

00366



*Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología*  
Universidad Nacional Autónoma de México.



**ANÁLISIS ISOTÓPICO DE  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  Y  $\delta^{34}\text{S}$  EN DIENTES DEL  
DELFIN COMÚN *Delphinus capensis* (Gray, 1828) DEL GOLFO DE  
CALIFORNIA, MÉXICO**

**T E S I S**

*Que para obtener el grado académico de*

**Maestro en Ciencias  
(Biología Marina)**

**p r e s e n t a**

**CARLOS ALBERTO NIÑO TORRES**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. JUAN PABLO GALLO REYNOSO**

**COMITÉ TUTORAL: DRA. ELVA ESCOBAR BRIONES**

**DR. LUIS MEDRANO GONZÁLES**

**DR. JORGE R. RUELAS INZUNZA**

**DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA**

**México, D.F. 2004**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

*[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page]*

*A mis Padres  
a mis hermanas,  
y a mi esposa María del Pilar.*

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico y en papel el contenido de mi trabajo intelectual.

NOMBRE: Carlos Alberto Niño  
Torres

FECHA: 04 Agosto 2004

FIRMA: P.A. Zaniela Castro

## RESUMEN

Se realizó un estudio de isótopos estables en *Delphinus capensis* con el objeto de conocer los hábitos alimenticios de la especie en el Golfo de California, para esto se tomaron dientes de 36 ejemplares de la colección del ITESM-CIAD Guaymas, a los cuales se les analizaron los valores isotópicos de Carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ), Nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ ) y Azufre ( $\delta^{34}\text{S}$ ). Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $\bar{x} = -12.43 \pm 1.35$ ) y  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\bar{x} = 15.15 \pm 1.35$ ) indicaron que la población se alimenta principalmente en zonas costeras. Según el valor de  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\bar{x} = 17.08 \pm 2.49$ ) esta especie es generalista, alimentándose de una gran variedad de especies presas durante la vida y se ubica en un nivel trófico alto dentro de la cadena alimenticia del área. La comparación en el promedio isotópico para hembras y machos reveló que no existen diferencias significativas para los valores isotópicos de C ( $p = 0.25$ ), N ( $p = 0.13$ ) y S ( $p = 0.063$ ). En cuanto a categorías de edad se pudo observar un cambio alimenticio durante la vida. Para crías lactantes el elevado valor en nitrógeno señala la alimentación "parásita" sobre las madres ( $\delta^{15}\text{N}$   $\bar{x} = 19.80 \pm 1.27$ ), el valor encontrado de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $\bar{x} = -11.85 \pm 0.35$ ) y  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\bar{x} = 15.91 \pm 0.46$ ) indica el origen costero que se mantiene hasta la categoría subadultos, en la etapa juveniles se observa el cambio de alimentación de leche a peces ( $\delta^{15}\text{N}$   $\bar{x} = 14.57 \pm 1.89$ ,  $\delta^{13}\text{C}$   $\bar{x} = -12.90 \pm 0.93$ , y  $\delta^{34}\text{S}$   $\bar{x} = 15.53 \pm 0.89$ ), para subadultos el valor en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\bar{x} = 16.98 \pm 2.50$ ) señala un incremento en la dieta de especies más depredadoras, y se mantiene la tendencia costera ( $\delta^{13}\text{C}$   $\bar{x} = -11.76 \pm 0.66$ , y  $\delta^{34}\text{S}$   $\bar{x} = 14.96 \pm 1.02$ ). Para adultos el valor de  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\bar{x} = 17.98 \pm 1.94$ ), sugiere que se mantiene el consumo de especies depredadoras, pero que en esta etapa cambia su comportamiento costero combinándolo con viajes hacia aguas abiertas (para el  $\delta^{13}\text{C}$   $\bar{x} = -13.17 \pm 1.55$ , y para el  $\delta^{34}\text{S}$   $\bar{x} = 15.32 \pm 0.72$ ). La comparación entre categorías de edad para  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  indicó que existen diferencias significativas entre estos pero que no hay diferencias significativas en los valores de  $\delta^{34}\text{S}$ .

## ABSTRACT

Stable isotope were studied on long beaked common dolphin, *Delphinus capensis*, with the aim to know their feeding habits in the Gulf of California. Teeth from 36 individuals deposited in the vertebrate collection of ITESM-CIAD Guaymas were obtained to analyze the isotopic signal of Carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ), Nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) and Sulphur ( $\delta^{34}\text{S}$ ). Values of  $\delta^{13}\text{C}$  ( $\bar{x} = -12.43 \pm 1.35$ ) and  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\bar{x} = 15.15 \pm 1.35$ ) indicated that the population feeds mainly in coastal areas. According to the obtained value of  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\bar{x} = 17.08 \pm 2.49$ ) the species is generalist, foraging on a variety of prey species along their life span, therefore they are situated in a high trophic level on the food chain of the Gulf of California. Comparing the isotopic mean between females and males, it was found that there are no significant differences for the isotopic values of C ( $p = 0.25$ ), N ( $p = 0.13$ ) and S ( $p = 0.063$ ). Comparing between age categories it was observed a foraging pattern along their life. Lactating calves showed a high value of Nitrogen, with a kind of parasitic feeding on their mothers N ( $\bar{x} = 19.80 \pm 1.27$ ), the values for  $\delta^{13}\text{C}$  ( $\bar{x} = -11.85 \pm 0.35$ ) and  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\bar{x} = 15.91 \pm 0.46$ ) indicates a coastal origin of the feeding source, which is maintained until subadult category. Juveniles showed the change from a milk based diet to a fish based diet  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\bar{x} = 14.57 \pm 1.89$ ),  $\delta^{13}\text{C}$  ( $\bar{x} = -12.90 \pm 0.93$ ), and  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\bar{x} = 15.53 \pm 0.89$ ). The values obtained for subadults was  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\bar{x} = 16.98 \pm 2.50$ ) signaling an increase on the diet of more predatory species. For  $\delta^{13}\text{C}$  ( $\bar{x} = -11.76 \pm 0.66$ ), and  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\bar{x} = 14.96 \pm 1.02$ ) the coastal origin of food is maintained. The value of  $\delta^{15}\text{N}$  ( $\bar{x} = 17.98 \pm 1.94$ ) in adults, suggests that the consumption of predatory species is maintained, but in this stage their behavior changes relaying more prey species found in open waters  $\delta^{13}\text{C}$  ( $\bar{x} = -13.17 \pm 1.55$ ), and  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\bar{x} = 15.32 \pm 0.72$ ). The comparison between age categories for  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  showed significant differences between them, but there is no significant difference between the values of  $\delta^{34}\text{S}$

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer de forma muy especial a mis padres y hermanas por todo el apoyo que me dieron para alcanzar esta meta, así como por todas las enseñanzas y el amor brindado durante el transcurso de mi vida.

A Marco F, Carlos Alberto y Juan Manuel por su apoyo en esta etapa de mi vida.

A mi amada Maria del Pilar, por permitirme compartir su vida y sus sueños, así como por toda su colaboración durante la elaboración de esta tesis.

Muy especialmente al Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso, por su amistad, apoyo y todas las enseñanzas brindadas durante el desarrollo de esta tesis.

A los Doctores Elva Escobar Briones, Luis Medrano Gonzáles, Jorge Ruelas Inzunza y Felipe Galván Magaña, por su asesoría, sugerencias y correcciones durante el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Stephen Macko, de la Universidad de Virginia, por los consejos y asesorías en el campo de la isotopía estable y en la elaboración de esta tesis.

Al proyecto Minority International Research Training (MIRT), de la Universidad de California Santa Cruz y el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD), por los fondos aportados para la elaboración del proyecto así como por la ayuda económica con la cual fue posible realizar la maestría.

Al Instituto de Estudios Superiores de Monterrey y al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. por permitirme usar la colección de cetáceos de donde fueron extraídas las muestras para este estudio.

A la Dirección General de Estudios de Posgrados, de la Universidad Nacional Autónoma de México, por la beca otorgada, durante el último semestre y por los apoyos económicos para estancias y congresos brindados en el transcurso de la maestría.

A todos los profesores que tuve durante la maestría, por su valiosa enseñanza.

A Norma, Lupita, Diana y Gabi, por toda la ayuda durante estos dos años.

Finalmente a cada una de las personas que me faltó mencionar, pero que con sus consejos, ideas y amistad me ayudaron a conseguir esta meta.

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Generalidades de la especie .....	3
1.1.1	Sistemática .....	3
1.1.2	Sinonimia .....	3
1.1.3	Nombres vernáculos .....	3
1.1.4	Descripción corporal.....	3
1.1.5	Distribución.....	4
2	ANTECEDENTES .....	5
3	HIPÓTESIS .....	7
4	OBJETIVOS.....	8
4.1	General.....	8
4.2	Específicos.....	8
5	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	9
5.1	Geología.....	10
5.2	Clima .....	10
5.3	Oleaje y mareas .....	11
5.4	Salinidad .....	12
5.5	Temperatura.....	12
5.6	Oxígeno .....	12
6	MÉTODOS.....	13
6.1	Contenidos estomacales.....	13
6.2	Análisis isotópico .....	13
6.2.1	Análisis Estadísticos .....	17
7	RESULTADOS .....	18
7.1	Contenidos estomacales.....	18
7.2	Isótopos estables.....	18
7.2.1	Caracterización de la población estudiada.....	18
7.2.2	Caracterización isotópica de la población estudiada con relación al sexo ...	22
7.2.3	Caracterización isotópica con relación a categorías de edad.....	25
7.3	Análisis de Kruskal-Wallis.....	30
8	DISCUSIÓN.....	32
8.1	Contenidos estomacales.....	32
8.2	Isótopos estables.....	32
9	CONCLUSIONES .....	37
10	REFERENCIAS.....	38
11	ANEXOS .....	46

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución mundial del delfin común <i>Delphinus capensis</i> .....	4
Figura 2. Imagen satelital LANDSAT 7ETM+ (área de estudio).....	9
Figura 3. Ubicación del área de estudio.....	10
Figura 4. Procedimiento para el análisis isotópico de C, N y S en dientes del delfin común <i>D. capensis</i> .....	16
Figura 5. Distribución de frecuencias para $\delta^{13}\text{C}$ , en la muestra.....	20
Figura 6. Distribución de frecuencias para $\delta^{15}\text{N}$ , en la muestra.....	21
Figura 7. Distribución de frecuencias para $\delta^{34}\text{S}$ , en la muestra.....	21
Figura 8. Valores promedio y desviación estándar de $\delta^{13}\text{C}$ en hembras y machos de <i>D. capensis</i> . .....	22
Figura 9. Valores promedio y desviación estándar de $\delta^{15}\text{N}$ en hembras y machos de <i>D. capensis</i> , n en paréntesis . .....	23
Figura 10. Valores promedio y desviación estándar de $\delta^{34}\text{S}$ en hembras y machos de <i>D. capensis</i> . .....	24
Figura 11. $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ para machos, hembras y sexo indeterminado de <i>D.</i> <i>capensis</i> .....	24
Figura 12. $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{34}\text{S}$ para ocho machos y siete hembras de <i>D. capensis</i> . .....	25
Figura 13. Media, valor máximo, valor mínimo y desviación estándar para $\delta^{15}\text{N}$ según la edad para los (36) individuos de <i>D. Capensis</i> . .....	25
Figura 14. Valores promedio y desviación estándar de $\delta^{15}\text{N}$ en categorías de edad (a. Crías lactantes, b. Juveniles, c. Subadultos d. Adultos) para (A) la población muestreada; (B) para machos y hembras de <i>D. capensis</i> . .....	26
Figura 15. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ según la edad para machos y hembras de <i>D. Capensis</i> . .....	27
Figura 16. Promedios de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ , para machos, hembras e individuos de sexo indeterminado, para grupos de edad de <i>D. capensis</i> . .....	27
Figura 17. Valores promedio y desviación estándar de $\delta^{13}\text{C}$ en categorías de edad (a. Crías lactantes, b. Juveniles, c. Subadultos, d. Adultos); para (A) la población muestreada y (B) para machos y hembras de <i>D.</i> <i>capensis</i> . .....	28
Figura. 18. Valores promedio y desviación estándar de $\delta^{34}\text{S}$ en categorías de edad (a. Crías lactantes, b. Juveniles, c. Subadultos d. Adultos) para machos y hembras de <i>D. capensis</i> . .....	29
Figura 19. Promedios de $\delta^{34}\text{S}$ y $\delta^{13}\text{C}$ , en machos, hembras e individuos indeterminados, para grupos de edad de <i>D. capensis</i> . .....	29
Figura 20. Valores de $\delta^{34}\text{S}$ según la edad para ocho machos y siete hembras de <i>D. Capensis</i> . .....	30

## GLOSARIO

**Categoría o grupo de edad:** Es cada una de las asignaciones dadas con relación a la madurez. Para este estudio se empleó: Cría lactante (individuos neonatos de un año de edad), juveniles (de dos a siete años de edad), subadultos (de siete a 12 años de edad) y adultos (mayores de 12 años).

**Colágeno:** Escleroproteína que constituye las fibras intercelulares así como las fibras blancas del tejido conjuntivo de los vertebrados. Es una de las principales sustancias esqueléticas que unen células y tejidos.

**Enriquecimiento:** Cuando un elemento es asimilado, uno de los isótopos se excreta preferencialmente, así, el tejido empieza a reflejar valores más altos de un isótopo (el que no fue excretado) con respecto al de su alimento.

**Isótopo:** Átomos (estables o inestables) del mismo elemento químico con el mismo número de protones ( $Z+$ ) y electrones ( $e-$ ) pero diferente número de neutrones ( $N$ ).

**Nivel trófico:** Es la representación numérica de la alimentación y hábitos alimenticios de un organismo. Los valores bajos cercanos a uno representan organismos herbívoros, a medida que el número aumenta hasta cinco, refleja cuánto se ha alejado del productor primario. Organismos que compartan los mismos recursos y que la alimentación se obtenga con el mismo número de pasos en la red trófica tendrán, por lo tanto, un nivel trófico similar.

**Valor isotópico:** Es el valor obtenido al comparar la proporción isotópica (isótopo pesado contra el ligero) de una muestra contra la proporción isotópica de una sustancia patrón o estándar, expresado en partes por mil. Algunos autores lo mencionan como señal o razón isotópica, el símbolo empleado es la letra griega  $\delta$  (en minúscula), sin embargo se puede encontrar empleado de forma errónea como  $E^A/E^B$  (Donde  $E$  es el símbolo del elemento, y  $A$  y  $B$  es el peso atómico del isótopo).

# 1 INTRODUCCIÓN

Los mamíferos marinos son en su mayoría los depredadores “tope” en los ecosistemas marinos. Sin embargo se conoce poco sobre el papel que cumplen en la estructura de los ecosistemas (Gaskin 1982). Aunque en los últimos años se han desarrollado investigaciones que describen la ecología básica de los delfines (Gallo-Reynoso 1991), son escasos los estudios que se han realizado para el delfín común *Delphinus capensis* en su hábitat natural. En consecuencia, el conocimiento de la historia natural y hábitos de la especie así como de otros cetáceos es muy limitado, debido a que es difícil estudiarlos por ser animales generalmente de amplia distribución (Harwood *et al.* 1989; Walker y Macko 1999).

