



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS

DEPARTAMENTO DE PESQUERÍAS Y
BIOLOGÍA MARINA



IPN-CICIMAR

Hábitos alimentarios del rorcual común *Balaenoptera physalus*
en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de
nitrógeno y carbono.

T E S I S

Que para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias

Con especialidad en:

Manejo de Recursos Marinos

Presenta:

Biol. Mar. MARIE SYLVIANE JAUME SCHINKEL

La Paz, B.C.S.

Febrero del 2004.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 10:00 horas del día 14 del mes de Enero del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL RORCUAL COMÚN *Balaenoptera physalus* EN EL GOLFO DE CALIFORNIA MEDIANTE EL USO DE ISÓTOPOS ESTABLES DE NITRÓGENO Y CARBONO"

Presentada por el alumno:

JAUME

Apellido paterno

SCHINKEL

materno

MARIE SYLVIANE

nombre(s)

Con registro:

B	0	1	1	2	8	2
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DRA. DIANE GENDRON LANIEL

PRESIDENTE

DR. SERGIO AGUINIGA GARCIA

SECRETARIO

MC. ROXANA DE SILVA DÁVILA

SEGUNDO VOCAL

MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

TERCER VOCAL

DR. JORGE DE JESUS URBAN RAMIREZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 29 del mes Enero del año 2004, el (la) que suscribe MARIE SYLVIANE JAUME SCHINKEL alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B011282 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DRA. DIANE GENDRON LANIEL y cede los derechos del trabajo titulado: "HÁBITOS ALIMENTARIOS DEL RORCUAL COMÚN *Balaenoptera physalus* EN EL GOLFO DE CALIFORNIA MEDIANTE EL USO DE ISÓTOPOS ESTABLES DE NITRÓGENO Y CARBONO" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

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

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

MARIE SYLVIANE JAUME SCHINKEL

nombre y firma

Ahora se que nuestro mundo no es nunca mas permanente que una ola que se eleva sobre el océano. Cualesquiera que sean nuestras luchas y nuestras victorias, como quiera que las padezcamos, enseguida desaparecen en la corriente, como la tinta acuosa sobre el papel.

Arthur Golden.



DEDICATORIA

A mis papás Ingrid y Jean Pierre, por todo su apoyo sentimental y económico. Por siempre estar a mi lado y apoyarme en mis mil y una locuras y salidas al campo. Por preocuparse por mi pero sin detenerme....

A mis hermanos Stephan (Erika, Marion y Andrei), Sebastian y Santiago, porque a pesar de la distancia somos hermanos y siempre están en mis pensamientos.

A mis abuelas por el ejemplo de que siempre se puede ir hacia delante, no importando las circunstancias....

A Marco Medina la luz de mis días y de mis alegrías. Gracias por llegar a mi vida y acompañarme en la terminación de este trabajo. Por tu GRAN paciencia y amor interminable, y simplemente por ser lo que eres y representas en mi vida.

A todos los que lean esta tesis, por creer en mi y especialmente a aquellos que consideraron este trabajo para los congresos....



AGRADECIMIENTOS

Son tantas las personas, que no se por donde empezar.. si acaso llegara a olvidar a alguien espero comprenda que la memoria de teflón de repente falla.

Muy especial agradecimiento a mi amiga y directora de tesis Dra. Diane Gendron, por dejarme aprender tanto de ti y sobretodo por tu GRAN paciencia al tratar de entender lo que quería explicar. Gracias por aceptarme como tu estudiante, por proponerme y acompañarme durante todo el desarrollo de este trabajo, por empujarme para terminarla y por ser una gran persona y un ejemplo a seguir.

Otro especial agradecimiento a mi maestro y amigo Dr. Jorge Urbán Ramírez, porque sin tu apoyo y consejos no hubiera podido terminar. Gracias por siempre estar dispuesto a escucharme y a llevarme en las salidas de campo, y sobretodo por todo lo que he aprendido de ti y por aguantar mis locuras constantes.

Con especial cariño a los revisores de la tesis: Dr. Sergio Aguiñiga García gracias por mostrarme el gran mundo de los isótopos, por tus consejos y por siempre prestarme bibliografía y responder a mis mil dudas. M en C. Roxana de Silva Dávila por tu dedicación y empeño a mi trabajo, por enseñarme tanto y confiar en mí. M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero por hacerte un tiempcito para leer mi tesis, mil gracias por tus comentarios. Al Dr. Felipe Galván Magaña, gracias por aceptar, por la bibliografía proporcionada y por estar ahí.

A los otros tres fantásticos Elizabeth Dávalos, Liliana Rojo y Alejandro Olivera, por todo lo que hemos vivido pero sobretodo por la amistad. Por todas las desveladas y los momentos inolvidables que compartimos. Espero que en la siguiente etapa sigamos todos juntos...

A Alejandra Cabrera (Alecita) por ser una gran persona y una excelente amiga. A Carolina Gil por su amistad y por aguantarme todos los días (y en serio aguantarme). A Mauricio Hoyos, Adriana González, Liza Gómez, Orso Angulo, y Jose Ángel Diosdado por aquellos sábados en la noches de dominó. A Georgina Bravata (Helena) y Miguel Palmeros por su amistad, consejos y porras.

A Ciro Arista, Manuel Zamarrón y Raúl Díaz por esas largas horas de observación, esos burritos y por aguantarme. Así como a Mario Salinas, Juan Carlos Salinas, Alejandro Acevedo, Paloma Ladrón de Guevara, Liliana Rojo, Ibiza Martínez, Christian Ortega, Mauricio Najera, Mercedes Guerrero, Ursula Peral, Israel Solís, etc por toda su ayuda en las salidas de campo.

A Mario Salinas por aceptar llevarme en sus salidas de campo, alimentarme en las mismas y por siempre tener tiempo para el cafecito para discutir el

punto. Por sus respuestas a mis mil preguntas y por su orientación. Gracias a Leonel Zavaleta y Raúl Díaz por ayudarme con las dudas de computación.

A Cristóbal Román por dejarme aprender de él y enseñarme a procesar las muestras, también por el apoyo y la bibliografía prestada.

A Juan Fuentes por todo su apoyo en el proceso de las muestras, y por estar siempre dispuesto a ayudarme y escucharme. A Judith Marmolejo y a los integrantes del laboratorio de Química por aguantarme mientras procesaba mis muestras y por todo el apoyo prestado.

A Abril Romo y Efraín Chávez por dejarme trabajar en las instalaciones de Pichilingüe. A la Dr. Laura Sánchez y Carlos Álvarez por prestarme información sobre sardinas.

A todos los compañeros del laboratorio de mamíferos marinos de la UABCS, en especial a Alejandro Gómez-Gallardo y Mercedes Guerrero, por sus consejos y dejarme aprender tanto de ellos.

A todos los compañeros del laboratorio de Mamíferos marinos del CICIMAR. En especial a Claudia Hernández (Clau y su Renato) y a Concepción García (Conchita) por las pláticas, los vinos y los camarones, pero en especial por su amistad, consejos y apoyo.

A mis compañeros de generación de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, porque aunque le sufrimos a ratos nos divertimos en otros. Suerte a todos. A mis compañeros de generación del CICIMAR, una etapa que compartimos y que ahora termina.

El apoyo económico otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) y al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por la beca tesis.

A todo el personal de la biblioteca por darme chance de terminar mi tesis en los cubículos, y al personal del centro de cómputo por toda su ayuda.



ÍNDICE GENERAL

	Página
Glosario	III
Índice de Figuras	V
Índice de Tablas	VII
I. Resumen	1
II. Abstract	2
III. Introducción	3
IV. Antecedentes	6
V. Justificación	9
VI. Objetivos	10
i. Objetivo General	10
ii. Objetivos Particulares	10
VII. Área de estudio	11
VIII. Materiales y Método	16
i. Trabajo de Campo	16
ia. Colecta de datos y muestras de piel	16
ii. Trabajo de Gabinete	18
iia. Lavado del material	18
iib. Liofilización	19
iic. Extracción de lípidos	19
iid. Homogeneización y encapsulado	19
iie. Lectura de isótopos estables	20
iii. Análisis de datos	21
iv. Niveles tróficos.	21
v. Cambio a nivel individual (Foto-identificación)	21
vi. Distribución	22

IX. Resultados	24
i. Muestras de piel (Biopsias)	24
ii. Hábitos alimentarios	25
iiia. Cambios alimenticios estacionales	25
iiib. Cambios a nivel individual (Foto-identificación) ..	29
iii. Distribución y Abundancia relativa	31
iiia. Golfo de California	31
iiib. Área entre Bahía de La Paz-Loreto y Bahía Kino.....	34
X. Discusión	37
i. Hábitos alimentarios	37
ia. Cambios alimenticios estacionales	38
ib. Niveles tróficos	42
ii. Cambios individuales (foto-identificación)	45
iii. Movimientos estacionales y alimentación	46
iiia. Temporada fría	46
iiib. Temporada cálida	48
XI. Conclusiones	50
XII. Recomendaciones	51
XIII. Literatura citada	52
XIV. Anexos	63



GLOSARIO

Cetáceo: mamífero marino del Orden Cetacea, que se subdivide en Mysticetos: cetáceos con barbas (ballenas) y Odontocetos: cetáceos con dientes (delfines y marsopas).

δ (delta): notación en la que se expresan las razones isotópicas de los elementos, se define en partes por mil (‰) de desviación de un material estándar. En este caso el Pee Dee Belemnite (PDB) para el $\delta^{13}\text{C}$ y el nitrógeno atmosférico para el $\delta^{15}\text{N}$.

Depredador: es aquel organismo que mata a otro para su alimentación y supervivencia.

Eufáusidos: son crustáceos marinos holoplanctónicos que parecen camarones, que no presentan maxilípedos. Son considerados segundos en importancia después de los copépodos de los componentes del zooplancton. Comúnmente se les conoce como krill.

Fraccionación trófica: Cambio en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ o de $\delta^{13}\text{C}$ de la presa al depredador.

Generalista: es aquel organismo que presenta una amplia preferencia de las presas que consumen, y que tienden a alimentarse de presas de fácil capturabilidad.

Incremento trófico: los consumidores están típicamente enriquecidos en ^{15}N en relación a la dieta del consumidor, por lo que el incremento denota un cambio en las razones isotópicas entre la dieta y el consumidor, estando este último enriquecido en $\delta^{15}\text{N}$.

Isótopo estable: son aquellos isótopos que tienen el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones.

Juvenil: etapa del ciclo de vida de una especie en la cual ha adquirido la morfología del adulto, pero aún no es capaz de reproducirse.

Milla náutica: (mn) unidad de medición que corresponde a 1.852 metros o a un minuto de latitud.

Nivel trófico: posición o categoría en la que se clasifica un determinado organismo en la cadena trófica, dicha posición está dada de acuerdo a la manera en la cual obtiene su materia y energía. Los organismos que obtienen su alimento a través del mismo número de pasos se consideran pertenecientes al mismo nivel trófico

Oportunista: describe al animal que saca ventaja de cualquier presa que esté disponible.

Rorcual: del noruego *ror vhal*, ballena con surcos, perteneciente a la familia Balaenopteridae. Se caracterizan por presentar pliegues tegumentarios que corren en la parte ventral de la garganta, cuya función es permitir la expansión de la cavidad para engullir grandes cantidades de agua y alimento.

Rorcual común: nombre científico *Balaenoptera physalus*, que viene del griego *physalos*: por ballena rorcual. Su característica diagnóstica es una coloración asimétrica en la región mandibular. La región mandibular inferior derecha es blanca mientras que la izquierda es oscura; este patrón asimétrico es una característica permanente independiente del sexo y la edad.

Sardinas: pequeños peces que pertenecen a la familia Clupeidae, presentan una sola aleta dorsal localizada a la mitad del cuerpo, su cuerpo es plateado y su aleta caudal está furcada.

Tiempo de recambio: tiempo que tardan las células epidérmicas basales del organismos en alcanzar la superficie de la piel, indica el tiempo inicial en que se formó este tejido hasta su descamación.



ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Áreas de estudio dentro del Golfo de California.	13
Figura 2.. Zonas en las que se dividió el Golfo de California.	23
Figura 3. Sitios de muestreo de rorcuales comunes (biopsias y fotografías) tomadas en la temporada + fría y ● cálida en la zona de la Bahía de La Paz-Loreto, B.C.S. y Bahía Kino, Sonora.	24
Figura 4. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (‰) de las muestras de piel del rorcual común (<i>B. physalus</i>) y posibles presas los eufáusidos (<i>N. simplex</i>) y sardinas juveniles (<i>S. sagax</i>). BAPAZ-LOR : área entre la Bahía de La Paz y Loreto y BAKINO : área de Bahía Kino.	26
Figura 5. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (‰) de las muestras de piel del rorcual común (<i>B. physalus</i>), de los eufáusidos (<i>N. simplex</i>) y las sardinas juveniles (<i>S. sagax</i>). BAPAZ-LOR: área entre la Bahía de La Paz y Loreto y BAKINO: área de Bahía Kino. Las flechas indican los incrementos observados en nitrógeno.	28
Figura 6. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (‰), de los eufáusidos (<i>N. simplex</i>) y las sardinas juveniles (<i>S. sagax</i>), y de piel del mismo del rorcual común (<i>B. physalus</i>) recolectado durante las temporadas fría y cálida entre la Bahía de La Paz y Loreto.	31
Figura 7. Índice de avistamiento del rorcual común (<i>B. physalus</i>) en los cruceros a) B/O “El Puma” febrero 1988b) NOAA en julio-agosto 1993. <i>B.p.</i> = <i>Balaenoptera physalus</i> y mn = millas náuticas.	32
Figura 8. Índice de avistamiento de rorcuales comunes (<i>B. physalus</i>) durante los vuelos: a) 1-4 de marzo 1997, b) 6-10 de marzo 1998 y c) 27-30 de marzo 1996. <i>B.p.</i> = <i>Balaenoptera physalus</i> y mn = millas náuticas.	33
Figura 9. Mapa de avistamientos de rorcuales comunes, de los vuelos de ● 27-30 de marzo de 1996, ▲ 1-4 de marzo de 1997 y ♦ 6-10 de marzo de 1998.	34

- Figura 10.** Número de biopsias del rorcual común (*B. p.*) (histograma) e índice de avistamiento (No. Bp / Horas de esfuerzo) por mes (línea continua) en la temporada fría y cálida en la zona de Bahía de La Paz–Loreto de enero del 2001 a junio del 2002. No se realizó esfuerzo de búsqueda durante julio y diciembre del 2001. 36
- Figura 11.** Número de biopsias del rorcual común (*B. p.*) (histograma) e índice de avistamiento (No. *B.p.* / Horas de esfuerzo) por mes (línea continua) durante la temporada fría en la zona de Bahía Kino de noviembre de 1998, enero y febrero del 2000. 36



ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla I. Valor promedio de Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (‰) y desviaciones estándar (D.S.) de las muestras de piel de <i>B. physalus</i> (<i>B.p.</i>) y posibles presas, los eufáusidos (<i>N. simplex</i>) y las sardinas juveniles (<i>S. sagax</i>). BAPAZ-LOR : área entre la Bahía de La Paz y Loreto y BAKINO : área de Bahía Kino.	25
Tabla II. Incremento promedio de Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (‰) entre los eufáusidos (<i>N. simplex</i>) y la piel del rorcual común (<i>B.p.</i>) en invierno y entre las sardinas juveniles (<i>S. sagax</i>) y la piel del rorcual común (<i>B.p.</i>) en verano. BAPAZ-LOR : zona entre la Bahía de La Paz y Loreto y BAKINO : zona de Bahía Kino. Incremento promedio para el rorcual común (<i>B.p.</i>) foto-recapturado entre estaciones.	27
Tabla III. Valores calculados de los niveles tróficos de organismos en el Golfo de California. Rorcual común (<i>B.p.</i>); BAPAZ-LOR : área entre la Bahía de La Paz y Loreto y BAKINO : área de Bahía Kino.	29
Tabla IV. Recapturas de fotografías de los rorcuales comunes (<i>B. physalus</i>) del Golfo de California. La flecha indica la fecha y localidad donde se obtuvo la biopsia del rorcual común.	30
Tabla V. Esfuerzo de búsqueda del rorcual común (horas), número de animales y abundancia relativa ($\#B.p./\text{hora}$) por mes en la zona entre Bahía de La Paz y Loreto.	35
Tabla VI. Esfuerzo de búsqueda del rorcual común (horas), número de animales y abundancia relativa ($\#B.p./\text{hora}$) por mes en la zona de Bahía Kino.	35

I. RESUMEN



La dieta mundial del rorcual común *Balaenoptera physalus* es muy variada y es considerado un organismo generalista. En el Golfo de California la población de este rorcual es residente. Se conoce de la importancia de los eufáusidos como alimento en la temporada fría (invierno-primavera) para este mamífero. En contraste, no se conoce su fuente de alimento en lo que resta del año. Basados en resultados preliminares de isótopos estables de carbono (C) y nitrógeno (N) se sospecha que consiste en organismos de un nivel trófico más alto. En este estudio se pretende determinar si existe un cambio estacional en la dieta del rorcual común entre temporadas fría y cálida con el uso de isótopos estables de C y N. Entre enero del 2001 y junio 2002 se muestreó mensualmente el área comprendida entre la Bahía de La Paz-Loreto, donde se recolectaron 19 biopsias de piel y se tomaron fotografías de identificación de los animales. También se obtuvieron 10 biopsias de piel de Bahía Kino, Sonora. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ determinados para la estación fría, mostraron un enriquecimiento isotópico de 1.98‰ entre los eufáusidos (*Nyctiphanes simplex*) y la piel del rorcual de la Bahía de La Paz-Loreto, y un incremento de 2.57‰ para los rorcuales de Bahía Kino. Durante la temporada cálida se observó un incremento adicional en $\delta^{15}\text{N}$ de 1.5‰ de la piel de rorcuales de Bahía de La Paz-Loreto respecto a la estación fría. En esta estación también se observó un enriquecimiento de 2.81‰ entre las sardinillas juveniles *Sardinops sagax* y la piel del rorcual. Las diferencias tróficas basadas en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre las temporadas fría y cálida en la zona de Bahía de La Paz-Loreto son estadísticamente significativas ($F=7.01$, $P<0.05$), mientras que para el $\delta^{13}\text{C}$ las diferencias no fueron significativas ($F=0.53$, $P>0.05$). La variabilidad del $\delta^{15}\text{N}$ entre temporadas confirma que el rorcual común cambia su dieta durante la temporada cálida por organismos de mayor nivel trófico, que pudieran ser las sardinillas. Con base en una foto-recaptura de identificación entre las temporadas fría y cálida del 2001 y su muestra de piel correspondiente, podemos confirmar el cambio estacional en su dieta.

