UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA

Tesis

Hábitos alimenticios del rorcual tropical (*Balaenoptera edeni)* en el Golfo de California

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE

Bióloga Marina

PRESENTA:

Tabata Olavarrieta García

DIRECTOR:

Dr. Carlos Alberto Niño Torres

La Paz, Baja California Sur, septiembre de 2012.

Dedicatoria

Este trabajo y todo lo que está detrás de él, está dedicado a mi mamá. La mejor guía que el universo me pudo haber mandado. Sin ti y tu apoyo, nada de esto hubiera sido posible. Gracias por todas las risas, los jalones de oreja y todas las experiencias compartidas. Gracias por siempre impulsarme a ser mejor día con día. ¡¡Lo logramos!!

Te amo más de lo que sé.

Agradecimientos

A Carlos Niño, por toda la paciencia que me tuviste.

A Jorge Urbán y Alejandro Gómez-Gallardo por sus comentarios y observaciones.

Al Museo de la Ballena por haber donado una barba para la realización de este estudio.

A Keith Hobson y al Candian Wildlife Service, por el análisis de las muestras.

Al PRIMMA y a todos mis compañeros, Diana, Carlos, Lore, muchas gracias por todos los momentos que hemos compartido y todo lo que he aprendido gracias a ustedes.

A mi mentor, Sergio, gracias por todo lo que me has enseñado en el arte de los mamíferos marinos, por la paciencia que me has tenido y por tu amistad tan valiosa.

Jes (Dem), tus porras a lo largo de la carrera han ayudado a que me encuentre en donde estoy, muchas gracias por todas las pláticas tan padres que hemos tenido.

A mi hermana, por todas las chocoaventuras que vivimos en la carrera, y todavía. Espero sean muchas más ¡¡Te amo!! Gracias por compartir todo lo que tenías, desde risas, hasta comida jaja.

Al resto de mi familia paceña, tía, amá, hermano, todos los recuerdos que tengo con ustedes me hacen muy feliz ¡gracias por todo!

Tía gracias por todo, sin tus regaños, nada hubiera sido igual, jaja, no es cierto ¡te amo!

A las joyas, que llegaron en el mejor momento a mi vida, gracias por todas las sesiones de relajamiento tan a gusto.

A mi familia, mi mamá, abue preciosa, la Mane, el Pedrro, Aida, Elisa e hijos, abuela, Lulú e hijos, Pablo, Paco y Ena. Muchas gracias por siempre contar con su apoyo, por todos sus consejos y especialmente por apoyar mi decisión de estudiar lejos. Son el principio de todo esto ¡gracias!

A Rafa, por ese amor tan grande que me tienes. Y por enseñarme tantas cosas de la vida y de mi misma ¡Te amo!

Last but not least, a mi queridísimo grupo VIP ¿por dónde empiezo? Con nadie más tengo momentos como con ustedes, muchas gracias por todos y cada uno de esos momentos ¡son lo máximo!

Y a todos aquellos que han contribuido para poder realizar este trabajo, muchas gracias.

Índice.

Resumen 1

Abstract 2

Introducción 3

Antecedentes 6

Biología del rorcual tropical 6
Distribución y movimientos..... 7
Poblaciones..... 7
Alimentación..... 8
Estudios de isótopos estables en barbas..... 8

Justificación 10
Hipótesis 10
Objetivos 10
Área de estudio..... 11
Métodos 12

Limpieza de las barbas y extracción de las muestras 13
Análisis de las muestras 15

Resultados 17

Valores isotópicos de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de las muestras..... 18

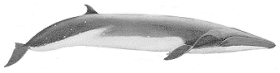
Cambios estacionales en la alimentación..... 23

Nivel trófico……...……. 27

Discusión …….....……. 29

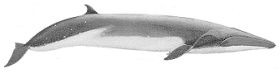
Conclusiones ……..…….. 32
Recomendaciones……..……..… 32

Referencias..……..……..……..... 33



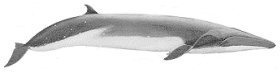
Resumen

A diferencia de otros Balaenopteridos que se alimentan casi exclusivamente de zooplancton, el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) tiene una dieta más variada. El uso de isótopos estables para detectar diferencias alimenticias entre individuos, ha sido una técnica ampliamente utilizada en muchos grupos animales. El empleo de barbas de ballenas en estudios tróficos, ha demostrado que los ejes longitudinales de éstas proveen un registro isotópico a largo plazo de patrones temporales en el consumo de alimento llegando incluso a reflejar el movimiento anual de estos organismos entre sus distintas fuentes de alimento. El objetivo de este estudio fue evaluar el posible cambio estacional en la alimentación del rorcual tropical presente en el Golfo de California (GC), así como determinar su nivel trófico por medio de isótopos estables de carbono ($\delta^{13}C$) y nitrógeno ($\delta^{15}N$). Durante el año 2009, se recolectaron barbas de cuatro individuos de rorcual tropical, que se encontraron varados muertos en el GC. Las barbas se analizaron longitudinalmente, perforando cada 5mm, para observar los cambios isotópicos a través del tiempo. Los valores de $\delta^{15}N$, mostraron que los ejemplares están divididos en dos grupos, un grupo con valores altos que sugieren que se alimentó de peces y que se encuentra en un nivel trófico mayor, mientras que el otro grupo presenta valores menores, lo que sugiere que probablemente se alimentaron de eufáusidos. Los valores de $\delta^{13}C$ nos muestran también diferencias, un grupo con valores más positivos, sugiriéndonos una distribución costera y el otro grupo con valores más negativos, lo que nos sugiere una distribución más oceánica. El Nivel $Trófico_{promedio}$ encontrado para cada una de las ballenas fue: 3.6, 3.2, 2.8 y 3.6. Este estudio sustenta la hipótesis de la existencia de dos poblaciones de rorcual tropical en el Golfo de California con estrategias alimenticias diferentes.



Abstract

The Byde's whale (*Balaenoptera edeni*) has a much wider diet than other Balenopterids that feed mainly on zooplankton. The use of stable isotopes is a very successful technique for detecting differences in feeding habits among individuals of many species. Trophic studies based on baleen plates have proven they provide a long-term isotopic record of whale feeding habits, and reflect an annual feeding record of the different prey consumed. Stable isotopic analyses of carbon and nitrogen were performed in this study to evaluate the possibility of a seasonal change in the feeding habits of Bryde's whale in the Gulf of California (GC), and levels of carbon ($\delta^{13}C$) and nitrogen ($\delta^{15}N$) stable isotopes were used to determine the trophic level at which the whales were feeding. During 2009 baleen plates from four dead stranded Bryde's whales were collected in in the GC. Baleen was analyzed along the longitudinal axis of each plate by sampling the baleen every 5mm to observe the changes in isotopic values through time. Values of $\delta^{15}N$, showed that the whales formed two groups: one group had greater positive values suggesting they fed mainly on fishes at a higher trophic level, while the other group had more negative values suggesting they probably fed on Euphausiids at a lower trophic level. Values of $\delta^{13}C$ also showed similar differences: a group with more positive values suggesting a shoreline distribution, and the other group, with more negative values, suggesting an oceanic distribution. The Trophic $Level_{average}$ values for each whale were: 3.6, 3.2, 2.8 and 3.6. These findings do support the hypothesis of the existence of two Bryde's whale populations in the Gulf of California with different feeding strategies.



I. Introducción

El rorcual tropical, *Balaenoptera edeni* (Anderson, 1878), es la tercera especie de ballena más pequeña entre los Balaenopteridos y es probablemente la menos conocida de las grandes ballenas (Cummings, 1985; Kato, 2002).

A diferencia de otros Balaenopteridos, como la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) que se alimenta casi exclusivamente de zooplancton, el rorcual tropical tiene una dieta mucho más variada, la cual incluye sardinas (*Sardinops sagax*), anchovetas (*Opisthonema libertate*) y eufáusidos (*Nyctiphanes simplex*), entre otras presas (Rice, 1977; Leatherwood, *et al.*, 1982; Urbán y Flores, 1996).

Las interacciones alimenticias entre las especies, establecen las vías para el flujo de materia y energía de una población a otra y determinan como la biomasa y la energía son repartidas en un ecosistema. Las cadenas y redes tróficas son dos modelos conceptuales utilizados para representar la estructura trófica y las relaciones alimentarias al nivel de la comunidad y constituyen esquemas diagramáticos para delinear cuales especies interactúan o son responsables directos del flujo de biomasa y energía en un ecosistema (Pimm, 1982; Paine, 1988).

El tamaño del organismo es uno de los factores determinantes para la tasa metabólica, eficiencia digestiva y requerimientos energéticos totales (Tershy, 1992). Como consecuencia, los misticetos presentan altos requerimientos energéticos y por lo tanto alimenticios, haciéndolos miembros importantes de redes tróficas locales, compitiendo con aves marinas, otros mamíferos marinos, peces y humanos. Moldeando tanto positiva como negativamente aspectos ecológicos en los ecosistemas (Whitehead y Paine, 1981).

El uso de isótopos estables para detectar diferencias alimenticias entre individuos de ambientes acuáticos, ha sido una técnica ampliamente utilizada. Ésta se basa en que la proporción isotópica en los tejidos de los consumidores, es reflejo del alimento asimilado e integrado en el tiempo (Peterson y Fry, 1987; Gearing, 1991; Hobson *et al*., 1994; Das *et al*. 2000). Combinados, el análisis de isótopos estables

de carbono y nitrógeno, representa una herramienta poderosa para identificar la fuente de materia orgánica y la posición trófica de los consumidores, ya que existe un fraccionamiento isotópico entre el depredador y su presa, que puede ser utilizado para hacer inferencias relacionadas a los hábitos alimentarios de los organismos (Minagawa y Wada, 1984; Michener y Schell, 1994).

A diferencia de las observaciones en campo y estudios de contenidos estomacales, que brindan una imagen corta de lo que los animales han ingerido, el análisis de isótopos estables puede brindar información en diferentes escalas temporales (largas y cortas), dependiendo del tejido que se utilice para el análisis. De este modo, tejidos con grandes velocidades de recambio celular como sangre e hígado, pueden brindar información trófica en una escala de horas y días, mientras que otros tejidos con velocidades medias (músculo) y lentas (dientes y huesos), proporcionarán información en una escala de meses y años (Hobson, 1999).

El empleo de barbas en estudios tróficos con isótopos estables en ballenas ha demostrado que los ejes longitudinales de éstas proveen un registro a largo plazo, reflejando incluso el movimiento anual de estos organismos entre sus distintas fuentes de alimento (Hobson y Schell, 1998). Unas de las ventajas de analizar barbas, en contraste con otros tejidos, es que éstas no necesitan un método de preservación especial o sofisticado, por lo que es factible trabajar con ejemplares de colecciones y museos que pueden incluso llevar decenas de años colectados sin que esto afecte la interpretación ecológica, además que proporcionan un registro isotópico mucho más amplio que otros tejidos (Schell *et al*., 1989; Mizutani *et al*., 1990; Schell y Saupe, 1993; Hobson, *et al*., 1997; Hobson, 1999).