La información sobre la posición trófica de individuos brinda conocimientos para comprender parte del funcionamiento de un ecosistema (González 2002). Sin embargo, la dificultad en determinar hábitos alimenticios en mamíferos marinos es común, excepto en algunos casos cuando se analizan muestras de organismos de varamiento reciente (Hobson *et al.* 1997; Walker *et al.* 1999) basándose en contenidos estomacales, observación directa o remanentes de presas. Aunque estos métodos reflejan solo periodos cortos de alimentación debido a que los muestreos son irregulares y poco frecuentes (Hobson *et al.* 1994; Walker *et al.* 1999; Walker y Macko 1999), son muy útiles ya que dan a conocer información detallada de lo que los depredadores están consumiendo (Hobson y Clark 1992).

Con el empleo de los valores isotópicos de los mamíferos marinos y su relación con la abundancia natural de los mismos; se pueden llegar a comprender las relaciones tróficas en un ecosistema y discernir sobre los hábitos alimenticios de estos animales. Los isótopos más empleados para este fin son el carbono y el nitrógeno (Schell *et al.* 1993); el azufre se usa con menor frecuencia, pero ha sido una herramienta muy útil en la determinación de patrones de migración (Hesslein *et al.* 1992; Edwards *et al.* 2002), así como en el flujo de nutrientes (Weber *et al.* 2002). Este método (Isotopía estable) se basa en que los tejidos de un organismo se forman principalmente a partir de los átomos del alimento asimilado, y por lo tanto, la composición isotópica del consumidor es reflejo del alimento (Fry y Parker 1979; Filgueira y Castro 2003). En los mamíferos, cuando el

nitrógeno es asimilado, el  $^{14}\text{N}$  se excreta preferencialmente y los consumidores empiezan a enriquecerse con el  $^{15}\text{N}$ , respecto a su alimento (Steele y Daniel 1978; Minagawa y Wada 1984; Kelly 2000). Es por esta razón que el nitrógeno sirve como indicador de la posición trófica del consumidor; el carbono y el azufre, son menos valiosos para la determinación de la posición trófica porque el fraccionamiento trófico es mas pequeño en el  $\delta^{13}\text{C}$  (Lesage 1999) y el  $\delta^{34}\text{S}$  (Peterson *et al.* 1986) con relación al nitrógeno, resultando como un pequeño enriquecimiento en la cadena trófica (Lesage 1999). No obstante, esta propiedad hace que el uso de  $\delta^{13}\text{C}$  sirva como indicador de la fuente de producción primaria de la red alimenticia. Los productores primarios varían en su valor isotópico de carbono de acuerdo a su origen (terrestre-acuático); las plantas  $\text{C}_3$  presentan valores de carbono fijado en un intervalo de  $\delta^{13}\text{C}$  de  $-35$  a  $-21$  ‰, mientras que en las plantas  $\text{C}_4$  el intervalo va de  $-14$  a  $-10$  ‰ (Boutton 1991). La reducción bacteriana al sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en los océanos enriquece el  $\text{SO}_4^{2-}$  marino en  $^{34}\text{S}$  comparado con el azufre en la corteza terrestre ( $\delta^{34}\text{S} +21$  ‰ contra una media de  $0$  ‰) (Thode 1991 en Weber *et al.* 2002). Estas propiedades mencionadas para  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{34}\text{S}$  hacen que se pueda inferir entre animales que obtienen su alimento de fuentes acuáticas o terrígenas, bénticas o de la columna de agua y de costeros a oceánicos (Hobson *et al.* 1997; Walker *et al.* 1999; Weber *et al.* 2002).

Una de las ventajas en el empleo de isótopos estables es que constituye un método relativamente no invasivo, así como que brinda a partir de secciones pequeñas de muestra, e incluso de ejemplares fósiles, información en una escala temporal corta o larga dependiendo de donde sean tomadas las muestras (reciente cuando se realiza en hígado, una semana si se realiza en piel y tres meses si es en músculo entre otros). Para este estudio se emplearon dientes, los cuales son tejidos excelentes para la investigación isotópica, debido a que se preserva la materia orgánica conteniendo una cantidad suficiente para este tipo de análisis, además pueden revelar periodos largos y cortos de alimentación (Walker *et al.* 1999; Walker y Macko 1999).

Un problema de este método es que con múltiples tipos de alimentos los valores isotópicos pueden solamente dar una idea y no proveer certeramente la clase de alimento ingerido, pero si puede en algunos caso indicar cuando un alimento no ha sido consumido o asimilado (Gearing 1991).

## 1.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE

### 1.1.1 Sistemática

Tomado de Rice (1998).

ORDEN CETACEA.

SUB ORDEN ODONTOCETI.

SUPER FAMILIA Delphinoidea

FAMILIA Delphinidae

GENERO *Delphinus*

ESPECIE *Delphinus capensis* (Gray, 1828)

### 1.1.2 Sinonimia

Tomado de Culik (2001).

*Delphinus bairdii* (Dali, 1873)

*Delphinus delphis bairdii*

### 1.1.3 Nombres Vernáculos

Tomado de Culik (2001)

Inglés: Long beaked common dolphin

Alemán: Gewöhnlicher Delphin mit langem Schnabel

Español: Delfín común de hocico largo

Francés: Dauphin commun a bec large

### 1.1.4 Descripción Corporal

Dependiendo de la localidad el tamaño puede variar (longitud, peso), encontrándose un promedio de longitud de 1.8 m en el ecotipo del Mar Negro y 2.4 m para el ecotipo del Océano Indico. Su coloración muestra una mancha clara a lo largo del cuerpo a manera de reloj de arena en cada uno de sus costados. Para el Golfo de California se puede encontrar una variación denominada raza baja nerítica, encontrándose hasta los 30° N en el Océano Pacífico Oriental Tropical (Carwardine 1995 en: Culik 2001). Esta raza baja nerítica está caracterizada por tener machos grandes, robustos y con una coloración

oscura, así como presentar una “quilla” ventral musculosa. Las hembras son de menor tamaño que los machos, poco robustas y no presentan “quilla” ventral, presentan un patrón de coloración pálido fácilmente distinguible, la comparación morfométrica para cráneos y esqueletos indica que estas medidas no presentan diferencias en cuanto a proporciones (Gallo-Reynoso 1990; Heyning y Perrin 1994).

### 1.1.5 Distribución:

Las poblaciones del delfín común *Delphinus capensis*, se pueden encontrar en aguas costeras tropicales, alrededor del mundo (Figura 1), a través de un gran intervalo de temperaturas (Neuman 2001). No obstante, su distribución puede ser falsa y poco conocida ya que en décadas pasadas existía confusión con la especie de delfín común *Delphinus delphis*. Ejemplares de *D. capensis* han sido reportados para Suramérica, en las costas de Perú en el Océano Pacífico y desde Venezuela hasta la parte norte de Argentina en el Océano Atlántico; en Norte América desde California hasta Baja California y a través del Golfo de California. En la costa oeste de África, desde el Sahara a Gabón, la costa de Sudáfrica de Cabo Province a Natal, y en Madagascar. En Asia en las costas de Taiwán (Rice 1998; Culik 2001; Rosel *et al.* 1994).

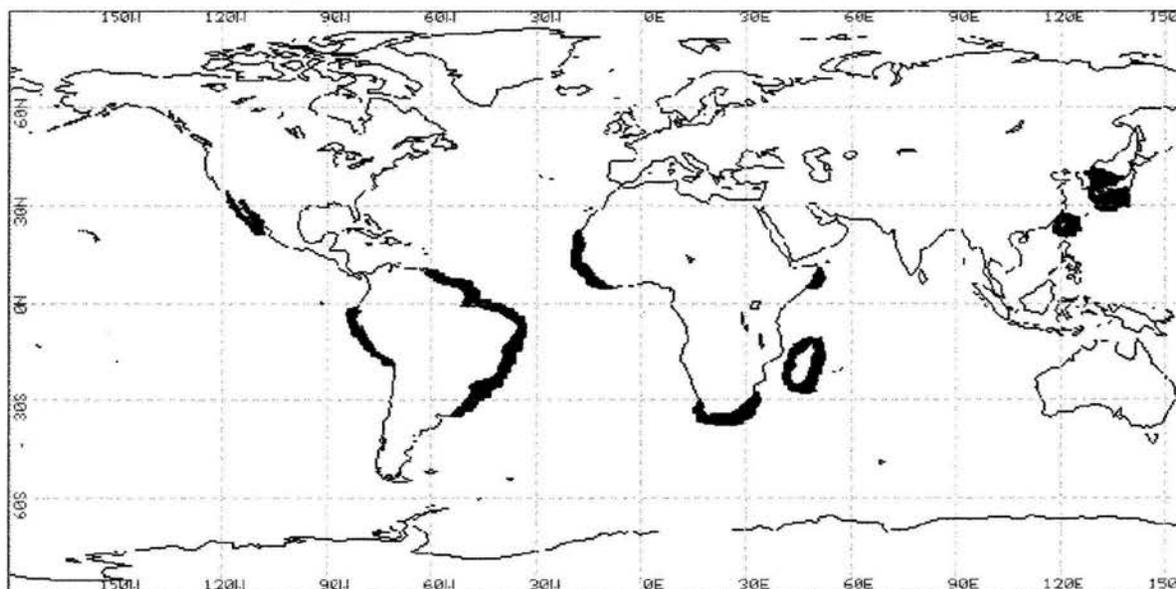


Figura 1. Distribución mundial del delfín común *Delphinus capensis*. (Jeferson *et al.* 1993; Heyning y Perrin 1994; Culik 2003).

## 2 ANTECEDENTES

A causa de la pasada confusión con *Delphinus delphis* es muy poco lo que se conoce acerca de *Delphinus capensis* (Gaskin 1982; Culik 2003), su distribución, movimientos, reproducción, alimentación y abundancia entre otros parámetros son pobremente conocidos (Culik 2003). Se presume que las amenazas para esta especie son similares a las de *D. delphis* no obstante la baja densidad podría reflejar que esta especie no es tan frecuente como *D. delphis* y por lo tanto podría estar fuertemente afectada por la pesquería de la sardina y del atún (Culik 2003; Culik 2001; Heyning y Perrin 1994)

Trabajos como el de Heyning y Perrin (1994) y Rosel *et al.* (1994), tratan de esclarecer a partir de medidas morfométricas y de genética las diferencias entre los ejemplares del género *Delphinus*, pero indican que es necesario realizar estudios donde se establezcan diferencias ecológicas con los diferentes ecotipos de la especie para el mundo.

Para el Golfo de California se han realizado estudios relacionados con la ecología y el comportamiento alimentario de esta especie, Gallo-Reynoso (1989; 1990; 1991), reporta el comportamiento grupal del delfín común *Delphinus delphis* (*D. capensis*) durante la captura de sus presas en el Golfo de California, y describe las estrategias que estos delfines utilizan para encerrar y alimentarse de los cardúmenes, especialmente de peces pelágicos menores y su relación con la presencia de otras especies de mamíferos y aves marinas. Asimismo, Clua y Grosvalet (2001) estudiaron la asociación alimentaria de especies de delfines en el área central de las Azores encontrando que el delfín común *Delphinus delphis* presenta asociaciones con otras especies de delfines como *Stenella frontalis*, *Tursiops truncatus*, así como atunes grandes y aves acuáticas.

Los trabajos con isótopos estables son empleados en muchas áreas de la ciencia, desde la antropología, hasta la ecología animal (Chisholm *et al.* 1983; Trimble y Macko 1997) donde se refleja la importancia y la utilización de esta técnica para la ciencia. En animales de vida silvestre son innumerables los trabajos que utilizan esta técnica, pero cabe destacar el trabajo de Kelly (2000) quien menciona los estudios realizados sobre aves y mamíferos desde 1978 hasta 1999. Walker y Macko (1999), realizaron un trabajo en el cual describen la composición isotópica para varios grupos de mamíferos marinos, entre

los que se encuentra *Delphinus delphis*, de la parte noroccidental del Océano Atlántico, encontrando una media de  $\delta^{13}\text{C}$  igual a  $-14.5 \pm 0.3$  ‰. Otros trabajos sobre mamíferos marinos incluye el de Walker *et al.* (1999), quienes describen la dieta actual e histórica para las poblaciones costera y pelágicas del delfín *Tursiops truncatus*, mediante el uso de isotopía en los dientes de estos animales, encontrando diferencias claras entre la composición isotópicas de los dos grupos de nicho ecológico diferente.

El dimorfismo sexual puede hacer variar la posición y amplitud del espectro isotópico, especialmente sobre los valores isotópicos de  $\delta^{15}\text{N}$ , presentándose como un enriquecimiento mayor para los machos que para las hembras (Lesage *et al.* 2001). Esto fue probado por Hooker *et al.* (2001) en la especie *Hyperoodon ampullatus* sugiriendo que existen diferencias alimenticias entre adultos de esa especie. En general en mamíferos marinos existe incremento en el patrón de enriquecimiento de  $^{13}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}$  con la edad (Lesage *et al.* 2001), ha sido observado en dientes de cachalote (*Physeter macrocephalus*) cómo un aumento en los valores isotópicos de carbono y nitrógeno partiendo de las capas dentales de crecimiento más viejas a las mas recientes (Walker y Macko 1999).

En *D. capensis* existe un dimorfismo sexual marcado (Gallo-Reynoso 1989; 1990; Heyning y Perrin 1994), caracterizado por machos grandes, robustos, con una coloración oscura, así como presentar una prominente “quilla” ventral, mientras que las hembras presentan un menor tamaño que los machos, son poco robustas y no presentan la “quilla” ventral, así mismo, la comparación morfométrica para cráneos y esqueletos indica que estas medidas son sexualmente dimórficas, no presentan diferencias en cuanto a proporciones, pero si en cuanto a tamaño (Gallo-Reynoso 1990).

### 3 HIPÓTESIS

La composición de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$  presentes en los dientes de *D. capensis* difiere entre machos y hembras debido a que la especie presenta un dimorfismo sexual que influye en los requerimientos nutricionales de cada sexo.

Existen variaciones en la composición de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$  presentes en los dientes de *D. capensis* entre grupos de edades (crías lactantes, juveniles, subadultos y adultos).

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 GENERAL

Determinar diferencias tróficas en la especie de delfín común *D. capensis*, del área de Guaymas, Sonora, México.

### 4.2 ESPECÍFICOS

- Examinar el contenido estomacal de cuatro ejemplares de *D. capensis*.
- Evaluar la variación de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$ , entre sexos en dientes del delfín *D. capensis* del área de Guaymas, México.
- Determinar la variación de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$  en dientes del delfín *D. capensis* a diferentes intervalos de edad.

## 5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California se encuentra entre la península de Baja California y la parte continental de México, presenta aproximadamente 1,400 km de largo y 150 km de ancho promedio, con una superficie aproximada de 210,000 Km<sup>2</sup> (Santamaría 1994). La región media del Golfo de California esta representada por el litoral del norte del Océano Pacifico, localizado al frente del estado de Sonora, es una región plana con un declive plano en dirección al océano interrumpido por colinas y picos rodeados por conos aluviales. Situada sobre la llanura costera en una península basáltica que se adentra en el Golfo de California, se encuentra la ciudad de Guaymas situada a los 27°55' N, 110° 54' W a una altitud de 10 msnm (Figura 2 y 3).