II. ABSTRACT



The fin whale *Balaenoptera physalus* worldwide captures a wide variety of preys and it is considered generalist. In the Gulf of California this rorcual population is resident. The importance of euphausiids as their main diet during the cold season (winter and spring) is well known. In contrast, the source of their food during the rest of the year remains unknown. Preliminary stable carbon (C) and nitrogen (N) isotope results suggest that there is a dietary change towards higher trophic organisms. The objective of this study is to determine if there is indeed a seasonal change in the fin whale diet between cold and warm seasons using stable isotopes of C y N. Monthly field trips were undertaken between January 2001 and June 2002 in the area between La Paz Bay and Loreto, where 19 skin biopsies were collected as well as photographs for the identification of fin whales. We also obtained 10 skin biopsies and photographs of fin whales from Bahía Kino, Sonora. The $\delta^{15}\text{N}$ values, show a 1.98‰ isotopic increase in the cold season, between the euphausiids (*Nyctiphanes simplex*) and the skin of fin whales from la Paz-Loreto, and an increment of 2.57‰ for rorcuals from Kino Bay. An additional 1.5‰ increase was observed in fin whale skin from la Paz-Loreto in the warm season. In this season an increment of 2.81‰ was observed between fin whale skin and juvenil sardines (*Sardinops sagax*). The trophic differences based in $\delta^{15}\text{N}$ between cold and warm seasons in La Paz-Loreto area are statistically significative (F=7.01, P<0.05). No seasonal significative difference was found in $\delta^{13}\text{C}$ from the skin (F=0.53, P>0.05). The variability in $\delta^{15}\text{N}$ between seasons confirms that fin whales change their diet in the warm season, and that this consists of organisms of a higher trophic level, such as sardines. Based upon definitive photo-recaptures of one fin whale in both the cold and warm seasons if 2001 and corresponding biopsy samples we can confirm the seasonal shift in diet.



III. INTRODUCCIÓN

El Golfo de California representa un lugar muy diverso con relación a los cetáceos debido a que es un mar subtropical de alta productividad primaria principalmente durante el invierno (Santamaría-del Ángel *et al.*, 1994). Es también uno de los pocos lugares donde reside una población del rorcual común, *Balaenoptera physalus* (Berubé *et al.*, 1998; Berubé *et al.*, 2002).

Este rorcual es considerado una especie oportunista ya que mundialmente su dieta es muy variada (Gaskin, 1982). Otros lo consideran generalista (Nemoto, 1957), por tener una dieta compuesta de una gran variedad de presas. Se alimentan principalmente de zooplancton, pero pueden llegar a consumir grandes cantidades de peces al menos localmente y de forma periódica (Nemoto, 1959).

En el Pacífico Norte, los eufáusidos y copépodos conforman su dieta (Nishiwaki y Ohe 1951; Nemoto, 1957; Nemoto, 1959). En la Corriente de California este rorcual se alimenta de los eufáusidos *Euphausia pacifica* y *Thysanoessa spinifera* (Rice, 1977) así como de *Nyctiphanes simplex* (Fiedler *et al.*, 1998). En el alto Golfo de California su presa principal también son eufáusidos (Tershy, 1992). En la región suroeste del mismo, estudios acústicos revelaron que se alimentan de eufáusidos (Croll *et al.*, 1998), corroborando a *N. simplex* como presa principal del rorcual común con base en un análisis de contenido en heces (Del Ángel-Rodríguez, 1997).

Según Nemoto (1959), las variaciones estacionales en la cantidad del alimento promueven que los organismos que se alimentan del plancton realicen movimientos entre las regiones de mayor abundancia. Si las condiciones oceanográficas del Golfo de California y su productividad primaria contribuyen a una alta abundancia de *N. simplex* principalmente en invierno y existe un decremento en su abundancia a finales de la primavera (Brinton y Townsend,

1980; Gendron, 1990), entonces el rorcual común tendería a mantenerse de otro componente alimenticio el resto del año.

De hecho, se ha observado al rorcual común alimentándose de peces clupeidos (Rojas-Bracho, 1984; Gendron, 1993). Ocasionalmente, se han encontrado restos de peces y picos de calamares en las heces del rorcual común (Del Ángel-Rodríguez, 1997).

Con base en resultados de isótopos estables de carbono y nitrógeno en piel de tres rorcuales recolectadas en invierno, se determinó que la dieta del rorcual común consistía de eufáusidos y también de organismos de mayor nivel trófico, lo que permitió suponer que este rorcual residente, hace uso de otras fuentes de alimento a lo largo del año (Gendron *et al.*, 2001).

En los ecosistemas marinos, las mediciones de dichos isótopos se han utilizado particularmente para establecer relaciones tróficas entre los organismos. Su principal característica es que reflejan no solo los alimentos ingeridos sino también los asimilados en los tejidos de los organismos en el tiempo (Hobson *et al.*, 1996).

Esta técnica utiliza la diferencia en las abundancias naturales de isótopos estables de C^{13} y C^{12} como marcadores, ya que hay poca alteración de sus abundancias a lo largo de la cadena trófica (Rousnik y Winterbourn, 1986). La base del uso de esta técnica es la discriminación metabólica entre el isótopo más pesado y el más ligero del mismo elemento (Walker y Macko, 1999). Los isótopos del nitrógeno se han empleado para definir los niveles tróficos de los organismos (Vander Zanden *et al.*, 1997), debido a que cambian de forma predecible con cada nivel trófico, con la excreción del isótopo ligero en la orina (Steele y Daniel, 1978; Peterson y Fry, 1987), mientras que los isótopos del carbono se han usado como herramientas para identificar las fuentes de producción (Harrigan *et al.*, 1989).

La disminución estacional en la abundancia del eufáusido *N. simplex*, presa principal del rorcual común en invierno, favorece un cambio de hábito alimentario el cual debe reflejarse en los valores de isótopos estables de carbono y nitrógeno en piel de este cetáceo a lo largo del año. En el presente trabajo se demostrará mediante isótopos estables, que existe un cambio estacional en la dieta del rorcual común del Golfo de California, a lo largo del año y que este cambio se refleja en su distribución.



IV. ANTECEDENTES

El rorcual común está considerado como una especie vulnerable en el libro rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Klinowska, 1991). También está en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies en peligro de extinción (CITES) de 1973. En México, se encuentra en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 bajo la categoría de "protección especial".

La distribución invernal del rorcual común en el Pacífico Nororiental va desde los 58° de latitud Norte (Nemoto, 1959) hasta los 22° de latitud Norte, fuera de Cabo San Lucas, B.C.S. e incluyendo el Golfo de California (Leatherwood *et al.*, 1982).

Su presencia en el Golfo de California en todas las temporadas del año, conllevó a hipotetizar la idea de que este rorcual pudiera ser una especie residente en esta zona (Gilmore, 1957). Existen diversos autores quienes propusieron la hipótesis de residencia de *B. physalus* en el Golfo de California (Tomilin, 1967; Johnson, 1972; Balcomb *et al.*, 1979; Wells *et al.*, 1981; Leatherwood *et al.*, 1982; Gambell, 1985; Tershy *et al.*, 1993). Actualmente, con base en análisis genéticos, se confirmó que los rorcuales comunes del Golfo de California corresponden a una población residente y aislada respecto a la población de California (Berubé *et al.*, 1998; Berubé *et al.*, 2002).

Se ha descrito su distribución al interior del Golfo de California, como principalmente en la zona costera desde principios del invierno hasta mediados de verano, y en aguas alejadas de la costa durante el resto del verano y en el otoño (Rojas-Bracho, 1984; Tershy *et al.*, 1993; Enríquez, 1996). Con base en recapturas fotográficas se mostró que algunos rorcuales comunes realizan movimientos estacionales dentro del Golfo de California (Enríquez, 1996).

Utilizando esta técnica de foto-identificación, una primera estimación del tamaño de la población del rorcual común del Golfo de California fue de alrededor de 296 (217-396) individuos (Enríquez, 1996). Una segunda estimación de 829 (594-3229) individuos fue realizada a partir de datos de distancias recolectadas en un crucero realizado en verano de 1993 (Mangels y Gerrodete, 1994).

Los estudios sobre dietas y comportamiento de alimentación de cetáceos en general, han sido basados en el análisis convencional de contenidos estomacales y de heces, así como en observaciones directas sobre su alimentación. En el caso de cetáceos, en la actualidad, estos estudios son limitados a organismos varados o bien a la oportuna recolecta de heces. Por otra parte, estos análisis solamente permiten determinar la composición más reciente de su dieta (Todd *et al.*, 1997) e implican un sesgo relacionado a la presencia de estructuras duras e identificables, que no se digieren como pudieran ser otolitos y picos de calamares, o bien a la identificación de las presas en diferentes grados de digestión. Con esta información y con datos obtenidos de isótopos estables, se han estimado la posición trófica y el nicho ecológico de varios cetáceos (Pauly *et al.*, 1998).

Recientemente, la incorporación de herramientas geoquímicas, como la de isótopos estables de alta resolución a estudios tróficos terrestres y marinos, han permitido inter-calibrar rutas tróficas conocidas y determinar nuevas rutas de transferencia energéticas entre los organismos, en especial para las aves marinas (Hobson y Clark, 1992).

La técnica de determinación de las proporciones de isótopos estables de carbono (C^{13}/C^{12}) y nitrógeno (N^{15}/N^{14}) es actualmente la más empleada para delinear las dietas de los organismos (Hobson y Clark, 1992). Los isótopos de nitrógeno han demostrado que difieren entre los organismos en los cuales se determinan y varias de sus presas, así como a diferentes niveles tróficos (Abend y Smith, 1995).

Esta técnica ha sido utilizada para determinar dietas y estructura trófica de las focas de Weddell, del mesoplodón (*Mesoplodon bidens*) y de las ballenas piloto (*Globicephala melas*) del Atlántico (Rau *et al.*, 1992; Ostrom *et al.*, 1993; Abend y Smith, 1995). Estudios más específicos en manatíes *Trichechus manatus*; en tres especies de pinípedos; en mamíferos marinos del Estuario y Golfo de St. Lawrence y en mamíferos marinos del mar del norte (Ames *et al.*, 1996; Hobson *et al.*, 1997; Lesage *et al.*, 2001 y Das *et al.*, 2003).

Burton y Koch (1999), proponen que los cambios en la productividad primaria se reflejan en los niveles tróficos tope, como los mamíferos. Es de esperarse que, los cambios estacionales en las condiciones oceanográficas del Golfo de California contribuyan a la variación en la abundancia de eufáusidos, y a su vez, fomenten cambios en la distribución y la dieta del rorcual común en esta región. Esto aunado a lo planteado por Gendron *et al.* (2001), quienes sugieren que el rorcual común presenta un nivel trófico relativamente mayor que el de la ballena azul, nos permite suponer que el rorcual común hace uso de otras fuentes de alimento a lo largo del año.



V. JUSTIFICACIÓN

La residencia del rorcual común en el Golfo de California representa una oportunidad única para estudiar la estrategia de alimentación de esta especie con mayor amplitud y de esta forma aportar elementos que contribuyan a entender su papel ecológico en el Golfo de California y proponer bases para el diseño de manejo de esta especie.

Se pretende que con la técnica de los isótopos estables de nitrógeno y carbono se podrá confirmar el cambio de hábitos alimenticios del rorcual común en el Golfo de California.



VI. OBJETIVOS

i. OBJETIVO GENERAL

Determinar si existe un cambio estacional en la dieta de *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California con base en la técnica de isótopos estables de nitrógeno y carbono.

ii. OBJETIVOS PARTICULARES

⇒ Determinar los valores isotópicos de carbono y nitrógeno en piel de *B. physalus* recolectada en un ciclo anual.

⇒ Evaluar si existen cambios de dieta con base en los isótopos estables a nivel individual por medio de foto-identificación.

⇒ Evaluar si existen cambios de dieta con base en los isótopos estables de nitrógeno y carbono y si corresponde con la distribución espacio temporal de *B. physalus*.



VII. ÁREA DE ESTUDIO

GOLFO DE CALIFORNIA

El Golfo de California es un mar marginal que se localiza entre la Península de Baja California y la porción continental del territorio nacional. El Golfo tiene una longitud aproximada de 1000 km y en promedio 150 km de ancho, con una superficie total aproximada de 210,000 km² (Roden, 1964) (Figura 1).

El Golfo de California es considerado una cuenca semicerrada tanto en el sentido oceanográfico como meteorológico debido a que se encuentra casi totalmente rodeado por elevaciones topográficas y está conectado al océano abierto únicamente en su extremo sur (Badán-Dangón *et al.*, 1991). Estas propiedades, junto con el hecho de encontrarse en una zona transicional templado tropical, resultan en un juego de características atmosféricas, oceanográficas y ecológicas únicas (Lluch-Cota, 2000).

Topográficamente el Golfo de California está dividido en una serie de cuencas y trincheras que se hacen más profundas hacia la parte sur. De acuerdo a la estructura vertical de la termohalina se ha dividido en 4 regiones: la norte, que comprende la desembocadura del Río Colorado e Isla Tiburón, con fuertes corrientes originadas por los vientos; la segunda, que comprende el Canal de Ballenas o Golfo Central, donde imperan condiciones oceanográficas inusuales y las temperaturas mas bajas de todo el Golfo; la tercera, es la parte baja del Golfo desde Isla Tiburón hasta la línea entre Mazatlán y Cabo San Lucas y por último, la boca del Golfo, formada por un triángulo entre Cabo San Lucas, Mazatlán y Cabo Corrientes (Santamaría-del Ángel *et al.*, 1994).

El clima en el Golfo de California es considerado más continental que oceánico. En el invierno la temperatura del aire disminuye de la boca del Golfo hacia el norte y en verano se incrementa de la misma forma. Existe una mayor

precipitación en el lado este comparado con el lado oeste del Golfo (Roden, 1964).

Las temperaturas superficiales del Golfo, comparadas con las masas de agua del Pacífico, son más cálidas de abril a septiembre, mientras que en los otros meses son similares (Roden y Emilsson, 1979). Las variaciones estacionales de temperatura superficial son extremas, en la parte norte van de los 14°C hasta los 30°C y en la porción sur están entre los 20°C y 30°C (Brinton *et al.*, 1986).

Las surgencias que se presentan son generadas por dos mecanismos de enriquecimiento: las generadas por corrientes de marea y las costeras generadas por el viento. Las primeras ocurren principalmente en la región de las Grandes Islas, donde los procesos de mezcla por mareas se intensifican por una disminución batimétrica de la luz de flujo, produciendo corrientes intensas, especialmente en el canal de Ballenas (Badán-Dangón *et al.*, 1985). El segundo mecanismo de enriquecimiento se presenta en ambas costas del Golfo de manera alternada durante el año. El forzamiento del viento produce un transporte de aguas superficiales que son reemplazadas por aguas subsuperficiales más frías y con mayor concentración de nutrientes. Tanto las características de fuerza y persistencia de los vientos de invierno, como la configuración vertical de los tipos de agua en dicha parte del año, permiten que los efectos de surgencias costeras sean mucho más notorios y efectivos como sistema de enriquecimiento en la costa continental (Roden y Groves, 1959; Badán-Dangón *et al.*, 1985).

Los vientos en el Golfo son extremadamente variables, prevalecen los vientos del noroeste de noviembre a mayo y del sureste el resto del año (Santamaría-del Ángel *et al.*, 1994). Las surgencias ocurren frente a la costa oriental con vientos del noroeste (condiciones de "invierno"), de diciembre a mayo y frente a la costa de Baja California con vientos del suroeste (condiciones de "verano"), de julio a octubre, con junio y noviembre como

periodos de transición (Roden, 1964; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). La configuración de masas de agua del Golfo de California permite que se requiera de relativamente poca energía para hacer aflorar aguas someras con altas concentraciones de nutrientes. La productividad en el Golfo es excepcionalmente alta, sus masas de agua son bajas en oxígeno y en estratos superficiales se encuentran elevadas concentraciones de nutrientes (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). En particular, La Bahía de La Paz es considerada como uno de los cuerpos de aguas más productivas de la costa oriental del Golfo de California. Durante primavera se presentan los valores más altos de productividad primaria ($16 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$), y los menores en verano (entre 2 y $5 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) (Reyes-Salinas *et al.*, 2003).