Las barbas consisten de queratina orientada transversalmente, las cuales están sujetas a las partes laterales de las encías del maxilar, dejando abierta una porción en el centro del paladar. Por ende, las barbas forman dos masas que cuelgan en el maxilar en forma de peine, una de cada lado de la cavidad oral. Las barbas más largas se encuentran en la parte media del maxilar y van decreciendo hacia la parte anterior y posterior. Están rodeadas por una sustancia blanca grisácea en la base y

queratina suave, esta misma sustancia llena también el espacio entre cada barba (Fudge *et al*., 2009).

En este estudio se presentan los resultados del análisis de los isótopos estables de carbono y nitrógeno presentes en barbas de cuatro individuos de rorcual tropical con la intención de conocer los hábitos alimentarios de esta especie en el Golfo de California.

II. Antecedentes

Biología del rorcual tropical

Los rorcuales tropicales, tienen una longitud promedio de 13 metros y llegan a alcanzar una longitud máxima de 15.8 metros, siendo las hembras ligeramente más grandes que los machos (Best, 1977; Kato, 2002). El patrón de coloración puede variar mucho, pero en general es gris oscuro en la parte dorsal y blanco en la parte ventral. La coloración oscura se extiende desde la parte anterior hasta los surcos gulales, cubriendo ambas caras de las aletas pectorales. El límite entre la pigmentación clara y la oscura no es marcado y se presenta como una difusión entre los dos tonos. Presentan entre 250 a 370 láminas de barbas de color gris (Reeves, *et al.,* 2008). La cabeza es aproximadamente un cuarto de la longitud total del cuerpo, la aleta dorsal es extremadamente falcada y los surcos gulares se extienden hasta después del ombligo (Best, 1977; Kato, 2002). Visto dorsalmente el rostro tiene forma de "V", y además de la cresta media característica de rorcuales, presenta otras dos crestas paralelas que corren longitudinalmente entre los orificios nasales y la punta del rostro, siendo ésta (tres crestas), la característica de identificación en campo más significativa de la especie (Fig. 1) (Cummings, 1985; Kato, 2002).

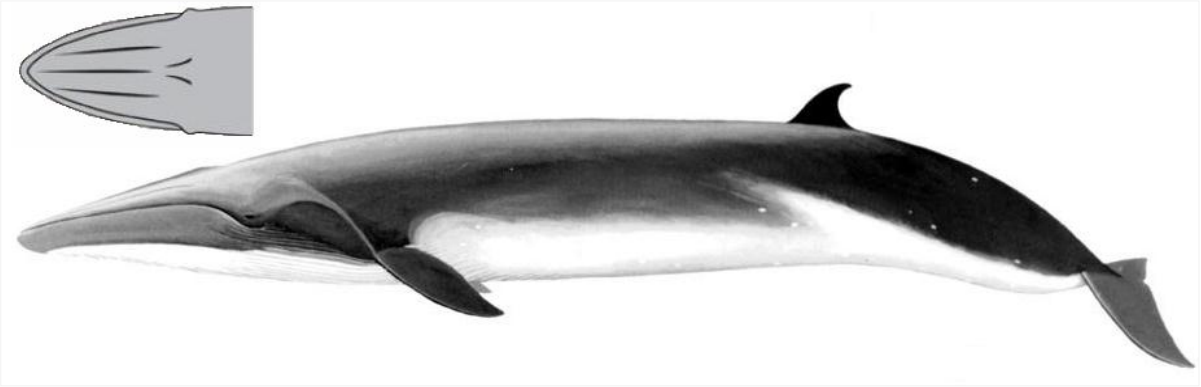


Figura 1. Vista lateral y dorsal (cabeza) del rorcual tropical, en donde se observan; la forma del rostro, las tres crestas características, la coloración y la forma de la aleta dorsal (a. Diagrama del rorcual tropical (vista lateral) (Peter Folkens), b. Diagrama de la cabeza (Uko Gorter)).

Distribución y movimientos

El rorcual tropical es una especie pantropical que se distribuye entre las latitudes 40º N y 40º S (Reeves, *et al.,* 2008), sin embargo, su distribución de manera puntual aún se desconoce. Se cree que es la única especie entre los Balaenopteridos que no realiza grandes migraciones (Fig. 2).

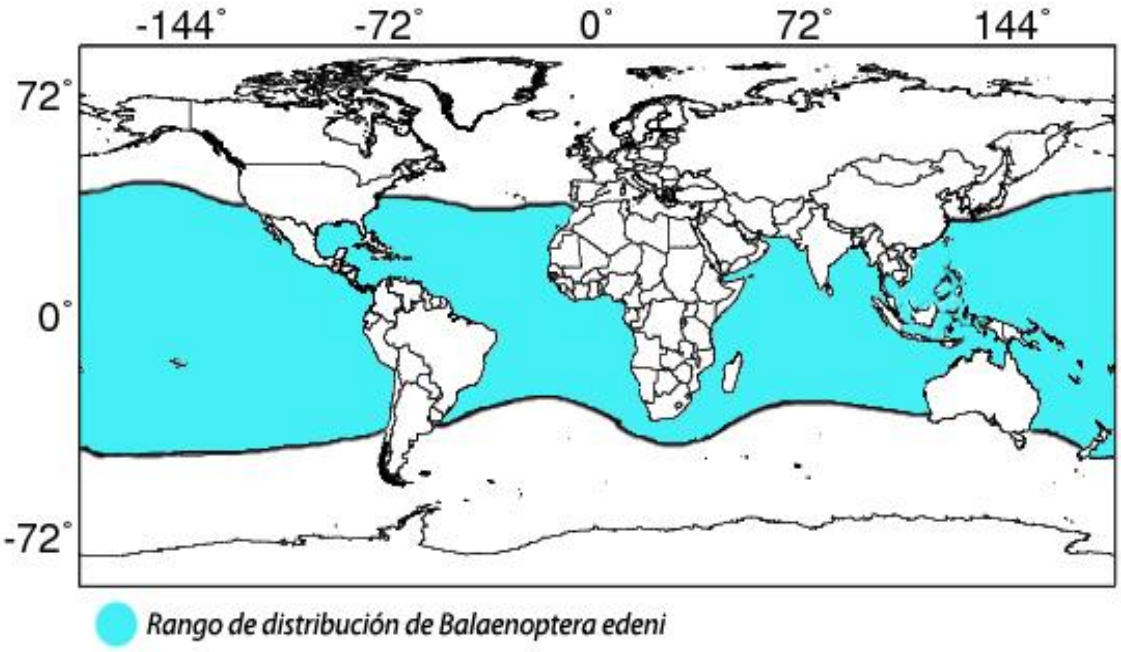


Figura 2. Mapa de distribución de *B. edeni* (tomado de Reeves, *et al*., 2002).

Urbán y Flores (1996), hicieron un estudio del rorcual tropical relacionado con la temperatura en el Golfo de California y de acuerdo a lo que obtuvieron, sugieren que esta población sale del golfo durante el invierno, Flores y colaboradores (1996), sustentaron que el rorcual tropical está muy ligado a la temperatura cálida del Golfo de California, presentando un mayor número de avistamientos durante el verano.

Poblaciones

Dizon y colaboradores (1995), realizaron un estudio de genética llevado a cabo con cuatro ejemplares, que sugiere que es probable que hayan dos poblaciones de rorcual tropical en el Golfo de California, una residente (apoyada a la presencia de crías durante todo el año) y otra vinculada a la población del Pacífico Oriental.

Alimentación

Como la mayoría de los Balaenopteridos, el rorcual tropical presenta una forma de alimentación de tipo 'tragador', esto quiere decir que embiste rápidamente a sus presas con la boca abierta. Tanto presas, como el agua que hay alrededor de éstas, se quedan dentro de su boca al momento de ser cerrada y con ayuda de la lengua, sacan el agua, atrapando a sus presas entre las barbas, para luego ser deglutidas (Reeves *et al.,* 2008).

La dieta del rorcual tropical es mucho más variada, a diferencia de otras ballenas. Se les ha visto alimentándose de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) y anchoveta (*Opisthonema libertate*) en la costa occidental de la Península de Baja California (Rice, 1977; Leatherwood *et al.*, 1982; Urbán y Flores, 1996), mientras que dentro del Golfo de California ha sido observada alimentándose de sardinas (*Sardinops sagax)* (Urbán *et al.,* 1991), anchovetas (*Opisthonema libertate)* y en algunas ocasiones de eufáusidos (*Nyctiphanes simplex)* (Tershy 1992; Gendron y Urbán 1993; Urbán y Flores, 1996).

Estudios de isótopos estables en barbas

Las barbas de los misticetos han sido utilizadas en estudios de ecología trófica basados en el uso de isótopos estables, debido a que son bioquímicamente inertes, responden rápidamente a los cambios en la alimentación (DeNiro y Epstein, 1978; Fry y Sherr, 1984) y pueden reflejar periodos alimenticios tanto en escalas largas como cortas. Por ejemplo, Schell y colaboradores en 1989, demostraron que las láminas de las barbas de la ballena de Groenlandia (*Balaena mysticetus),* eran útiles para reflejar la migración anual, basándose en la variación geográfica de las señales isotópicas de δ^{13}C del zooplancton observado entre las áreas de estudio durante los periodos de verano e invierno, así como para determinar la posible edad de los individuos. De igual forma, Best y Schell (1996), señalaron que todas las láminas de barbas de la ballena franca del Sur (*Eubalaena australis),* crecen de manera continua a lo largo del año, presentando fuertes oscilaciones en los valores de δ^{13}C y

$\delta^{15}N$, reflejando, de este modo, diferentes periodos de alimentación (verano-primavera, otoño-invierno).

Caraveo-Patiño y Soto (2005), en un estudio trófico (isótopos estables) realizado en barbas de ballena gris (*Eschrichtius robustus*), encontraron que esta especie también se alimenta en sus zonas de reproducción, lo cual complementó parte de la ecología básica de la especie, pues esta información se desconocía hasta ese momento.

Mitani y colaboradores (2006), encontraron en barbas de ballena minke (*Balaenoptera acutorostrata)* que tienen un crecimiento aproximado de 129mm por año y de acuerdo a su longitud, aparentemente las barbas de ésta especie tienen 1.4 años de registro isotópico.

III. Justificación

A pesar que el rorcual tropical es probablemente la especie de misticeto más frecuentemente observada durante todo el año en el Golfo de California, son pocos los estudios realizados enfocados al conocimiento de la biología y ecología de esta especie. En este trabajo se pretende saber si hay diferencias en la alimentación de esta especie en el Golfo de California, tanto a nivel estacional como geográfico, a través del uso de isótopos estables de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$. Esta información nos permitirá entender mejor su papel en el ecosistema del Golfo de California por una parte y por otra, contribuirá a distinguir la presencia de una o más poblaciones.

IV. Hipótesis

El rorcual tropical en el Golfo de California se alimenta de peces durante el verano y de eufáusidos durante el invierno, por lo tanto se espera encontrar que los valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ varíen cíclicamente a lo largo del eje longitudinal de la barba, apoyando esta idea.