Figura 2. Imagen satelital LANDSAT 7ETM+, donde se observa la bahía de Guaymas, (24 de enero del 2003). Tomado de <http://glovis.usgs.gov>

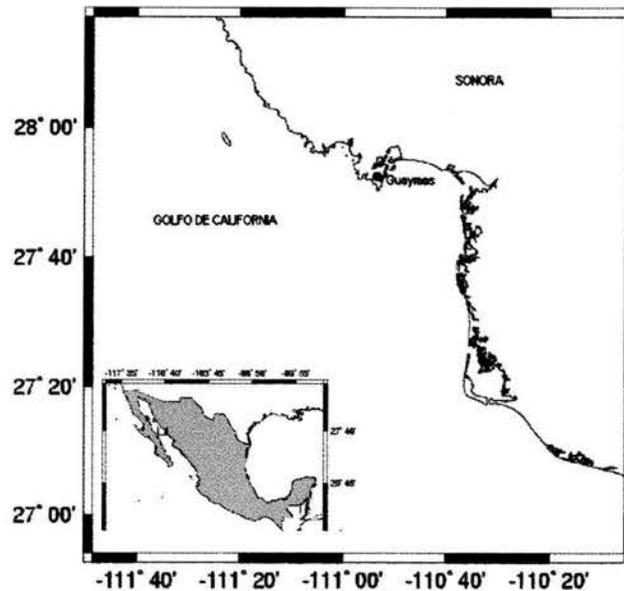


Figura 3. Ubicación del área de estudio

## 5.1 GEOLOGÍA

En la zona costera de Guaymas, se pueden encontrar sedimentos del período cuaternario, así como, una mezcla de rocas ígneas, sedimentarias y rocas metamórficas hacia la región central, seguido de material reolítico procedente del cinturón ígneo mexicano. En la región de Sonora también se pueden encontrar rocas metamórficas y sedimentarias precámbricas; sedimentarias paleozoicas, ígneas, sedimentarias y metamórficas mesozoicas, con estructuras esencialmente de homoclinales en distribución errática de bloques colapsados, de sierras y cuencas, bajo una exigua cubierta volcánica cenozoica de la Sierra Madre Occidental que se interna en territorio estadounidense (<http://www.inegi.gob.mx/difusion/espanol/figeo.html>).

## 5.2 CLIMA

La región de Guaymas se localiza en la parte noroeste de la República Mexicana, el territorio es árido en su mayor parte, incluyendo el llamado Desierto Sonorense. Con excepción de la parte sur, que es afectada por ciclones del Golfo de California. Está región esta situada sobre la franja subtropical de altas presiones atmosféricas, originando que el clima y algunas condiciones oceanográficas sean controlados por el centro de alta

presión del Océano Pacífico norte, que permanece de una manera casi constante y estable (Hernández 2002). La región de Guaymas se cataloga como muy seca, registra temperaturas en promedio de 22 °C a 26 °C, presentando precipitaciones anuales de 100 a 300 mm en promedio (<http://www.inegi.gob.mx/difusion/espanol/figeo.htm>).

### 5.3 OLEAJE Y MAREAS

Maluf (1983) describe para la parte alta del Golfo de California olas pequeñas durante la noche y en la mañana generadas por brisas locales en la primavera y en el invierno. Para el verano este comportamiento cambia y el oleaje empieza fluctuar dependiendo de la duración y el área en la que el viento sopla. La boca del golfo es afectada por el oleaje del Océano Pacífico y las tormentas tropicales; estas últimas juegan un papel importante ya que son generadoras de olas grandes que influyen constantemente en la costa.

Las corrientes de marea también son de gran importancia en la física del Golfo de California, ya que generan turbulencias que pueden romper la estratificación y generar circulación de las masas de agua (Lavin *et al.* 1995). Estas mareas presentan patrones diferentes para la marea semidiurna y las ondas de marea diurna; de igual forma se observa que la marea semidiurna es menor en la boca del golfo con respecto a la parte media cercana a la región de Guaymas, Sonora; mientras que en la parte alta del golfo la amplitud pueden aumentar hasta 15 veces los valores reportados para la parte media (Maluf 1983).

#### **5.4 SALINIDAD**

La salinidad superficial para el Golfo de California es alrededor de 35.8 - 36.19 (‰) (Alvarez-Borrego *et al.* 1975), pero puede alcanzar valores muy elevados en la parte alta del golfo. Cerca de la costa peninsular la salinidad es más elevada que en la parte continental del golfo, esto puede indicar probablemente, que el flujo de alta salinidad proveniente de la parte norte del golfo ocurre por la parte occidental (Roden 1972).

#### **5.5 TEMPERATURA**

La circulación en el golfo, influencia las variaciones espacio-temporales de parámetros ambientales. La temperatura superficial en el Golfo de California puede variar ampliamente, con temperaturas inferiores a los 12 °C en invierno hasta alcanzar los 33 °C durante el verano (Roden y Emilsson 1979). En algunas partes del golfo la evaporación excede la precipitación, lo cual causa que la temperatura decrezca rápidamente con la profundidad, llegando a disminuir a los 100 m a la mitad de la temperatura superficial (Robinson 1973).

#### **5.6 OXÍGENO**

La estacionalidad de la zona del Golfo de California juega un papel importante en las concentraciones de oxígeno presentes en las masas de agua. En la parte norte se pueden encontrar concentraciones altas, debido probablemente a la mayor mezcla producida por las mareas. Estas concentraciones de oxígeno parecen altas, incluso cerca del fondo y pueden exceder los 1.5 ml/l. Niveles bajos de oxígeno son característicos para el golfo medio, donde se puede encontrar concentraciones superiores a 1 ml/l en la parte superficial hasta alcanzar los 100 m, a partir de esta profundidad comienza una disminución que puede ser incluso menor a 0.5 ml/l. Después de 500 m de profundidad, el oxígeno se vuelve prácticamente indetectable por el método Winkler, lo que sugiere que a partir de los 600 m se presenta un mínimo de oxígeno (Roden 1972).

### 6.1 CONTENIDOS ESTOMACALES

Se realizó el análisis de cuatro contenidos estomacales de ejemplares de *Delphinus capensis*, pertenecientes a la colección del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey y el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (ITESM-CIAD) colectados el 24 de febrero de 1988 (sexo no determinado), 11 de marzo de 1988 (hembra), 16 de febrero de 1990 (sexo no determinado) y 9 de marzo de 1991 (macho), los cuales se identifican como ITESM-880224, ITESM-880311, ITESM-900216 y ITESM-910309 respectivamente.

Los restos óseos incluyendo peces completos, cabezas, columnas vertebrales fueron separados e identificados por separado, de acuerdo al grado de digestión de los mismos. Se realizó un conteo de esqueletos de peces y otolitos para cada contenido. Los otolitos encontrados fueron comparados con los de la colección del Laboratorio de Ecofisiología del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.

### 6.2 ANÁLISIS ISOTÓPICO

Se tomo un diente de la parte izquierda de la mandíbula inferior de 36 individuos de *D. capensis* ocho machos, siete hembras y 21 de sexo indeterminado (Tabla 1) pertenecientes a la colección del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey y el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (ITESM-CIAD); cada diente fue limpiado del exceso de tejido y material externo por medio de abrasión y un lavado con agua destilada, los dientes fueron pulverizados en un mortero de ágata. A continuación fueron desmineralizados mediante el remojo en 1 ml de ácido clorhídrico (HCL 4M) y se secaron a una temperatura de 60°C en un horno eléctrico de laboratorio según lo expuesto por Walker *et al.* (1999) (Figura 4).

La edad de estos mismos individuos fue determinada según la metodología de Hohn *et al.* (1989) en un trabajo realizado por Fransico *et al.* (2000).

Tabla 1. Ejemplares de *D. capensis* de la colección ITESM-CIAD empleados en este estudio.

Número individual catalogo	Edad
ITESM-860428-4	2
ITESM-811208	3
ITESM-940128	5
ITESM-950128-4	5
ITESM-860428-1	5
ITESM-820000-1	9
ITESM-860429-3	9
ITESM-950321-3	10
ITESM-860429-2	11
ITESM-841100	13
ITESM-860429-5	14
ITESM-860529	16
SN1	16
ITESM-950331-2	18
ITESM-950331-1	21
ITESM-860510	1
ITESM-860320	3
ITESM-840429-6	4
ITESM-840429-12	5
ITESM-860429-4	10
SN5	11
ITESM-840429-4	11
ITESM-840429-2	11
ITESM-840429-7	13
ITESM-840429-8	14
ITESM-840429-5	14
ITESM-840429-10	14
ITESM-840429-9	15
ITESM-840429-11	15
ITESM-850502-2	17
ITESM-900223-2	7
ITESM-900223-8	12
ITESM-900223-3	13
ITESM-900223-10	14
ITESM-950225	0
ITESM-941207	

El total de las muestras de los dientes acidificados y secos fueron enviados al laboratorio del Dr. S. Macko del departamento de Ciencias Ambientales de la Universidad de Virginia, USA, donde fueron quemadas a altas temperaturas, los gases resultantes de nitrógeno, dióxido de carbono y dióxido de azufre fueron introducidos en un espectrómetro de masas *Micromass Optima Isotope Ratio Mass Spectrometer* (IRMS) acoplado a un analizador elemental (EA), con una precisión mejor a 0.2 ‰ para el análisis de su composición isotópica  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ , y  $\delta^{34}\text{S}$ . Brevemente las muestras colocadas en copas de estaño fueron quemadas en un horno de oxidación a 1020 °C (1050 °C para el azufre); los gases resultantes fueron pasados a través de un horno de reducción 650 °C para análisis de Carbono y Nitrógeno. Para el azufre, el horno de reducción estuvo incorporado en el horno de oxidación. Los gases resultantes fueron separados bajo condiciones de alta pureza empleando la cromatografía de gases e introduciéndolos al espectrómetro de masas. La composición isotópica de carbono, nitrógeno y azufre son presentadas en notación ( $\delta$ ), en la cual la abundancia del isótopo estable es expresado relativamente a un patrón o sustancia estándar (DeNiro y Epstein 1978; Baevan *et al.* 1999) y se emplea la siguiente formula:

$$\delta_{\text{muestra}}^{\text{N}}\text{E} (\text{‰}) = (R_{\text{muestra}}/R_{\text{patrón}} - 1) \times 1000$$

Donde  $\delta_{\text{muestra}}^{\text{N}}\text{E}$  es la composición isotópica de la muestra con el isótopo pesado (N) del elemento (E), y R es la relación de abundancia entre el isótopo pesado y el isótopo ligero ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  o  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ ) de ese elemento. El estándar para carbono es la Belemnita de la formación Pee Dee en Carolina del Sur, USA, (*Pee Dee Belemnite*) con un  $R=0,112372$ . Para nitrógeno el aire atmosférico con un  $R=0,0036765$  y para azufre la Triolita (FeS) del meteorito de hierro del Cañon del Diablo (*Canyon Diablo Triolite*) con un  $R=0,0450045$  (Ehleringer y Cerling 2002).

Una sustancia con un valor isotópico menor que la del patrón, tendrá un valor  $\delta$  negativo, por lo tanto una sustancia con un valor isotópico mayor que el patrón tendrá un valor  $\delta$  positivo.

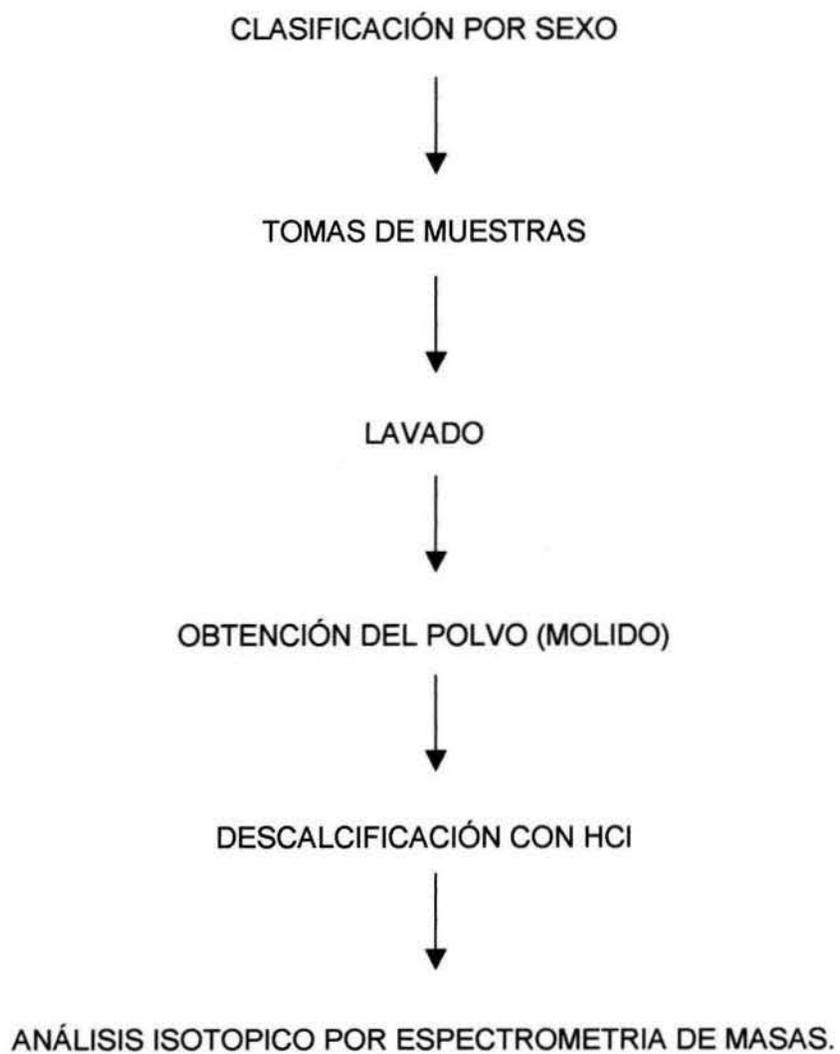


Figura 4. Procedimiento para el análisis isotópico de C, N y S en dientes del delfín común *D. capensis*

### 6.2.1 Análisis Estadísticos

Con ayuda del programa *Statistics* para *Windows*, a los valores de  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ , y  $\delta^{34}\text{S}$  encontrados se realizó la siguiente prueba:

- Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors, esta es una variación de la prueba Kolmogorov-Smirnov cuando no se conoce la media ni la desviación estandar poblacional, por tal motivo puede probar si los datos se distribuyen de una forma normal, ya que compara la función de distribución acumulada de los datos observados con la de una distribución normal, midiendo la máxima distancia entre ambas curvas.

Los datos de C, N y S se organizaron por sexo y por categorías de edad y se les aplicó la siguiente prueba no paramétrica:

- Prueba de Kruskal-Wallis, para muestras independientes.

$$h = (12/ N(N+1)) (\sum_{j=1}^k R_i^2/n_i) - 3(N+1)$$

Donde:

$K$  = Número de grupos

$n_i$  = número de observaciones en el  $i$ -ésimo grupo

$N$  = Número total de datos para todos los  $k$  grupos.

$R_i$  = Sumatoria de los rangos de las  $n_i$  observaciones en el grupo  $i$ .

Esta prueba es un análisis de varianza para datos no paramétricos, la cual busca si los datos obtenidos fueron extraídos de la misma población de datos, o en otras palabras prueba si la media de los grupos (machos-hembras, grupos de edad) son iguales (Zar 1999).

## 7 RESULTADOS

### 7.1 CONTENIDOS ESTOMACALES

En los cuatro estómagos analizados se encontraron presas como peces y picos de calamar. Los grupos más representativos fueron los peces, especialmente especies catalogadas como pequeños pelágicos. La especie de peces más abundante fue *Engraulis mordax* encontrándose más de 1000 otolitos en los ejemplares ITESM-900216 y ITESM-910309, seguido por *Sardinops caeruleus*, en el ejemplar ITESM-880224 (Tabla 2).