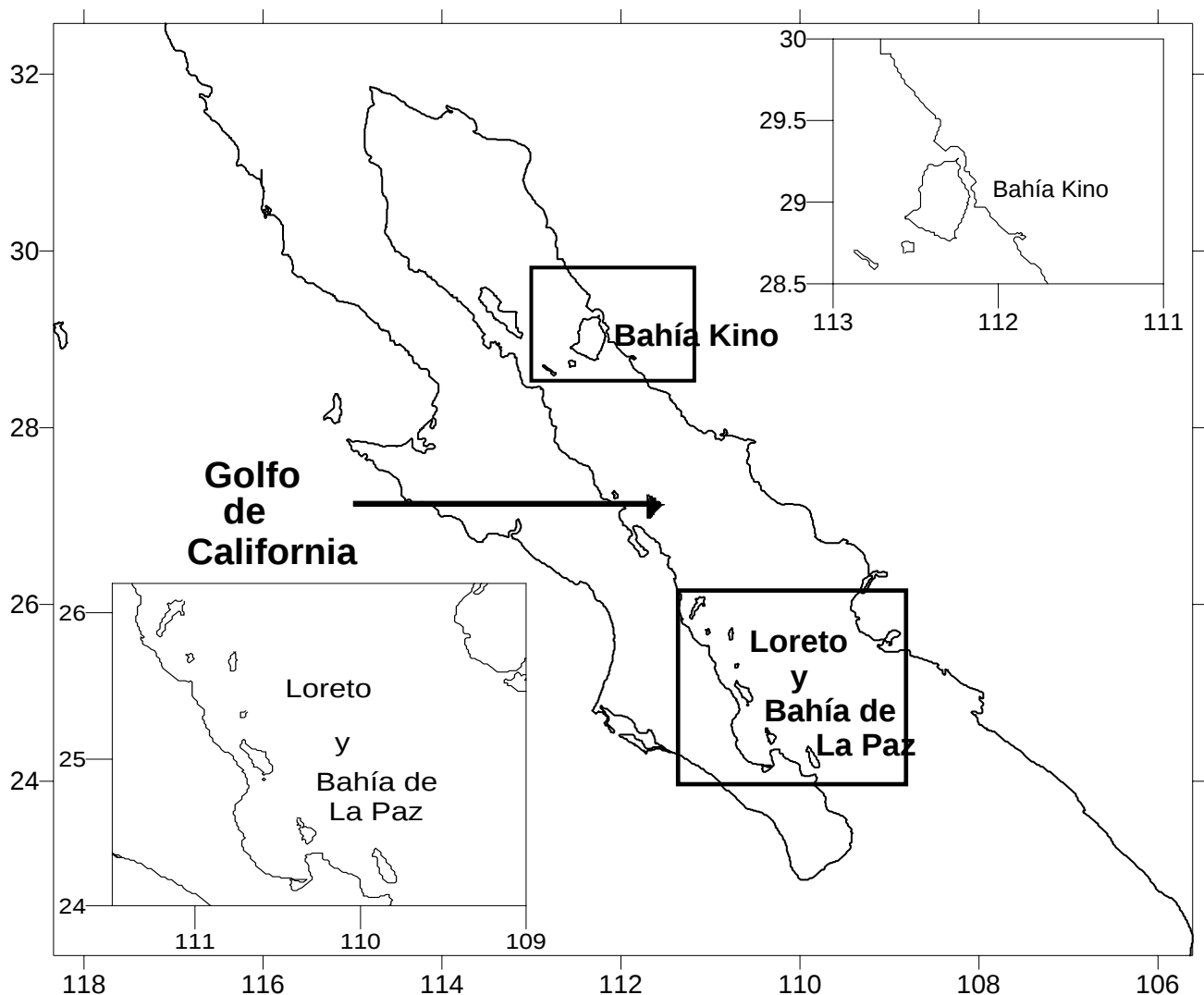


Figura 1. Áreas de estudio dentro del Golfo de California.

BAHÍA DE LA PAZ-LORETO (BAPAZ-LOR)

La Bahía de La Paz se localiza en la costa suroccidental del Golfo de California, entre los 24°15 y 24°33 latitud Norte y los 110°15 y 110°77 longitud Oeste (Flores-Ramírez, *et al.*, 1996). Tiene un área de 1972 km² y una línea de costa de 127 Km. (Murillo-Jiménez, 1987) (Figura 1).

El clima de esta bahía es cálido y seco, con lluvias escasas todo el año, predominando en invierno y verano. Los vientos dominantes del noroeste en invierno y principios de la primavera propician el clima seco (Obeso-Nieblas, 1986). De noviembre a mayo los vientos matutinos soplan del noroeste y los nocturnos del sur, mientras que el resto del año predominan los vientos del suroeste (Roden, 1964). La radiación máxima se da a finales del verano y la mínima al inicio del invierno (Obeso-Nieblas, 1986).

El área conocida como Bahía de Loreto, realmente no es una bahía, sin embargo para fines prácticos así se le denomina (Campos, 1998). Se localiza al norte de la Bahía de La Paz, en la costa oriental de la Península, localizada entre los 25°35 y 26°07 latitud Norte y 110°45 y 111° 21 longitud Oeste (SEMARNAP, 2000) (Figura 1).

En esta zona, la temperatura del agua en la superficie presenta variaciones amplias, oscilando entre los 26°C y 33°C. Los registros de temperatura se midieron en los lugares de menos profundidad. El régimen del viento es similar al resto del Golfo (SEMARNAP, 2000). Presenta un clima muy árido (Campos, 1998).

BAHÍA KINO (BAKINO)

Esta Bahía se encuentra sobre el lado Oriental del Golfo de California, a 110 Km. al oeste de Hermosillo, Sonora. En su extremo sureste se encuentra la laguna costera La Cruz, un cuerpo de agua costero sin aporte fluvial (Grijalva-Chon y Barraza-Guardado, 1992). Todo el sistema se encuentra entre los 30°00 y 28°52 latitud Norte y los 111°50 y 113°00 longitud Oeste.



VIII. MATERIALES Y MÉTODO

En este trabajo se consideraron dos temporadas, una fría en invierno y primavera (de noviembre a abril) y la otra cálida en verano y otoño (de mayo a octubre).

i. TRABAJO DE CAMPO

Las salidas de campo se realizaron por parte del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) dentro del proyecto "Historia de vida de la ballena azul, el cachalote y especies asociadas" en colaboración con el Programa de Investigación de Mamíferos Marinos (PRIMA) dentro del Proyecto sobre el Rorcual común del Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS).

ia. COLECTA DE DATOS Y MUESTRAS DE PIEL

Para la colecta de datos se realizaron navegaciones no sistemáticas para localizar rorcuales comunes en la zona suroccidental del Golfo de California entre las Bahías de La Paz y Loreto (BAPAZ-LOR), a bordo de embarcaciones tipo panga de 22 pies con motor fuera de borda. Se realizaron salidas durante más de un ciclo anual, desde enero del 2001 hasta junio del 2002. En cada salida se navegó entre 30 y 45 minutos aproximadamente, al término de los cuales se hicieron paradas de observación con binoculares con una duración de 10 a 15 minutos para la búsqueda de animales.

Una vez avistado un rorcual, se dirigió la embarcación al mismo para identificar la especie. En la bitácora de avistamiento, se registró la especie, número de individuos, la posición geográfica del avistamiento con el sistema de geoposicionamiento satelital global (GPS), la hora del día, condiciones

oceanográficas, composición del grupo, actividad que estaban realizando las ballenas y asociaciones con otros grupos (aves, otros mamíferos, peces, etc.).

Se tomaron muestras de piel (biopsias) de los rorcuales comunes avistados en Bahía de La Paz-Loreto y en Bahía Kino utilizando una flecha con punta modificada diseñada para este fin y basado en Lambersten (1987). La flecha fue disparada con una ballesta de 25.3 Kg de empuje. Al hacer contacto con el animal, la flecha penetra 3.5 cm en la piel extrayendo aproximadamente 0.5 cm³ de epidermis y grasa. La flecha tiene un flotador que a la vez que nos permite recuperarla funciona como tope, ocasionando que la flecha rebote después de penetrar en el cuerpo. Para la toma de biopsias se trató de estar a una distancia de entre 4 y 10 metros de la ballena, y se esperó a que el animal sacara la mayor parte del lomo fuera del agua para disparar.

Una vez tomada la biopsia, la muestra se extrajo de la punta de la flecha utilizando unas pinzas esterilizadas con alcohol y calor y se almacenó en viales con Dimetil sulfóxido (DMSO) al 20% sobresaturada con sal de mesa (Amos y Hoelzel, 1991). Después de cada toma de biopsia se esterilizaron nuevamente la punta y las pinzas. La colecta de biopsias se realizó bajo la Normatividad de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (ahora SEMARNAT), con el permiso correspondiente. Al mismo tiempo o en ocasiones una vez tomada la biopsia, se procedió a obtener fotografías de uno o preferentemente de ambos lados de la aleta dorsal y el costado del cuerpo del mismo individuo, con cámaras Reflex con zoom (70-300 mm) y rollos blanco y negro (ASA 400).

Cuando se observó piel descamada de los rorcuales comunes en la superficie del mar, ésta se recolectó con una red de mano y se preservó de la misma manera que las biopsias. En el laboratorio, se congelaron las muestras preservadas en DMSO hasta su procesamiento.

Se recolectaron individuos de eufáusidos (*N. simplex*), nadando en la superficie del mar durante el invierno en la zona entre La Paz y Loreto

utilizando una red de mano. Los eufáusidos se colocaron en papel aluminio y se congelaron a -4°C .

Para inferir sobre otras presas, se utilizaron los valores de nitrógeno y carbono de sardinas juveniles (Gendron *et al.*, 2001).

ii. TRABAJO DE GABINETE

El análisis de las muestras para isótopos estables se llevó a cabo en 2 fases. La primera fase correspondiente al procesamiento de las muestras se realizó en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) y en la Unidad Pichilingue de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Una vez preparadas, las muestras se enviaron a la Universidad de Santa Cruz, California donde se realizó la lectura de isótopos estables de carbono y nitrógeno en un espectrómetro de masas de razones isotópicas (IRMS) del Departamento de Earth and Ocean Sciences UCSC.

ii.a. LAVADO DE MATERIAL

Los viales con tapas en los que se almacenaron las muestras para su posterior lectura de isótopos estables, fueron previamente lavados con una mezcla de solvente cloroformo-metanol (2:1) en un baño ultrasónico por 20 a 30 minutos. Después se impregnaron con mezcla crómica y se dejaron reposar por 24 horas. Al cabo de las cuales se lavaron con agua corriente y después con agua destilada, dejándose secar en un horno de caja por unas horas. Por último se agregó un solvente de acetona-hexano (1:1), se dejaron secar por 4 horas en el horno de caja y posteriormente fueron tapados y almacenados.

iiib. LIOFILIZACIÓN

De las biopsias obtenidas, se separó la piel de la grasa. Una parte de la piel se lavó con agua destilada para eliminar el exceso de sal y se almacenó en los viales preparados y se congelaron a -40°C . Una muestra de eufáusidos congelados fue liofilizada con el mismo método que la piel. Los viales con muestra se colocaron destapados en el liofilizador de la UPIMA en CICIMAR, para extraer la humedad del tejido a una temperatura de entre -40°C y -50°C y con vacío. Éstas se dejaron 24 horas aproximadamente, al cabo de las cuales se taparon y guardaron.

iiic. EXTRACCIÓN DE LÍPIDOS

Debido a que los lípidos están disminuidos en ^{13}C y por esta razón el $\delta^{13}\text{C}$ tenderán a ser menor en muestras con un alto contenido de lípidos (DeNiro y Epstein, 1977) las muestras de piel de rorcual común y de eufáusidos fueron sometidas a una extracción de lípidos. Los lípidos fueron extraídos con una mezcla de acetona:hexano (1:1) usando un Horno de microondas MARS5 y con la técnica de extracción asistida por microondas (MAE) (Paré *et al.*, 1994; Renoe, 1994), a una temperatura de 100°C . Después de la extracción de lípidos, las muestras se dejaron secar en el horno de caja para eliminar todo el solvente.

iiid. HOMOGENEIZACIÓN Y ENCAPSULADO

Las muestras libres de lípidos se guardaron en viales con tapa de teflón y fueron transportados a la Unidad Pichilingue de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), donde fueron pulverizadas en una campana de flujo laminar utilizando morteros de ágata para homogeneizar las muestras. Estas muestras pulverizadas se pesaron en una balanza analítica del Laboratorio

de Química del CICIMAR-IPN con una precisión de ± 0.001 g, en cápsulas de estaño. Estas cápsulas se aplastaron de forma que las muestras no estuvieran en contacto con el aire atmosférico y se colocaron en un porta cápsulas para su envío al Departamento de Earth and Ocean Sciences en la Universidad de California en Santa Cruz (UCSC), California para la segunda fase.

iiie. LECTURA DE ISÓTOPOS ESTABLES

El análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno de las muestras se hizo en un espectrómetro de masas de razones isotópicas IRMS Dual-Inlet VG Optima con interfase de flujo continuo a un analizador de Na-1500, Carlo Erba.

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

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

donde R muestra para $\delta^{15}\text{N}$, es la proporción entre sus isótopos $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ mientras que para $\delta^{13}\text{C}$ es la proporción de los isótopos de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Los estándares empleados fueron el nitrógeno atmosférico para el $\delta^{15}\text{N}$, y una calcita fósil denominada Pee Dee Belemnite (PDB) para el $\delta^{13}\text{C}$ (Craig, 1957).

Al realizar la lectura de isótopos estables en el espectrómetro de masas, se obtiene un valor isotópico relativo por muestra. En este trabajo solamente se presentan las medias y las desviaciones estándar de los valores isotópicos encontrados.

iii. ANALISIS DE DATOS

Se realizaron análisis de variancia (ANDEVA) de una vía para hacer las comparaciones entre los valores obtenidos de isótopos de nitrógeno y carbono de la piel del rorcual común con sus posibles presas. Se comparó, para la temporada fría, con el eufáusido *N. simplex* y para la temporada cálida, con valores isotópicos de juveniles de *S. sagax* determinados por Gendron *et al.* (2001).

Se hizo un análisis de variancia (ANDEVA) entre las muestras de piel del rorcual obtenidas en la temporada fría y la temporada cálida del área comprendida entre las Bahías de La Paz-Loreto. Se aplicaron a los datos pruebas de Tukey *a posteriori*, para evaluar las diferencias encontradas.

iv. NIVELES TRÓFICOS

Para determinar los niveles tróficos de las muestras se utilizó la fórmula propuesta por Hobson y Welch (1992):

$$TL = 1 + (D_m - 5.4) / 3.8$$

Donde: TL = nivel trófico del consumidor; D_m = el valor de $\delta^{15}N$ del tejido del consumidor (‰); 5.4 valor de la materia orgánica particulada (MOP), y 3.8 es el incremento promedio de $\delta^{15}N$ en cada nivel trófico.

v. CAMBIO A NIVEL INDIVIDUAL (FOTO-IDENTIFICACIÓN)

El procesamiento de las fotografías tomadas a los rorcuales comunes se realizó en el cuarto oscuro del Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Primero se revelaron los

negativos de las fotografías en blanco y negro tomadas en el campo. Después se hizo una selección de las mejores fotos de cada individuo a partir de los negativos y las selecciones fueron impresas en papel Ildeford en blanco y negro.

Las fotografías obtenidas fueron comparadas con las incluidas en el catálogo del rorcual común de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS, n=320) y con las del catálogo del rorcual común del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, n=70), Unidad Guaymas, Sonora, México. Los individuos fueron identificados por marcas y muescas en la aleta dorsal, así como por coloraciones naturales del chevron, de acuerdo con la metodología propuesta por Agler *et al.* (1990).

vi. DISTRIBUCIÓN

Para analizar la distribución espacio-temporal del rorcual común dentro del Golfo de California, se analizaron los datos de algunos vuelos y cruceros que abarcaron la mayor parte del Golfo de California. Los censos aéreos y cruceros en el mar correspondieron a diferentes años, sin embargo, el objetivo de estos análisis fue establecer un patrón de distribución por lo que la comparación se hizo entre las temporadas fría y cálida exclusivamente.

Los vuelos fueron realizados en marzo de 1996, marzo de 1997 y marzo de 1998 por el CICIMAR a bordo de un Cessna 182 (Environmental Flying Services). Estos vuelos se realizaron a una velocidad de 100 millas/horas y a una altura de alrededor de 300m. Los cruceros fueron realizados por la NOAA durante julio-agosto de 1993 (Mangels y Gerrodette, 1994), y por el CICIMAR a bordo del B/O "El Puma" de la UNAM en febrero de 1988 (Gendron, 1993). De estos vuelos y cruceros se hizo énfasis en el esfuerzo de búsqueda (millas náuticas navegadas), así como en los avistamientos del rorcual común (número de ballenas avistadas).

Para ello el Golfo de California fue dividido en 3 zonas: la Zona Norte (Alto Golfo) entre los 32° y los 29° de latitud Norte, la Zona Centro (Golfo Central) de los 29° a los 26° latitud Norte, y la Zona Sur (Golfo Sur) de los 26° a los 23° latitud Norte (Figura 2).

Para cada zona se calculó un Índice de Avistamiento (IA), con la fórmula:

$$IA = \frac{\text{Número de rorcuales comunes observadas}}{\text{Número de millas náuticas navegadas}}$$

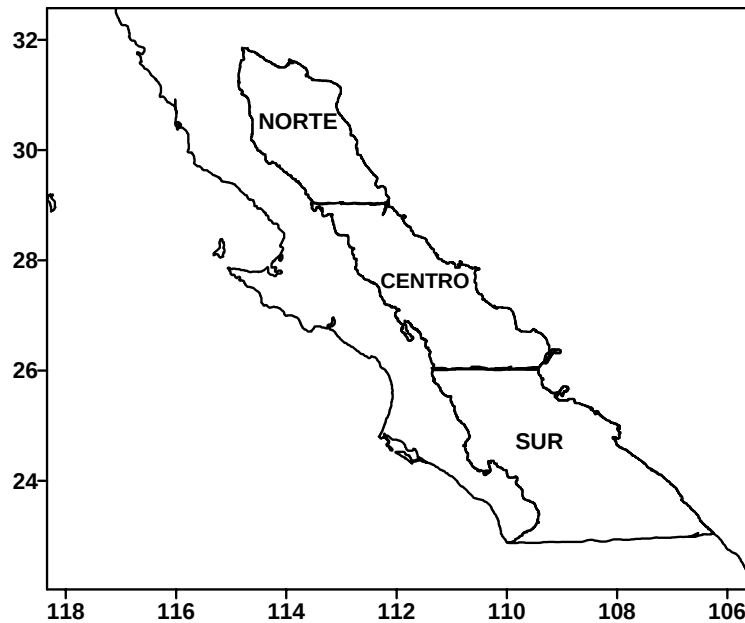


Figura 2. Zonas en las que se dividió el Golfo de California.



