación por sexo pues encuentra una mayoría de hembras en las redes. Estas redes que se utilizan para capturar mobulas en la Bahía La Ventana, son redes colocadas en superficie que llegan hasta pocos metros de profundidad, es decir que están ubicadas en la zona donde se puede encontrar preferentemente hembras (Figura 21). En cuanto

al $\delta^{13}\text{C}$, Notarbartolo di Sciara (1988), sugiere en su estudio que los jóvenes probablemente utilizan una zona más costera para alimentación .

Por lo tanto, hay una segregación por sexo, al estar alimentándose a diferente profundidad y por edad al estar alimentándose en diferente zona (Fry y Sherr, 1984; Hobson, *et al.*, 1995).

En 2004 (Fig. 22) se observa una diferencia entre jóvenes y adultos. En relación al $\delta^{15}\text{N}$, los adultos de ambos sexos tienen valores disminuidos y en cuanto al $\delta^{13}\text{C}$ presentan valores también menores que los jóvenes lo que sugiere que los adultos se alimentan en una zona más oceánica y más superficial que los jóvenes.

En la comparación entre febrero y julio, no se observa un cambio en los niveles de $\delta^{15}\text{N}$ (Fig. 23), sin embargo sí hay una diferencia de aproximadamente 1‰ en $\delta^{13}\text{C}$. Comparando junio de ambos años, tampoco se observan diferencias marcadas en ambas razones isotópicas. Esto sugiere que de invierno a verano se mueven horizontalmente cambiando el origen de su fuente de alimento aunque el nivel trófico de su presa es el mismo en ambas zonas. Además, la carencia de patrones de cambio entre los años, sugiere que cada año regresan a la misma zona de alimentación como lo sugiere Notarbartolo di Sciara (1988). Este autor menciona que existen diferentes causas para este comportamiento ecológico diferente a otros mobulidos. Una causa puede ser que la abundancia de su presa principal (misidáceos) decline en verano, por lo que tiene que migrar hacia donde se encuentra esa especie o alimento similar. O bien migra debido a la competencia con mantas y mobulas de mayor tamaño como por ejemplo las otras dos especies tratadas en este estudio. Otra opción podría ser que buscan un lugar con las condiciones adecuadas para reproducirse y tener crías, sin embargo, esta especie ha sido descrita muy recientemente y sólo se tiene información del Golfo de California y en Ecuador (Notarbartolo di Sciara, 1988).

En 2004, se analizaron músculos y contenidos estomacales en diferentes categorías (Fig. 24). La hembra adulta tiene valores enriquecidos en $\delta^{15}\text{N}$ por aproximadamente 2.44‰ en relación a su presa, esto sugiere una relación depredador-presa pero no un cambio de nivel trófico entre ellos. La hembra joven y su presa tienen una diferencia similar a la de la hembra adulta (2.5‰) y el macho adulto es quien tiene un mayor incremento (5.07‰). Es en el macho adulto donde

se puede considerar un cambio en el nivel trófico del consumidor en relación con su presa. En cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, también es el macho adulto quien presenta una mayor diferencia en relación a su presa, lo que sugiere que su presa se podría encontrar en una zona menos costera. Los valores encontrados en las presas de los machos adultos son similares a los obtenidos por Gendron *et al.* (2001), y por Jaume (2004) (-19 y -17‰ de $\delta^{13}\text{C}$ respectivamente) para *N. simplex*, Hobro (2002) menciona que *M. munkiana* consume preferentemente misidaceos, sin embargo encuentra eufáusidos en un estómago. Es posible que los machos en el verano se alimenten también de eufáusidos o de alguna otra presa que tenga hábitos más oceánicos que los misidaceos y que esté en mayor abundancia durante los meses de verano. Este macho fue colectado en julio y éste mes es el último registrado en este estudio para esta especie, es posible que después migren en busca de su presa preferencial, como lo menciona Notarbarolo di Sciara (1988).

Comparando las hembras adulta y joven, se observa que la hembra joven tiene un enriquecimiento en ambas razones isotópicas tanto del consumidor como de la presa, lo que puede indicar que éstas se mueven hacia zonas más cercanas al fondo marino y mas costeras, probablemente en busca de misidaceos que son mas abundantes en esas aguas (Hobson, *et al.*, 1995; Zouhiri, *et al.*, 1998).