Tabla 2. Número de otolitos encontrados por especie en cada uno de los estómagos de *Delphinus capensis* analizados. No de Catálogo es el número con el cual el cráneo y/o esqueleto del delfín se encuentra catalogado en la colección del ITESM-CIAD.

No. de Catálogo	ITESM 880224	ITESM 880311	ITESM 900216	ITESM 910309
Especies				
<i>Sardinops caeruleus.</i>	>1000	18		
<i>Engraulis mordax.</i>			>1000	>1000
<i>Orthopristis spp.</i>	2			
<i>Opisthonema libertate</i>		4		
No identificado		2	5	
Picos de Calamar			11	

### 7.2 ISÓTOPOS ESTABLES

#### 7.2.1 Caracterización de la población estudiada.

La caracterización isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$ , se llevó a cabo en un total de 36 ejemplares de *Delphinus capensis* provenientes de varamientos costeros en áreas aledañas a Guaymas. La determinación del sexo de los organismos se efectuó en 15 individuos, ocho machos y siete hembras; la edad de los individuos osciló entre algunos meses y los 21 años (Tabla 3).

Tabla 3. Sexo, Edad y valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$ , para cada uno de los ejemplares de *D. capensis* muestreados. Valores isotópicos en ‰.

Número de catalogo Individual	Edad	Sexo	Valor Isotópico		
			$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{34}\text{S}$
ITESM-860428-4	2		-10,7	13,8	17,2
ITESM-811208	3	M	-12,9	12,9	15,9
ITESM-940128	5	M	-11,2	12,7	15,2
ITESM-950128-4	5	H	-12,9	13,5	16,4
ITESM-860428-1	5		-10,9	13,9	14,5
ITESM-820000-1	9		-11,7	14,5	14,0
ITESM-860429-3	9		-11,7	14,8	13,8
ITESM-950321-3	10		-11,4	13,8	16,0
ITESM-860429-2	11		-11,1	16,5	12,9
ITESM-841100	13		-12,7	16,3	16,2
ITESM-860429-5	14		-13,3	15,4	16,1
ITESM-860529	16		-13,9	15,8	15,8
SN1	16		-13,8	14,2	15,5
ITESM-950331-2	18	H	-9,6	20,2	14,7
ITESM-950331-1	21	M	-9,9	18,3	15,9
ITESM-860510	1	M	-12,1	18,9	15,6
ITESM-860320	3	H	-12,6	15,7	15,2
ITESM-840429-6	4	H	-12,1	15,8	14,9
ITESM-840429-12	5		-11,1	18,3	15,0
ITESM-860429-4	10		-11,3	18,5	15,0
SN5	11		-11,2	20,1	15,2
ITESM-840429-4	11	M	-12,8	20,0	15,6
ITESM-840429-2	11		-11,2	19,5	13,3
ITESM-840429-7	13	H	-14,4	17,9	13,7
ITESM-840429-8	14	H	-14,1	17,4	14,8
ITESM-840429-5	14		-13,5	17,7	14,2
ITESM-840429-10	14		-13,7	18,3	14,4
ITESM-840429-9	15		-14,7	18,2	15,6
ITESM-840429-11	15		-12,1	19,8	15,8
ITESM-850502-2	17		-14,7	19,8	15,6
ITESM-900223-2	7		-12,5	14,3	14,1
ITESM-900223-8	12		-12,7	17,8	14,8
ITESM-900223-3	13	M	-14,1	21,2	15,5
ITESM-900223-10	14	M	-13,1	19,2	16,0
ITESM-950225	0	M	-11,6	20,7	16,2
ITESM-941207		H	-14,3	19,3	14,8

La distribución de valores para  $\delta^{13}\text{C}$  de la muestra de los dientes de *D. capensis* (Figura 5) indica que el 55.54 % de los valores están en un intervalo  $-11$  a  $-13$  ‰, de los cuales el 38.88% esta representado en en dos picos de 19.44% cada uno entre  $-11$  a  $-11.5$  ‰ el primero y de  $-12$  a  $12.5$  ‰ el segundo.

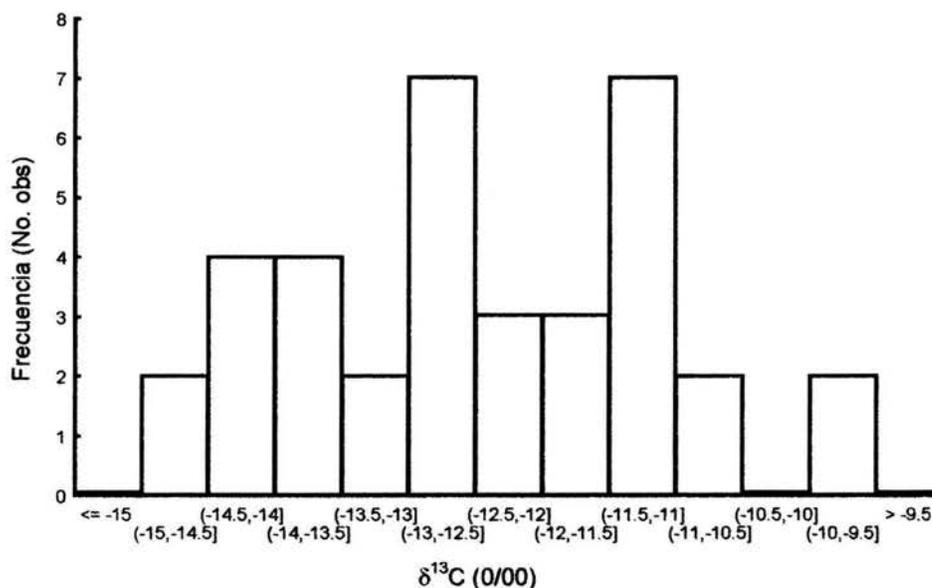


Figura 5. Distribución de frecuencias para  $\delta^{13}\text{C}$ , en la muestra.

En la Figura 6 se puede observar la distribución de valores para  $\delta^{15}\text{N}$  en los dientes de *D. capensis*, esta indica que el 66.64 % de las muestras están repartidas en dos grupos de 33.32 % cada uno, el primero en un intervalo de  $\delta^{15}\text{N}$  18 a 20 ‰, y el segundo de  $\delta^{15}\text{N}$  13 a 16 ‰.

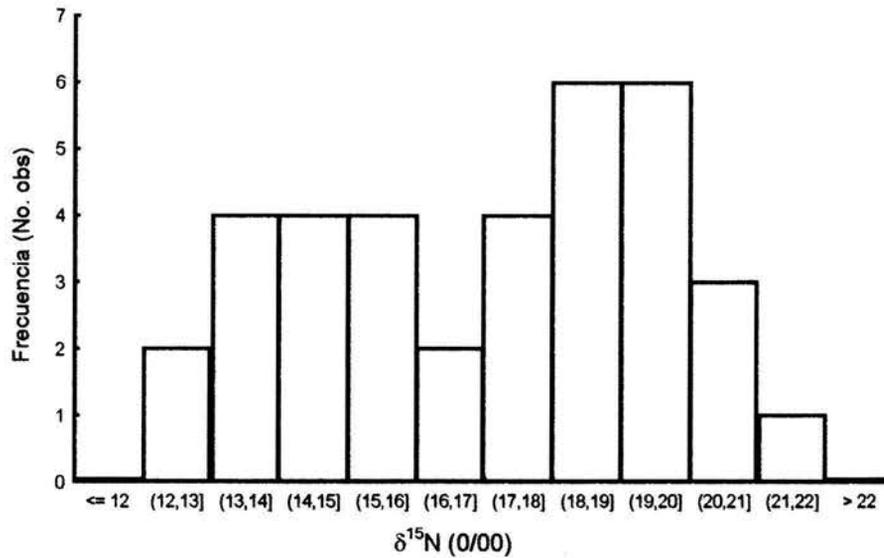


Figura 6. Distribución de frecuencias para  $\delta^{15}\text{N}$ , en la muestra.

La distribución de valores para  $\delta^{34}\text{S}$  (Figura 7) indica que el 83% de la muestra de los dientes de *D. capensis* tuvieron valores entre 16.5 y 13.5 ‰, el porcentaje restante se ubicó entre 12.5 y 13.5 ‰.

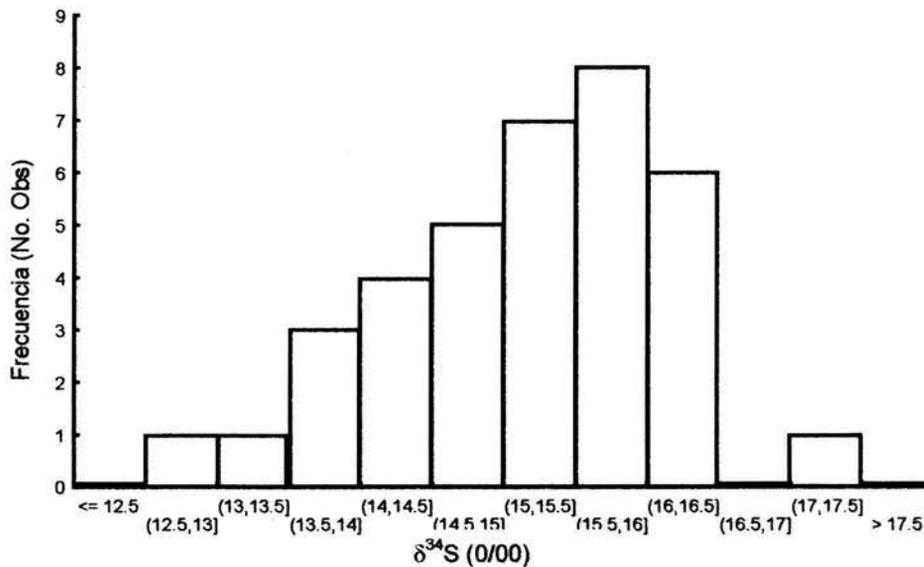


Figura 7. Distribución de frecuencias para  $\delta^{34}\text{S}$ , en la muestra.

## 7.2.2 Caracterización isotópica de la población estudiada con relación al sexo

El valor promedio de carbono encontrado para todos los individuos ( $n= 36$ ) de la población muestreada (Tabla 3) para  $\delta^{13}\text{C}$  fue  $-12.43 \pm 1.35$  ‰. El valor más bajo de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $-14.70$  ‰), correspondió a dos ejemplares de sexo indeterminado de 15 y 17 años respectivamente (ITESM-840429-9 y ITESM-850502-2). El valor más elevado de  $\delta^{13}\text{C}$   $-9.60$  ‰ se encontró en una hembra de 18 años de edad (ITESM-950331-2). Las hembras y los machos no mostraron diferencias significativas, entre los valores isotópicos encontrados (Figura 8) para los individuos sexados ( $n= 15$ ). El valor promedio de  $\delta^{13}\text{C}$  en las hembras ( $n =7$ ) fue de  $-12.85 \pm 1.69$  ‰, con un valor mínimo de  $-14.40$  ‰ en un ejemplar de 13 años (ITESM-840429-7) y un valor máximo de  $-9.60$  ‰ en una hembra de 18 años (ITESM-950331-2). De forma similar, el valor promedio de  $\delta^{13}\text{C}$  en los machos ( $n= 8$ ) fue de  $-12.21 \pm 1.30$  ‰ con un valor mínimo de  $-14.10$  ‰ encontrado en un individuo de 13 años (ITESM-900223-3) y un máximo de  $-9.90$  ‰ para un ejemplar de 21 años (ITESM-950331-1).

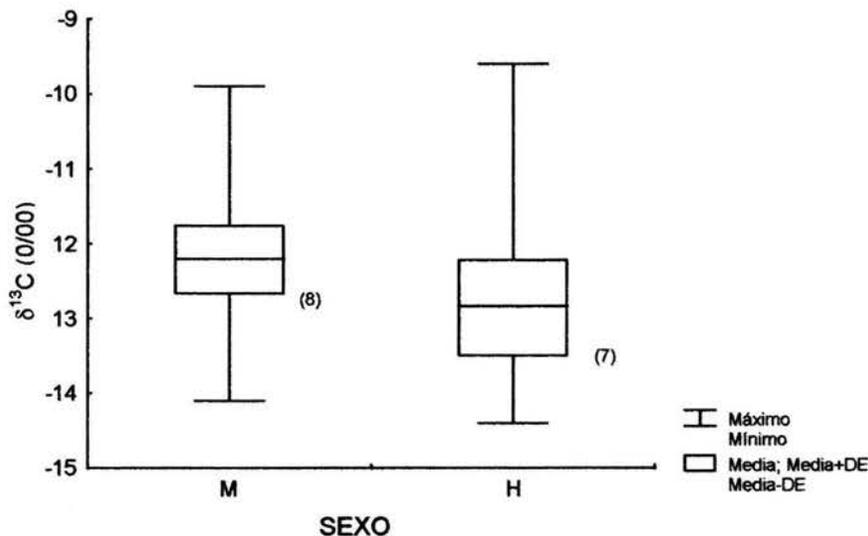


Figura 8. Valores promedio y desviación estándar de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) en hembras (H) y machos (M) de *D. capensis*.

El valor promedio de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) encontrado para la población muestreada ( $n= 36$ ) fue  $17.08 \pm 2.49$ . El valor más alto se encontró en un macho de 13 años (ITESM-900223-3) con un valor de  $\delta^{15}\text{N}$  de  $21.20$  ‰ y el mínimo en un macho de cinco años (ITESM-940128) con un valor de  $12.70$  ‰. Para los machos ( $n= 8$ ) se obtuvo un valor promedio

de  $\delta^{15}\text{N}$  de  $17.98 \pm 3.33$  ‰. En las hembras ( $n=7$ ) se pudo observar un promedio de  $\delta^{15}\text{N}$  de  $17.11 \pm 2.30$  ‰, con valor mínimo de  $13.50$  ‰ en un ejemplar de cinco años (ITESM-940128-4) y un máximo de  $20.20$  ‰ para una hembra de 18 años (ITESM-950331-2) (Figura 9 y Tabla 3).

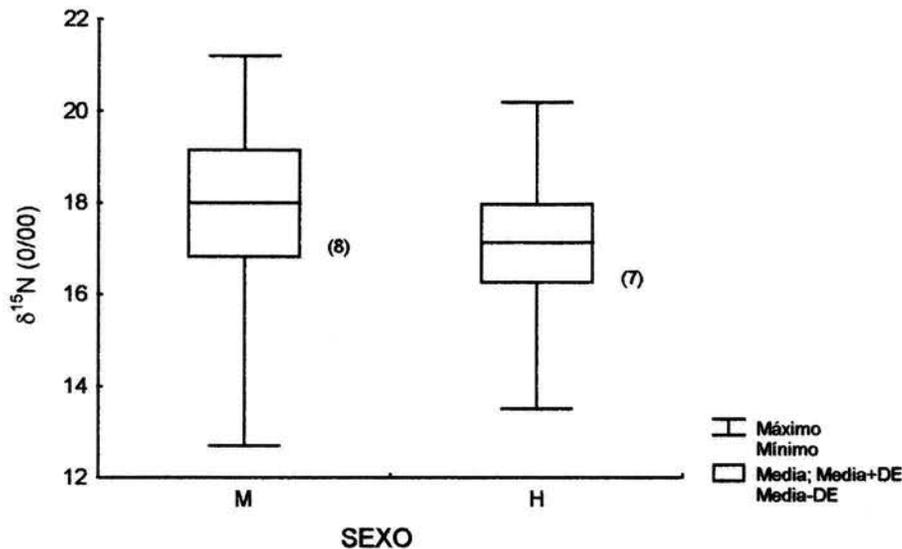


Figura 9. Valores promedio y desviación estándar de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) en hembras (H) y machos (M) de *D. capensis*, n en paréntesis .