IX. RESULTADOS

i. MUESTRAS DE PIEL (BIOPSIAS)

En total, se obtuvieron 19 biopsias de piel del rorcual común para la zona de la Bahía de La Paz-Loreto y otras 10 para la zona de Bahía Kino (Figura 3). Lo ideal era, obtener un número similar por mes, sin embargo, no fue posible ya que en algunos meses no se encontró a ningún rorcual común en la zona de Bahía de La Paz-Loreto (Tabla V). Dieciséis biopsias se recolectaron durante la temporada fría y solamente tres en la temporada cálida en esa zona. Las biopsias de la zona de Bahía Kino, Sonora fueron obtenidas en la temporada fría (Tabla VI).

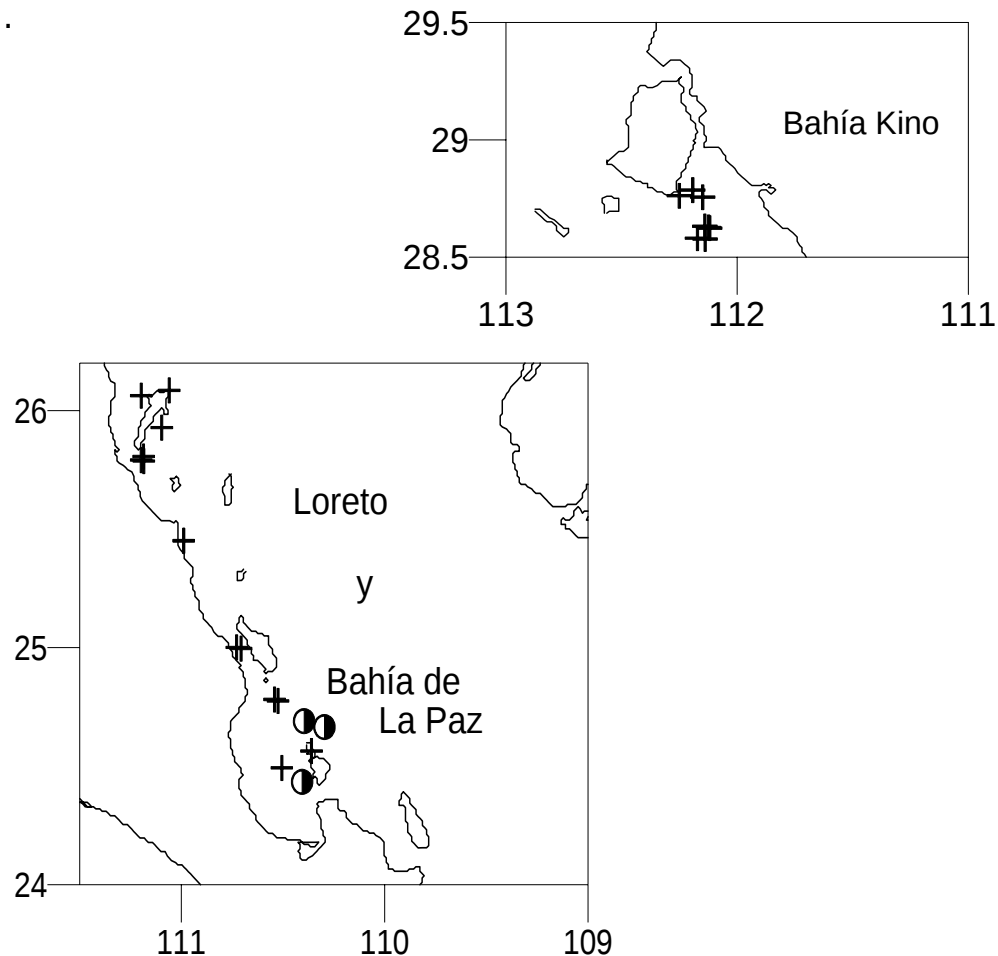


Figura 3. Sitios de muestreo de rorcuales comunes (biopsias y fotografías) tomadas en la temporada + fría y ● cálida en la zona de la Bahía de La Paz-Loreto, B.C.S. y Bahía Kino, Sonora.

ii. HÁBITOS ALIMENTARIOS

ii.a. CAMBIOS ALIMENTICIOS ESTACIONALES

Se observa que los valores más bajos de $\delta^{15}\text{N}$ en piel del rorcual común, provienen de la piel de organismos recolectada en la Bahía de La Paz-Loreto (BAPAZ-LOR) en la temporada fría, seguido por las muestras de Bahía Kino (BAKINO) en la temporada fría, y por último, los valores más altos se observaron en las muestras de piel recolectada en la zona de la Bahía de La Paz-Loreto en la temporada cálida (Tabla I, Figura 4). Por otro lado, se observa que el valor más bajo de $\delta^{15}\text{N}$ se encontró para el eufáusido *N. simplex*, seguido por el valor reportado para las sardinas juveniles *S. sagax*, y que ambos valores son menores a los valores de la piel del rorcual común.

Tabla I. Valor promedio de Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (‰) y desviaciones estándar (D.S.) de las muestras de piel de *B. physalus* (*B.p.*) y posibles presas, los eufáusidos (*N. simplex*) y las sardinas juveniles (*S. sagax*). BAPAZ-LOR : área entre la Bahía de La Paz y Loreto y BAKINO : área de Bahía Kino.

Muestra	n	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	
		Media	D. S.	Media	D. S.
<i>B.p.</i> BAPAZ-LOR (fría)	16	-17.35	0.79	14.61	0.95
<i>B.p.</i> BAKINO (fría)	10	-16.69	0.45	15.20	0.46
<i>B.p.</i> BAPAZ-LOR (cálida)	3	-17.70	0.49	16.11	0.35
<i>N. simplex</i>	5	-17.73	0.08	12.63	0.14
<i>S. sagax</i> (juv.)	4	-18.50	0.70	13.30	0.60

Con respecto al $\delta^{13}\text{C}$ se observa que el valor más bajo corresponde al reportado para las sardinas juveniles *S. sagax*, seguido por los valores encontrados para *N. simplex*, seguidos por los valores determinados en la piel del rorcual común. Con respecto a los resultados de la piel de *B. physalus*, se encontraron los valores más altos en las muestras de piel recolectadas en Bahía Kino (BAKINO) de la temporada fría, y los valores más bajos para la temporada cálida de Bahía de La Paz-Loreto (BAPAZ-LOR) (Tabla I, Figura 4). Esto pudiera

indicar que en Bahía Kino las ballenas se alimentan en un ecosistema más costero.

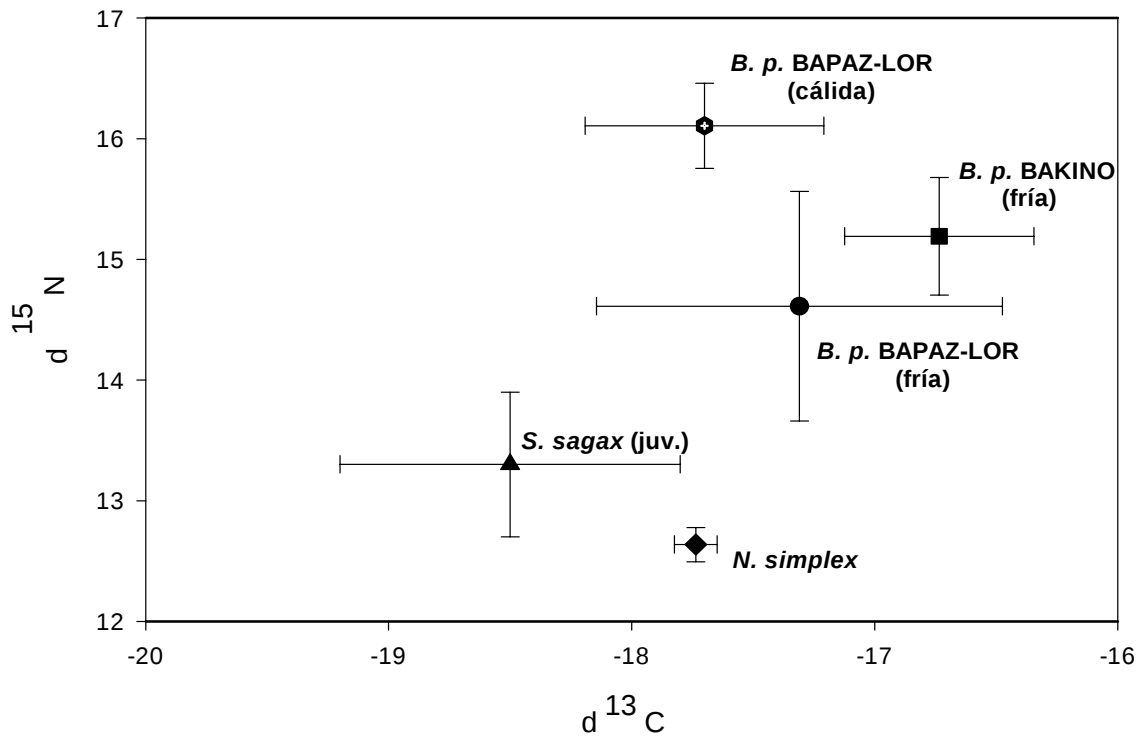


Figura 4. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (‰) de las muestras de piel del rorcual común (*B. physalus*) y posibles presas los eufáusidos (*N. simplex*) y sardinas juveniles (*S. sagax*). BAPAZ-LOR : área entre la Bahía de La Paz y Loreto y BAKINO : área de Bahía Kino.

▪ FRACCIONAMIENTO ISOTÓPICO

El incremento promedio entre el valor isotópico obtenido para *N. simplex* y el de la piel del rorcual común de la temporada fría de la zona de la Bahía de La Paz-Loreto fue de 1.98‰ para $\delta^{15}\text{N}$ y de 0.38‰ para $\delta^{13}\text{C}$. Por otro lado, el incremento promedio entre las muestras de *N. simplex* y la piel recolectada en la temporada fría de Bahía Kino es de 2.57‰ en $\delta^{15}\text{N}$ y de 1.04‰ en $\delta^{13}\text{C}$ (Tabla II, Figura 5).

Tabla II. Incremento promedio de Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (‰) entre los eufáusidos (*N. simplex*) y la piel del rorcual común (*B.p.*) en invierno y entre las sardinas juveniles (*S. sagax*) y la piel del rorcual común (*B.p.*) en verano. BAPAZ-LOR : zona entre la Bahía de La Paz y Loreto y BAKINO : zona de Bahía Kino. Incremento promedio para el rorcual común (*B.p.*) foto-recapturado entre estaciones.

Muestra	Nitrógeno		Carbono	
	<i>N. simplex</i>	<i>S. sagax</i>	<i>N. simplex</i>	<i>S. sagax</i>
<i>B.p.</i> BAPAZ-LOR (fría)	1.98		0.38	
<i>B.p.</i> BAKINO (fría)	2.57		1.04	
<i>B.p.</i> BAPAZ-LOR (cálida)		2.81		0.80
<i>B.p.</i> Recapturado (fría)	2.04		1.30	
<i>B.p.</i> Recapturado (cálida)		3.13		1.22

Dado el incremento en $\delta^{15}\text{N}$ obtenido entre *N. simplex* y la piel del rorcual común, se sugiere una interacción depredador-presa entre ellos. Se encontraron diferencias significativas en el $\delta^{15}\text{N}$ de los eufáusidos y de la piel del rorcual común para la temporada fría en ambas zonas (Bahía de La Paz-Loreto $F=20.72$ y $P<0.005$; Bahía Kino $F=145.9$ y $P<0.0005$). Mientras que para el $\delta^{13}\text{C}$ no se encontraron diferencias significativas en la zona de La Paz-Loreto ($F=1.14$ y $P=0.29$), pero si para la zona de Bahía Kino ($F=25.06$ y $P<0.005$).

De forma similar, se sugiere una relación depredador-presa entre los valores del rorcual común y *S. sagax*. Se observa un incremento de 2.81‰ en $\delta^{15}\text{N}$ y de 0.80‰ en $\delta^{13}\text{C}$ entre *S. sagax* juvenil y los de la piel del rorcual común durante la temporada cálida de la zona de la Bahía de La Paz y Loreto (Tabla II, Figura 5).

Por otra parte, se observa una diferencia significativa entre los resultados del $\delta^{15}\text{N}$ de la piel del rorcual común entre temporadas para la zona entre La Paz-Loreto (BAPAZ-LOR) ($F=7.01$ y $P=0.016$). Estos resultados sugieren un cambio en las presas que consume el rorcual común entre temporadas (Figura 5).

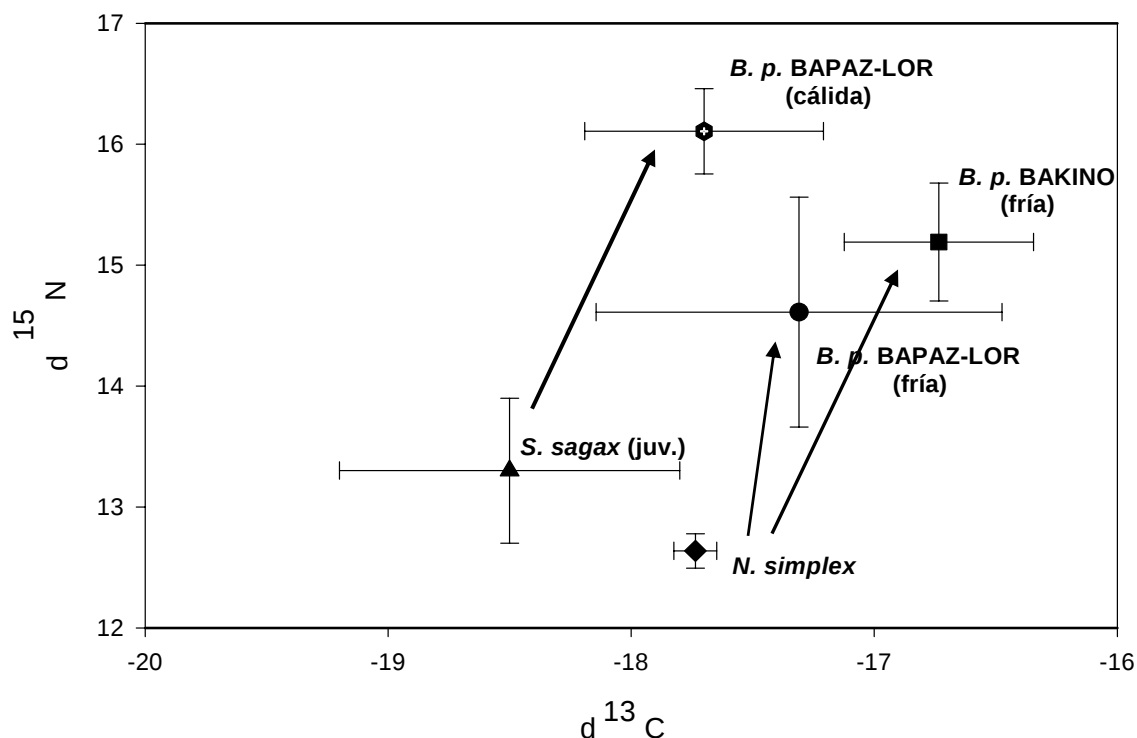


Figura 5. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (‰) de las muestras de piel del rorcual común (*B. physalus*), de los eufáusidos (*N. simplex*) y las sardinas juveniles (*S. sagax*). BAPAZ-LOR: área entre la Bahía de La Paz y Loreto y BAKINO: área de Bahía Kino. Las flechas indican los incrementos observados en nitrógeno.

Considerando a los productores primarios como primer nivel trófico con un $\delta^{15}\text{N}$ asignado de 7‰ para el Golfo de California (Altabet *et al.*, 1999), con un incremento promedio de 2.45 por cada nivel trófico aplicado a la fórmula de Hobson y Welch (1992) se obtuvo una relación de niveles tróficos (Tabla III). Se observa que *N. simplex* y los juveniles de *S. sagax* se ubican en el nivel trófico relativo entre 2 y 3, considerados por lo tanto consumidores secundarios. Mientras que el rorcual común de la temporada fría y cálida se ubicaron en un nivel relativo entre 3 y 4.

Tabla III. Valores calculados de los niveles tróficos de organismos en el Golfo de California. Rorcual común (*B.p.*); BAPAZ-LOR : área entre la Bahía de La Paz y Loreto y BAKINO : área de Bahía Kino.

	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	Nivel trófico
Prod. Primarios	7	1.0
<i>Nyctiphanes simplex</i>	12.63	2.7
<i>Sardinops sagax</i> (juv.)	13.30	3.0
<i>B.p.</i> BAPAZ-LOR (fría)	14.61	3.6
<i>B.p.</i> BAKINO (fría)	15.20	3.8
<i>B.p.</i> BAPAZ-LOR (cálida)	16.11	4.1

iiib. CAMBIOS A NIVEL INDIVIDUAL (FOTO-IDENTIFICACIÓN)

De los 29 rorcuales comunes a los que se les tomó biopsia de piel, se obtuvieron buenas fotografías de identificación para 24 de ellos. Estas fotografías fueron comparadas entre si y con los catálogos de identificación individuales. Se encontraron cuatro foto-recapturas con el catálogo de la UABCS y una con el catálogo de Guaymas (Tabla VI).

Tabla IV. Recapturas de fotografías de los rorcuales comunes (*B. physalus*) del Golfo de California. La flecha indica la fecha y localidad donde se obtuvo la biopsia del rorcual común.

No. Indiv. Tesis	No. Indiv. UABCS	No. Indiv. Guaymas	Fecha de avist.	Localidad
Bp01-06	7 04 98 RGC98-4 F6		07-abr-98 → 26-mar-01	Bahía de La Paz Loreto
Bp01-13	135		02-mar-95 17-feb-00 → 30-mar-01	San Luis Gonzaga Loreto Loreto
Bp01-17	64	16	29-jul-83 04-may-84 07-abr-89 12-abr-94 13-abr-94 07-ene-99 → 31-mar-01	Bahía de los Angeles Bahía de los Angeles Bahía de La Paz Bahía de La Paz Bahía de La Paz Bahía Kino Loreto
Bp98-43	78		03-may-94 07-may-94 24-may-94 19-jun-94 02-mar-95 → 24-nov-98	Bahía de La Paz Bahía de La Paz Bahía de La Paz Bahía de La Paz Bahía Willard Bahía Kino

Durante el 2001 se avistó y se tomaron biopsias de un mismo individuo en las dos temporadas en la zona de Bahía de La Paz-Loreto (BAPAZ-LOR). Este rorcual común fue visto el 16 de febrero, y posteriormente fue foto-recapturado el 15 de septiembre.