V. Objetivo General

Determinar si el Rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) que se encuentra en el Golfo de California, presenta un cambio estacional en su dieta, con base en el análisis de isótopos estables de Carbono ($\delta^{13}C$) y Nitrógeno ($\delta^{15}N$).

Objetivos Particulares

-Determinar el nivel trófico del Rorcual tropical en el Golfo de California.

-Determinar si el Rorcual tropical hace uso de uno o varios recursos en el Golfo de California durante el verano e invierno respectivamente.

VI. Área de estudio

El Golfo de California, es de forma casi rectangular, su extremo noroeste se ubica en el delta del Río Colorado en la posición 22.88 ˚ N y 109.86 ˚ W, mientras que en su porción noreste abarca hasta los 31.22 ˚ N y 113.10 ˚ W. En lo que respecta a la región sur, su extremo suroeste se delimita por la localidad de Cabo San Lucas ubicada en los 22.88 ˚ N y 109.86 ˚ W y finalmente su extremo sureste se ubica en los 22.50 ˚N y 105.73 ˚ W en los límites de los estados de Sinaloa y Nayarit, en la región de Bahía de Banderas. La longitud es de cerca de 1400 km y el ancho promedio es de alrededor de los 150 km, teniendo una superficie total de 210,000km^2 y una profundidad máxima de 3.6 km (Roden, 1958; Castro *et al.*, 1995).

Es un mar marginal de considerable interés oceanográfico y meteorológico, entre otras razones, por ser la única cuenca de evaporación del Océano Pacífico, por su alta productividad biológica y por sus diferentes características hidrográficas, climáticas y topográficas (Roden, 1958).

Las características hidrográficas varían a lo largo del Golfo. La región norte se caracteriza por tener altas salinidades superficiales y temperaturas que oscilan de 10ºC a 32ºC de invierno a verano (Sverdrup, 1941). La distribución de la salinidad y la temperatura están determinados por flujos estacionales de calor y humedad, con presencia de fuertes mezclas por marea y mezclas convectivas (en invierno) (Lavín y Organista, 1988; Paden *et al*., 1991).

La circulación superficial en el Golfo de California es predominantemente estacional. En promedio, el agua entra durante primavera y verano, y sale durante otoño e invierno. En términos generales, presenta una señal estacional fuerte en la circulación y temperatura superficial. En cambio, en la salinidad se ha encontrado que no tiene un patrón estacional bien definido (Roden, 1958; Roden y Groves, 1959; Marinone y Ripa, 1988).

VII. Métodos

Durante el año 2009, se recolectaron barbas de cuatro individuos de rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*), tres de ellas obtenidas por el Programa de Investigación de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur y una donada por el Museo de la Ballena de la ciudad de La Paz para este trabajo. Estas fueron obtenidas en distintos varamientos a lo largo de la costa oriental del Golfo de California (Fig. 3).

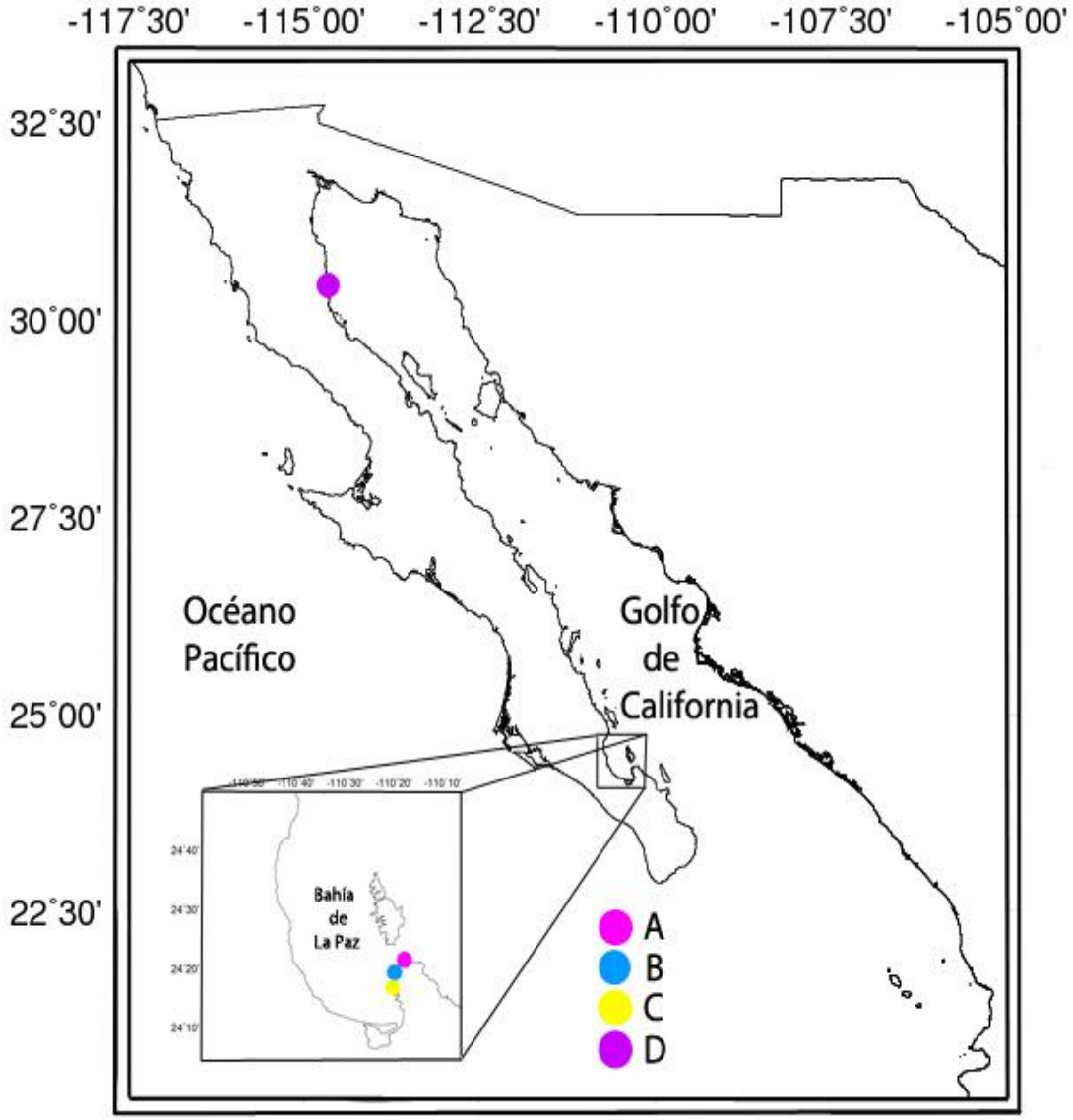


Figura 3. Mapa con la ubicación del varamiento para cada uno de los rorcuales tropicales empleados en este estudio.

Limpieza de las barbas y extracción de las muestras

De las barbas de cada ejemplar recolectado, se separó la lámina más larga y se limpió cada una cuidadosamente, primero con fibra metálica y un cepillo metálico para eliminar los residuos más duros y externos de las barbas, después se prosiguió con ayuda de un mini taladro (*Dremel,* modelo 325) con un cepillo metálico para lograr que la superficie quedara lo más limpia posible. Finalmente, se limpió con un algodón remojado en alcohol etílico para eliminar posibles grasas que podrían estar en la superficie.

Debido a que no hay trabajos que evalúen el crecimiento (edad-longitud) de las barbas del rorcual tropical, se asumió un crecimiento de 129 mm por año (~5 mm cada dos semanas) de acuerdo a lo calculado por Mitani y colaboradores (2006) para ballena minke (*Balaenoptera acutorostrata*). Una vez limpias, cada una de las láminas fueron perforadas cada 5 mm (sub muestras) a lo largo del eje longitudinal con la ayuda de un mini taladro y una broca de 2 mm de diámetro.

El polvo obtenido en el proceso se recolectó y fue almacenado en tubos *Eppendorf* de 2 ml, cada uno de éstos fue etiquetado y almacenado para su posterior análisis (Fig. 4). Después de extraer cada una de las sub muestras (cada 5mm), todo el material (brocas, charolas y cajas petri) fue limpiado con alcohol al 96%, para evitar mezclar los residuos de las muestras.

Posteriormente, fueron pesados ~0.5 mg de tejido de cada una de las muestras, en una balanza analítica (Mettler Toledo XP6), con una precisión de 0.001 mg y colocados en micro cápsulas de estaño de 3x5 mm.

Separación de la lámina más larga

Limpieza de la barba con cepillo metálico

Barba completamente limpia

Obtención de la muestra

Limpieza del material, después de obtener cada muestra

Almacenaje de las muestras

Figura 4. Proceso de limpieza y extracción de las muestras

Análisis de las muestras

Una vez encapsuladas, las muestras fueron enviadas a los laboratorios del Servicio Canadiense de Vida Silvestre (*Canadian Wildlife Service*), en Saskatchewan, donde se les analizó la proporción isotópica de $^{12}C/^{13}C$ y $^{14}N/^{15}N$, en un espectrómetro de masas.

Los resultados obtenidos se expresaron en anotación δ de acuerdo a:

$$\delta \text{‰}\ {}^{A}X = \{[\, R_{muestra} - R_{estándar}] \,/\, R_{estándar} \,\}\ \delta\, 1000$$

Donde $R_{muestra}$ y $R_{estándar}$ son la proporción isotópica (isótopos pesados a los ligeros) del elemento X (carbono y nitrógeno en este caso) en la misma muestra y en un estándar, respectivamente.

Una vez obtenidos los valores isotópicos de $\delta^{15}N$ para cada barba, se determinó la posición trófica empleando la fórmula propuesta por Post (2002).

$$TL_{B.\ edeni} = [(\delta^{15}N_i - \delta^{15}N_{ref})/\Delta\,] + \lambda$$

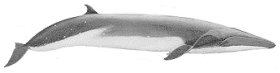
Donde $TL_{B.\ edeni}$ es el nivel trófico para el rorcual tropical; $\delta^{15}Ni$ es la composición isotópica de *Balaenoptera edeni;* $\delta^{15}Nref$ es la composición isotópica de la especie usada como referencia *Nyctiphanes simplex,* valor de 12.6 obtenido de Jaume, 2004, λ es el nivel trófico para la especie referencia (2.1 valor obtenido de Martínez-Gómez, 2009 con *Nyctiphanes simplex*, y Δ es el enriquecimiento por nivel trófico (3.4, de acuerdo a lo expuesto por Bentaleb y colaboradores en 2011, este valor fue seleccionado con fines comparativos).

Por otra parte, para determinar si hubo cambios en el uso de los recursos alimenticios a lo largo del año, se dividió el año en dos periodos de acuerdo a la temperatura superficial del mar; uno frío (menor a 24.2 °C) que comprende los

meses de diciembre a mayo y un periodo templado (mayor a 24.2 °C) que va de junio a noviembre (Salvadeo *et al*., 2011).

Con los datos obtenidos, se realizó una prueba de normalidad para los valores de las muestras de cada barba en el programa SigmaStat y como la mayoría resultaron no normales, se procedió a realizar una prueba de Kruskal-Wallis con el programa MATLAB, así como una prueba *a posterioi* de Dunn*,* para determinar las diferencias entre grupos.