Para  $\delta^{34}\text{S}$  el valor promedio encontrado para toda la población muestreada ( $n=36$ ), fue  $15.15 \pm 1.35$  ‰, con un valor mínimo de  $12.86$  ‰ encontrado en un ejemplar de sexo indeterminado de 11 años (ITESM-860429-2) y un valor máximo de  $17.22$  ‰ en un individuo de dos años de sexo indeterminado (ITESM-860428-4). Para los machos ( $n=8$ ) se obtuvo una media de  $\delta^{34}\text{S}$  igual a  $15.73 \pm 0.34$  ‰, con un mínimo de  $15.15$  ‰ en un ejemplar de 13 años (ITESM-900223-3) y un máximo de  $16.24$  ‰ en un neonato (ITESM-950225). Para las hembras ( $n=7$ ) se pudo observar una media de  $14.93 \pm 0.77$  ‰, un mínimo de  $13.73$  ‰ en un ejemplar de 13 años (ITESM-840429-7) y un máximo de  $16.4$  ‰ en una hembra de cinco años (ITESM-950128-4) (Figura 10 y Tabla 3).

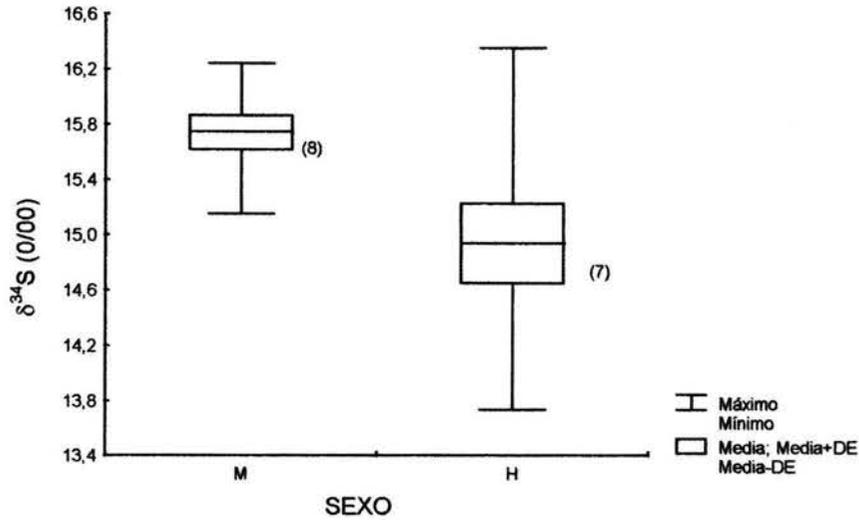


Figura 10. Valores promedio y desviación estándar de  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) en hembras (H) y machos (M) de *D. capensis*.

Para toda la población se observa un amplio intervalo de valores isotópicos de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ , no obstante existe una tendencia de los machos a presentar valores isotópicos altos con respecto a las de las hembras (Figura 11).

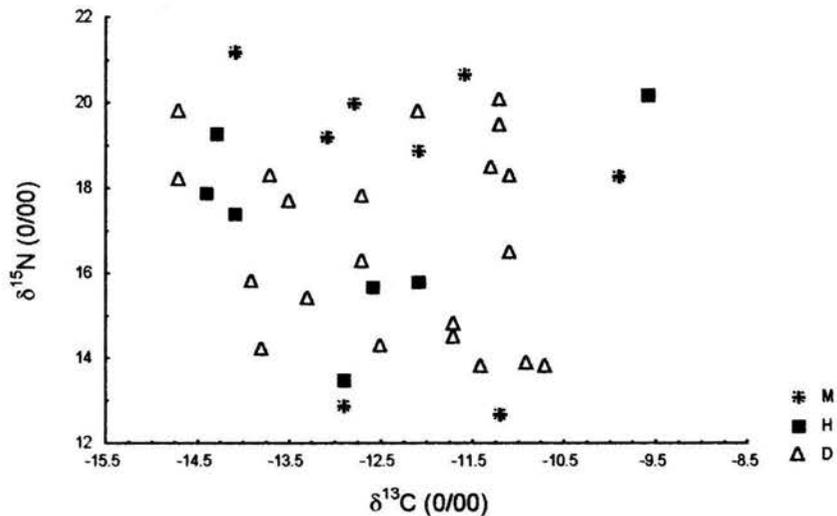


Figura 11.  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) para machos (M) y hembras (H) de *D. capensis*. La letra (D) representa el desconocimiento del sexo del individuo.

Se encontró que el valor isotópico para  $\delta^{34}\text{S}$  y para  $\delta^{15}\text{N}$  en la especie en estudio, muestran un mayor agotamiento de estos isótopos en las hembras (H) comparado al de los machos (M) (Figura 12).

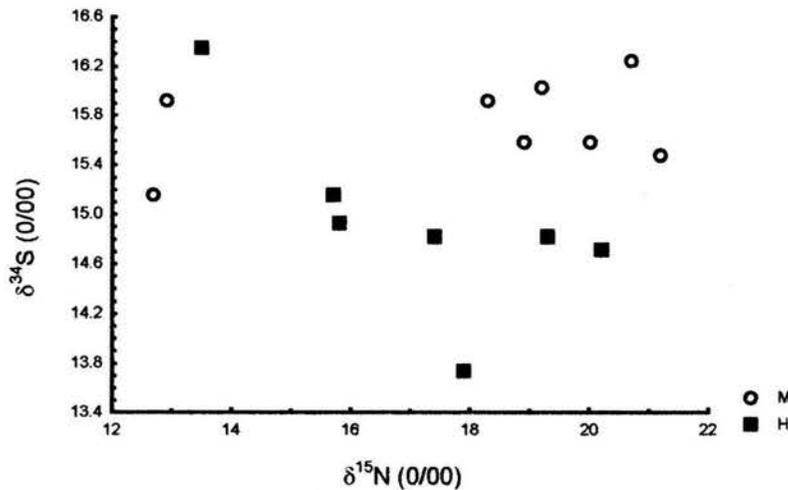


Figura 12.  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$  (‰) para ocho machos (M) y siete hembras (H) de *D. capensis*.

### 7.2.3 Caracterización isotópica con relación a categorías de edad.

Los valores más altos de  $\delta^{15}\text{N}$  se encontraron en el primer año de vida, a partir de este primer año y hasta el segundo se puede observar un decaimiento fuerte en el valor isotópico de  $\delta^{15}\text{N}$ , para luego aumentar progresivamente (Figura 13).

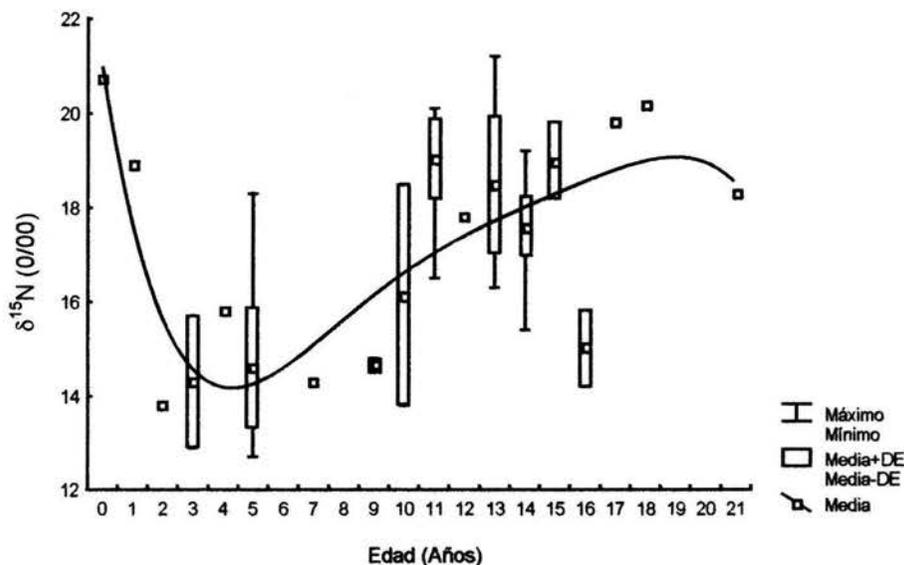


Figura 13. Media, valor máximo, valor mínimo y desviación estándar para  $\delta^{15}\text{N}$  según la edad para los (36) individuos de *D. Capensis*.

Se puede observar, de forma similar a la figura anterior el promedio para cada categoría de edad (Figura 14): los lactantes (menores a 2 años), se encuentran con valores muy altos en  $\delta^{15}\text{N}$ , los Juveniles (de 2 años hasta los siete años) presentan valores bajos que

se incrementan paulatinamente hasta subadultos (entre los siete y los 12 años) y posteriormente hasta adultos (de 12 años en adelante). Para sexos separados no se contó con hembras de las categorías de edad crías ni subadultos, sin embargo, los valores isotópicos de  $\delta^{15}\text{N}$ , para machos y hembras muestran una tendencia similar a la de la población total, un decrecimiento rápido hasta los cuatro años, para luego mostrar un enriquecimiento paulatino con la edad (Figura 14 A, 14B y 15).

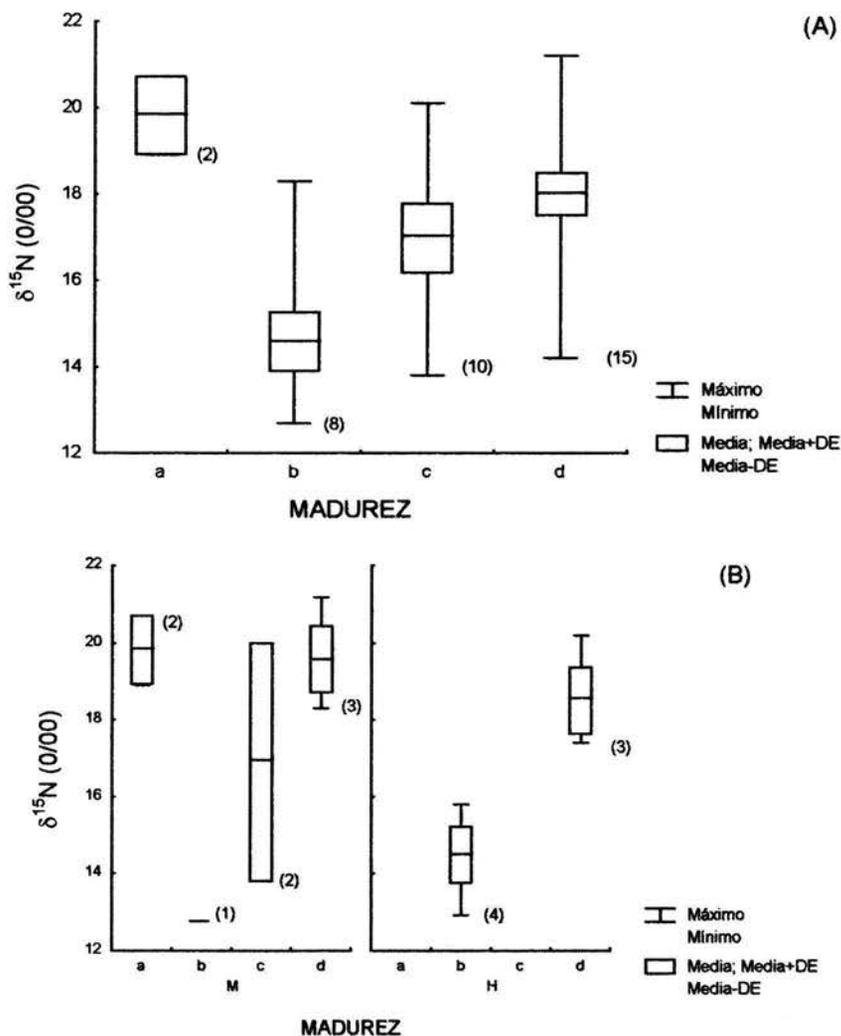


Figura 14. Valores promedio y desviación estándar de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) en categorías de edad (a. Crías lactantes, b. Juveniles, c. Subadultos d. Adultos) para (A) la población muestreada; (B) para machos (M) y hembras (H) de *D. capensis*.

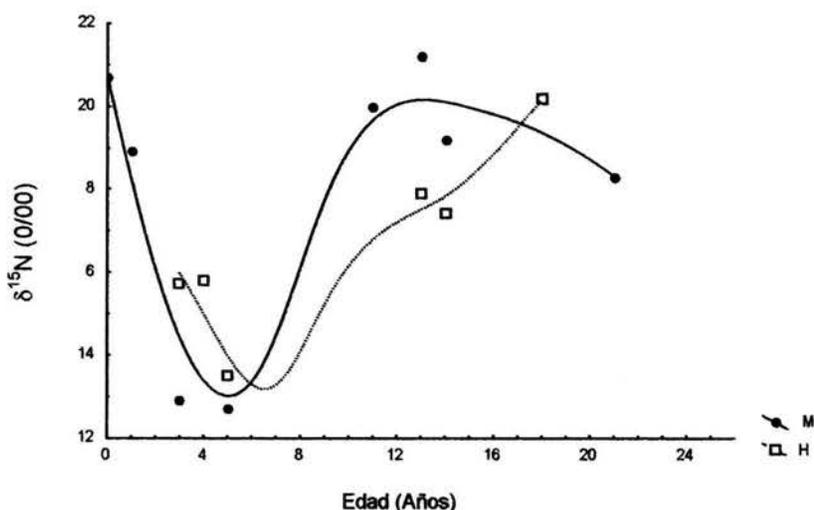


Figura 15. Valores de  $\delta^{15}\text{N}$  según la edad para ocho machos (M) y siete hembras (H) de *D. Capensis*.

Al comparar los promedios de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  para edades (Figura 16), se observan dos grupos principales, valores altos en los promedios para machos, hembras e indeterminados mayores a diez años y valores bajos para los menores a diez años (excepto los de una año y menos).

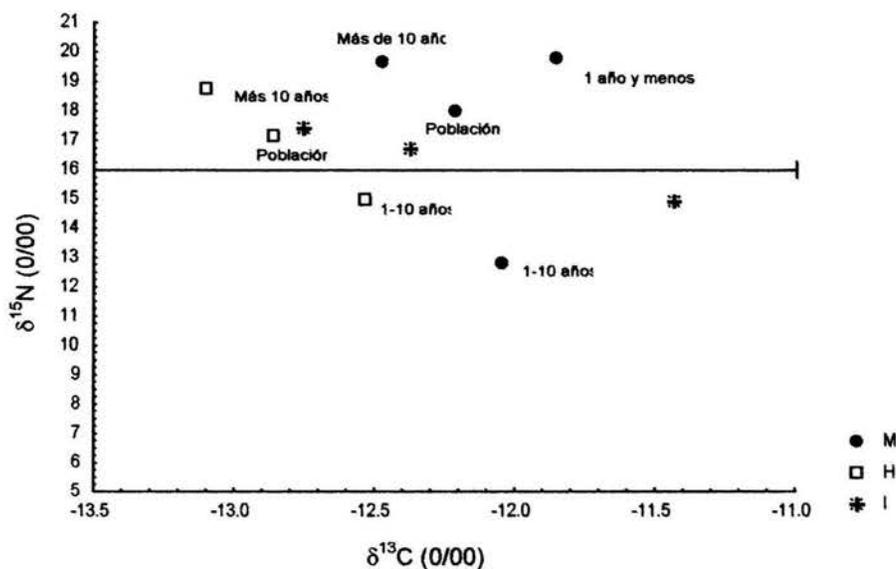


Figura 16. Promedios de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  (‰), para machos (M), hembras (H) e individuos de sexo indeterminado (I), para grupos de edad de *D. capensis*.