En este individuo se observa claramente un incremento en $\delta^{15}\text{N}$ de 1.76‰ y de 0.85‰ en $\delta^{13}\text{C}$ entre la piel de la temporada fría y cálida. Este incremento en $\delta^{15}\text{N}$ obtenido de un mismo animal apoya la evidencia del cambio en la dieta del rorcual común entre temporadas (Tabla II, Figura 6).

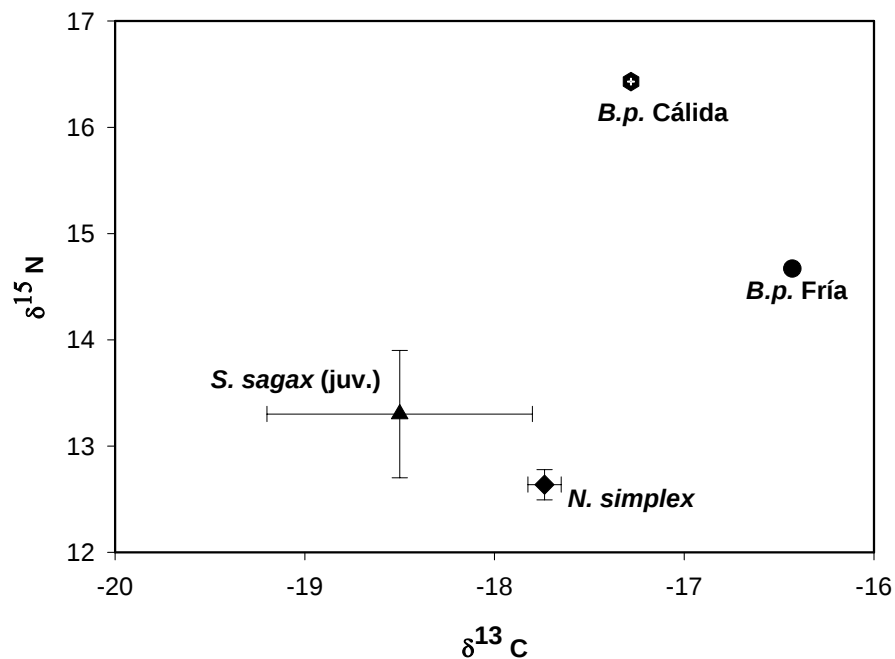


Figura 6. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de Nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y Carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (‰), de los eufáusidos (*N. simplex*) y las sardinas juveniles (*S. sagax*), y de piel del mismo del rorcual común (*B. physalus*) recolectado durante las temporadas fría y cálida entre la Bahía de La Paz y Loreto.

iii. DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA

iiia. GOLFO DE CALIFORNIA

Con base en el índice de avistamiento (IA) del rorcual común (# de rorcuales comunes por milla náutica) estimado a partir de un crucero en mar, (Figura 7a), y del IA estimado a partir de tres censos aéreos llevados a cabo en el invierno, se observó que el IA fue mayor en la zona norte (Figura 8).

No obstante, al analizar los censos aéreos en conjunto sin importar el año y en orden cronológico por semanas, la distribución de los avistamientos sugiere un movimiento norte-sur durante el invierno (Figura 8). En el vuelo del

1 al 4 de marzo de 1997 se nota un mayor índice de avistamiento en la parte norte y central del Golfo de California, y su ausencia en la zona sur (Figuras 8a y 9). Luego, durante el vuelo del 6 al 10 de marzo de 1998 se observa una distribución más homogénea en los avistamientos en la parte norte del Golfo y al sur de las grandes islas, con un mayor índice de avistamientos en la parte central del Golfo (Figuras 8b y 9). Por último en el vuelo del 27 al 30 de marzo de 1996, se observa un incremento en el índice de avistamientos en la parte sur (Figuras 8c y 9).

CRUCEROS

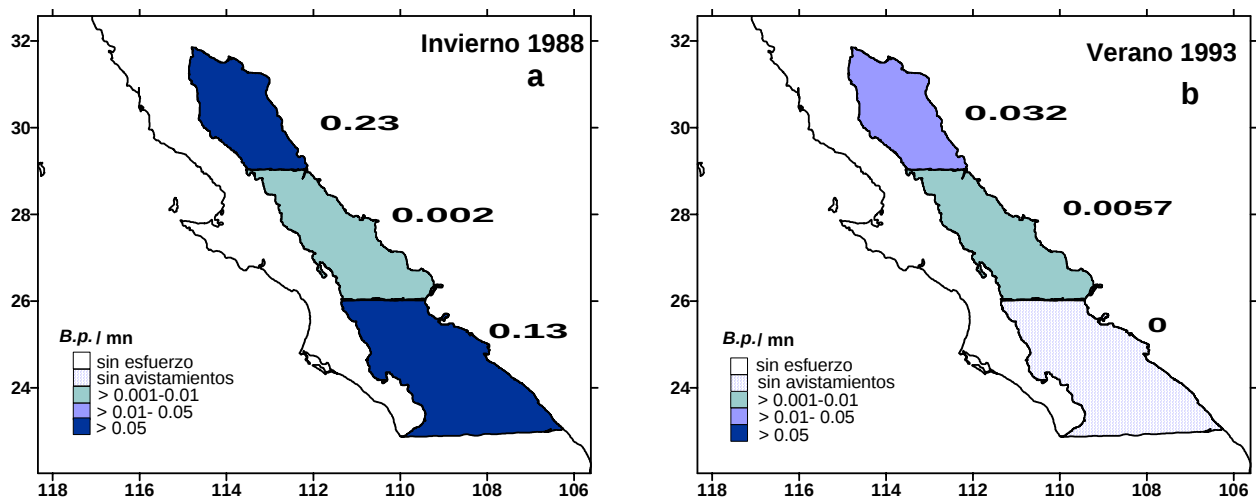


Figura 7. Índice de avistamiento del rorcual común (*B. physalus*) en los cruceros a) B/O “El Puma” febrero 1988b) NOAA en julio-agosto 1993. *B.p.* = *Balaenoptera physalus* y mn = millas náuticas.

VUELOS

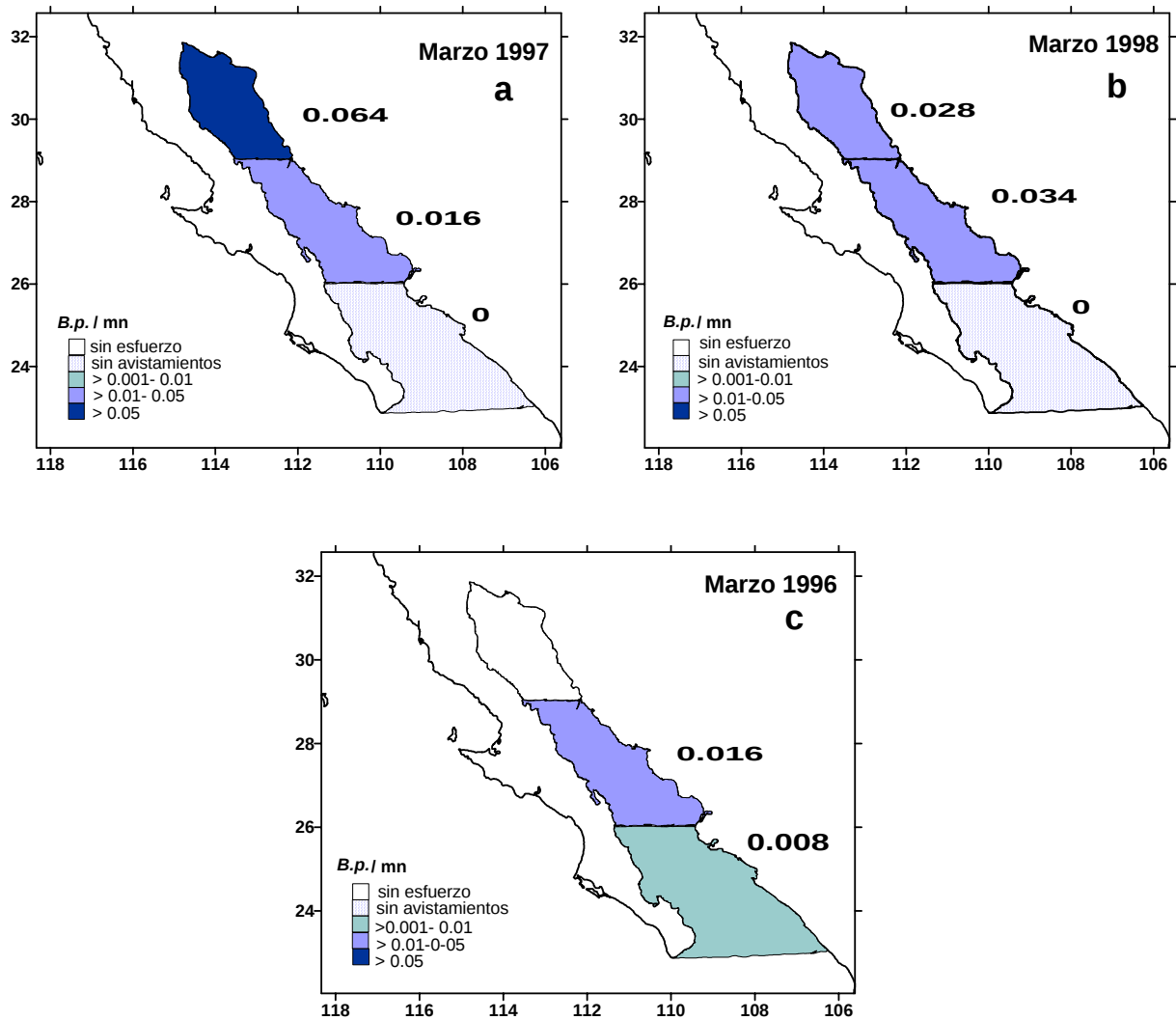


Figura 8. Índice de avistamiento de rorcuales comunes (*B. physalus*) durante los vuelos:
a) 1-4 de marzo 1997, b) 6-10 de marzo 1998 y c) 27-30 de marzo 1996.

B.p. = *Balaenoptera physalus* y mn = millas náuticas.

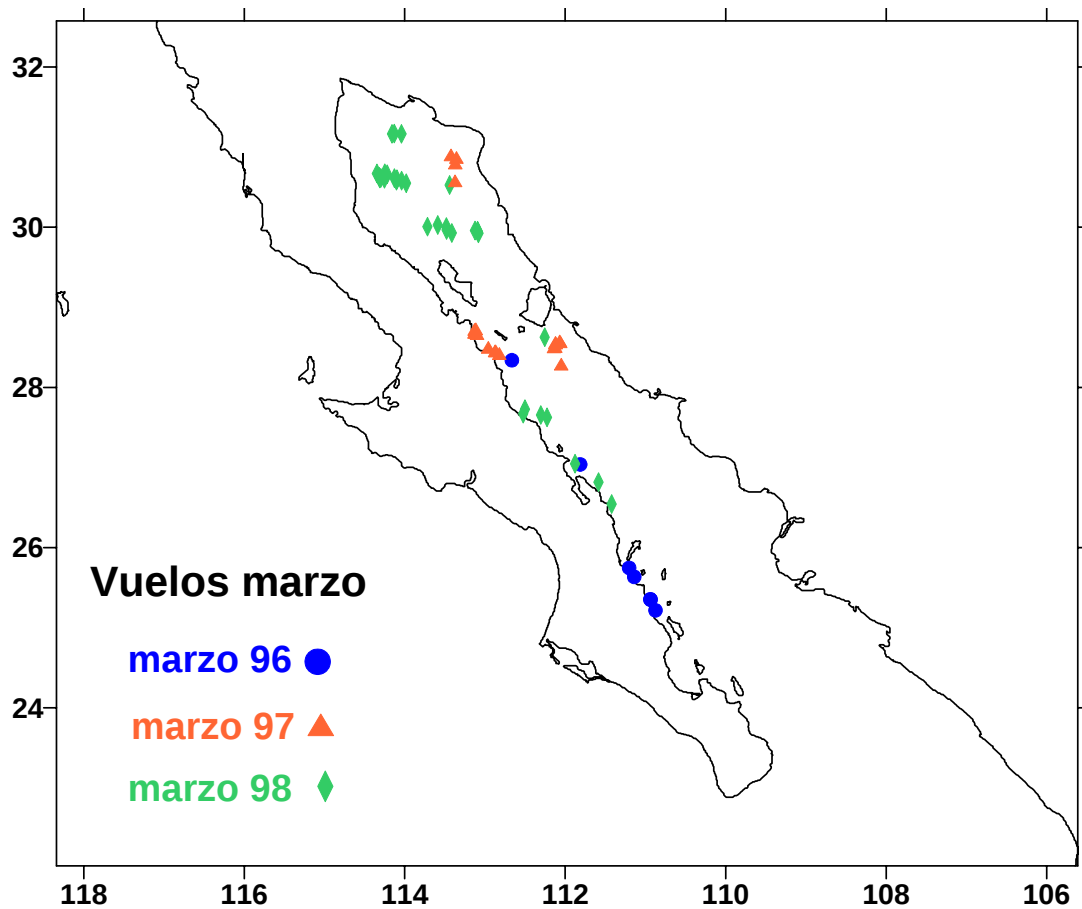


Figura 9. Mapa de avistamientos de rorcuales comunes, de los vuelos de ● 27-30 de marzo de 1996, ▲ 1-4 de marzo de 1997 y ◆ 6-10 de marzo de 1998.

iiib. ÁREA ENTRE LA BAHÍA DE LA PAZ-LORETO Y KINO.

Considerando el esfuerzo de búsqueda realizado en este trabajo. El mayor índice de abundancia relativa del rorcual común (*B. physalus*) en la zona de La Paz-Loreto fue para el mes de marzo (0.45 en el 2001 y 0.39 en el 2002). Mientras que los menores valores de la abundancia relativa se observan en mayo del 2001 así como en mayo y junio del 2002 (Tabla V, Figura 10). Aunque en Bahía Kino el esfuerzo no fue de un ciclo anual el mayor índice de avistamiento registrado en este estudio para la zona de Bahía Kino fue en el mes de noviembre, coincidiendo con el mayor número de biopsias de los rorcuales comunes (Tabla VI, Figura 11).

Tabla V. Esfuerzo de búsqueda del rorcual común (horas), número de animales y abundancia relativa (#*B.p.*/hora) por mes en la zona entre Bahía de La Paz y Loreto.

AÑO	MES	TEMPORADA	HORAS	# <i>B.p.</i>	# <i>B.p.</i> / HORA
2001	Enero	INVIERNO	44	6	0.14
2001	Febrero	INVIERNO	123	15	0.12
2001	Marzo	INVIERNO	144	65	0.45
2001	Abril	INVIERNO	37	3	0.08
2001	Mayo	VERANO	19	0	0.00
2001	Junio	VERANO	45	8	0.18
2001	Agosto	VERANO	38	3	0.08
2001	Septiembre	VERANO	12	2	0.16
2001	Octubre	VERANO	38	1	0.03
2001	Noviembre	INVIERNO	13	0	0.00
2002	Enero	INVIERNO	35	6	0.17
2002	Febrero	INVIERNO	53	4	0.08
2002	Marzo	INVIERNO	62	24	0.39
2002	Abril	INVIERNO	77	10	0.13
2002	Mayo	VERANO	12	0	0.00
2002	Junio	VERANO	27	0	0.00
TOTAL		INVIERNO	588		
		VERANO	191		

Tabla VI. Esfuerzo de búsqueda del rorcual común (horas), número de animales y abundancia relativa (#*B.p.*/hora) por mes en la zona de Bahía Kino.

AÑO	MES	TEMPORADA	HORAS	# <i>B.p.</i>	# <i>B.p.</i> / HORA
1998	Noviembre	INVIERNO	14.25	14	0.98
2000	Enero	INVIERNO	8.53	3	0.35
2000	Febrero	INVIERNO	23.75	2	0.23
TOTAL		INVIERNO	46.53		

Relacionando el número de biopsias de rorcual común (*B. physalus*) obtenidas por mes y por temporada en la Bahía de La Paz-Loreto con el índice de avistamiento (IA), se observa que el mayor número de biopsias coincidió con el mayor IA en el mes de marzo en ambos años. En contraste para la temporada cálida no obstante el esfuerzo realizado el número de biopsias fue menor (Figura 10).

De la misma forma para Bahía Kino esta relación indica que a mayor esfuerzo realizado mayor número de biopsias de rorcual común (*B. physalus*), considerando que solamente se realizó muestreo en 3 meses (Figura 11).