También se realizó un análisis de correlación entre los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ para cada muestra, se dividió la longitud total de cada una de las barbas utilizadas, entre el valor calculado por Mitani y colaboradores (2006), y así se estimó el tiempo que fue requerido para que cada barba alcanzara esa longitud. Y debido a que la longitud de cada lámina de barba es distinta, y por lo tanto el número de muestras también, se determinó el periodo de tiempo en el cual los cuatro individuos se encontraban vivos (enero de 2008 a enero de 2009) y así saber si el tamaño de muestra afectaba los resultados, así como comparar los valores isotópicos de las ballenas tomando en cuenta sólo este periodo.



VIII. Resultados

Se recolectaron barbas de cuatro individuos de rorcual tropical entre enero y julio de 2009. Tres de ellas en Baja California Sur, cerca de la bahía de La Paz y una en Puertecitos, Baja California. Se tomaron datos generales de un varamiento como son: El sexo, la longitud total y las coordenadas geográficas de donde se ubicó cada ballena (Tabla 1). En total se obtuvieron 183 submuestras, 47 para la ballena *A*, 38 para la ballena *B*, 55 para la ballena *C*, y 43 para la ballena *D*, representando un tiempo aproximado de muestreo de 23.5, 19.0, 27.5, y 21.5 meses para las ballenas *A, B, C*, y *D* respectivamente.

Tabla 1. Datos generales para las distintas muestras de *Balaenoptera edeni* colectadas en el Golfo de California

Clave de identificación	Clave en el documento	Sexo	Longitud	Localidad	Fecha	Submuestras (muestreo en meses)
Be01022009	A	Hembra	15.8m	Playa el Azabache, B.C.S. (24.35324W-110.2844N)	Feb-09	47 (~23.5)
Be12072009	B	Hembra	8m	Bahía de La Paz, B.C.S. (24.25914W-110.33642N)	12-Jul-09	38 (~19.0)
Be20012009	C	Hembra	15.8m	Bahía de La Paz, B.C.S. (24.2099W-110.51596N)	20-Ene-09	55 (~27.5)
Be03052009	D	Hembra	14.8m	Puertecitos, B.C. (30.48245W-114.6315N)	03-May-09	43 (~21.5)

Valores isotópicos de nitrógeno y carbono de las muestras

Los valores de δ^{15}N obtenidos en la barba del ejemplar *A,* presentaron una media de 17.77 ±0.47 (media ± desviación estándar) fluctuando entre 17.00 a 18.75‰. Para el ejemplar *B*, se encontró una media de 15.46 ±1.36 en un intervalo entre 14.80 a 18.70‰. Los valores encontrados para la ballena *C*, presentaron una media 14.64 ± 1.07 y fluctuaron entre 13.50 18.76‰, y para el ejemplar *D* una media de 17.45 ± 0.51 fluctuando entre 16.53 a 18.49‰ (Fig. 5). En cuanto a los valores de δ^{13}C en la barba del ejemplar *A* presentaron una media de -15.63 ± 0.24 fluctuando entre -16.14 y -15.02‰. Para el ejemplar *B*, una media -17.22 ± 0.38 en un intervalo de -17.58 a -16.38‰ δ^{15}N. Los valores encontrados para *C*, presentaron una media -17.50 ± 0.37 y fluctuaron entre -18.63 y -16.85‰ y para el ejemplar *D* una media de -15.34 ± 0.64 fluctuando entre -15.92 y -13.67‰ (Fig. 5).

Los valores isotópicos más bajos de δ^{15}N se encontraron en el ejemplar *C* variando entre 13.50 y 18.76 ‰ y los más altos en *A*, variando entre 17.00 y 18.75‰, de manera similar los valores de δ^{13}C más bajos, se encontraron en el ejemplar *C*, variando entre -18.35 y -17.43‰ y los más altos en *D*, variando entre -14.14 y -15.90‰. En general se observa una tendencia sinusoidal en los valores isotópicos de δ^{13}C y δ^{15}N para las cuatro ballenas (Fig. 5) a lo largo del eje longitudinal (a lo largo del tiempo).

Como se mencionó en la sección de métodos, al analizar los valores isotópicos de δ^{13}C y δ^{15}N durante el periodo comprendido de enero de 2008 a enero de 2009, se encontró que los valores de δ^{15}N más bajos se encontraron en la ballena *C*, variando entre 14.12 y 18.76‰ y los más altos se encontraron en el ejemplar *A,* variando entre 17.18 y 18.75‰. En cuanto a los valores de δ^{13}C, se encontraron los mayores en el ejemplar *D*, variando entre -15.01 y -15.90‰ y los más bajos se encontraron en la ballena *C*, variando entre -18.35 y -17.50‰.

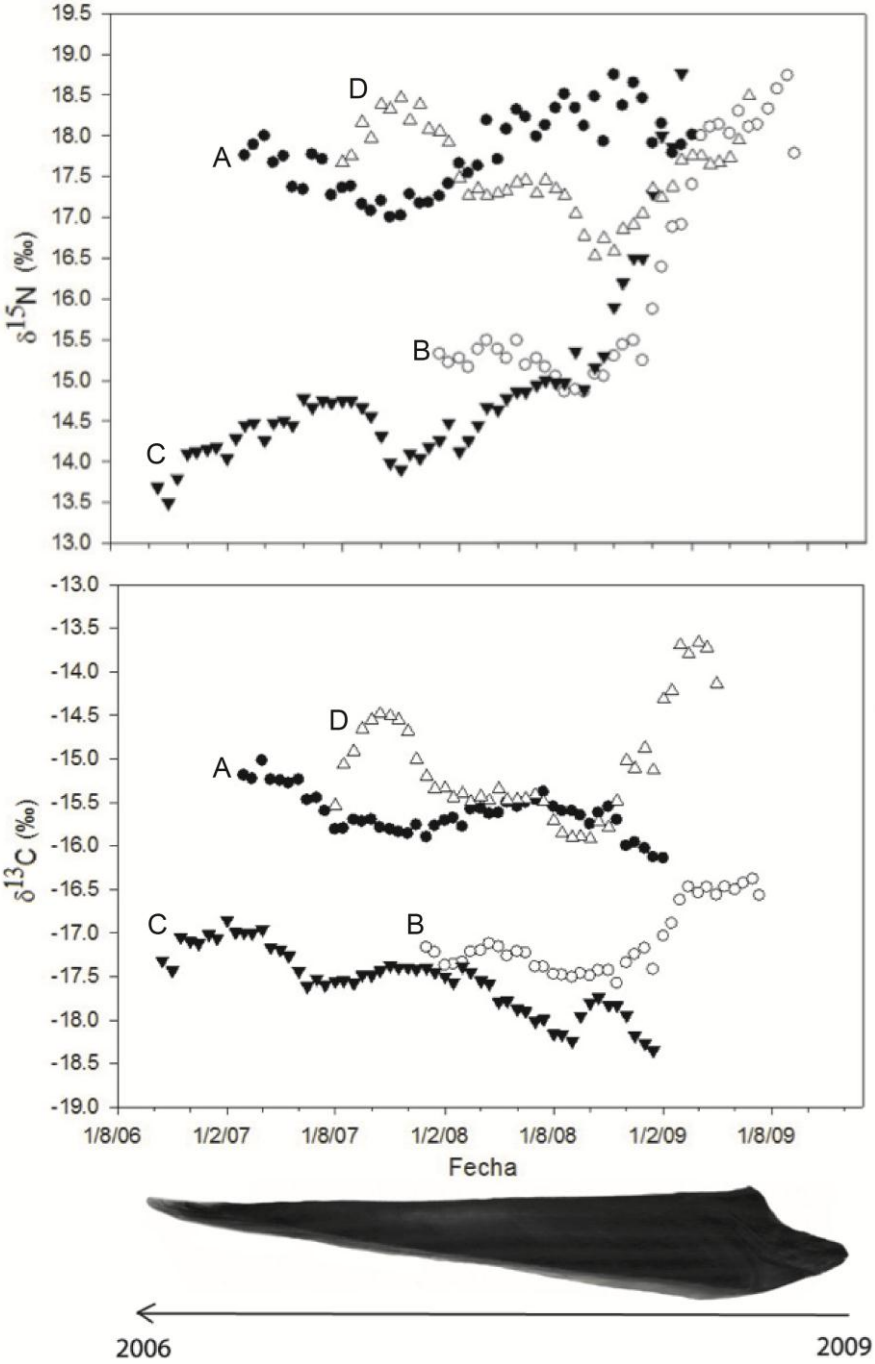


Figura 5. Valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ para las cuatro ballenas muestreadas. La fecha se calculó con base en el tiempo de crecimiento de la barba de acuerdo a Mitani et al para *B. acutorostrata*

Al comparar los valores isotópicos $\delta^{13}C$ de todas las muestras para las cuatro ballenas muestreadas, se observó que los ejemplares *A* y *D* no presentaron diferencias significativas (*****) entre ellas (valores mas altos), pero si con los ejemplares *B* y *C*. Las ballenas *B* y *C* tampoco presentaron diferencias significativas entre ellas (******), presentando los valores más bajos (Fig. 6).

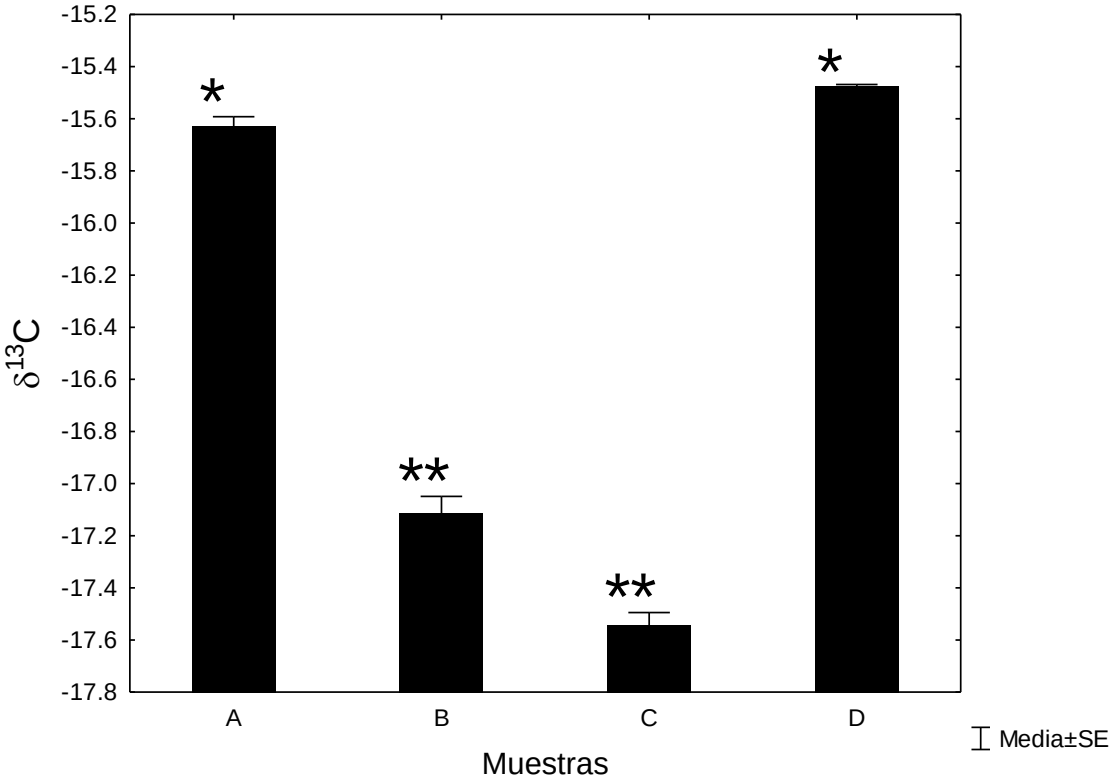


Figura 6. Valores medios de $\delta^{13}C$ y desviación estándar para los cuatro ejemplares de rorcual tropical. Diferencias significativas entre las diferentes muestras se indican con símbolos diferentes (*, **).