Para carbono se muestra como en la lactancia, los valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  se encuentran cercanos a  $-12 \pm 0.2$  ‰. En la etapa juvenil el promedio es muy similar al anterior, pero la desviación estándar y los extremos se aumentan, para la etapa adulta el

promedio baja a  $-14\text{‰}$  y la desviación estándar se aumenta a casi uno. Aunque no se contó con hembras de la etapa lactantes y subadultos es posible que tanto las hembras como los machos de *D. capensis* tengan un comportamiento similar al de toda la población (Figura 17 A y B).

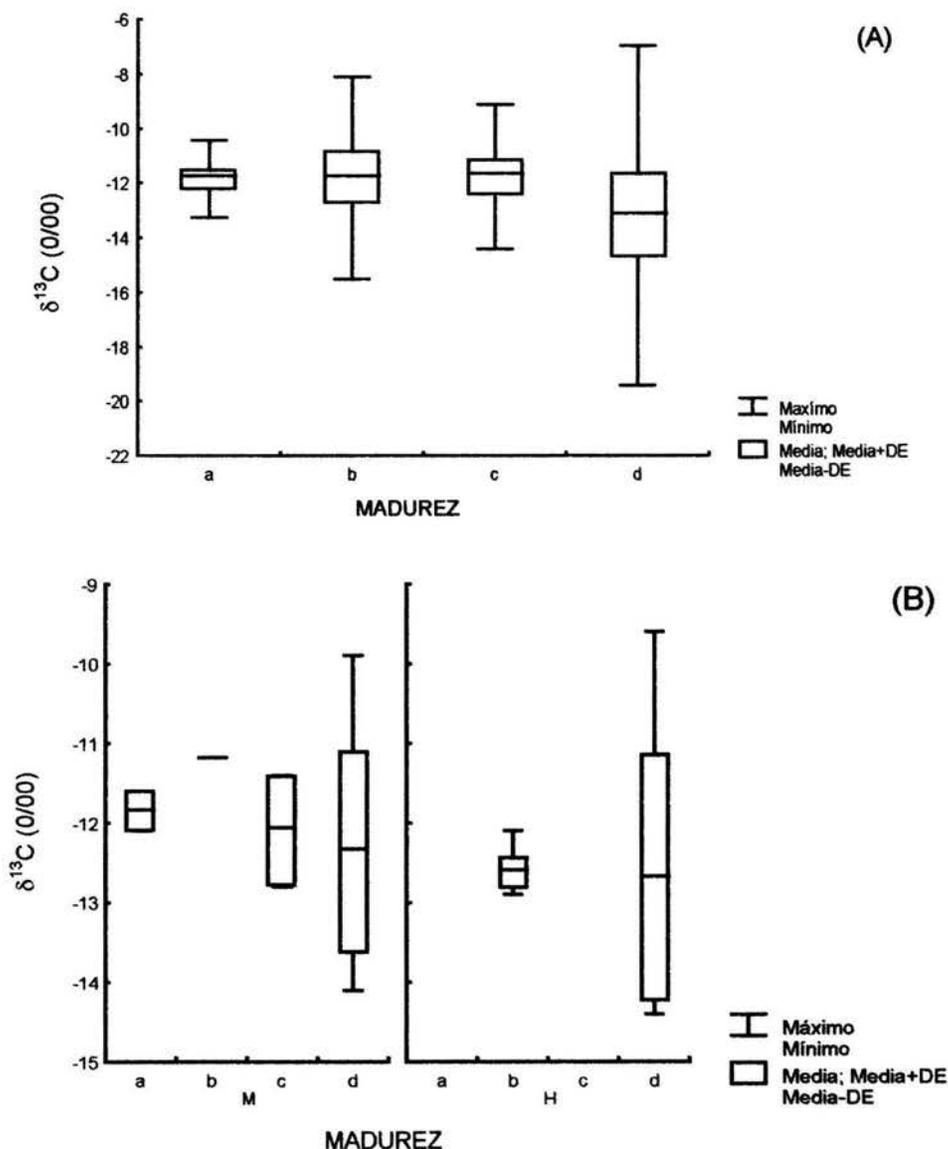


Figura 17. Valores promedio y desviación estándar de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) en categorías de edad (a. Crías lactantes, b. Juveniles, c. Subadultos, d. Adultos); para (A) la población muestreada y (B) para machos (M) y hembras (H) de *D. capensis*.

Los valores encontrados de  $\delta^{34}\text{S}$  para machos y hembras de *D. capensis* muestran que los machos a lo largo de la vida mantienen valores altos de  $\delta^{34}\text{S}$ , comparado con las

hembras donde se observa un decrecimiento en los valores a medida que avanza la edad (Figura 18, 19 y 20).

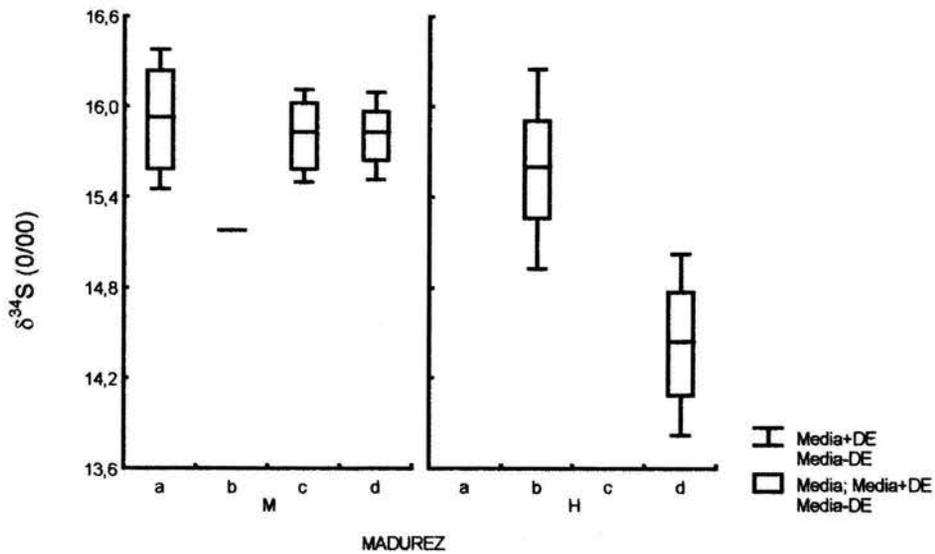


Figura. 18. Valores promedio y desviación estándar de  $\delta^{34}\text{S}$  en categorías de edad (a. Crías lactantes, b. Juveniles, c. Subadultos d. Adultos) para machos (M) y hembras (H) de *D. capensis*.

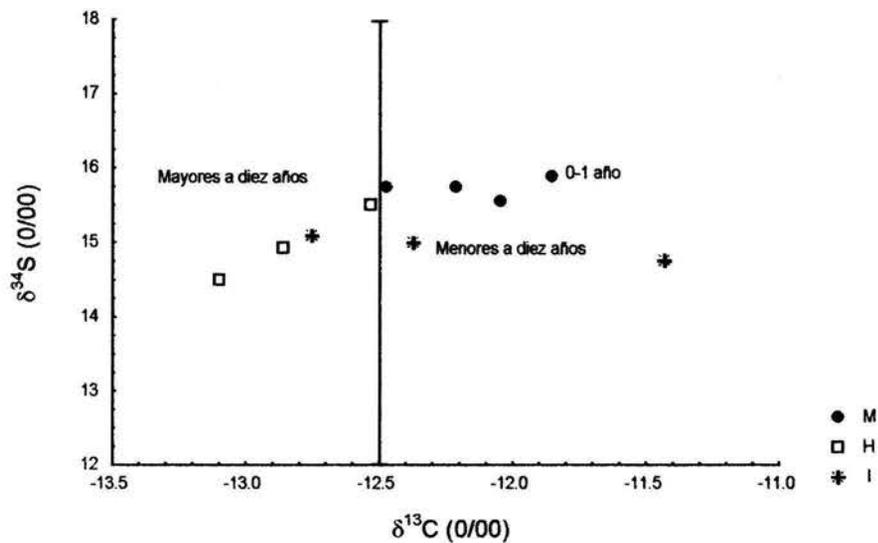


Figura 19. Promedios de  $\delta^{34}\text{S}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  (‰), en machos (M), hembras (H) e individuos indeterminados (I), para grupos de edad de *D. capensis*.

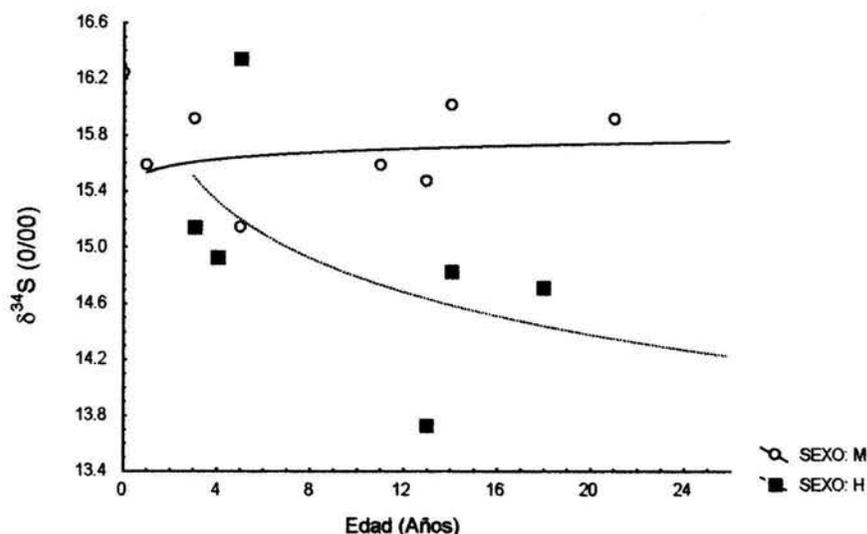


Figura 20. Valores de  $\delta^{34}\text{S}$  según la edad para ocho machos (M) y siete hembras (H) de *D. Capensis*.

### 7.3 ANÁLISIS DE KRUSKAL-WALLIS.

Esta prueba se llevo a cabo ya que la prueba de Kolmogorov-Smimov-Lilliefors indicó que los datos de C, N y S no se distribuyen de forma normal para  $\delta^{15}\text{N}$  (K-S d= 0.12532,  $p > 0.20$ ),  $\delta^{13}\text{C}$  (K-S d= 0.09471,  $p > 0.20$ ), y  $\delta^{34}\text{S}$  (K-S d=0,10778,  $p > 0.20$ ) obligando a hacer un ANOVA no paramétrico.

#### 7.3.1.1 Para machos y hembras

Región crítica:  $h > X^2_{0.05} = 3.841$  para  $v = 1$  grado de libertad.

El valor encontrado en la prueba de Kruskal-Wallis ( $h = 1.35$   $p = 0.2459$ ) al analizar los valores de  $\delta^{13}\text{C}$ , así como, al analizar los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  ( $h = 2.26$   $p = 0.13$ ) y  $\delta^{34}\text{S}$  ( $h = 3.62$   $p = 0.0631$ ) encontrados en dientes de *Delphinus capensis* indicaron que no hay diferencias significativas en la composición isotópica entre hembras y machos.

#### 7.3.1.2 Para categorías de edad

Región crítica:  $h > X^2_{0.05} = 7.815$  para  $v = 3$  grados de libertad.

El valor encontrado en la prueba de Kruskal-Wallis al analizar los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $h=11.04354$   $p=0.0115$ ), así como al analizar los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  ( $h=11.94028$   $p=0.0076$ ), indicaron que existe diferencias significativa en la composición isotópica entre categorías de edad para estos isótopos; pero indicó que entre categorías de edad no hay diferencias significativas al analizar los valores isotópicos para el  $\delta^{34}\text{S}$  ( $h=7.041581$   $p=0.0706$ ).

### 8.1 CONTENIDOS ESTOMACALES

La información de los contenidos estomacales para los especímenes empleados en este estudio no revela mucho acerca de la dieta de la población, ya que solo refleja un periodo corto de la alimentación de los mismos (Hobson *et al.* 1994; Walker *et al.* 1999; Walker y Macko 1999); no obstante, brinda una idea valiosa del alimento ingerido momentos antes de su muerte, así como de las especies o grupos sobre los cuales esta especie está depredando. Las principales presas encontradas en los contenidos estomacales analizados concuerdan con lo expuesto por Culik (2003), quien indica que *D. capensis* en la parte meridional de California se alimenta de sardinas (*Sardinops caeruleus*), anchovetas (*Engraulis mordax*), bonitos pequeños (*Sarda chilensis*) y calamar (*Loligo opalescens*). Para el género *Delphinus* Evans (1976) encontró que aunque *Engraulis mordax* y *Loligo opalescens* son las especies más representativas en los contenidos estomacales, también se alimentan de otras especies como: *Stenobranchius leucopsarus*, *Merluccius productus*, *Ceratoscopelus townsendi*, *Tarletonbeania crenularis*, *Genyonemus lineatus*, *Seriphus politus*, *Cololabis saira* y *Argentina sialis*.

### 8.2 ISÓTOPOS ESTABLES

Las señales isotópicas en este estudio representan la dieta a largo plazo de los especímenes, porque cada muestra fue tomada de un diente entero. La dentina se deposita de forma continua dentro del diente y por lo tanto constituye la mayor parte del diente que se usa para el análisis isotópico. Por el uso de muestras en las que se incorpora toda la dentina proveniente de un diente las variaciones de la dieta que pueden ocurrir por variaciones estacionales son minimizadas dando un valor promedio isotópico dental para cada animal (Walker *et al.* 1999).

Encontrar información de la dieta de organismos de altos niveles tróficos a través de valores isotópicos es complejo, no obstante, es posible cuando existen poblaciones que se alimentan de diferentes presas, aún con una media isotópica similar. Sin embargo,

poblaciones de diferentes áreas geográficas con diferentes valores isotópicos pueden presentar dietas similares y variar solamente en la composición isotópica de las presas (Walker *et al.* 1999). González (2002) reporta que la amplia distribución de los valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  indica el consumo de gran variedad de presas, por lo tanto para este estudio se puede decir que *D. capensis* es una especie oportunista. Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  encontrados (media  $-12.43 \pm 1.35$  ‰) sugieren que esta especie en el Golfo de California está consumiendo presas de origen costero, de acuerdo con lo reportado por Díaz-Gamboa (2003) para delfines costeros y oceánicos. Por otra parte el  $\delta^{15}\text{N}$  (media  $17.08 \pm 2.49$  ‰) puede estar indicando que estas presas provienen de diferente profundidad, desde presas comunes en el fondo, demersales o de aguas profundas, hasta presas epipelágicas (Tabla 3). Lo anterior concuerda con lo encontrado en los contenidos estomacales, debido a que las sardinias (*Sardinops caeruleus*) y las anchovetas (*Engraulis mordax*) son típicas de zonas epipelágicas (Fischer *et al.* 1995); mientras que los burritos (*Orthopristis reddingii*) son especies asociadas a fondo rocosos o arenosos (Fischer *et al.* 1995). Evans (1976) reporta buceos del género *Delphinus* hasta de 280 m de profundidad, e indica que patrones de buceo entre los 21 y los 107 m están asociados a la alimentación.