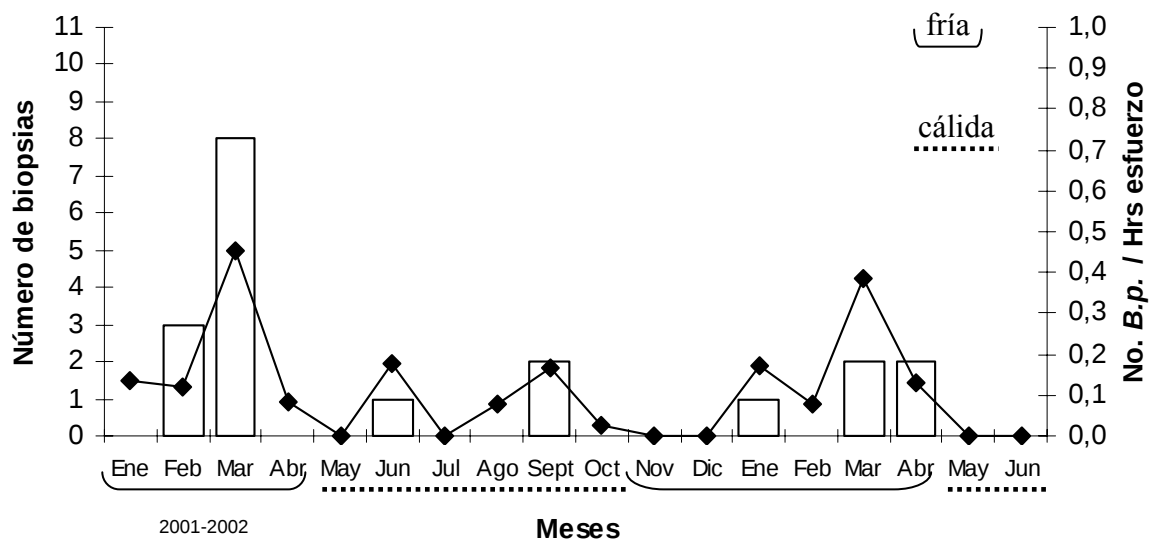


Figura 10. Número de biopsias del rorcual común (*B.p.*) (histograma) e índice de avistamiento (No. *B.p.* / Horas de esfuerzo) por mes (línea continua) en la temporada fría y cálida en la zona de Bahía de La Paz-Loreto de enero del 2001 a junio del 2002. No se realizó esfuerzo de búsqueda durante julio y diciembre del 2001.

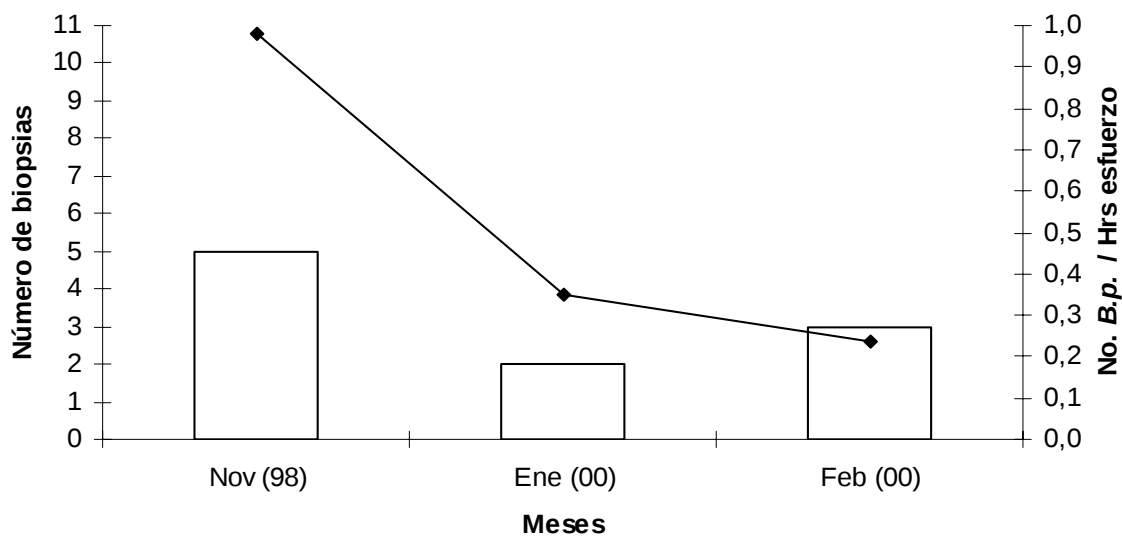


Figura 11. Número de biopsias del rorcual común (*B. p.*) (histograma) e índice de avistamiento (No. *B.p.* / Horas de esfuerzo) por mes (línea continua) durante la temporada fría en la zona de Bahía Kino de noviembre de 1998, enero y febrero del 2000.



X. DISCUSIÓN

i. HÁBITOS ALIMENTARIOS

El rorcual común es considerado una especie generalista (Nemoto, 1957) y también oportunista (Gaskin, 1982). Se considera a un depredador como generalista, por cambiar de presas preferenciales a presas alternativas cuando las primeras no se encuentran disponibles (Ben-David *et al.*, 1997). En este estudio los resultados sugieren que el rorcual común del Golfo de California es una especie generalista, que principalmente se alimenta de *N. simplex* en la temporada fría, y que conforme decrece la biomasa de éste eufáusido en el verano (Brinton y Townsend, 1980; Gendron, 1990) cambia o agrega en su dieta a presas de mayor nivel trófico como por ejemplo a las sardinas. Esto coincide con lo que proponen varios autores (citados en Jonsgård, 1966) para *B. physalus* del Atlántico Norte: con los eufáusidos como presa preferencial, y explotando a peces cuando los eufáusidos no están disponibles.

También concuerda con los resultados de Nemoto (1959), quién mostró que *B. physalus* del Pacífico Norte prefería a los eufáusidos si los enjambres eran suficientemente densos, y en su defecto consumían copépodos, peces o calamares. Este autor también denominó años copépodos y años eufáusidos dependiendo de cuál de los grupos presentaba mayor biomasa, ya que los rorcuales comunes cambiaban su dieta en función de ello.

Las teorías de alimentación predicen que los animales seleccionan aquellas presas que les resulten energéticamente mayores o equiparables a la energía que emplean para localizarlos, capturarlos y consumirlos (Pyke *et al.*, 1977). Es conocido que los misticetos requieren grandes densidades de las presas de las que se alimentan para así satisfacer sus altas demandas metabólicas. Tal es el caso de los rorcuales comunes que se alimentan de presas que se agregan. Tanto los eufáusidos, como las sardinas son especies que tienden a agregarse

ya sea en grandes enjambres o cardúmenes (Brinton y Townsend, 1980; De Anda, *et al.*, 1994).

Así mismo, la calidad de las presas de las que se alimentan es probablemente importante en el tipo de presa preferencial de cada depredador (Piatt y Methven, 1992). Por ejemplo, el contenido energético de los peces y del zooplancton se asume que es una kilocaloría por gramo de peso seco (1kcal/g) (Clarke y Prince, 1980), mientras que los valores de los calamares están entre 0.72 y 0.84 kcal/g (Berta y Sumich, 1999).

Por otra parte, la energía total consumida por un mamífero marino en un día dependerá no solamente del contenido calórico de las presas sino también del número y tamaño de los individuos consumidos. El costo energético de la captura de las presas sin duda varía entre las mismas. Por ejemplo, alimentarse de zooplancton y peces pelágicos implica un mayor costo energético por unidad corporal, que con otras presas tal como los calamares (Evans, 1987 citado en: Berta y Sumich, 1999).

Otra fuente de variación es la digestibilidad de las presas que influye en la absorción de la energía. Las proteínas de los peces, por ejemplo, son de alta digestibilidad (debido a que la mayoría de la energía es absorbida) mientras que la quitina de los eufáusidos es menos digerible (Berta y Sumich, 1999).

ia. CAMBIOS ALIMENTICIOS ESTACIONALES

Los estudios de cadenas tróficas con isótopos estables comparan los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las presas con los depredadores (Ben-David *et al.*, 1997). La combinación específica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ es el resultado de la interacción de los componentes de la dieta de las especies o los organismos (Ambrose y DeNiro, 1986; Schell *et al.*, 1989).

Esta comparación nos permite establecer dos relaciones depredador-presa asociadas a las temporadas fría y cálida (Tabla III, Figura 10), considerando que las razones de los isótopos de carbono y nitrógeno de las presas son constantes en el tiempo (MacAvoy *et al.*, 2001).

Durante la temporada fría los resultados de isótopos estables muestran que los rorcuales comunes se alimentan de eufáusidos lo que coincide con lo reportado por Tershy (1992), Del Ángel-Rodríguez (1997) y Croll *et al.* (1998). Por otro lado, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ de la piel del rorcual común de la temporada fría tanto de Bahía de La Paz-Loreto ($14.61 \pm 0.95 \text{ ‰}$) como de Bahía Kino ($15.20 \pm 0.46 \text{ ‰}$), son comparables a los valores obtenidos de otro depredador de eufáusidos, el calamar *Dosidicus gigas* de tallas pequeñas ($14.7 \pm 0.45 \text{ ‰}$) (Ruiz-Castro, 2002). Por lo que, al tener valores equiparables a los del calamar, se evidencia que los rorcuales comunes se alimentan de la misma presa (*N. simplex*) durante el invierno.

Para la temporada cálida, se obtuvieron valores de $\delta^{15}\text{N}$ de la piel de los rorcuales significativamente mayores a los obtenidos durante el invierno. Este resultado indica que los rorcuales comunes cambian de alimentación por una presa de mayor nivel trófico, probablemente sardinas. Se ha observado al rorcual común alimentándose de pequeños peces en el Golfo de California (Rojas-Bracho, 1984; Gendron, 1993), por lo que este comportamiento podría estar asociado al cambio de presa preferencial cuando disminuye la abundancia de eufáusidos.

Las diferencias que se observan en $\delta^{13}\text{C}$ entre las muestras de piel del rorcual común de ambas zonas y de ambas temporadas es muy pequeña (Tabla II, Figura 9). Hacer inferencias basadas en los valores de $\delta^{13}\text{C}$, es mucho más difícil, debido a que el enriquecimiento trófico entre niveles es mucho menor que en el caso del nitrógeno (Hooker *et al.*, 2001). Las diferencias en los valores de los isótopos de carbono entre los tejidos de los individuos y su dieta dependen tanto del tipo de dieta como del tejido (DeNiro y Epstein, 1978;

Tiezen *et al.*, 1983; Hobson y Clark, 1992), además de que la composición de $\delta^{13}\text{C}$ se ve influenciada por otros factores no asociados al nivel trófico (Shoeninger y DeNiro, 1984).

Generalmente se asume que el incremento en $\delta^{13}\text{C}$ del consumidor respecto a la presa es desde 0.5 hasta 2‰, pero se considera teóricamente un valor de 1‰ como una diferencia entre niveles tróficos (Hobson *et al.*, 1994; Kelly, 2000). En un reporte que involucra muchas especies se determinó un promedio en el incremento de $\delta^{13}\text{C}$ de 0.4 ± 0.12 ‰ (McCutchan *et al.*, 2003). Para este estudio, la diferencia entre los valores de los eufáusidos y los de piel de *B. physalus* de Bahía Kino, fue de 1.04‰, mientras que la diferencia entre la piel de *B. physalus* en Bahía de la Paz-Loreto (temporada fría) y los eufáusidos, fue solamente de 0.38. El incremento en $\delta^{13}\text{C}$ entre las sardinas juveniles y la piel de *B. physalus* de la zona entre Loreto y la Paz (verano) fue de 0.80‰, similar al incremento propuesto de un valor <1 ‰ entre niveles tróficos. Lo anterior nos permite suponer que las sardinas juveniles formen parte de su dieta durante la temporada cálida, y por lo tanto que exista un cambio estacional en su alimentación en el Golfo de California.

Esta variación en $\delta^{13}\text{C}$ y el valor más alto en piel de *B. physalus* de Bahía Kino probablemente esté indicando que los rorcuales se alimentan más cerca de la costa en esta zona (Tabla II, Figura 9). Es conocido que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ son típicamente mas altos en especies que se alimentan en cadenas alimenticias costeras en relación a las pelágicas (Das *et al.*, 2003). Se ha encontrado que las cadenas alimenticias más costeras están enriquecidas en $\delta^{13}\text{C}$ debido a los florecimientos de fitoplancton inducidos por la mezcla de las capas profundas ricas en nutrientes en la superficie (Schell *et al.*, 1998). Bahía Kino esta ubicada en la costa del Continente en la zona de las grandes islas donde se ve influenciado por importantes surgencias (Badan-Dagón *et al.*, 1985)

Es conocido que algunas variaciones ambientales tales como la intensidad de luz, la concentración de nutrientes y la composición de especies afectan los

valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los productores primarios de una región (Wong y Sackett, 1978; Gearing *et al.*, 1984; Fogel y Cifuentes, 1993) y a su vez, los valores isotópicos que se reflejan a lo largo de la cadena trófica del área. Siendo el fitoplancton el principal productor y la fuente principal de carbono para muchos consumidores, esto es reflejado por el agrupamiento de las firmas isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ para la mayoría de las especies (Walker y Macko, 1999). Los valores $\delta^{13}\text{C}$ de *N. simplex* usados en la comparación con la piel de *B. physalus* de Bahía Kino no reflejan el enriquecimiento desde los productores primarios de la zona aledaña a Bahía Kino sino a los de la zona suroeste del Golfo de California donde se recolectaron los eufáusidos, lo cual explicaría esta diferencia encontrada en los incrementos.

Cabe mencionar que para este trabajo se observó una gran variabilidad en las desviaciones estándar con respecto al $\delta^{13}\text{C}$ (Tabla II, Figura 10). Lo que Hobson (1999) y Kelly (2000) explican de estos resultados es que la variación espacial en las razones isotópicas se debe a diferencias en los procesos biogeoquímicos del ambiente, o causados por el metabolismo, la nutrición y la condición propia de los organismos. Así como debido a la fraccionación o la digestión diferencial durante la asimilación (McCutchan *et al.*, 2003).

Las sardinas juveniles presentaron un valor de $\delta^{13}\text{C}$ menor al de los eufáusidos. Esto coincide con el hábito costero-pelágico (150 mi de la costa) de las sardinas (Hamman *et al.*, 1988), contrastando con el hábito nerítico de *N. simplex* (Brinton y Townsend, 1980; Gómez-Gutiérrez, 1992; De Silva-Dávila, 1997). Por ello, se piensa que los rorcuales comunes se alimentan cerca de la costa durante el invierno, mientras que en verano se alimentan en zonas más alejadas de la costa. Esta preferencia por una distribución más costera durante el invierno fue también descrita para *B. physalus* en el Pacífico Norte (Nemoto, 1959).

ib. NIVELES TRÓFICOS

El análisis isotópico del nitrógeno de un animal puede ser empleado para reconstruir aspectos de su dieta cuando las potenciales fuentes de alimento tienen diferentes $\delta^{15}\text{N}$. La relación entre el valor de $\delta^{15}\text{N}$ del tejido de un animal y el de su dieta depende tanto del tejido que se esté analizando como de la naturaleza de la dieta (DeNiro y Epstein, 1981).

La utilidad de los isótopos de nitrógeno en los estudios de alimentación de los animales recae en su distribución, en la dieta y en cómo son incorporados a los tejidos del consumidor. Es decir, no son el resultado de un solo proceso, sino de varios que producen el fraccionamiento del nitrógeno. En resumen, los isótopos de nitrógeno de un tejido animal son el resultado de la proporción de los absorbidos de la dieta restándole los excretados como productos del metabolismo en forma de desperdicios nitrogenados (Vander Zanden *et al.*, 1997).

Según las evidencias acumuladas, el fraccionamiento isotópico en los niveles tróficos depende de la disponibilidad del nitrógeno. Se conoce muy poco de las causas de la variación en el incremento a lo largo de los niveles tróficos, por lo que asignar un organismo a un nivel trófico con los valores de ^{15}N podría ser mas complicado de lo que debería ser normalmente (Adams y Sterner, 2000). Sin embargo, las mediciones de $\delta^{15}\text{N}$ en los tejidos de los consumidores permiten hacer estimaciones de los valores $\delta^{15}\text{N}$ de una dieta promedio; y así, las mediciones isotópicas de los tejidos del depredador y las presas potenciales permiten establecer relaciones tróficas en las complejas cadenas alimenticias (Hobson *et al.*, 1994).

Es importante mencionar que se han reportado diferencias en el incremento en $\delta^{15}\text{N}$ entre dietas de bajo y de alto contenido proteico (McCutchan *et al.*, 2003). Los depredadores con una dieta basada en invertebrados presentan un incremento menor en $\delta^{15}\text{N}$, en comparación con los que se alimentan de organismos con alto contenido proteico (McCutchan *et al.*, 2003). En

concordancia con lo anterior, el incremento en $\delta^{15}\text{N}$ obtenido entre la piel de *B. physalus* y eufáusidos de ambas zonas fue menor que el incremento en $\delta^{15}\text{N}$ entre la piel de *B. physalus* y las sardinas.

Considerando que la composición isotópica de un consumidor está determinada inicialmente por la composición isotópica de las bases fito y zooplanctónicas (Lesage *et al.*, 2001), se establecieron 5 niveles tróficos a partir de los productores primarios (Tabla IV). Se obtuvo que *N. simplex* tuvo un valor relativo de 2.7, nivel similar al 2.2 para el krill (*Euphausia superba*) (Kenney *et al.*, 1995) y de 2.0 para el zooplancton herbívoro (Pauly y Christensen, 1995). El nivel trófico relativo calculado para las sardinas fue de 3.0, coincidiendo con el valor asignado en Pauly y Christensen (1995). Se ha considerado a la sardina Monterrey (*S. sagax*) como una especie oportunista, ya que se alimenta tanto de fitoplancton como de zooplancton ocupando el segundo y tercer nivel trófico. En el Golfo de California, se han encontrado 13 géneros de fitoplancton en la dieta de *S. sagax*, entre los que predominaron las diatomeas y dinoflagelados y 41 géneros de zooplancton, siendo los copépodos y las larvas de braquiuros los dominantes (López-Martínez *et al.*, 1999).

Los eufáusidos del género *Nyctiphanes* están igualmente adaptados para filtrar y alimentarse de zooplancton. En general su alimentación es omnívora, se alimentan de pequeño zooplancton y pueden filtrar partículas de mayor tamaño (Mauchline, 1967). En particular *N. simplex* presenta una alimentación omnívora lo que les promueve el rápido desarrollo de sus larvas y por lo mismo una alta tasa de crecimiento, lo que les permite generar tejidos y aumentar de talla y peso, lo cual a su vez incrementa su supervivencia (De Silva-Dávila, 1997). *Nyctiphanes simplex* tiene adaptaciones para habitar exitosamente regiones con elevada producción biológica donde el herbivorismo y filtración de materia orgánica así como la utilización de detritus, son estrategias predominantemente utilizadas sobre la alimentación carnívora (Longhurst, 1967).