2.2.1 Comparación interanual

En los valores de junio tanto del 2002 como del 2004, se observa muy poco cambio en ambos isótopos estables lo que sugiere que cada año las mantas de esta especie se están alimentando de presas con niveles tróficos similares (Rau, *et al.*, 1985) (Fig. 25).

2.3 *Mobula thurstoni*

La cubana “lomo azul” (*M. thurstoni*), es una especie que se encuentra en el área durante todo el año, sin embargo existe una fuerte segregación por talla y probablemente por sexo según la temporada. Durante los meses de invierno, es común encontrar tallas pequeñas y cuando empieza la primavera, los organismos más grandes empiezan a llegar al área desde sus zonas desconocidas de estancia invernales (Notarbartolo di Sciara, 1988).

En 2002 (Fig. 26) las hembras jóvenes presentan un enriquecimiento en $\delta^{13}\text{C}$ en comparación con los machos (tanto jóvenes como adultos) (Tabla 9). Los machos jóvenes tienen una razón isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ similar a los machos adultos. Estas diferencias de más de 1‰ de $\delta^{13}\text{C}$, sugieren que las hembras jóvenes tienen un origen de la fuente alimentaria diferente a los machos, más cercana a la costa. Además de estar ligeramente disminuida en $\delta^{15}\text{N}$ sin embargo, estos valores son menores a 3‰ por lo que se considera que todos están en la misma posición trófica (Rau, *et al.*, 1989). Notarbartolo di Sciara (1988) sugiere en su trabajo la posibilidad de que estos organismos siendo jóvenes, se alimenten de un misidáceo que Hobro (2002) identifica como *Proneomysis wailesi*, el cual está asociado al suelo marino de estuarios y aguas poco profundas y costeras (Zouhiri, *et al.*, 1998).

En la comparación entre el inicio de la temporada y el final de ésta (Fig. 27) para esta especie, no se observa una diferencia marcada entre los valores de isótopos estables de ^{13}C y ^{15}N . Esto podría sugerir que de mayo a julio no hay un cambio en el nivel trófico pues la diferencia menor a 3‰ en $\delta^{15}\text{N}$. Sin embargo, sí podría haber un cambio en la profundidad de la zona de alimentación, en julio los valores están enriquecidos (17.51‰ $\delta^{15}\text{N}$) lo que sugiere una zona de alimentación más profunda ya que cerca del fondo hay una mayor cantidad de nutrientes por lo que los valores de isótopos estables de $\delta^{15}\text{N}$ se ve incrementado (Hobson *et al.*, 1995). Los valores de $\delta^{13}\text{C}$, son menores a -16‰ en ambos meses lo que sugiere una alimentación más alejada de la costa. Entre los meses, la diferencia es muy poca por lo que se puede considerar que se alimentan en la misma área pero a diferentes profundidades (Fry y Sherr, 1984; Hobson, *et al.*, 1995).

En 2004 (Fig. 28) se observa una separación de los valores entre hembras y machos. Las hembras tanto jóvenes como adultas están disminuidas en $\delta^{15}\text{N}$ en comparación con los machos, lo que sugiere que las hembras se están alimentando a menor profundidad. En cuanto al $\delta^{13}\text{C}$ no hay una agrupación, las hembras adultas y los machos jóvenes tienen un ligero enriquecimiento, sin embargo todos tienen valores menores a -16‰ , esto sugiere que se están alimentando en un área oceánica (Hobson *et al.*, 1995). Notarbartolo di Sciara (1988), menciona que hay una segregación por sexo pero según la temporada y empezando verano ya no se alcanza a distinguir tal segregación.

En febrero los valores están enriquecidos en $\delta^{15}\text{N}$ (17.48‰) en comparación con octubre (16.65‰). Es posible que la información obtenida en febrero (Fig. 29) provenga de otra área de alimentación más rica en Nitrógeno. Esto puede sugerir que en invierno están utilizando zonas de alimentación más profundas y probablemente más costeras, por ello, organismos que se obtuvieron en febrero son jóvenes y se alimentan principalmente de *P. walesi*. En octubre las mantas de esta especie se alimentan de *N. simplex* según Notarbartolo di Sicara (1988). Los valores están disminuidos lo que puede indicar movimientos verticales en función del alimento. Estudios hechos con telemetría, revelan que cuando hay "krill", las mantas realizan movimientos verticales que indican un comportamiento alimentario, además se ha observado que las mantas se alimentan en las noches cuando los parches de "krill" se acercan a la superficie (Freund, *et al.*, 2000). Es decir que en invierno cuando se alimentan preferencialmente por el *P. walesi* están a mayor profundidad debido a los hábitos de su presa, en cambio durante el verano, cuando se alimentan de "krill", es probable que estén más cerca de la superficie aprovechando estos parches formados por *N. simplex*.