Tabla 3. Valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) para algunas especies reportadas para el Golfo de California.

Especie	N	Promedio	Desv.	Promedio	Desv.	Autor
		$\delta^{13}\text{C}$	Esta. $\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	Esta. $\delta^{15}\text{N}$	
<i>Harengula thrissina</i>	3	-16.49	0.38	17.76	0.08	Díaz-Gamboa (2003)
<i>Hyporhamphus unifaciatius</i>	3	-16.56	1.30	17.08	1.52	Díaz-Gamboa (2003)
<i>Cheilopogon papilio</i>	1	-17.77		16.10		Díaz-Gamboa (2003)
<i>Tylosurus acus</i>	1	-17.25		15.03		Díaz-Gamboa (2003)
<i>Mugil cephalus</i>	2	-11.51	1.06	11.11	0.15	Díaz-Gamboa (2003)
<i>Myctophidae</i>	1	-19.43		14.90		Díaz-Gamboa (2003)
<i>Dosidicus gigas</i> (<1-4cm)	7	-17.88	0.96	16.35	0.39	Díaz-Gamboa (2003)
<i>Dosidicus gigas</i> (17-27cm)	5	-17.01	0.93	16.11	1.58	Díaz-Gamboa (2003)
<i>Sardinops sagax</i>	4	-18.5	0.7	13.3	0.6	Gendron <i>et al.</i> (2001)
<i>Etrumeus teres</i>	1	-17.9		13.9		Gendron <i>et al.</i> (2001)

La prueba de Kruskal-Wallis no revela que exista diferencias significativas entre sexos para valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$ , no obstante existe una tendencia de los machos a presentar valores menos negativos de  $\delta^{13}\text{C}$  y más altos  $\delta^{15}\text{N}$  con respecto al de las hembras. Lesage *et al.* (2001), indica que el sexo puede influenciar los valores isotópicos, especialmente el de  $\delta^{15}\text{N}$  y que esto se hace más pronunciado cuando existe un dimorfismo sexual marcado, especialmente en el tamaño del cuerpo.

Aunque la prueba de Kruskal-Wallis no reveló diferencias para el  $\delta^{34}\text{S}$  el valor encontrado está muy cerca de la región crítica lo que podría sugerir que existen diferencias en la composición isotópica de este elemento para los machos y hembras de esta especie. La reducción bacteriana al sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en los océanos enriquece el  $\text{SO}_4^{2-}$  marino en  $^{34}\text{S}$  comparado con el azufre en la corteza terrestre ( $\delta^{34}\text{S}$  de  $+21\text{‰}$  contra una media de  $\pm 0\text{‰}$ ) (Weber *et al.* 2002), esto hace que individuos con una alimentación más costera estén representados con valores de  $\delta^{34}\text{S}$  más bajos con respecto al de individuos más oceánicos, por lo tanto, se podría pensar que los machos son más oceánicos que las hembras corroborando la idea de Watson (1981) quien indica que los delfines comunes, se pueden encontrar segregados por edad y sexo. No obstante, estas diferencias en los valores isotópicos de  $\delta^{34}\text{S}$  se puedan atribuir a diferencias en las tasas metabólicas entre machos y hembras y a la pérdida de iones de S durante su vida. El azufre es un mineral que es encontrado en altas concentraciones dentro de los tejidos; cerca de la mitad de este azufre está concentrado en músculo, mientras que la otra mitad está repartido en cerebro, piel y huesos (Looper *et al.* 2001). Los valores bajos de  $\delta^{34}\text{S}$  en las hembras se pueden relacionar al proceso de lactancia ya que la leche es una de las principales fuentes de azufre, por tanto, esta es una de las vías principales en la pérdida de este ión, el cual es muy importante en la síntesis de algunos aminoácidos como Metionina y Cistina.

La prueba de Kruskal-Wallis indica que existe diferencias significativas entre categorías de edad para los valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ , pero no encontró diferencias al analizar los valores isotópicos para el  $\delta^{34}\text{S}$ . Como patrón general en mamíferos marinos es común el enriquecimiento de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  con la edad (Lesage *et al.* 2001) y este ha sido bien documentado para muchas especies de mamíferos con un valor aproximado de  $+3\text{‰}$  de incremento de  $\delta^{15}\text{N}$  por nivel trófico (Hohn *et al.* 2003).

Los tejidos formados en el útero (por ejemplo el esmalte dental) tendrán valores superiores al de los adultos, porque los fetos se están alimentando de los tejidos de sus propias madres (Hohn *et al.*, 2003). A partir del nacimiento el consumo nutricional en los primeros meses de vida depende totalmente de la leche materna (Peddemors *et al.* 1989). Reddy *et al.* (1991), señalan que durante la lactancia en *T. truncatus*, las crías empiezan a comer peces a los 15 meses de edad pero algunos pueden comenzar con una dieta combinada de leche y peces desde los siete meses. Para el presente estudio los valores isotópicos de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$  en individuos lactantes son elevados comparado con otras categorías de edad, debido a que estos “bebés” cumplen una función trófica, como se menciona anteriormente, similar a “depredadores” de sus propias madres. Es por esta razón que algunas crías de delfines como *T. truncatus* parecen reflejar isotópicamente el periodo de tiempo durante el cual lactaron (Hohn *et al.* 2003). Por otra parte Jenkins *et al.* (2001) indican que en general se ha creído que los valores isotópicos deben encontrarse enriquecidos en las crías lactantes con respecto a los valores de sus madres y que por estos deben estar en nivel trófico superior al de estas, sin embargo no encontraron un patrón general de enriquecimiento de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  para mamíferos en su estudio, pero advierten que este enriquecimiento está presente en algunas especies, y señalan para el caribú (*Rangifer tarandus*) y para el oso gris (*Ursus arctos horribilis*) un enriquecimiento en  $\delta^{15}\text{N}$  en el plasma de las crías con respecto al de sus madres. De igual forma Fogel *et al.* (1989) señalan para uñas de humanos un enriquecimiento en  $\delta^{15}\text{N}$  de +2.4 ‰, entre las de la madre y las de su bebé.

En este estudio se observó que cuando los individuos entran en la etapa de juveniles (entre 2 y 7 años) los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  disminuyen encontrándose el valor promedio más bajo (14.5 ‰), esto puede deberse a que a medida que crecen y son destetadas las crías de muchas especies de delfines se empiezan a alimentar de una dieta sólida (Peddemors *et al.* 1989) basada en pequeños peces planctívoros como anchovetas y sardinas, con bajos valores isotópicos (cerca de  $\delta^{15}\text{N}$  13-14 ‰;  $\delta^{13}\text{C}$  -17 a -18 ‰) comparado con la enriquecida leche materna. Jenkins *et al.* (2001) señalan que los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  entre madres y crías del caribú difiere en  $1.9 \pm 0.6$  ‰ durante los primeros 70 días de vida, pero esa diferencia decrece a  $0.6 \pm 0.1$  ‰ hasta los 98 días después del nacimiento. Sumado a esto, la influencia del cambio en el metabolismo mostrado como un cambio en

la tasa de crecimiento corporal, hace que el promedio acumulado de  $\delta^{15}\text{N}$  en los dientes baje y se vea representado en valores cercanos a  $\delta^{15}\text{N} 14 \text{ ‰}$  presentes entre los dos y los nueve años de edad (juveniles).

Perrin y Reilly (1984) indican que la madurez sexual en la población del Océano Pacífico de la especie *D. delphis* se alcanza de los siete a los 12 años de edad (siete años para las hembras y nueve para los machos), por lo que podemos esperar que para *D. capensis* sea relativamente similar. Por lo tanto, durante la pubertad (estadio juvenil), etapa en la cual cambia el metabolismo nuevamente siendo muy alto en los machos y un poco menor en las hembras, así como durante la subadultez (individuos física y sexualmente maduros que aún no entran en la reproducción por cuestiones sociales y desplazamientos o exclusiones por individuos adultos), la alimentación se inclina hacia presas más grandes y más depredadoras, reflejándose como un enriquecimiento en el valor isotópico de  $\delta^{15}\text{N}$ , el cual se pudo observar claramente en este estudio.

## 9 CONCLUSIONES

Las principales especies de las cuales se alimentaron los cuatro individuos de *Delphinus capensis*, son *Sardinops caeruleus* y *Engraulis mordax*.

Los valores isotópicos de carbono y azufre confirman la idea que el delfín común *Delphinus capensis* es una especie costera, que presenta desplazamientos hacia aguas fuera de costa.

El delfín común *Delphinus capensis* es una especie oportunista, que se alimenta de una amplia variedad de especies presas, entre los que se incluyen peces y cefalópodos, provenientes de áreas costeras y de fondo o de aguas profundas.

A medida que los individuos del delfín común *Delphinus capensis* crecen en el Golfo de California, cambia su alimentación; primero basada en peces pequeños de tipo costero, volviéndose a medida que crece consumidor de especies más grandes.

Los machos y hembras del delfín común *Delphinus capensis*, para el Golfo de California, hacen uso de los mismos recursos alimenticios.

## 10 REFERENCIAS

- ALVAREZ-BORREGO S., FLORES-BÁEZ B.P. y L.A. GALINDO-BECT. 1975. Hidrología del Alto Golfo de California II. Condiciones durante invierno, primavera y verano. *Ciencias Marinas*, v. 2, p. 21-36.
- BAEVAN N., PERALTA H. y T. MONROAE. 1999. Stable isotope ( $^{15}\text{N}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) and radioisotope ( $^{14}\text{C}$ ) determination of life time diet in *Rattus exulans* on Taranga (Hen) Island, Hen and Chickens Group. *Final Report to the World Wide Foundation for Nature*. New Zealand. 37 pp.
- BOUTTON T.W. 1991. Stable carbon isotope ratios of natural materials II: Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environmental. In: Coleman. C.D y F. Parker (Eds) *Carbon Isotope techniques*. Academic press. Toronto. 201-218.
- CHISHOLM B.S., NELSON D.E., HOBSON K.A., SCHWARCZ H.P. y M. KNYF. 1983. Carbon isotope measurement techniques for bone collagen: Notes for the archeologist. *Journal of Archeological Science*. 10: 355-360.
- CLUA E. y F. GROSVLET. 2001. Mixed-species feeding aggregation of dolphins, large tunas and seabirds in the Azores. *Aquatic Living Resource. Vivantes Aquatic*. 14:11-18.
- CULIK B.S. 2001. Small Cetaceans: distribution, behaviour, migration and threats. A Review. *Gutachten für die Bonner Konvention zum Schutze Wandemder Tierarten. (CMS)*. 276 Seiten. (Seite 161)
- CULIK B.S. 2003. Whales and Dolphins, summary of the available knowledge on toothed whales distribution, migration and treats. *Gutachten für die Bonner Konvention zum Schutze Wandemder Tierarten. (CMS)*. 2-3.
- DeNIRO M. y S. EPSTEIN. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animal. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 42:495-506.

- DÍAZ-GAMBOA R. 2003. Diferenciación entre tursiones *Tursiops truncatus*. Costeros y oceánicos en el Golfo de California por medio de Isótopos estables de carbono y Nitrógeno. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas CICIMAR. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. 62pp.
- EDWARDS M.S., TURNER T.F. y Z.D. SHARP. 2002. Short- and long- term effects of fixation and preservation on stable isotope values ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$ ) of fluid preserved museum specimens. *Copeia*. (4). 1106-1112.
- EHLERINGER J.R. y T.E. CERLING. 2002. Stable Isotopes. The Earth System: biological and ecological dimensions of global environmental change. In: MUN. T. (Ed) *Encyclopedia of Global Environmental Change*. John Willey & sons. Chichester. 2: 544-550.
- EVANS W. 1976. Distribution and differentiation of stocks of *Delphinus delphis* Linnaeus in the northeastern pacific. Advisory committee on marine resources research. FAO. 59pp.
- FILGUEIRA R. y B. CASTRO. 2003. Efecto del tratamiento ácido sobre el análisis de  $^{13}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}$  en organismos marinos. *X Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. COLACMAR*. CD.
- FISCHER W., KRUPP F., SCHNEIDER W., SOMMER C., CARPENTER K. y V. NEIM. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacifico centro-oriental. Vertebrados parte 2. (2). 648-1199.
- FOGEL M., TUROSS N. y D. OWSLEY. 1989. Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archeological populations. Annual report Geophysical Laboratory. Carnegie Institution. 1988-1989. Geophysical Laboratory. Carnegie Institution. Washington. D.C, 11-117.
- FRANCISCO E., GALLO-REYNOSO J.P. y L. ORTIZ. 2000. Estimating age of common dolphin *Delphinus capensis* from Gulf of California. *National Conference of the society*

for advancement of chicanos and native Americans in science (SACNAS). pp157. Atlanta. Georgia.

FRY B. y P. PARKER. 1979. Animal diet in Texas seagrass meadows: Delta -C13 evidence of the importance of benthic plants. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 8: 499-509.

GALLO-REYNOSO J.P. 1989. Ecology of common dolphin *Delphinus delphis bairdi*. (Linnaeus, 1758), in the Gulf of California. Abstract in: *8<sup>th</sup> Biennial Conference in Biology of Marine Mammal*. Pacific Grove, California. December.

GALLO-REYNOSO J.P. 1990. The Gulf of California Common Dolphin. *Whale watcher, Journal of the American Cetacean Society*. 24 (2): 7-8.

GALLO-REYNOSO J.P. 1991. Group behavior of common dolphin (*Delphinus delphis*) during prey capture. *Anales del Instituto de Biología*. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología. 62(2): 253-262.

GASKIN D. 1982. Conceptual Views of species and speciation in Cetacea, and recognition of degrees of polytypy. In: *The ecology of whales and dolphins*. Heinemann Educational Books Ltd. London. 248-278.

GEARING J.N. 1991. The study of the diet and trophic relationships through natural abundance  $^{13}\text{C}$ . In: Coleman. C. D y F. Parker (Eds) *Carbon Isotope techniques*. Academic press. Toronto. 201-218.

GENDRON D., AGUIÑIGA S. y J.D. CARRIQUIRY. 2001.  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  in skin biopsy samples: a note of their applicability for examining the relative trophic level in three rorcual species. *Journal of Cetacean Research and Management*. 3(1)1-4

GONZALEZ M. 2002. Historia trófica por edad y sexo del lobo marino *Zalophus californianus* utilizando las razones isotópicas  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ . Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. *Tesis de maestría*. La Paz, México. 51pp.