De manera similar, al comparar los valores isotópicos de $\delta^{15}N$, se observaron diferencias significativas entre todos los ejemplares, excepto entre los individuos *A* y *D* (Fig. 7).

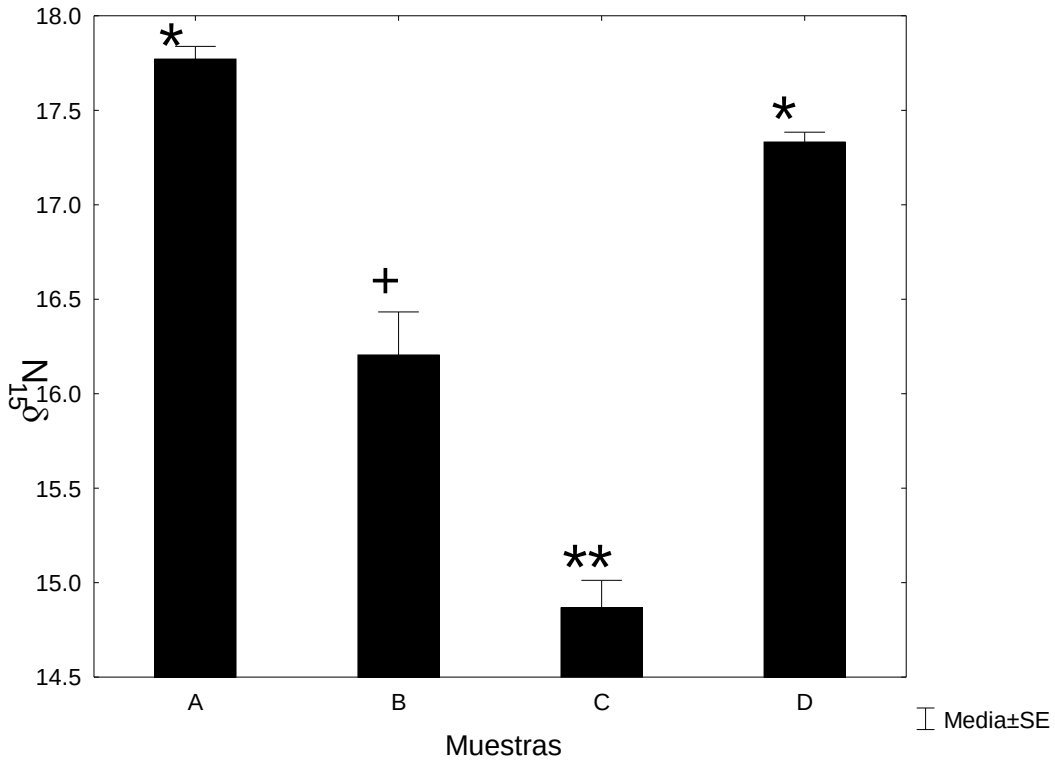


Figura 7. Valores medios de $\delta^{15}N$ y desviación estándar para los cuatro ejemplares de rorcual tropical. Diferencias significativas entre las diferentes muestras se indican con símbolos diferentes (*, +, **)

Realizando este mismo análisis para las muestras ente enero de 2008 y enero de 2009, se observó que para δ^{13}C, los ejemplares *A* y *D* (*****), siguen sin presentar diferencias significativas (δ^{13}C prueba de K-W h=84.7282 P=0.0000), sin embargo, las ballenas *B* (+) y *C* (++) ahora si las presentaron, esto se puede deber al incremento que se observó al final de la barba en la ballena *B* (Fig. 8).

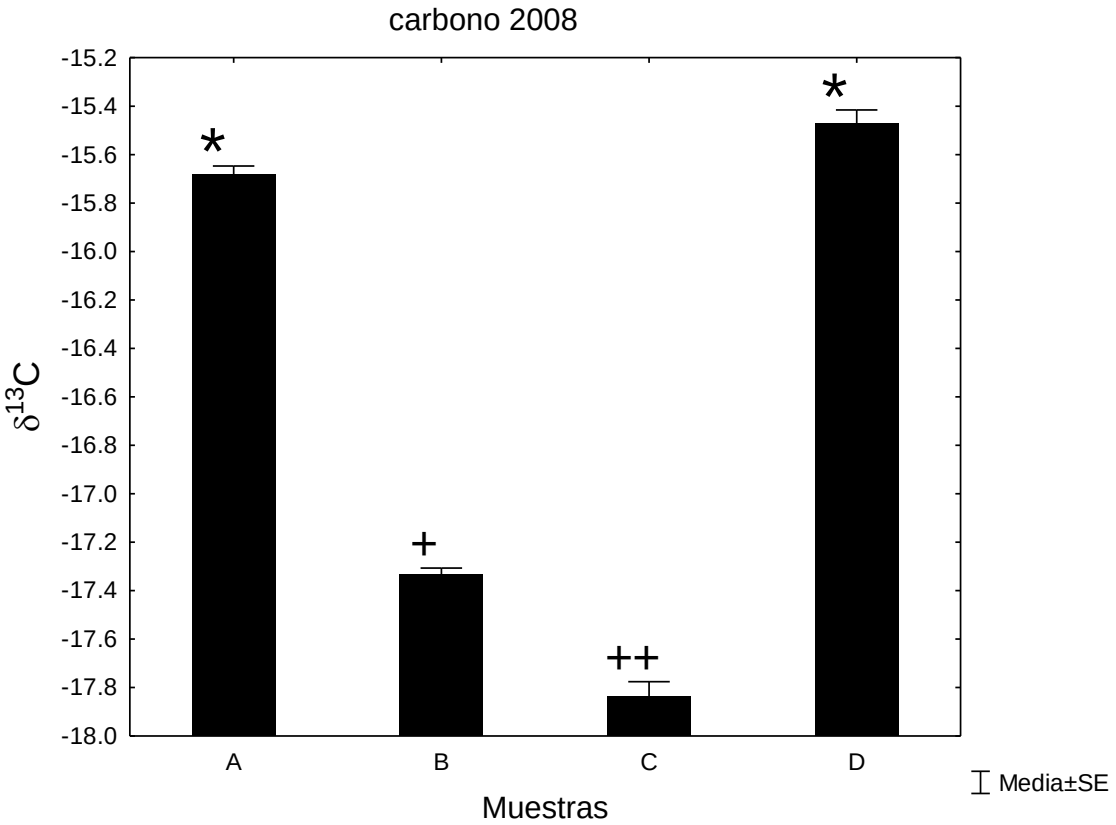


Figura 8. Valores medios de δ^{13}C y desviación estándar para las cuatro ballenas de rorcual tropical durante el año 2008. Diferencias significativas entre las diferentes muestras se indican con símbolos diferentes (*, +, ++)

Tomando en cuenta únicamente los datos del año 2008 para $\delta^{15}N$, observamos que no hubieron diferencias significativas entre los ejemplares *B* y *C*. Pero, las ballenas *A* y *D* presentaron diferencias significativas tanto entre sí, como con las otras dos muestras ($\delta^{15}N$ prueba de K-W h= 68.3112 P=0.0000) (Fig. 9).

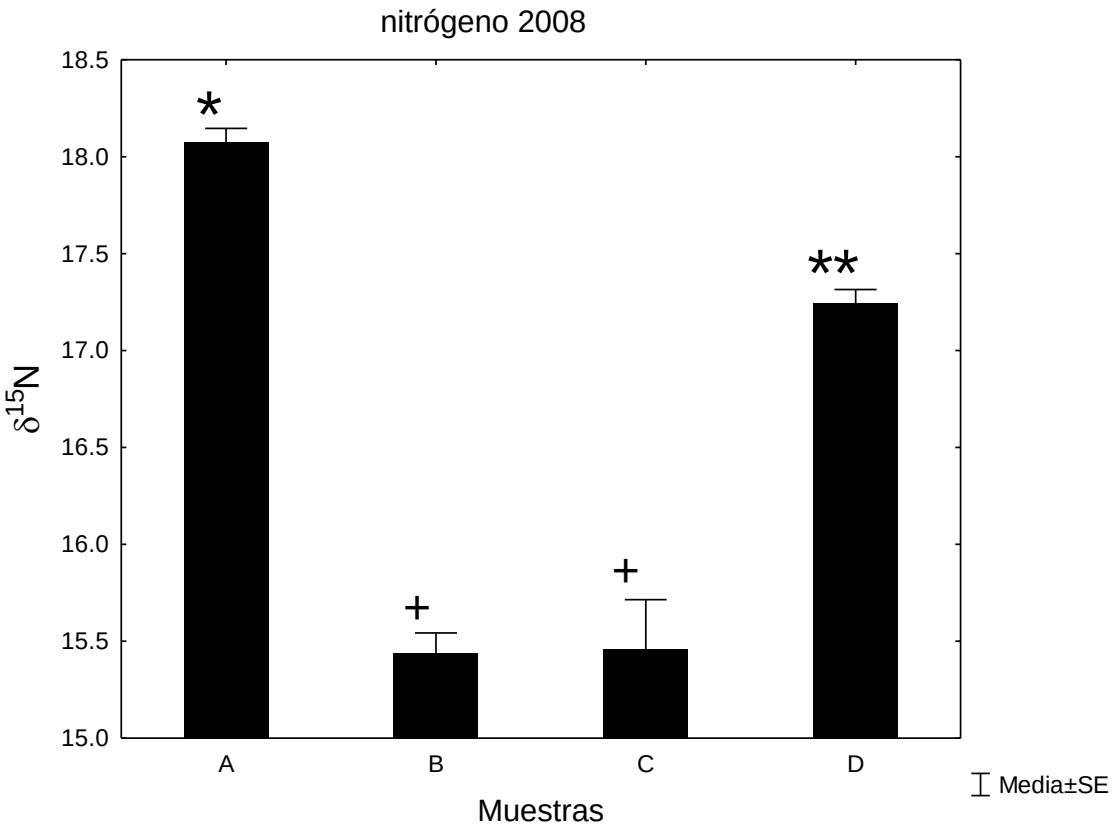


Figura 9. Valores medios de $\delta^{15}N$ y desviación estándar para las cuatro ballenas de rorcual tropical durante el año 2008. Diferencias significativas entre las diferentes muestras se indican con símbolos diferentes (*, +, **)

Cambios estacionales en la alimentación

Se separaron los valores isotópicos de $\delta^{15}N$ representativos del año 2008, para ver si existían diferencias significativas entre los promedios de los periodos (frío y templado). Al comparar estos valores, se encontró que si existen diferencias significativas entre los dos periodos para tres de las cuatro barbas analizadas ($\delta^{15}N$ K-W h=99.8361 P=0.0000), con la excepción de la ballena *B*, la cual no presentó diferencias significativas. Los valores isotópicos encontrados en la barba del ejemplar *B*, no presentó diferencias significativas con los valores promedio de la barba *C* para el periodo templado ($\delta^{15}N$ K-W h=99.8361 P=0.0000). Y por otra parte tampoco hubieron diferencias significativas entre los promedios de los valores isotópicos de nitrógeno entre las barbas de las ballenas *A* y *D* para el periodo frío. Se puede observar que la temporada fría de la muestra *A* no presentó diferencias significativas con la temporada fría de la muestra *D*. Que ambas temporadas de la muestra *B* no presentaron diferencias significativas entre ellas, ni con la temporada templada de la ballena *C*. Las demás temporadas presentaron diferencias significativas entre ellas (Fig. 10).