Notarbartolo di Sciara (1988) menciona que el alimento varía según la temporada y el tamaño, los misidaceos fueron dominantes en los estómagos muestreados en su estudio durante los meses de invierno en cambio los eupáusidos fueron dominantes en los meses de verano.

Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de las presas (*N. simplex*) (Fig. 30) son ligeramente mayores que los de su consumidor, esto podría indicar que una mes antes, la mobula se estuvo alimentando en una zona mas superficial, por lo que los valores

de $\delta^{15}\text{N}$ que se obtienen del músculo están disminuidos comparados con los valores obtenidos de la presa presente en el contenido estomacal (agosto). En cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, la presa tiene una disminución en relación a su consumidor, lo que sugiere que la presa en ese momento tiene hábitos más oceánicos que las presas consumidas un mes atrás. Hobson y Schell, (1998) mencionan que los animales que migran regularmente entre aguas ricas en nutrientes y aguas reducidas en nutrientes pueden mostrar oscilaciones en la firma isotópica.

2.3.3 Comparación interanual

En la comparación interanual (Fig. 31), los valores obtenidos en 2004, están disminuidos en $\delta^{15}\text{N}$ y en $\delta^{13}\text{C}$. Sin embargo la diferencia es menor a 1‰, esto podría indicar que en los dos años las mantas regresan a alimentarse a esta zona y que se alimentan de presas de niveles tróficos similares; sin embargo pueden realizar migraciones verticales para aprovechar los parches de plancton de manera similar a *M. japonica* (Rau, *et al.*, 1989).

2.4 Comparaciones interespecíficas

M. japonica es la especie que tiene una mayor varianza en ambas razones isotópicas pero observando las medias se puede ver que las tres especies de mobulidos tienen un mismo nivel trófico, el $\delta^{15}\text{N}$ sugiere que *M. japonica* es la que se alimenta en aguas más superficiales y *M. munkiana* es quien utiliza zonas más cercanas al fondo para alimentarse mientras que *M. thurstoni* podría estar en un nivel intermedio porque su comportamiento alimenticio varía según la talla y temporada (Hobson *et al.*, 1995). *M. munkiana* se alimenta de misidáceos de manera similar a los jóvenes de *M. thurstoni* durante el invierno (Notarbartolo di Sicara, 1988).

Los resultados obtenidos en este trabajo confirman que *Mobula thurstoni* es una especie más costera como lo menciona Notarbartolo di Sciara (1988). Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ indican una alimentación más cercana a la costa y presenta valores enriquecidos en $\delta^{13}\text{C}$ en contraste *M. japonica*. Además, se puede apreciar una segregación por sexo y talla según la temporada a diferencia de *M. japonica* donde en todos los meses se ve una clara separación tanto vertical (bentónico-

pelágico) como horizontal (costero-oceánico) entre los jóvenes y los adultos de ambos sexos. *M. japonica*, presenta valores disminuidos en $\delta^{13}\text{C}$ lo cual sugiere una zona de alimentación más oceánica, también presenta valores mas disminuidos en $\delta^{15}\text{N}$ que *M. thurstoni* lo que sugiere que *M. japonica* se alimenta en zonas menos profundas.

Hobro (2002), menciona que *M. munkiana* tiene un comportamiento alimentario significativamente diferente a las otras dos especies. Ésta se alimenta principalmente de *Proneomysis walesi* mientras que las otras dos consumen más eufáusidos (*N. simplex*). También menciona que los tamaños de ambas presas son diferentes, *P. walesi* es más pequeño que *N. simplex* y que éste es del mismo tamaño entre las dos especies que lo consumen.

M. japonica es una especie rara durante los meses de invierno, pero *M. munkiana* permanece relativamente abundante cerca de la costa y los jóvenes de *M. thurstoni* son abundantes durante estos meses de invierno aunque los adultos de esta especie lleguen después. Se ha concluido que *M. thurstoni* usa esta área como zona de crianza y que la dieta de esta especie varía estacionalmente de acuerdo a la abundancia de la presa. Los misidáceos son abundantes en los meses de diciembre a marzo mientras que *N. simplex* es más abundante en los meses cálidos (Notarbartolo di Sciara , 1988; Hobro, 2002).

Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ en los machos de las tres especies (Fig. 33), sugieren que no hay una diferencia en los nichos tróficos entre ellos. Tanto los machos de *M. japonica* como las hembras, están disminuidos en $\delta^{15}\text{N}$, lo que podría sugerir una preferencia por zonas más superficiales de alimentación. Es posible que se alimenten durante la noche debido a que los eufáusidos se acercan a la superficie. Lavaniegos (1994) menciona que *N. simplex* permanece cerca del fondo durante el día y migra a la superficie durante la noche. Como resultado de este comportamiento es la abundancia de estas presas en las capas más superficiales de la columna de agua en la noche. Esto puede ayudar a la alimentación de las mantas debido a la mayor abundancia de esta presa y a la poca capacidad de evitar depredadores por falta de luz como ocurre comúnmente en la noche. Estudios previos hechos con el tiburón ballena, revelan un comportamiento similar pues éstos comen tanto durante la noche como durante el día (Hobro, 2002). Los

machos de *M. thurstoni*, tienen valores ligeramente enriquecidos en $\delta^{15}\text{N}$ comparado con los machos de las otras dos especies e incluso comparados con las hembras. En cuanto a *M. munkiana*, se encuentra en el mismo nivel trófico que *M. thurstoni* y ligeramente enriquecido en relación a las hembras. En general, las hembras tienen valores de $\delta^{15}\text{N}$ disminuidos, lo que sugiere que las hembras se alimentan en aguas más superficiales que los machos.

En cuanto al $\delta^{13}\text{C}$, tanto machos como hembras (Fig. 34) de las tres especies están entre -16 y -17‰. Lo que sugiere que todos tienen el mismo origen de la fuente alimentaria y que ésta se orienta a la zona más costera pues en esta zona hay una mayor cantidad de nutrientes lo que aumenta también la cantidad de C (Hobson *et al.*, 1995).

Existe poca información sobre el comportamiento alimentario de las mantas, pero las estrategias de alimentación pueden relacionarse a la de otros elasmobranquios filtradores, todos ellos usan agregaciones de plancton como alimento. Estudios hechos con el tiburón ballena y el tiburón boquiancha (*Megachasma pelagios*) han demostrado que estas dos especies utilizan principalmente la alimentación por succión, en contraste con el tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*) que captura zooplancton con una estrategia llamada filtración ram, es decir nadando de manera pasiva (Compagno, 1990; Sims, 2000). La estrategia alimenticia utilizada por las mantas está más relacionada al método de succión utilizado por las dos primeras especies mencionadas (Hobro, 2002).

A lo largo de este trabajo, se han sugerido diversos factores en torno al comportamiento alimenticio de estas tres especies de mantas comerciales en el Golfo de California. Las cubanas están utilizando esta área como zona de alimentación además de reproducción y crianza como lo sugiere Notarbartolo di Sicara (1988). Aun cuando es probable que tengan niveles tróficos similares y que estén utilizando esta área año tras año, se ha sugerido que en general, provienen de zonas con un mayor enriquecimiento y que se mueven tanto horizontal como verticalmente en busca de su presa.

Debido a su baja fecundidad, gran tamaño y lento crecimiento, las mantas son altamente vulnerables a la sobreexplotación. Evidencia sugiere que tras una

fuerte explotación, este recurso ha llegado a un nivel de no sustentabilidad, y las poblaciones pueden necesitar de décadas para recuperarse. Por lo que el control debe enfocarse a prevenir la disminución de las poblaciones de mantas en México para asegurar su conservación y manejo sustentable a largo plazo (Hobro, 2002).

Conclusiones

La información obtenida en este trabajo, confirma algunos resultados de estudios previos en el área, además sugiere algunos patrones de movimientos que se reflejan en las firmas isotópicas obtenidas.

Aún así hay muchos aspectos (no sólo alimentarios) sobre este género que no han sido estudiados y podrían servir para corroborar lo aquí obtenido. Esta información faltante, puede ser esencial para un manejo adecuado de este recurso así como para un intento de proteger estos organismos tan importantes tanto ecológica como económicamente en el Golfo de California.