Aunque tanto los eufáusidos como las sardinas sean filtradores y se alimenten de plancton pequeño, existe una diferencia en $\delta^{15}\text{N}$ entre ellos (Tabla II, Figura 9). El valor más enriquecido en nitrógeno de las sardinas *S. sagax* puede deberse a que son selectivos de presas más grandes y relativo al tamaño de su boca que es más grande que la de los eufáusidos. Las sardinas Monterrey, se alimentan de partículas con un diámetro de 350-750 μm con un pico en los 550 μm (López-Martínez *et al.*, 1999), mientras que los eufáusidos *N. simplex* se alimentan principalmente de micro (38-200 μm) y mesoplancton (>200 μm) (Mauchline, 1967). Es difícil determinar el grado exacto de preferencia, sin embargo aparentemente está en función de la disponibilidad del plancton. Consecuentemente la dieta puede ser altamente dependiente de los patrones de dispersión del plancton (López-Martínez *et al.*, 1999).

Considerando que los niveles tróficos más altos están enriquecidos en el isótopo pesado (DeNiro y Epstein, 1978; Rau *et al.*, 1983), y que este se incrementó con cada nivel, los valores obtenidos para la piel del rorcual común son consistentes con ese incremento. De acuerdo con los resultados de este trabajo, los rorcuales comunes pueden catalogarse como consumidores terciarios, con un valor calculado de un nivel trófico de 3.7, resultado del promedio de los valores obtenidos durante la temporada fría (3.6) para la zona entre el área de La Paz-Loreto y (3.8) de la Bahía Kino. Para la temporada cálida el nivel trófico se incrementa a 4.1, pudiendo considerarlos como consumidores cuaternarios.

Es importante mencionar que, se requiere de cierto periodo de tiempo para que se refleje la firma isotópica de una nueva presa en los tejidos del depredador, por lo que es necesario tratar de establecer el tiempo de recambio del tejido que se esté utilizando (MacAvoy *et al.*, 2001). Se ha estimado que para delfines el tiempo en que migran las células basales a las capas epiteliales es de 70 a 75 días (Hicks *et al.*, 1985). Por otro lado, en músculo de la foca anillada (*Phoca hispida*) los isótopos medidos proveen un tiempo estimado en la dieta integrada de 4 a 6 semanas (30-45 días) (Tiezen *et al.*, 1983). Se sabe

que el tiempo de recambio de la piel es más rápido que otros tejidos por ejemplo, los dientes. La piel representa solamente los nutrientes que han sido asimilados a corto plazo en comparación a los de los dientes cuyo tiempo de recambio es mas largo (Abend y Smith, 1995).

Considerando que se asume que la firma isotópica de un depredador reflejará la de las presas que estén disponibles en un cierto tiempo (MacAvoy *et al.*, 2001), y de acuerdo al tiempo de recambio metabólico de los tejidos, en este caso de piel (por lo menos de 70 a 75 días) podemos considerar que el rorcual común presenta un cambio de alimentación de una temporada respecto a la otra para la zona de la Bahía de La Paz-Loreto, por lo que el tiempo de recambio pudiera estimarse en menos de 7 meses.

Además como mencionan Vander Zanden y Rasmussen (2001), la composición isotópica del tejido de un consumidor pudiera reflejar la de la fraccionación bioquímica usada para construir ese tejido en particular, más que la de la dieta completa, considerando que los consumidores asimilan los componentes de la dieta con diferentes eficiencias. Debe considerarse que la asimilación en los tejidos requiere de un tiempo específico, y que representan un promedio con relación a la tasa de intercambio del tejido y a la vida del organismo (O'Reilly *et al.*, 2002).

ii. CAMBIOS INDIVIDUALES (FOTO-IDENTIFICACIÓN)

La técnica de foto-identificación de individuos del rorcual común (Agler *et al.*, 1992) es útil para estudiar la distribución espacio-temporal, movimientos e historias de vida de esta especie. Las características de identificación de los rorcuales usadas con esta técnica, tales como forma de la aleta dorsal, patrón de pigmentación así como, la forma y localización de las muescas han permitido la recaptura de individuos hasta por 14 años en una población del Atlántico

Norte (Aglar *et al.*, 1990) y de 18 años para el Golfo de California (Urbán *et al.*, 2002).

Es conocido que los rorcuales pueden moverse grandes distancias en pocos días (Watkins *et al.*, 1984). En el presente trabajo, la técnica de foto-identificación nos permitió argumentar en favor del cambio estacional en la dieta de acuerdo con las firmas isotópicas del nitrógeno en la piel de un mismo individuo recolectada en diferentes temporadas. Es importante mencionar que aunque se trate solamente de un individuo, lo que se observa en los resultados (Figura 11) demuestra un incremento en el valor de $\delta^{15}\text{N}$ en la piel de la temporada cálida respecto a la fría, similar al promedio de $\delta^{15}\text{N}$ de las pieles de *B. physalus* obtenidas entre temporadas.

iii. MOVIMIENTOS ESTACIONALES Y ALIMENTACIÓN

Por lo general la distribución de los rorcuales comunes conforma un ciclo anual, con migraciones en verano a zonas de alimentación en altas latitudes y zonas de reproducción en invierno en bajas latitudes (Mackintosh, 1965). Sin embargo, algunos individuos y algunas poblaciones no siguen este patrón (Mizroch, com. pers.¹). A nivel mundial se reconocen dos poblaciones residentes de rorcual común, una en el Mediterráneo (Gambell, 1985), y la segunda en el Golfo de California (Berubé *et al.*, 1998; Berubé *et al.*, 2002).

iiia. TEMPORADA FRÍA

Como población residente en el Golfo de California los rorcuales comunes realizan sus movimientos dentro del mismo. Según el esfuerzo de observación presentado en este trabajo, se observó una mayor abundancia relativa del

¹ Mizroch, Sally. 2001. National Oceanographic and Atmospheric Administration. Seattle, Washington.

rorcual común en el área norte y central del Golfo de California coincidiendo con lo reportado por Rojas-Bracho (1984) y por Enríquez (1996). También, mediante los censos aéreos, se apoya la idea de un movimiento hacia el sur a finales del invierno (marzo) coincidiendo con lo encontrado por Gendron (1993). En la Bahía de La Paz, también se ha notado un incremento en el índice de avistamiento del rorcual común durante finales del invierno (Flores-Ramírez *et al.*, 1996; Del Ángel-Rodríguez, 1997; este trabajo). Así mismo, se ha sugerido que el rorcual común es determinante en el cambio de la comunidad de cetáceos en la Bahía de La Paz, y que esta especie se desplaza a la porción norte e ingresa a zonas productivas, como el Canal de Ballenas, cuando las aguas tropicales pobres ocupan la provincia del Golfo inferior (Flores-Ramírez *et al.*, 1996).

La presencia del rorcual común al sur durante el invierno coincide con las observaciones de enjambres superficiales de *N. simplex* en esta temporada en la parte sureste del Golfo de California (Gendron, 1992). La abundancia de los eufáusidos como fuente principal de alimento del rorcual común en invierno, coincide con su mayor abundancia en invierno y primavera en el Golfo de California (Brinton y Townsend, 1980; Gendron, 1990).

Se ha mencionado cierta estacionalidad en los movimientos de los rorcuales azules y comunes que al parecer coinciden con los cambios de productividad primaria y secundaria en el Golfo de California (Del Ángel-Rodríguez, 1997). Estudios de fitoplancton han demostrado que las mayores densidades celulares ocurren en marzo en el Golfo de California (Gilbert y Allen, 1943) y en la Bahía de La Paz (García-Pámanes, 1981). Por otra parte, en la Bahía de La Paz, la biomasa zooplanctónica muestra tendencias semejantes a las del Golfo de California, alcanzando su máximo en invierno y con altas densidades de larvas de *N. simplex*. La presencia de adultos de *N. simplex* en todos los meses entre febrero y agosto de 1990 (De Silva-Dávila, 1997), indica que esta especie pudiera servir como alimento a los rorcuales comunes que entran en la Bahía de La Paz después del mes de marzo (Tabla I, Figura 7), así

como a otros depredadores como tiburones ballena (Ketchum-Mejía, 2003) y mantarayas (Notarbartolo-Di Sciara, 1988) que en esas fechas se encuentran en la Bahía.

iiib. TEMPORADA CÁLIDA

Roden (1964) señala que durante el verano existe una termoclina estacional bien desarrollada en el Canal de Ballenas, así como en todo el Golfo de California. Las condiciones asociadas a una masa de agua estratificada son consideradas como desfavorables para el desarrollo del fitoplancton ya que el intercambio del agua superficial (pobre en nutrientes) con aguas profundas (ricas en nutrientes) se ve limitado debido a la diferencia de densidades de ambas masas. Durante el verano y el otoño, la distribución de *N. simplex* se restringe hasta un 75% de su abundancia total en la zona norte del Golfo de California. La presencia de aguas oligotróficas del Pacífico oriental tropical en la porción sur del Golfo, estratifican la columna de agua y limitan la disponibilidad de su alimento. Su influencia, sin embargo, no alcanza la zona norte, donde se mantiene una biomasa importante de este eufáusido (Brinton y Townsend, 1980). Por otra parte, en verano y otoño las sardinas adultas se refugian en la costa occidental del alto Golfo en los alrededores de la Isla Ángel de la Guarda (De Anda *et al.*, 1994) en sus zonas de alimentación (Hamman *et al.*, 1988). Las condiciones de verano, con vientos del sureste, coinciden con la migración de las sardinas juveniles hacia las regiones donde se alimentan en su etapa adulta (Hamman *et al.*, 1988). Especialmente para la temporada de pesca de 2000/2001 (octubre a septiembre), se presentaron condiciones ambientales promedio, que favorecieron la alta disponibilidad de la sardina Monterrey en los alrededores de Isla Tiburón y el Canal de Ballenas, con una estructura de tallas, reproducción y distribución espacial y temporal típica de la especie (Martínez-Závala *et al.*, 2002).

La distribución tanto de *N. simplex* y la sardina *S. sagax* durante el verano en el alto Golfo de California coinciden con la del rorcual común observado durante el verano de 1993 (Mangels y Gerrodette, 1994). Con los resultados de este trabajo, se calculó el máximo índice de abundancia de rorcuales comunes en el alto Golfo de California para este crucero. Esto apoya la idea propuesta por Rojas-Bracho (1984), que el alto Golfo de California funciona como una zona de agregación del rorcual común en verano.

Así mismo la salida de los rorcuales comunes de la Bahía de La Paz a principio de verano (Del Ángel-Rodríguez, 1997) hasta finales del verano (Flores-Ramírez *et al.*, 1996), coincide con el movimiento sur-norte propuesto por Rojas-Bracho (1984). También coincide con el bajo IA obtenido en este trabajo y con el menor número de biopsias de piel obtenidas en esta temporada.

Recientemente por medio de marcas de satélite colocadas sobre algunos rorcuales comunes en la Bahía de la Paz y Loreto en marzo del 2001, se apoya la idea de la zona norte del Golfo de California como refugio durante el verano por la permanencia de 3 rorcuales durante más de 100 días en la zona norte del golfo (Urbán *et al.*, 2002).



XI. CONCLUSIONES

- ⌘ Dados sus hábitos alimenticios, se considera que el rorcual común del Golfo de California es una especie generalista.
- ⌘ El análisis de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ indica que el rorcual común se alimenta del eufáusido *Nyctiphanes simplex*, durante la temporada fría, coincidiendo con lo encontrado por Del Ángel-Rodríguez (1997).
- ⌘ El análisis de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ aporta evidencia de un cambio de dieta del rorcual común entre las temporadas fría y cálida en el Golfo de California por presas de nivel trófico mayor, corroborando lo planteado por Gendron *et al.* (2001).
- ⌘ El análisis de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de un individuo foto-recapturado en las dos temporadas del 2001 aporta evidencia del cambio estacional en la dieta del rorcual común en el Golfo de California, y se sugiere que la tasa de recambio de la piel de este rorcual es menor a 7 meses.
- ⌘ De acuerdo a las señales isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ entre temporadas se observa que la alimentación del rorcual común es mas costera en la temporada fría, mientras que es mas alejada de la costa en la temporada cálida.



XII. RECOMENDACIONES

Dada la importancia de este rorcual, como residente en el Golfo de California se recomienda realizar estudios mas detallados en los que se involucren aspectos mas precisos sobre su distribución espacial y temporal, así como sobre su estructura poblacional.

Por otro lado y en la medida que sea posible, se recomienda realizar mucho mas esfuerzo de búsqueda y colecta de biopsias de piel en las temporadas fría y cálida en otras zonas de distribución del rorcual común en el Golfo de California con el fin de complementar este trabajo con datos de isótopos estables de esas zonas.

También recolectar mensualmente un mayor número de muestras de piel del rorcual común de la temporada cálida en la Bahía de La Paz y Loreto para tratar de establecer en que momento se está dando el cambio estacional en su alimentación. Con el mismo fin recolectar muestras en otras zonas de distribución del rorcual en esa temporada.

Idealmente se recomendaría recolectar heces del rorcual común en la temporada cálida, de forma que con los otolitos o estructuras no digeribles se tratara de identificar con mayor certidumbre las especies de la que se alimentan. Aunque es importante considerar que se ha propuesto que tal vez estas estructuras se hunden rápidamente al hacer contacto el excremento con el agua (Del Ángel-Rodríguez, 1997).

También sería interesante evaluar la posibilidad de hacer un estudio en los ácidos grasos, ya sea de los de la piel o los de la capa de grasa, para comparar los resultados de ambas técnicas y así continuar los estudios sobre su ecología alimenticia en el Golfo de California.



XIII. LITERATURA CITADA

- Abend, A.G. y T.D. Smith. 1995. Differences in ratios of stable isotopes of nitrogen in long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) in the western and eastern North Atlantic. **Journal of Marine Science**. 52(5): 837-841.
- Adams, R.S. y R.W. Sterner. 2000. The effect of dietary nitrogen content on trophic level ¹⁵N enrichment. **Limnology and Oceanography**. 45:601-607.
- Agler, B.A., J.A. Beard, R.S. Bowman, H.D. Corbett, S.E. Frochock, M.P. Hawvermale, S.K. Katona, S.S. Sadove e I.E. Seipt. 1990. Fin whale (*Balaenoptera physalus*) Photographic identification: methodology and preliminary results from the Western North Atlantic. **Report to the International Whaling Commission (Special Issue 12)**. 349-356.
- Agler, B.A., K.A. Robertson, D. DenDanto, S.K. Katona, J.M. Allen, S.E. Frochock, I. E. Seipt y R.S. Bowman. 1992. The use of photographic identification for studying individual fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Gulf of Maine. **Report to the International Whaling Commission**. 42: 711-722.
- Altabet, M.A., C. Pilskaln, R. Thunell, C. Pride, D. Sigman, F. Chávez y R. Francois. 1999. The nitrogen isotope biogeochemistry of sinking particles from the margin of the Eastern North Pacific. **Deep-Sea Research I**. 46: 655-679.
- Álvarez-Borrego, S. y J.R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. *In*: Dauphin, J.P. y B.R. Simoneit (Eds.). **The Gulf and peninsular province of the Gulf of California**. AAPG Memories. 47, 555-567.
- Ambrose, S.H. y M.J. DeNiro. 1986. The isotopic ecology of East African mammals. **Oecologia**. 69: 395-406.
- Ames, A.L., E.D.V. Vleet y W.M. Sackett. 1996. The use of stable carbon isotope analysis for determining the dietary habits of the Florida manatee, *Trichechus manatus latirostris*. **Marine Mammal Science**. 12(4): 555-163.
- Amos, W. y A.R. Hoelzel. 1991. Long- term preservation of whale skin for DNA análisis. **Report to the International Whaling Commission (Special Issue 13)**. 99-103.
- Badán-Dangón, A., C.J. Koblinsky y T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. **Oceanologica Acta**. 8(1): 13-22.

- Badán-Dangón, A., M. Hendershott y M.F. Lavín. 1991. Underwater doppler current profiles in the Gulf of California. **Eos Transactions AGU.** 72(209): 217-218.
- Balcomb, K.C., B. Villa-Ramírez y G. Nichols. 1979. Marine mammals in the Cortez Sea. Proceeding 4th International Conference on Grey Whales, La Paz, 16 febrero.
- Ben-David, M., R.W. Flynn y D.M. Schell. 1997. Annual and seasonal changes in diets of martens: evidence from a stable isotope analysis. **Oecología.** 111: 280-291.
- Berta A. y J.L. Sumich. 1999. **Marine Mammals: Evolutionary Biology.** Academic Press. EUA. 481 pp.
- Berubé, M., A. Aguilar, D. Dendanto, F. Larsen, G. Notarbartolo di Sciara, R. Sears, J. Sigurjónsson, J. Urbán y P.J. Palsboll. 1998. Population genetic structure of North Atlantic, Mediterranean Sea and Sea of Cortez fin whales, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus 1758): analysis of mitochondrial and nuclear loci. **Molecular Ecology.** 7: 585-599.
- Berubé, M., J.R. Urbán, A.E. Dizon, R.L. Brownell y P.J. Palsboll. 2002. Genetic identification of a small and highly isolated population of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Sea of Cortez, México. **Conservation Genetics.** 3: 183-190.
- Brinton, E. y A.W. Townsend. 1980. Report of the euphausiids in the Gulf of California: the 1957 cruises. **Report of the California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports.** 21: 211-236.
- Brinton, E., A. Fleminger y D. Siegel-Causey. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. **Report of the California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports..** 27: 228-266.
- Burton, R.K. y P.L. Koch. 1999. Isotopic tracking of foraging and long-distance migration in northeastern Pacific pinnipeds. **Oecologia.** 119: 578-585.
- Campos, D.L. 1998. Composición y abundancia de la ictiofauna capturada con red agallera en el área de Loreto, B.C.S. **Tesis de Maestría.** CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 106 pp.
- Clark, A. y P.A. Prince. 1980. Chemical composition and caloric value of food fed to mollymauk chicks *Diomedea melanophoris* and *D. chrysostomata* at Bird Island, South Georgia. **Ibis.** 122: 488-494.