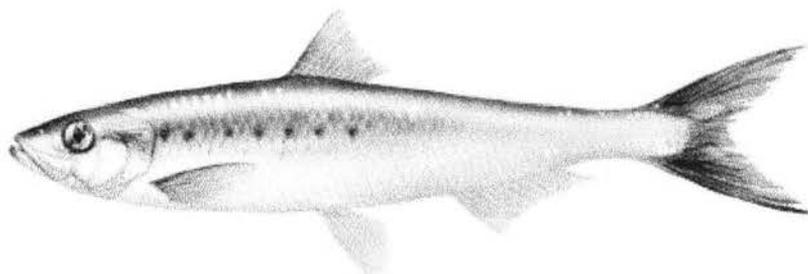
- HARWOOD S., ANDERSON M., FEDAK P., HAMMOND A., HIBY B., Mc CONNELL A., MARTIN y D. TOMSON. 1989. New approaches for field studies of mammals: experience with marine mammals. In: *Biological Journal of the Linnaean Society*. 38:103-111.
- HERNANDEZ P. 2002. Composición y estructura de las comunidades de poliquetos (Annelida: *Polichaeta*) bénticos de la plataforma continental del Golfo de California. *Tesis de doctorado*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 176pp.
- HESSLEIN R.H., CAPEL M.D., FOX D.E. y K.A. HELLARD. 1992. Stable isotopes of sulfur, carbon and nitrogen isotopes as indicators of trophic level and fish migration in the lower Mackenzie river Basin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 48: 2258-2265.
- HEYNING J.E. y F.W. PERRIN. 1994. Evidence of two species of common dolphins (Genus *Delphinus*) from the eastern North Pacific. *Contributions in Science*. Natural History Museum of Los Angeles County. 442:1-35.
- HOBSON K.A., y R.G. CLARK. 1992. Assessing avian diets using stable isotopes: Turnover of  $^{13}\text{C}$  in tissues. *The Condor*. 94:181-188.
- HOBSON K.A., PIATT. J.F. y J. PITOCHELLI. 1994. Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. *Journal of Animal Ecology*. 63: 786-798.
- HOBSON K.A., SEASE. J.L. y J.F. PIATT. 1997. Investigating trophic relationships of pinnipeds in Alaska and Washington using stable isotopes ratios of Nitrogen and Carbon. *Marine Mammal Science*. 13(1):114-132.
- HOHN A.A., SCOTT. M.D., WELLS. R.S., SWEENEY. J.C y A.B. IRVINE. 1989. Growth layers from know-age, free-ranging Bottlenose dolphins. *Marine Mammal Science*. 5(4): 315-342.

- HOHN A.A., KNOFF. A.J. y S.A. MACKO. 2003. Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) teeth: some observations from stable isotope analysis. *15th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, December, Greensboro, N.C.
- HOOKE S.K., IVERSON S.J., OSTROM P. y S.C. SMITH. 2001. Diet of northern bottlenose whales inferred from fatty-acid and stable-isotope analyses of biopsy samples. *Canadian Journal of Zoology*. 79:1442-1454.
- JEFFERSON T., LEATHERWOOD S. y P. WEBBER. 1993. Marine mammals of the world. *FAO. Species identification guide*. CD.
- JENKINS S.G., PARTRIDGE S.T., STEPHENSON T.R., FARLEY S.D. y C.T. ROBBINS. 2001. Nitrogen and carbon isotope fractionation between mothers, neonates, and nursing offspring. *Oecologia*. 129: 336-341.
- KELLY J.F. 2000 Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. *Canadian Journal of Zoology*. 78: 1-27.
- LESAGE V. 1999. Trophic relationships, seasonal diving activity and movements of harbor seals, *Phoca vitulina concolor*. in the St Lawrence river Estuary. Canada. *Ph.D. Thesis*. University of Waterloo. Waterloo. ON.
- LESAGE V., HAMMILL M.O. y K.M KOVACS. 2001. Marine mammals and the community structure of the Estuary and Gulf of St Lawrence, Canada: evidence from stable isotopes analysis. *Marine Ecology Progress Series*. 210: 203-221.
- LAVIN. M., GAXIOLA-CASTRO J., ROBLES. J. y K. RITCHTER. 1995. Winter water masses and nutrients in the northern Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*. 100: 8587-8605.
- LOOPER M.L., JORDAN E.R., STOKES S.R. y D.N. WALDNER. 2001. Managing Milk Composition: Feed Additives and production Enhancers. Oklahoma State University. *OSU Extension Facts*. WF-4018. 1-2.

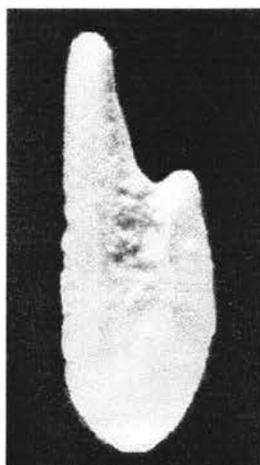
- MALUF L. 1983. Physical Oceanography. In: Case, T y Cody, M (Eds). *Island Biogeography in the Sea of Cortés*. University of California Press. USA. 26-45.
- MINAGAWA M. y E. WADA. 1984. Stepwise enrichment of  $^{15}\text{N}$  along food chains: further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 48: 1135-1140.
- NEUMAN. 2001. Seasonal movement of short-beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) in the north-western Bay of Plenty, New Zealand: influence of sea surface temperature and El Niño/ La Niña. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater research*. 35 (2): 331-334.
- PEDDEMORS V.M., De MUELENAERE H.J. y K. DEVCHAND. 1989. Comparative Milk composition of the Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) Humpback dolphin (*Sousa plumbea*) and Common dolphin (*Delphinus delphis*) from Southern African waters. *Compendium of Biochemical Physiology*. 94A.(4): 639-641.
- PERRIN W.F. y S.B. REILLY. 1984. Reproductive parameters of dolphins and small whales of the family Delphinidae. In: PERRIN. W. F., BROWNWLL. R. L y D. P. DeMASTER (Eds). *Reproduction in Whales, dolphins and porpoises*. Reports of international whaling Commission. Special Issue 6. Cambridge. 97-134
- PETERSON B., HOWART R. y R. GARRIT. 1986. Sulfur and carbon isotopes as traces of Salt-marsh organic matter flow. *Ecology*. 67: 865-874.
- RAMÍREZ. A. 1999. Ecología aplicada, diseño y análisis estadístico. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Colombia. 167-192.
- REDDY M., KAMOLNICK. T., SKAAR D., CURRY C. y RIDGWAY S. 1991. Bottlenose dolphins: Energy consumption during pregnancy, lactation and growth. *Annual conference. International Marine Animal Trainer Association. IMATA*. Vallejo. California. 30-37.

- RICE D. W. 1998. Marine mammals of the world: systematics and distribution. *Society for Marine Mammalogy*, Special Publication Number 4 (Wartzok D, Ed.), Lawrence, KS. USA. 231pp.
- ROBINSON M. 1973. Atlas of Monthly mean sea surface and subsurface temperatures in the Gulf of California. Mexico. *San Diego Society of Natural History*. Memoir 5:1-97.
- RODEN G. 1972. Thermohaline structure and baroclinic flow across the Gulf of California entrance and in Revillagigedo Island region. *Journal of Physical Oceanography*. 2: 177-183.
- RODEN G. e I. EMILSSON. 1979. Oceanografía Física del Golfo de California. Escrito mimeografiado. ICMYL. Universidad Nacional Autónoma de México. 67pp.
- ROSEL P., DIZON A. y J. HEYNING. 1994. Genetic analysis of sympatric morphotypes of common dolphins (genus *Delphinus*). *Marine Biology*. 119:159-167.
- SANTAMARÍA A. 1994. El color de las aguas del Golfo de California registrado por el CZCS: relaciones de la biomasa fitoplanctónica y los procesos físicos de la mezcla. *Tesis Doctorado*. Universidad Autónoma de Baja California. 131pp.
- SCHELL D.M., SAUPE S.M. y N. HAUBENSTOCK. 1993. Bowhead whale (*Balaena mysticetus*) growth and feeding as estimated by  $\delta^{13}\text{C}$  techniques. 441-452. In: The Bowhead. Montague. J. y C. Cowles (Eds). *The Society of Marine Mammalogy*. Special publication. 2. 787pp.
- STEELE K. y R. DANIEL. 1978. Fractionation of nitrogen isotopes by animals: a further complication to the use of variation in the natural abundance of  $^{15}\text{N}$  for tracer studies. *Journal of Agricultural Sciences*. 90: 7-9.
- TRIMBLE C. y S.A. MACKO. 1997. Stable isotope analysis of human remains: a tool for cave archaeology. *Journal of Cave and Karst Studies*. 59(3):137-142.

- WALKER J.L., POTTER C.W. y S.A. MACKO. 1999. The diets of modern and historic bottlenose dolphin populations reflected through stable isotopes. *Marine Mammal Science*, 15(2):335-350.
- WALKER J.L. y S.A. MACKO. 1999. Dietary studies of marine mammals using carbon and nitrogen isotopic ratios of teeth. *Marine Mammal Science*. 15(2):314-334.
- WATSON L. 1981. Common Dolphin. In: Dutton. E.D. *Sea guide of Whales of the world*. New York. 270-271.
- WEBER P.K., HUTCHEON I.D., McKEEGAN. K.D. y B.L INGRAM. 2002. Otolith sulfur isotope method to reconstruct salmon (*Onicorhynchus tshawytscha*) life history. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 59: 587-591.
- ZAR H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Fourth edition. Jerold. Patience Hall. 196-227.

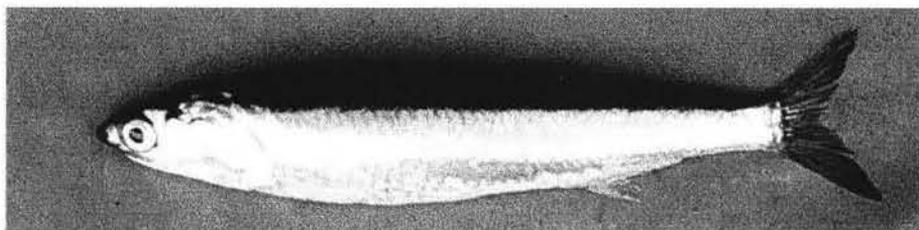
*Sardinops caeruleus* (Girard, 1856)

El cuerpo está caracterizado por ser cilíndrico, poco comprimido, el borde de la abertura branquial es suavemente redondeado, presenta aleta anal corta, con menos de 20 radios blandos ramificados; aletas pélvicas con ocho radios, el perfil ventral es redondeado y esta provisto de escudetes, la coloración dorsal es verde-azulado, la parte de los flancos es de coloración plateada. La talla máxima es 23.5 cm para el Golfo de California. Esta especie es predominantemente costera aunque se puede encontrar hasta 160Km de la costa, su distribución se encuentra restringida a la parte Pacífica de Baja California y al Golfo de California. Esta especie es de alto interés comercial y representa una de las pesquerías mas importantes para ala región de Guaymas (Fischer *et al.* 1995).

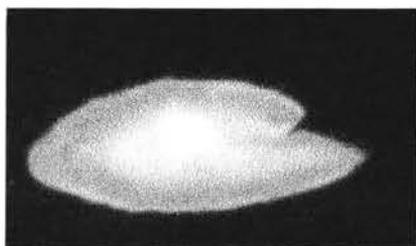


Ampliación del Otolito de *Sardinops caeruleus*

***Engraulis mordax* (Girard 1856)**

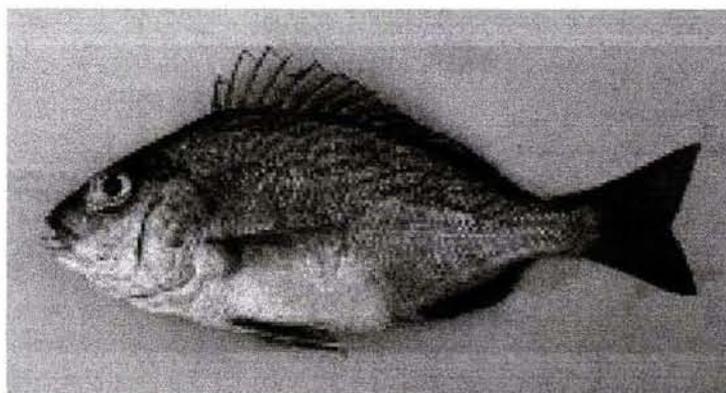


Cuerpo delgado, bastante redondeado en la sección transversal, la cabeza es alargada, comprendida de 3.25 a 3.75 veces la longitud estándar; hocico bastante largo y puntiagudo, Aleta anal corta, con 19 a 23 radios. La coloración del dorso es azul o verde metálico, con los flancos plateados. La talla máxima es de 20 cm de longitud estándar pero es común de 12-14cm. Es una especie pelágica-costera, forma grandes cardúmenes, también penetra en las bahías, caletas, su distribución es a lo largo de la costa de Baja California y en el Golfo de California. Esta especie es de interés comercial y es de importancia en la pesquería de Guaymas (Fischer *et al.* 1995).



*Ampliación del otolito de Engraulis mordax.*

***Orthopristis reddingi* (Jordan y Richardson, 1895)**



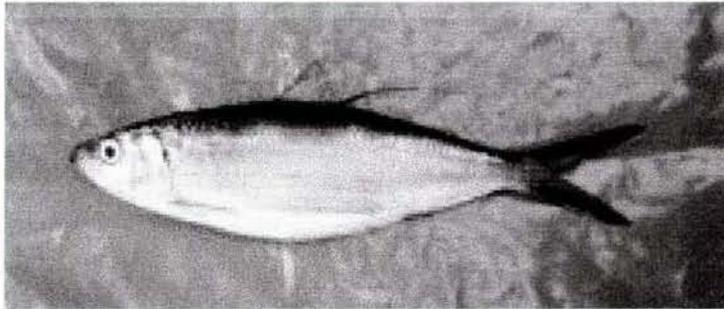
*Foto: F Amezcua L.*

Cuerpo alargado elíptico, fuertemente comprimido, su altura es 33% de la longitud, cabeza de 30 a 35% de la longitud estándar, hocico 30 y ojo grande de 24 a 25 % de la longitud de la cabeza. Boca pequeña terminal, sin labios carnosos, aleta dorsal no profundamente escotada con XII espinas y 14 a 15 radios, aleta anal con III espinas y 9 a 10 radios, raramente 8. las aletas pectorales son mas cortas que la cabeza. La coloración del cuerpo es gris perlada, el dorso es mas oscuro, el dorso el flanco presentan machas de color bronceado vivo detrás de cada centro de la escama, formando en conjunto hileras casi continuas a lo largo de la serie de escamas, oblicuas hacia arriba y atrás en la región anterior del cuerpo y casi horizontales en la parte posterior. La talla común es de 30 cm, su distribución es en la parte costera del Golfo de California. Es de importancia económica localmente. Vive sobre fondos arenosos en aguas costeras, los juveniles son comunes en pozas litorales (Fischer *et al.* 1995).



*Ampliación del otolito de Orthopristis reddingi.*

***Opisthonema libertate* (Gunther 1867)**



Esta especie se caracteriza por presentar un cuerpo moderadamente alto y comprimido, la aleta anal es corta, con 20 o menos radios ramificados; aletas pélvicas con ocho radios. El perfil ventral del cuerpo, presenta escudetes que forman una quilla bastante redondeada, la coloración dorsal es verde-grisáceo, la tonalidad de los flancos blanco-plateado, presenta una mancha negra detrás de la abertura branquia, seguida de una línea media medio-lateral amarilla. La talla máxima es de 22 cm pero en promedio es de 22cm.

La especie es pelágico costera y forma cardúmenes densos, esta especie es de interés comercial, se captura a lo largo de toda su distribución que incluye la costa Pacífica de Baja California, el Golfo de California, la costa Pacífica de Centro América, Colombia y Ecuador (Fischer *et al.* 1995).



*Ampliación del otolito de Opisthonema libertate.*