- Se comprobó que el uso de esta técnica puede facilitar el estudio de relaciones tróficas y patrones de movimientos a largo plazo como se ha sugerido en estudios previos con otras especies.
- Hay una segregación por edad en *Mobula japonica* y *Mobula munkiana*.
- En *Mobula thurstoni*, no se encuentra un patrón definido de movimientos probablemente por que es la única especie que se encuentra todo el año y su dieta varía según la temporada.
- Hay diferencias en la firma isotópica de N entre los meses de inicio y fin de temporada en *M. japonica* y *M. thurstoni*.
- Hay diferencias en la firma isotópica de C entre los meses de inicio y fin de temporada en *M. munkiana*.
- El análisis de isótopos estables de ^{13}C y ^{15}N indica que no hay diferencia en el nivel trófico de los consumidores y sus presas en *M. japonica* ni en *M. thurstoni*
- Solamente los machos adultos de *M. munkiana* presentan un cambio en el nivel trófico en relación a su presa.
- Las tres especies tienen el mismo nivel trófico
- Presentan movimientos horizontales (costero-oceánico) y verticales (pelágico-bentónico) como parte de su comportamiento alimentario.

- *M. japonica* se alimenta en aguas más superficiales y *M. munkiana* utiliza zonas más cercanas al fondo para alimentarse mientras que *M. thurstoni* podría estar en un nivel intermedio porque su comportamiento alimenticio varía según la talla.
- *M. japonica* está presente en los meses de verano, *M. munkiana* en los meses de invierno y primavera y *M. thurstoni* está presente todo el año con una segregación por talla según la temporada.
- La zona suroccidental del Golfo de California es un área importante de estancia y alimentación para las tres especies de mobulidos.
- Se obtuvo que *M. japonica* es la especie más abundante durante los meses de verano como se ha sugerido previamente.
- La “tortilla” (*M. munkiana*), se presenta durante los meses más fríos y al inicio de los cálidos.
- *M. thurstoni* es la menos abundante pero está presente durante todo el año.

Literatura Consultada

- Aguilar-Castro N.A. 2003. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* en el Golfo de California, México. *Tesis de maestría*. CICIMAR. 105 pp
- Alexander, R.L. (1995). Evidence of a counter-current heat exchanger in the ray, *Mobula tarapacana* (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Batoidea: Myliobatiformes). *The Journal of Zoology, London*. 237: 377-384.
- Alexander, R.L. 1996. Evidence of brain-warming in the mobulid rays, *Mobula tarapacana* and *Manta birostris* (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Batoidea: Myliobatiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 118: 151-164.
- Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. *En*: Ketchum, B.K. (ed). *Ecosystems of the World 26, Estuaries and Enclosed Seas*. Elsevier Scientific Publishing Co. UK. 427-449 pp.
- Applegate, P.S. y L. Espinoza. 1993. An overview of Mexican shark fisheries, with suggestion for shark conservation in Mexico. 31-31 *En*: Branstetter, F. (ed) *Conservation Biology of elasmobranchs*. NOAA Tech. Rep. NMFS 105
- Bizarro, J.J. 2001. Mobulid fishing camps in the La Paz Region (Baja California Sur, Mexico). *Monterey Bay Aquarium Technical Report*. 2p.
- Brinton, E. y Townsend. A.W. 1980. Euphausiids in the Gulf of California, the 1957 cruises. *Rep. Calif. Coop. Oceanic Fish Invest.* 21: 211-236
- Cabrera-Chávez. A. 2003. Hábitos alimenticios del tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*) (Bibron, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur. *Tesis de maestría*. CICIMAR. México. 94 pp
- Cappetta, H. 1987. Chondrichthyes II. Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii.. *En*: Shultze, L y G. Fisher (eds). *Handbook of Paleoichthyology*. Vol 3b, 1-193 pp. Gustav Fischer Verlag. Alemania
- Colman, J.G. 1997. A review of the biology and ecology of the whale shark. *Journal of Fish Biology*. 51: 1219-1234.
- Compagno, L.J.V. 1987. Relationships of the Megamouth Shark, *Megachasma pelagios* (Lamniformes: Megachasmidae), with comments on its feeding habits. *En*: *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries*. Proceedings of the Second United