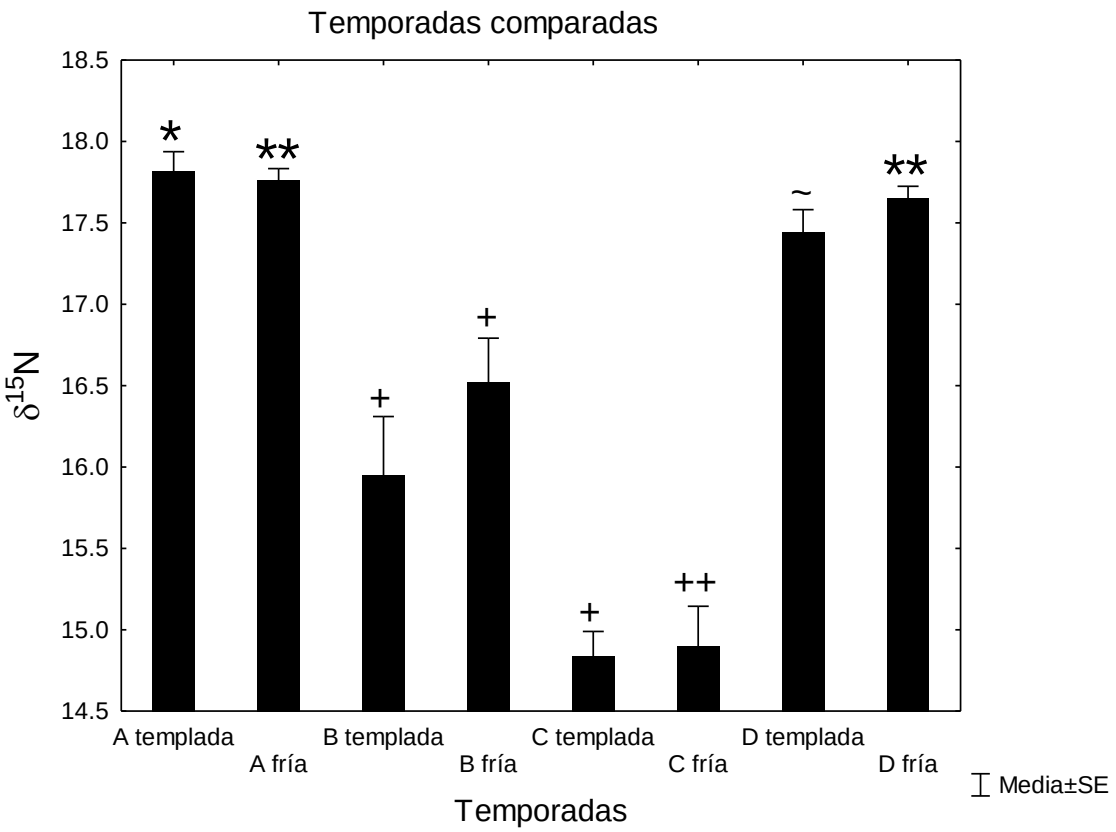


Figura 10. Valores isotópicos promedio de $\delta^{15}N$ para cada una de las ballenas separadas por temporadas (fría y templada) para el periodo de enero de 2008 a enero de 2009.

Al graficar los datos de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$, se puede observar de forma más clara la relación de los valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ para las cuatro ballenas muestreadas en el presente estudio. Se puede apreciar claramente dos grupos conformados por *A* y *D*, y *B* y *C* (Fig. 11).

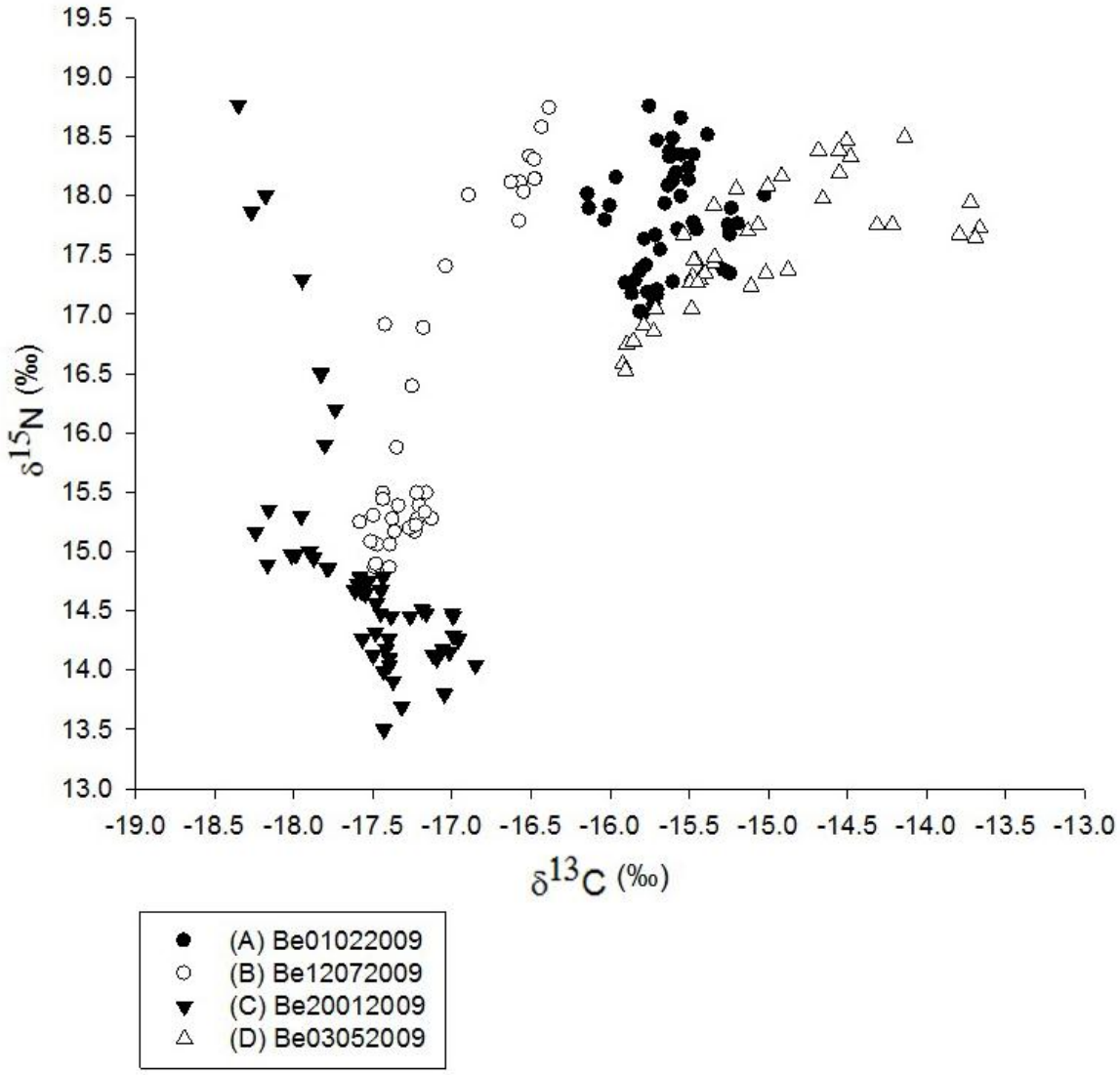
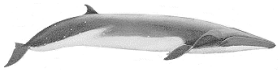


Figura 11. Valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ para las cuatro ballenas analizadas.



Nivel Trófico

El nivel trófico medio encontrado en el rorcual tropical del Golfo de California (GC) en este estudio fue de 3.6 (máx: 3.9; min: 3.4), para la ballena *A*, así como para la ballena *D,* fue de 3.6 (máx: 3.7; min: 3.3). Para la ballena *B* el NT encontrado fue de 3.2 (máx: 3.8; min: 2.8) y para la ballena *C* fue de 2.7 (máx: 3.7; min: 3.3) (Tabla 2).

Tabla 2. Niveles tróficos del rorcual tropical

Ballena	Promedio de $\delta^{15}N$	Máximo $\delta^{15}N$	Mínimo $\delta^{15}N$	Nivel trófico promedio	Nivel trófico máximo	Nivel trófico mínimo
A	17.8	18.8	17.0	3.6	3.9	3.4
B	16.3	18.7	14.9	3.2	3.8	2.8
C	14.9	18.8	13.5	2.8	3.8	2.4
D	17.6	18.5	16.5	3.6	3.7	3.3

Modelo Trófico

Los valores isotópicos de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ colocados en un plano cartesiano XY representan en gran medida un modelo gráfico del nichos ecológico de las especies allí ubicadas, y ayudan a interpretar las interacciones tróficas entre estos organismos **(**Newsome, *et al.,* 2007; Jackson, *et al*., 2011 y Niño-Torres, et al., 2001). La figura 12, por lo tanto representa un modelo trófico para diversas especies en el GC, teniendo como especie objetivo al rorcual tropical. En esta se puede observar que los valores de isotópicos para las ballenas A y D son más positivos ($\delta^{13}C$) y más altos ($\delta^{15}N$) ubicándolos en un ambiente más costero que las ballenas B y C.