- States-Japan Workshop, East-West Centre, Honolulu, Hawaii, 9-14 December 1987. NOAA Technical Report NMFS 90: 357-377
- Compagno, L. 1999. Systematics and body form. Pages 1-42 *En: Hamlet, W.C. (ed) Sharks, skates and rays*. Johns Hopkins University Press. USA. 515 pp
- De la Lanza, G. E. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT editor. México 525 pp
- De Silva- Dávila, R. y Palomares-García, R. 2002. Distributional patterns of the euphausiid community in Bahía de La Paz, B.C.S., México. Pp 109-125. *En: M.E. Hendrickx (ed). Contributions to the study of the East Pacific Crustaceans*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 383 pp
- De Niro, M.J. y S. Epstein. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 45:495-506
- Duffy, C.A. 2002. Distribution, seasonality, lengths and feeding behaviour of whale sharks (*Rhinconodon typus*) observed in New Zealand waters. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. (36): 565-570
- Ehleringer, J.R., P.W. Rundel y K.A. Nagy. 1986. Stable isotopes in Physiological Ecology and Food Web Research. *Trends in Ecology & Evolution*. 1 (2): 42-45
- Escobar- Sánchez, O. 2004. Hábitos alimenticios de *Squatina californica*. *Tesis de Maestría*. CICIMAR-IPN. México
- Fry, B. y E. B. Sherr. 1984. $\delta^{13}\text{C}$ measurement as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contributions to Marine Science*. 27: 13-47
- Gendron, D. 1992. Population structure of daytime surface swarms of *Nyctiphanes simplex* (Crustacea: Euphausiacea) in the Gulf of California, Mexico. *Marine Ecology Progress Series*. 87: 1-6
- Gendron, D., Aguíñiga, S. y Carriquiry, J.D. 2001. $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in skin biopsy samples: a note on their applicability for examining the relative trophic level in the three orca species. *Journal of Cetacean Research Manage*. 3(1): 1-4
- Guerrero-Maldonado, L. 2002. Captura comercial de elasmobranchios en la costa suroccidental del Golfo de California. *Tesis de Licenciatura*. UABCS. México. 53 pp
- Hart, S. 1988. Food chains: the Carbon Link. *Science News*. 136: 168-169
- Hobro, F. 2002. The feeding ecology, foraging behaviour and conservation of manta rays (Mobulidae) in Baja California, Mexico. *Tesis de Maestría*. United Kingdom. 90 pp.

- Hobson, K., W.G. Ambrose y P. Reanud. 1995. Sources of primary production, benthic-pelagic coupling, and trophic relationships within the Northeast Water Polynia: insights from $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis. *Marine Ecology Progress Series*. 128: 1-10
- Hobson, K y R. Clark. 1992. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ^{13}C in tissues. *The cooper Ornithological Society*. 94: 181-188
- Hobson, K. y D.M. Schell. 1998. Stable carbon and nitrogen isotope patterns in baleen from eastern Arctic bowhead whales (*Balaena mysticetus*). *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science*. 55: 2601-2607
- Hobson, K., D. Schell, D. Renout y E. Nosewoerthy. 1996. Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: implications for dietary reconstructions involving marine mammals. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science*. 53: 528-533
- Jaume, S. M. 2004. Hábitos alimentarios del rorcual común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California mediante el uso de isótopos de Carbono y Nitrógeno. *Tesis de Maestría*. CICIMAR-IPN. México
- Johannes, R.E. (1981). *Worlds of the lagoon: Fishing and marine life in Palau District of Micronesia*. Berkeley: University of California Press.246p.
- Ketchum-Mejía, J.T. 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*. CICIMAR-IPN. México. 91pp
- Lavaniegos, B.E. (1994). Dispersion and development patterns in larvae of *Nictiphanes simplex* (Euphausiacea) in the upwelling region off Baja California. *Marine Ecology Progress Series*. 106: 207-225.
- Monteiro, P.M., A.G. James, A.D. Sholto-Douglas y J. G. Field.1991. The $\delta^{13}\text{C}$ trophic position isotope spectrum as a tool to define and quantify carbon pathways in marine food webs. *Marine Ecology Progress Series*. 78: 33-40
- Notarbartolo di Sciara, G. 1987. A revisionary study of genus *Mobula* Rafinesque 1810 (Chondrichthyes: Mobulidae) with the description of new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 91: 1-91
- Notarbartolo di Sciara, G. 1988. Natural history of the rays of the genus *Mobula* in the Gulf of California. *Fishery bulletin*, 86 (1); 45-65

- Notarbartolo di Sciara, G. & E.V. Hillyer. 1989. Mobulid rays off eastern Venezuela (Chondrichthyes, Mobulidae). *Copeia*. 3: 607-614
- Prager, J. 2001. *Los océanos*. McGraw-Hill Interamericana. México. 382 pp.
- Rau, G. 1985. Biochemistry and physiology: $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ hydrothermal vent organisms, ecological and biogeochemical implications. *Biological Society Wash. Bulletin* 6; 243-247
- Rau, G., T. Takahashi y D. Des Marais. 1989. Latitudinal variations in plankton $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$: implications for CO_2 and productivity in past oceans. *Letters to Nature*. 341, 516-518
- Roden, G. I. 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. *En: van Andel, T.H. y G. Shor Jr. (eds). Marine Geology of the Gulf of California. A., Assoc. Petrol. Geol. Mem.* 3:20-38
- Schweitzer, J. and Notarbartolo-Di-Sciara, G. (1986). The Rete Mirabile Crania in the Genus *Mobula*: A Comparative Study. *Journal of Morphology*. **188**: 167-178.
- Sholto-Douglas, A. J.G. Field, A.G. James y N.J. van der Merwe. 1991. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ isotope ratios in the Southern Benguela Ecosystem: indicators of food web relationships among different size-classes of plankton and pelagic fish; differences between fish muscle and bone collagen tissues. *Marine Ecology Progress Series*. 78: 23-31
- Sims, D.W. (2000). Filter-feeding and cruising swimming speeds of basking sharks compared with optimal models: they filter-feed slower than predicted for their size. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 249: 65-76.
- Sims, D.W., A.M. Fox. And D.A. Merrett, D.A. 1997. Basking shark occurrence off southwest England in relation to zooplankton abundance. *Journal of Fish Biology*. 51: 436-440.
- Sims, D.W. y V.A. Quayle. 1998. Selective foraging behaviour of basking sharks on zooplankton in a small-scale front. *Nature*. 393: 460-464.
- Springer, S. 1967. Social organization of shark populations. *En: P.W. Gilbert, R.F. Megtheson y D.P. Rall (eds). Sharks, skates and rays*. 149-174pp. John Hopkins Press. EUA.
- Tieszen, L., T. Boutton, K. Tesdahl y N. Slade. 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for ^{13}C analysis of diet. *Oecología*. 57: 32-37

- Thomson, D. A., L.T. Findley, y A.N. Kerstitch. 2000. *Reef fishes of the Sea of Cortez. The rocky-shore fishes of the Gulf of California*. The University of Texas. USA. 353 pp
- Villavicencio-Garayzar, C. J. 1991. Observations on *Mobula munkiana* (Chondrichthyes: Mobulidae) in the Bahía de La Paz, B. C. S., Mexico. *Revista de Investigación Científica*. México. 2(2): 78-81
- Villavicencio-Garayzar, C. J. 1996. Pesquería de tiburón y cazón. En: Casas-Valdez, M. y G. Ponce-Díaz (Eds), *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola en Baja California Sur*. SEMARNAP, Gob. Del estado de Baja California Sur, FAO, U.A.B.C.S., CIBNOR, CICIMAR, INst. Mal. De la Pesca y CETMAR. 305-316.
- Zouhiri, S., Vallet, C., Mouny, P. and Dauvin, J.C. (1998). Spatial Distribution and Biological Rhythms of Suprabenthic Mysids from the English Channel. *Journal of the Marine Biological Association UK*. 78: 1181-1202.

Anexo

Tabla 12.- Lista general para *Mobula japonica*

N	C					
Delta Air	Delta PDB	Fecha	Talla	TPM 210cm	Sexo	ZONA
18.02	-15.98	May-02	94.5	joven	macho	Punta Arenas
18.20	-16.19	May-02	109.5	joven	hembra	Punta Arenas
16.16	-17.52	May-02	224	adulto	hembra	Punta Arenas
15.95	-16.37	Jun-02	236	adulto	macho	Punta Arenas
17.05	-16.85	Jun-02	195	joven	hembra	Punta Arenas
15.27	-16.07	Jun-02	189	joven	macho	Punta Arenas
15.99	-17.52	Jun-02	228	adulto	hembra	Punta Arenas
16.86	-16.61	Jun-02	133	joven	hembra	Punta Arenas
16.95	-16.01	Jun-02	120	joven	macho	Punta Arenas
16.13	-17.26	Jul-02	189	joven	hembra	Punta Arenas
14.84	-18.16	Jul-02	227	adulto	macho	Punta Arenas
16.14	-16.80	Jul-02	75	joven	hembra	Punta Arenas
16.71	-16.95	Jul-02	192.5	joven	macho	Punta Arenas
15.91	-17.72	May-04	232	adulto	hembra	Punta Arenas
12.93	-16.77	May-04	200	joven	hembra	Punta Arenas
16.73	-16.91	Jun-04	228	adulto	hembra	Punta Arenas
16.11	-17.97	Jun-04	204	joven	macho	Punta Arenas
12.99	-16.53	Jun-04	187	joven	hembra	Punta Arenas
15.78	-17.79	Jun-04	221	adulto	macho	Punta Arenas
16.30	-18.19	Jun-04	228	adulto	hembra	Punta Arenas