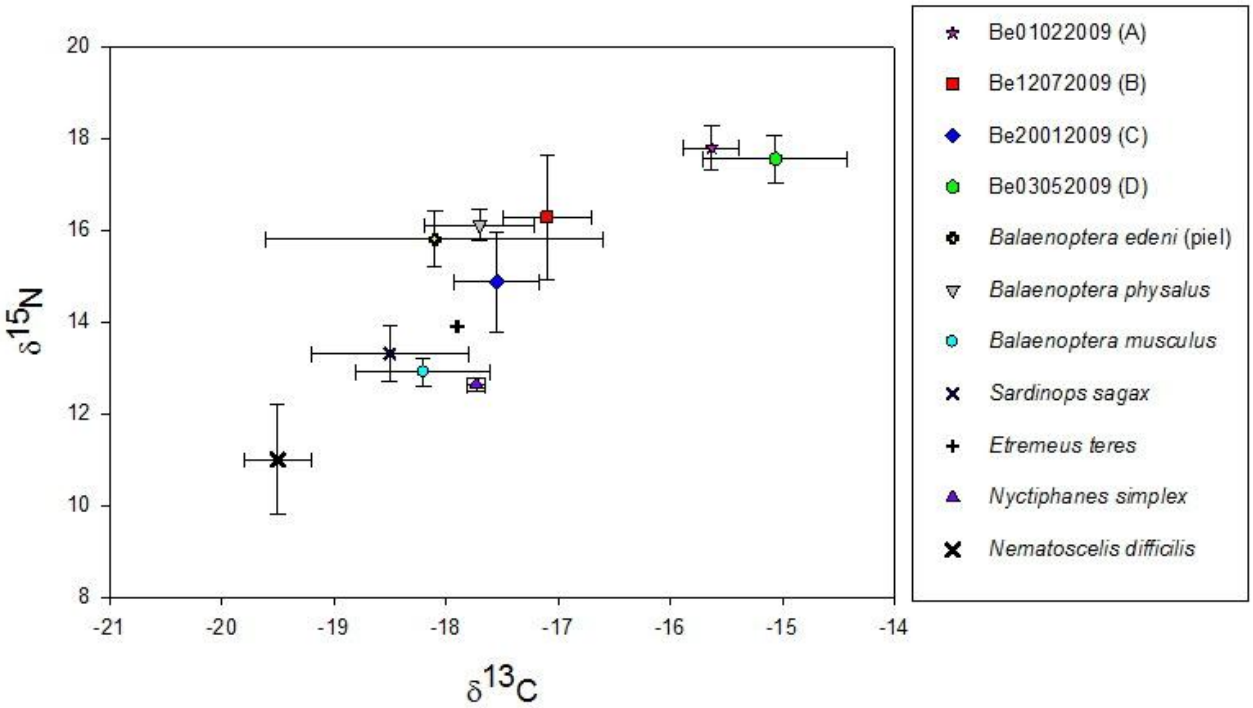


Figura 12. Valores isotópicos de presas potenciales y los cuatro ejemplares (promedio) de rorcual tropical colectadas (Se utilizaron valores reportados por Gendron *et al*., 2001, Díaz-Gamboa, 2003 & Jaume, 2004).

Discusión

A pesar que los valores isotópicos encontrados en los ejemplares de rorcual tropical evaluados en este estudio, sugieren que esta especie en el Golfo de California (GC) no presenta cambios drásticos en su alimentación entre las temporadas frías y templadas (Figura 10), estos mismos valores presentaron un comportamiento sinusoidal, que pudieran estar relacionados con cambios constantes en la alimentación de estas ballenas (Figura 5). En general, el comportamiento alimenticio de la familia Balaenopteridae, es visto como un proceso discontinuo y temporal, caracterizado por una alimentación intensa en latitudes altas durante los meses de verano y una migración durante el invierno, en la cual la alimentación es escasa o nula (Víkingsson, 1997). Contrario a esto, Salvadeo y colaboradores (2001), sugieren que la presencia del rorcual tropical en el GC está influenciada fuertemente por la abundancia de su alimento, especialmente durante el periodo cálido.

Los valores del nivel trófico (NT) determinado para las cuatro ballenas (Tabla 2, Figura 12) empleadas en este estudio, puede separarlas en dos grupos: los ejemplares *A* y *D* (ambas con nivel trófico de ~3.6), y los ejemplares *B* y *C* (con niveles tróficos de ~3.2 y ~2.8 respectivamente). Los NT de los ejemplares *B* y *C* fueron muy similares a los NT reportados para el rorcual común presente en el GC [especie que se alimenta tanto de peces como de eufáusidos (Jaume, 2004)] (figura 12), sugiriendo que estos ejemplares de rorcual tropical pudieran estar alimentándose tanto de eufáusidos como de peces en el GC. Esto coincide con lo reportado por Gendron y colaboradores (2001) y Murase y colaboradores (2007), en donde los NT (valores de δ^{15}N) de rorcual tropical y rorcual común son muy similares. El NT encontrado en las ballenas *A* y *D*, sugiere que estos ejemplares se alimentaron de presas con NT más altos, posiblemente peces o incluso algunos invertebrados con valores altos de δ^{15}N. Similar a lo expuesto por Pauly y colaboradores (1998) para el rorcual tropical (TL: 3.6) y para otros Balaenopteridos con dietas compuestas mayormente de peces y algunos moluscos con NT altos. El Incremento en los valores de δ^{15}N de los ejemplares *B* y C hacia el final de la barba (la parte más reciente, Figura 5), alcanzando los valores de las ballenas *A* y *D,* puede ser causado por alguna de estas dos posibilidades: *1.* que las ballenas (*B y C)* hicieron un cambio en su alimentación, comiendo primero presas con nivel trófico

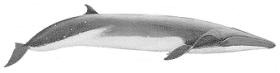
bajo, para luego cambiar a alimentarse de organismos con un nivel trófico mayor; ó, *2.* Que éstas ballenas, se desplazaron a sitios con valores isotópicos distintos.

En cuanto a los valores de $\delta^{13}C$ (Figura 11), podemos observar la separación de las ballenas en dos grupos, los ejemplares *A* y *D* con valores más positivos y las ballenas *B* y *C* con valores más negativos. Esto sugiere, que las ballenas *A* y *D* se distribuyeron relativamente cerca de la costa; de manera similar, los valores $\delta^{13}C$ que presentaron los ejemplares *B* y *C* (más negativos), sugieren que su distribución es más pelágica/oceánica (Figura 12); Resultados isotópicos similares han sido reportados en dos ecotipos de toninas (*Tursiops truncatus*) costeros y oceánicos del Golfo de California (Díaz-Gamboa, 2003), así como en orcas (*Orcinus orca*) del Pacífico Norte (Krahn, *et al*., 2008) entre otros. En general se considera que ambientes costeros/bénticos presentan valores de $\delta^{13}C$ más positivos que los ambientes oceánico/pelágicos. Esto debido a los aportes ricos en ^{13}C provenientes de pastos marinos y macroalgas bénticas (Clements y Koch 2001, Lesage, *et al*., 2001), y por el reciclamiento del carbono disuelto (Lesage, *et al*., 2001), así como por otras entradas con valores elevados en ^{13}C como aguas de drenaje.

El análisis de isotopos estables llevado a cabo en este estudio en barbas del rorcual tropical sustenta la hipótesis expuesta por Dizon *et al*, (1995) en la que sugiere que hay dos poblaciones (al menos desde el punto de vista de estrategias alimenticias diferentes) de rorcual tropical en el Golfo de California; una que se alimenta preferentemente de peces y tiene hábitos costeros (ballenas *A* y *D*) y otra, un tanto oportunista, que se alimenta tanto de eufáusidos como de peces y tiene hábitos oceánico/pelágicos (ballenas *B* y *C*). Estas dos formas de rorcual tropical se han reportado en otras regiones del mundo, como Sudáfrica (Best, 2001), el Pacífico Norte (Nemoto y Kawamura, 1977; Omura, 1977) y en el hemisferio sur (Kawamura, 1977).

A pesar que este estudio solo se analizan los valores isotópicos de cuatro individuos de rorcual tropical, el número total de submuestras es de 183 (47 para la ballena *A*, 38 para la ballena *B*, 55 para la ballena *C*, y 43 para la ballena *D*), representando un tiempo aproximado de muestreo de 23.5, 19.0, 27.5, y 21.5 meses para las ballenas *A, B, C,* y *D* respectivamente. Esto es como si se hubieran tomado muestras del

mismo animal en vida cada 15 días por un periodo superior al año y medio, lo que les confiere robustez y poder interpretativo. Análisis similares con números bajos de individuos muestreados se han desarrollado en otras especies de misticetos (Hobson y Schell, 1998; n= 4, Best y Schell, 1996; n=11, Caraveo-Patiño y Hobson, 2007; n= 6), debido especialmente a la dificultad de obtener las barbas de estos ejemplares. Por ejemplo Bentaleb y colaboradores (2011), colectaron barbas de 10 ejemplares de *Balaenoptera physalus* en un periodo de 27 años. Por lo que futura investigación deberá ser desarrollada en este campo, para corroborar las ideas planteadas en este trabajo.



IX. Conclusiones

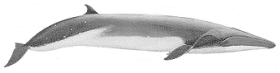
-Es claro que el rorcual tropical del GC presenta cambios periódicos en el tipo de alimentación, sin embargo, con los resultados de los valores isotópicos obtenidos en este trabajo, no fue posible asociarlos con cambios de estaciones fría y templada.

-Los resultados encontrados en este estudio apoyan la idea de Dizon y colaboradores (1995) acerca de la presencia de dos poblaciones de rorcual tropical en el Golfo de California, una que se alimenta preferentemente de peces y se distribuye cerca de la costa y otra oportunista que se alimenta tanto de eufáusidos como de peces que se distribuye mar adentro.

-Los niveles tróficos encontrados para el rorcual tropical en el Golfo de California fluctúa entre ~2.8 y ~3.6.

X. Recomendaciones

Ya que esta especie se encuentra durante todo el año en el Golfo de California y se desconocen muchos aspectos de su estructura poblacional, así como de su alimentación y reproducción, se recomienda realizar estudios más detallados que abarquen mejor estos aspectos.



XI. Referencias

- Bentaleb, I., C. Martin, M. Vrac, P. Mayzud, D. Siret, R. de Stephanis y C. Guinet. 2011. Foraging ecology of Mediterranean fin whales in a changing environment elucidates by satellite tracking and baleen plate stable isotopes. Marine Ecology Progress Series. 438: 285-302 pp.
- Best, P.B. 1977. Two allopatric forms of Bryde's whale off South Africa. Report of the International Whaling Commission (Special Issue 1) 10-38 pp.
- Best, P.B. y D.M. Schell. 1996. Stable isotopes in southern right whale (*Eubalaena australis*) baleen as indicator of seasonal movements, feeding and growth. Marine Biology 124:483-494 pp.
- Caraveo-Patiño, J. y L.A. Soto. 2005. Stable carbon isotope ratios for the gray whale (*Eschrichtius robustus*) in the breeding grounds of Baja California Sur, México. Hydrobiología. 539: 99-107 pp.
- Caraveo-Patiño, J. y K.A. Hobson. 2007. Feeding ecology of gray whales inferred from stable-carbon and nitrogen isotopic analysis of baleen plates. Hydrobiologia. 586: 17-25 pp.
- Castro J.L., Balart. E.F. y Arvizu J. 1995. Contribución al conocimiento del origen y distribución de la ictiofauna del Golfo de California, México. Hidrobiología. ISSN: 0188-8897.
- Cummings, W.C. 1985. Bryde's whale *Balaenoptera edeni*. In: Ridgway, S.H. y R. Harrison, eds. Handbook of Marine Mammals Vol. 3: The Sirenians and Baleen Whales. 137-154 pp.
- Das, K., Lepoint, G., Loizeau, V., Debacker, V., Dauby, P. y J. Bouquegneau. 2000. Tuna and dolphin associations in the Northeast Atlantic: evidence of different ecological niches from stable isotope and heavy metal measurements. Marine Environmental Research. 56:349-365 pp.
- DeNiro, M.J. y Esptein, S. 1978. Inlfuence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. Geochin. Cosmochim. Acta 42: 495-506 pp.
- Díaz-Gamboa, R.E. Diferenciación entre Tursiones *Trursiops truncatus* costeros y oceánicos en el Golfo de California por medio de isótopos estables de carbono y nitrógeno. 2003. Tesis de maestría. La Paz, B.C.S. 62pp.