16.18	-18.08	Jun-04	211	adulto	macho	Punta Arenas
17.44	-16.17	Jul-04	219	adulto	macho	Punta Arenas
16.19	-17.81	Jul-04	218	adulto	hembra	Punta Arenas
16.94	-16.87	Jul-04	120	joven	hembra	Punta Arenas
16.35	-17.91	Ago-04	240	adulto	macho	Punta Arenas
16.58	-17.34	Ago-04	217	adulto	hembra	Punta Arenas
16.13	-17.41	Oct-04	214	adulto	hembra	Punta Arenas
16.66	-17.25	Oct-04	215	adulto	macho	Punta Arenas
16.30	-17.78	Oct-04	206	joven	hembra	Punta Arenas

Tabla 13.- Lista general para *Mobula munkiana*

N	C					
Delta Air	Delta PDB	Fecha	Talla	TPM 85cm	Sexo	ZONA
16.43	-16.27	Jun-02	34	joven	hembra	Punta Arenas
16.94	-17.29	Jun-02	111	adulto	macho	Punta Arenas
17.02	-16.99	Jul-02	49.1	joven	macho	Punta Arenas
16.78	-16.79	Jul-02	54.4	joven	macho	Punta Arenas
16.47	-17.09	Jul-02	108	adulto	hembra	Punta Arenas
17.41	-15.78	Feb-04	64	joven	macho	El Mogote
16.92	-17.01	Jun-04	91	adulto	hembra	Punta Arenas
16.60	-16.97	Jun-04	86	adulto	hembra	Punta Arenas
15.89	-17.43	Jun-04	87	adulto	macho	Punta Arenas
16.14	-17.30	Jun-04	108	adulto	macho	Punta Arenas
16.20	-16.95	Jun-04	91	adulto	hembra	Punta Arenas
16.39	-16.94	Jun-04	100	adulto	hembra	Punta Arenas
15.82	-17.28	Jun-04	107	adulto	hembra	Punta

						Arenas
16.17	-17.14	Jun-04	100	adulto	hembra	Punta Arenas
16.37	-17.45	Jun-04	91	adulto	macho	Punta Arenas
17.56	-16.57	Jul-04	79	joven	hembra	Punta Arenas
16.99	-17.06	Jul-04	105	adulto	macho	Punta Arenas
16.71	-17.23	Jul-04	85	adulto	macho	Punta Arenas
15.95	-17.67	Jul-04	110	adulto	macho	Punta Arenas
17.29	-17.00	Jul-04	98	adulto	macho	Punta Arenas

Tabla 14.- Lista general para *Mobula thurstoni*

N	C					
Delta Air	Delta PDB	AÑO	Talla	TPM 150	Sexo	ZONA
16.28	-16.85	May-02	196	adulto	macho	Punta Arenas
16.72	-16.66	May-02	115	joven	macho	Punta Arenas
15.79	-15.53	May-02	114.5	joven	hembra	Punta Arenas
17.51	-16.88	Jul-02	115	joven	macho	Punta Arenas
17.42	-16.36	Feb-04	49	joven	macho	El Mogote
17.54	-15.40	Mar-04	46	joven	macho	El Mogote
16.10	-16.92	May-04	69	joven	hembra	Punta Arenas
16.84	-16.88	Jun-04	131	joven	macho	Punta Arenas
16.93	-16.43	Jun-04	109	joven	hembra	Punta Arenas
16.75	-16.20	Jun-04	178	adulto	hembra	Punta Arenas
16.70	-17.23	Jul-04	165	adulto	macho	Punta Arenas
14.49	-17.87	Ago-04	158	adulto	macho	Punta Arenas
16.94	-16.87	Ago-04	168	adulto	macho	Punta Arenas
16.50	-16.76	Ago-04	97	joven	hembra	Punta Arenas
14.02	-16.27	Ago-04	148	joven	hembra	Punta Arenas

16.96	-16.65	Oct-04	93	joven	hembra	Punta Arenas
16.87	-16.46	Oct-04	160	adulto	macho	Punta Arenas
16.71	-16.62	Oct-04	138	joven	macho	Punta Arenas
16.04	-15.81	Oct-04	155	adulto	hembra	Punta Arenas