- Dizon, A.E., Lux, C.A., Leduc, R.G., Urbán, R.J., M. Henshaw y R.L. Brownnell. 1995. An interim phylogenetic analysis of Sei and Bryde's whale mitocondrial DNA control region sequences presented to the IWC Scientific Commitee, SC/47/NP23 12pp.
- Flores-Ramírez, S., Urbán R.J., Villareal-Chávez G. y Vallez-Jiménez R. 1996. Cambios espaciales y temporales de la estructura comunitaria de los cetáceos en Bahía de La Paz, B.C.S., México (1988-1991). Ciencias Marinas, 22(2): 151-173 pp.
- Fry, B. y Sherr, E. 1984. $\delta^{13}C$ measurements as indicators of bon flow in marine and freshwater ecosystems. Contr. Mar. Sci. Univ. Tex. 27: 13-47 pp.
- Fudge, D.S., L. J. Szewciw y A.N. Schwalb. 2009. Morphology and Development of Blue Whale Baleen: An Annotated Translation of Tycho Tullberg's Classic 1883 Paper. Aquatic Mammals, 35(2), 226-252 pp.
- Gearing, J.N. 1991. The study of diet and trophic relationships through natural abundant $\delta^{13}C$. pp. 201-218. En: D. Coleman y B. Fry (Eds.). Carbon Isotope Techniques. Academic Press. USA. 274 pp.
- Gendron, D. y Urbán, R.J. 1993. Evidence of feeding by humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Baja California breeding ground, México. Mar. Mamm Sci 9(1): 76-81 pp.
- Gendron, D., S. Aguíñiga y J.D. Carriquiry. $\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$ in skin biopsy samples: a note on their applicability for examining the relative trophic level on three rorqual species. 2001. J. Cetacean Res. Manage. 3(1): 41-44 pp.
- Hobson, K.A., Piatt J.F. y Pitocchelli J. 1994. Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. J Anim Ecol 63: 786–798 pp.
- Hobson, K. A., Wassennar, L.I., Milá, B., Lovette, I., Dingle, C. y Smith, T.B. 1997. Stable isotopes as indicators of altitudinal distributions and movements in an Ecuadorean hummingbird community. Oecologia 138: 168-174 pp.
- Hobson, K. A. y Schell, D, M. 1998. Stable carbon and nitrogen isotope patterns in baleen from eastern Artic bowhead whales (*Balaena mysticetus*). Canadian Journal of Aquatic Science, 55, 2601-7 pp.
- Hobson, K. A. 1999. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: A review. Oecología 120:314-326 pp.

- Jackson, A.L., R. Inger, A. C. Parnell y S. Bearhop. 2011. Comparing isotopic noche widths among and within communities: SIBER-Stable Isotopes Bayesian Ellipses. Journal of Animal Ecology. 80 595-602 pp.
- Jaume, S. 2004. Hábitos alimentarios del rorcual común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno y carbono. Tesis de Maestría. La Paz, B.C.S. México. 53 pp.
- Kato, H. 2002. Bryde's Whales *Balaenoptera edeni* and *B. brydei*. In: Perrin W.F., Wrsig B. y H.G.M. Thewissen, eds. Encyclopedia of Marine Mammals. Pages 171-177 pp.
- Kawamura, A. 1977. On the food of Bryde's whales caught in the South Pacific and Indian Oceans. Sei. Rep. Whales Res. Inst., No 29, 49-58 pp.
- Krahn, M. M., R. L. Pitman, D. G. Burrows, D. P. Herman y R. W. Pearce. 2008. Use of chemical tracers to asses diet and persistent organic pollutants in Antartic Type C killer whales. Marina Mammal Science, 24(3): 643-663pp.
- Lavín, M.F. y Organista, S. 1988. Surface heat flux in the northern Gulf of California. J. Geophys. Res., 93: 14,033–14,038.
- Leatherwood, S., Reeves, R.R., Perrin, W.F. y W. E. Evans. 1982. Whales, dolphins and porpoises of the eastern North Pacific and adjacent Arctic waters: A guide to their identification. NOAA Technical Report, NMFS. Circular 444. 245 pp.
- Lesage, V., M.O. Hammill y K.M. Kovacs. 2001. Marine mammals and the community structure of the Estuary and Gulf of St. Lawrence, Candada: Evidence from stable isotopes analysis. Marine Ecology Progress Series 210: 203-221pp.
- Marinone, S.G. y Ripa, P. 1988. Geostrophic flow in the Guaymas Basin, central Gulf of California. Cont. Shelf Res., 8: 159–166.
- Michener, R.H. y Schell, D.M. 1994. Stable isotope ratios as tracers in marine aquatic food webs. In: Lajtha K, Michener RH. Stable isotopes in ecology and environmental sciences. Blackwell, Oxford, 138–157 pp.
- Minagawa, M. y Wada E. 1984. Stepwise enrichment of δ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between δ^{15}N and animal age. Geochim Cosmochim Acta 48:1135–1140 pp.

- Mitani, Y., Bando T., Takai, N y W. Sakamoto. 2006. Patterns of stable carbon and nitrogen isotopes in the baleen of common minke whale *Balaenoptera acutorostrata* from the western North Pacific. Fisheries science. 72: 69-76 pp.
- Mizutani, H., Fukuda, M. Kabaya, Y. y E. Wada, 1990. Carbon isotope ratio of feathers reveals feeding behaviour of cormorants. The Auk 107: 400–403 pp.
- Murase, H., T. Tamura, H. Kiwada, Y. Fujise, H. Watanabe, H. Ohizumi, S. Yonezaki, H. Okamura y S. Kawahara. Prey selection of common minke (*Balaenoptera acutorostrata*) and Bryde's whale (*Balaenoptera edeni*) whales in the western North Pacific in 2000 and 2001. 2007. Fisheries oceanography. 16:2, 186-201 pp.
- Nemoto, T. y A. Kawamura. 1977. Characteristics of Food Habits and distribution of Baleen Whales with Special Reference to the Abundance of North Pacific Sei and Bryde's Whales. Rep.Int. whal. Commn (Special issue 1). 80-87 pp.
- Newsome, S. D., C. Martínez del Rio, S. Bearhop y D. L. Phillips. 2007. A noche for isotopic ecology. Frontiers in Ecology and the Environment 5: 429-436 pp.
- Niño-Torres, C.A., J.P. Gallo-Reynoso, F. Galván-Magaña, E. Escobar-Briones y S. A. Macko. 2006. Isotopic analysis of $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ and $\delta^{34}S$ "A feeding tale" in teeth of the longbeaked common dolphin, *Delphinus capensis.* Marine Mammal Science. 22(4): 831-846 pp.
- Omura, H. 1977. Review of the occurrence of Bryde's whale in the Northwest Pacific. Reports of the International Whaling Comission 1:88-91 pp.
- Paden, C.A., Abbott, M.R. y Winant, C.D. 1991. Tidal and atmospheric forcing of the upper ocean in the Gulf of California. Part I. Sea surface temperature variability. J. Geophys. Res., 96: 18,337–18,359.
- Paine, R. T. 1988. Food webs: road maps of interactions or grist for theoretical development. Ecology 69, 1648-1654 pp.
- Pauly, D., A.W. Trites, E. Capuli y V. Christensen. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. ICES Journal of Marine Science, 55: 467-481 pp.

- Peterson, B. y B. Fry 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. Annual Review of Ecology and Systematics. 18: 293-320 pp.
- Pimm. S.L. 1982. Food webs. Chapman and Hall, New York, U.S.A. 287 P.- Cohen, J.E., Pimm, S.L., Yodzis, P. y Saldana, J. 1993. Body sizes of animal predators and animal prey in food webs. Journal of Animal Ecology 62, 67-78 pp.
- Post, D.M. 2002. Using Stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. Ecology, 83 (3), 703-718 pp.
- Reeves, R., Stewart, B., Clapham, P. y Powel, J. 2008. Guide to Marine Mammals of the world. 527 pp.
- Rice, D.W., 1977. A list of the marine mammals of the world. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF- 771. 15 pp.
- Roden, G.I. 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. Pac. Sci., 12: 21–45.
- Roden, G.I. y Groves, G.W. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. J. Mar. Res., 18: 10–35.
- Salvadeo, C.J., S. Flores-Ramírez, A. Gómez-Gallardo U, C MacLeod, D. Lluch-Belda, S. Jaume-Schinkel, J. Urbán R. 2011. El rorcual de Bryde (Balaenoptera edeni) en el suroeste del Golfo de California: Su relación con la variabilidad de ENOS y disponibilidad de presas. 2011 .*Cienc. mar*, vol.37, n.2 215-225 pp.
- Schell, D.M. y Saupe, S.M. 1993. Feeding and growth as indicated by stable isotopes. In The bowhead whale. Edited by J.J. Burns, J.J. Montague, and C.J. Cowles. Soc. Mar. Mammal. Spec. Publ. No. 2. Allen Press, Lawrence, Kan. 491–509 pp.
- Schell, D.M., Saupe, S.M. y N. Haubenstock. 1989. Bowhead whale (*Balaena mysticetus*) growth and feeding as estimated by δ 13 C techniques. Marine Biology 103: 433-443 pp.
- Sverdrup, H.U. 1941. The Gulf of California: preliminary discussion on the cruise of the E.W. Scripps in February and March 1939. Proc. 6th Pac. Sci. Congr., 3: 161–166.
- Tershy, B.R. 1992. Body size, diet, habitat use, and social behavior of Balaenoptera whales in the Gulf of California. J. Mamm. 73(3): 477-486 pp.

- Urbán, R.J. y Flores, R.S. 1996. A note on Bryde's whales (*Balaenoptera edeni*) in the Gulf of California, México. Rep. Int. Whal. Commn. 453-457 pp.
- Urbán, R.J., Valles-Jiménez,R. y A. Gómez-Gallardo. 1991. Relative abundance, time space distribution, and some aspects of the biology of the tropical rorqual, *Balaenoptera edeni*, in La Paz Bay, B.C.S., México. Abstracts: Ninth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. Chicago, Illinois, EE.UU.
- Vikingsson, G.A. 1997. Feeding of Fin Whales (*Balaenoptera physalus*) off Iceland- Diurnal and Seasonal Variation and Possible Rates. J Northw. Atl. Fisch. Csi., Vol. 22: 77-89 pp.
- Whitehead, H. y Payne, R., 1981. New techniques for assessing populations of right whales without killing them. In: Mammals in the seas. FAO Fish Ser No. 53: 189-209 pp.