- Craig, H. 1957. Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass-spectrometric analysis of carbon dioxide. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 12: 133-149.
- Croll, D.A., B.R. Tershy, R.P. Hewitt, D.A. Demer, P.C. Fiedler, S.E. Smith, W. Armstrong, J.M. Popp, T. Kiekhefer, V.R. Lopez, J. Urbán y D. Gendron. 1998. An integrated approach to the foraging ecology of marine birds and mammals. **Deep-Sea Research II**. 45: 1353-1371.
- Das, K., G. Lepoint, Y. Leroy y J.M. Bouqueneau. 2003. Marine mammals from the southern North Sea: feeding ecology data from $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ measurements. **Marine Ecology Progress Series**. 263: 287-298.
- De Anda, J.A.M., J.C. Seijo y S. Martínez. 1994. Recruitment and environmental variability in Monterrey sardine (*Sardinops sagax*) fishery from the Gulf of California, Mexico. **Investigaciones Pesqueras**. (Chile) 38:23-36
- De Silva-Dávila, R. 1997. Abundancia y distribución de los eufáusidos y producción larvaria de *Nyctiphanes simplex* Hansen, en la bahía de La Paz, B.C.S., México. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. México. 112 pp.
- Del Ángel-Rodríguez, J. 1997. Hábitos alimentarios y distribución espacio-temporal de los rorcuales común (*Balaenoptera physalus*) y azul (*Balaenoptera musculus*) en la Bahía de La Paz, B.C.S. México. **Tesis de maestría**. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 68 pp.
- DeNiro, M.J. y S. Epstein. 1977. Mechanisms of carbon isotope fractionation associated with lipid synthesis. **Science**. 197: 261-263.
- DeNiro, M.J. y S. Epstein. 1978. Influence of the diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 42: 495-506.
- DeNiro M.J. y S. Epstein. 1981. Influences of the diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 43: 341-351.
- Enríquez, P.L. 1996. Ocurrencia, movimientos, estructura social y tamaño de las agregaciones del rorcual común *Balaenoptera physalus* (Lineaus, 1758) en el Golfo de California, México. **Tesis de Licenciatura**. UABCS. La Paz, B.C.S., México. 59 pp.
- Fiedler, P.C., S.B. Reilly, R.P. Hewitt, D. Demer, V.A. Philbrick, S. Smith, W. Armstrong, D.A. Croll, B.R. Tershy y B.R. Mate. 1998. Blue whale habitat prey in the California Channel Islands. **Deep-Sea Research II**. 45: 1781-1801.

- Flores-Ramírez, S, J.R. Urbán, G. Villarreal-Chávez, R. Valles-Jiménez. 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.
- Fogel, M.L. y L.A. Cifuentes. 1993. Isotope fractionation during primary production. Pág. 73-98 *In*: Engel, M.H. y S.A. Macko (Eds.). **Organic geochemistry principles and applications**. Plenum Press. Nueva York.
- Gambell, R. 1985. Fin whale *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758). 171-191. *In*: **Handbook of Marine Mammals**. Ridway, S.H. y R. Harrison (Eds.) Volume 3: The Sirenians and Baleen Whales. Academic Press. London. 362 pp.
- García-Pámanes, J. 1981. El fitoplancton de la porción oriental de la bahía de La Paz, B.C.S. durante primavera y verano. **Memorias del VII Simposium Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica**. 201-219.
- Gaskin, D.E. 1982. **The ecology of whales and dolphins**. Heinemann. 459 pp.
- Gearing, J.N., P.J. Gearing, D.T. Rudnick, A.G. Requejo y M.J. Hutchins. 1984. Isotopic variability of organic carbon in a phytoplankton-based, temperate estuary. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 48: 1089-1098.
- Gendron, D. 1990. Relación entre la abundancia de eufáusidos y de ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) en el Golfo de California. **Tesis de maestría**. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 64 pp.
- Gendron, D. 1992. Population structure of daytime surface swarms of *Nyctiphanes simplex* (Crustacea: Euphausiacea) in the gulf of California, Mexico. **Marine Ecology Progress Series**. 87: 1-6.
- Gendron, D. 1993. Índice de avistamientos y distribución del género *Balaenoptera* en el Golfo de California, México, durante febrero, marzo y abril 1988. **Revista de Investigación Científica** Vol. 1 (No. Esp. SOMMEMA 1). UABCS. 21-30.
- Gendron, D., S. Aguñiga y J.D. Carriquiry. 2001. $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ in skin biopsy samples: a note on their applicability for examining the relative trophic level in three rorcual species. **Journal of Cetacean Research & Management**. 41:44.
- Gilbert, J.Y. y W.E. Allen, 1943. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the E.W. Scripps in 1939 and 1940. **Journal of Marine Research**. 5(2): 89-110.

- Gilmore, R.M. 1957. Whales around in Cortes Sea. Tragic strandings in the Gulf of California. **Pacific Discovery**. 10:22-27.

- Gómez-Gutiérrez, J. 1992. Efecto de las condiciones ambientales sobre la distribución y abundancia de las poblaciones de eufáusidos (Crustacea) en la costa occidental de Baja California, durante mayo de 1986, julio de 1987 y 1988. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. México. 128 pp.

- Grijalva-Chon, J.M. y R.H. Barraza-Guardado. 1992. Distribución y abundancia de las postlarvas y juveniles de los camarones del genero *Penaeus* en bahía Kino y Laguna La Cruz, Sonora, México. **Ciencias Marinas**. 18(3): 153-169.

- Hamman, M.G., T.R. Baumgartner y A. Badan-Dangon. 1988. Coupling of the Pacific sardine (*Sardinops sagax caeruleus*) life cycle with the Gulf of California pelagic environment. **Report of the California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports**. 28: 102-108.

- Harrigan, P., J.C. Zieman y S.A. Macko. 1989. The base of nutritional support for the gray snapper (*Lutjanus griseus*): an evaluation based on combined stomach content and stable isotope analysis. **Bulletin of Marine Science**. 44: 65-77.

- Hicks, B.D., D.J. St Aubin, J.R. Geraci y W.R. Brown. 1985. Epidermal growth in the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. **Journal of Investigative Dermatology**. 85:60-63.

- Hobson, K.A. y R.G. Clark. 1992. Assessing avian diets using stable isotopes I: turnover of ^{13}C in tissues. **The Condor**. 94: 181-188.

- Hobson, K.A. y H.E. Welch. 1992. Determination of trophic relationships within a high Arctic marine food web using $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis. **Marine Ecology Progress Series**. 84: 9-18.

- Hobson, K.A., J.F. Piatt y J. Pitoccheli. 1994. Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. **Journal of Animal Ecology**. 63: 786-798.

- Hobson, K.A., D.M. Schell, D. Renouf y E. Noseworthy. 1996. Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals implications for dietary reconstructions involving marine mammals. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 53: 528-533.

- Hobson, K.A., J.L. Sease, R.L. Merrick y J.F. Piatt. 1997. Investigating trophic relationships of pinnipeds in Alaska and Washington using stable isotope ratios of Nitrogen and Carbon. **Marine Mammal Science**. 13: 114-132.

- Hobson, K.A. 1999. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. **Oecologia**. 120: 314-316.
- Hooker, S.K., S.J. Iverson, P. Ostrom y S.C. Smith. 2001. Diet of the northern bottlenose whale inferred from fatty-acid and stable-isotope analyses of biopsy samples. **Canadian Journal of Zoology**. 79: 1442-1454.
- Johnson, W.W. 1972. **Baja California**. Time Life Books. NY.
- Jonsgård, Å. 1966. Biology of the North Atlantic fin whale *Balaenoptera physalus* (L.): taxonomy, distribution, migration and food. **Hvalradets Skrifter**. 49: 1-62.
- 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.
- Kenney, R.D., G.P. Scott, T.J. Thompson y H.E. Winn. 1995. Estimates of prey consumption and trophic impacts of cetaceans in the USA Northeast continental shelf ecosystem. **Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science**. 22: 155-171.
- Ketchum-Mejía, J.T. 2003. Distribución espacio-temporal y ecología alimentaria del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes en el suroeste del Golfo de California. **Tesis de maestría**. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 130 pp.
- Klinowska, M. 1991. Dolphins, porpoises and whales of the world. **The IUCN Red Data Book**. IUCN. Cambridge (UK). 429 pp.
- Lambersten, R.H. 1987. A biopsy system for large whales and its use in cytogenetics. **Journal of Mammalogy**. 68: 443-445.
- Leatherwood, S., R.R. Reeves, W.F. Perrin 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 44, 245 pp.
- Lesage, V., M.O. Hammil y K.M. Kovacs. 2001. Marine mammals and the community structure of the Estuary and Gulf of St. Lawrence, Canada: evidence from stable isotope analysis. **Marine Ecology Progress Series**. 210: 203-221.
- Lluch-Cota, S.E. 2000. Propuesta de bases para un sistema de información ambiental para la pesquería de la sardina del Golfo de California. **Tesis Doctoral**. CIBNOR. La Paz, B.C.S., México. 43 pp.

- Longhurts, A. 1967. Diversity and trophic structure of zooplankton communities in the California Current. **Deep-Sea Research**. 14: 393-08.
- López-Martínez, J., M.O. Nevárez-Martínez, R.E. Molina-Ocampo y F.A. Manrique-Colchado. 1999. Traslapo en el tipo y tamaño de las presas que forman la dieta de la sardina Monterrey *Sardinops caeruleus* (Girard, 1856), la sardina crinuda *Ophistonema libertate* (Gunther, 1867) y la anchoveta norteña *Engraulis mordax* (Girard, 1856) en el Golfo de California. **Ciencias Marinas**. 25(4): 541-556.
- MacAvoy, S.E., S.A. Macko y G.C. Garman. 2001. Isotopic turnover in aquatic predators: quantifying the exploitation of migratory prey. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**. 58: 923-932.
- Mackintosh, N.A. 1965. **The stocks of whales**. Fishing News (Books). Londres. 232 pp.
- Mangels, K.F. y T. Gerrodete. 1994. Report of cetacean sightings during a marine mammal survey in the eastern Tropical Pacific Ocean and the Gulf of California aboard the NOAA ships Mc Arthur and David Starr Jordan July 28-November 6, 1993. **NOAA-TM-NMFS-SWFSC-211**. 88 pp.
- Martínez-Závala, M.A., M.O. Nevárez-Martínez, M.L. Anguiano-Carrasco, J.P. Santos-Molina y A.R. Godínez-Cota. 2002. Pesquería de peces pelágicos menores en el golfo de California, temporada de pesca 2000/2001. **Resúmenes del X Taller de Pelágicos Menores**. CICIMAR. La Paz, 1 al 3 de julio del 2002.
- Mauchline, J. 1967. Feeding appendages of the euphausiacea (Crustacea). **Journal of Zoology London**. 153: 1-43.
- McCutchan, J.H. Jr., W.M. Lewis Jr., C. Kendall y C.C. McGrath. 2003. Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen and sulfur. **Oikos**. 102: 378-390.
- Murillo-Jiménez, M.J. 1987. Algunas características paleoceanográficas y cuerpos de agua inferidos a partir del registro micropaleontológico (Radiolaria) de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. **Tesis de Licenciatura**. UABCS. La Paz, B.C.S., México. 61 pp.
- Nemoto, T. 1957. Foods of baleen whales in the North Pacific. **The Scientific Reports of the Whales Research Institute, Tokyo**. 12: 33-89.
- Nemoto, T. 1959. Foods of baleen whales in reference to whale movements. **The Scientific Reports of the Whales Research Institute, Tokyo**. 14: 149-290.

- Nishiwaki, N. y T. Ohe, 1951. Biological investigations on blue whales (*Balaenoptera musculus*) and fin whales (*Balaenoptera physalus*), caught by Japanese Antarctic whaling fleet. **The Scientific Reports of the Whales Research Institute, Tokyo**. 5: 91-167.
- Notarbartolo Di Sciara, G. 1988. Natural history of the rays of the genus *Mobula* in the Gulf of California. **Fishery Bulletin**. 86(1): 45-66.
- O'Reilly, C.M., R.E. Hecky, A.S. Cohen, y P.D. Plisnier. 2002. Interpreting stable isotopes in food webs: Recognizing the role of time averaging at different trophic levels. **Limnology and Oceanography**. 47(1): 306-309.
- Obeso-Nieblas, M. 1986. Propagación de la constituyente M2 de la marea en la bahía de La Paz, B.C.S. México: Mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 123 pp.
- Ostrom, P.H., J. Lien y S.A. Macko. 1993. Evaluation of the diet of Sowerby's beaked whale, *Mesoplodon bidens*, based on isotopic comparisons among northwestern Atlantic cetaceans. **Canadian Journal of Zoology**. 71: 858-861.
- Paré, J.J.R., J.M.R. Bélanger y S.S. Stafford. 1994. Microwave-Assisted Process (MAPTM)^a: a new tool for the analytical laboratory. **Trends in analytical chemistry**. 13(4): 176-184.
- Pauly, D. y V. Christensen. 1995. Primary production required to sustain global fisheries. **Nature**. 374: 255-257.
- Pauly, D., A.W. Trites y V. Christensen. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. **ICES Journal of Marine Science**. 55: 467-481.
- Peterson B. J. y B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystems. **Annual Review of Ecology Systematics**. 18: 293-320.
- Piatt, J.F. y D.A. Methven. 1992. Threshold foraging behavior of baleen whales. **Marine Ecology Progress Series**. 84: 205-210.
- Pyke, G.H., H.R. Pulliam y E.L. Charnov. 1977. Optimal foraging: a selective review of theory and tests. **Quarterly Reviews of Biology**. 52:137-154.
- Rau, G.H., A.J. Mearns, D.R. Young, R.J. Olson, R.J., H.A. Schaefer e I.R. Kaplan. 1983. Animal ¹³C/¹²C correlates with trophic level in pelagic food webs. **Ecology**. 64: 1314-1318.

- Rau, G.H., D.G. Ainley, J.L. Bengtson, J.J. Torres y T.L. Hopkins. 1992. $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ in Weddell sea birds, seals, and fish: implications for diet and trophic structure. **Marine Ecology Progress Series**. 84:1-8.
- Renoe, B.W. 1994. Microwave assisted extraction. **American Laboratory**. 34-40.
- Reyes-Salinas, A., R. Cervantes-Duarte, R.A. Morales-Pérez y J.E. Valdez-Holguín. 2003. Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la estratificación vertical en la bahía de La Paz, B.C.S. **Hidrobiológica**. 13(2): 103-110.
- Rice, D.W. 1977. Synopsis of biological data on the sei and Bryde's whale in the eastern North Pacific. **Reports to the International Whaling Commission**. Special Issue. 1: 92-97.
- Roden, G.I. y G.W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the gulf of California. **Journal of Marine Research**. 18(1): 10-35.
- Roden, G.I. 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. In: T. H. van Andel y G.G. Shor, Jr. (Eds.) Marine Geology of the Gulf of California. **American Association Petrology Geological Memories**. 3.
- Roden, G.I. e I. Emilsson, 1979. Physical oceanography of the Gulf of California. Simposium sobre el Golfo de California, Universidad Nacional Autónoma de México, Mazatlán, Sin. México. Manuscrito sin publicar. 58 pp.
- Rojas-Bracho, L. 1984. Presencia y distribución del rorcual común *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758) (Cetacea: Balaenopteridae) en el Golfo de California, México. **Tesis de Licenciatura**. UNAM. México, D.F. 157 pp.
- Rousnick, J.S. y M.J. Winterbourn. 1986. Stable carbon isotopes and carbon flow in ecosystems. **Bio Science**. 36(3): 171-177.
- Ruiz-Castro, I. 2002. Relación trófica entre el cachalote (*Physeter macrocephalus*) y el calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California mediante el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 48 pp.
- Santamaría-del Ángel, E., S. Álvarez-Borrego y F.E. Müller-Karger. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color imagery. **Journal of Geophysical Research**. 99: 7411-7421.

- Schell, D.M., S.M. Saupe y N. Haubenstock. 1989. Bowhead whale (*Balaena mysticetus*) growth and feeding as estimated by $\delta^{13}\text{C}$ techniques. **Marine Biology**. 103: 433-443.
- Schell, D.M., B.A. Barnett y K.A. Vinette. 1998. Carbon and nitrogen isotope ratios in zooplankton of the Bering, Chukchi and Beaufort Seas. **Marine Ecology Progress Series**. 162: 11-23.
- SEMARNAP, 2000. **Programa de Manejo Parque Nacional Bahía de Loreto México**. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 185 pp.
- Shoeninger, M.J. y M.J. DeNiro. 1984. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen of marine and terrestrial mammals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 48: 625-639.
- Steele, K.W. y R.M. Daniel, 1978. Fractionation of nitrogen isotopes by animals: A further complication to the use of validation in the natural abundance of ^{15}N for tracer studies. **Agricultural Science**. 90: 7-9.
- Tershy, B.R. 1992. Body size, diet, habitat use, and social behaviour of *Balaenoptera* whales in the Gulf of California. **Journal of Mammalogy**. 73(3): 477-486.
- Tershy, B.R., J.R. Urbán, D. Breese, L. Rojas-Bracho y L.T. Findley. 1993. Are fin whales resident to the Gulf of California? **Revista de Investigaciones Científicas**. No. Esp. SOMEMMA. 1: 69-72.
- Tiezen, L.L., T.W. Boutton, K.G. Tesdahl y N.A. Slade. 1983. Fractionation and turn-over of stable carbon isotopes in animal tissues: implication for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. **Oecologia**. 57: 32-37.
- Todd, S., P. Ostrom, J. Lien y J. Abrajano. 1997. Use of biopsy samples of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) skin for stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$) determination. **Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science**. 22: 71-76.
- Tomilin, A.G. 1967. Mammals of the USSR and adjacent countries. Volume 9 Cetacea. **Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem**. 717 pp.
- Urbán, J., B. Mate, M. Berubé, A. Acevedo, S. Jaume, B. Tershy y D. Croll. 2002. Los rorcuales comunes del Golfo de California: una población residente y aislada. **Resúmenes de la XXVII Reunión Internacional sobre el Estudio de los Mamíferos Marinos**. Veracruz, Ver. México. Pág. 5.

- Vander Zanden, M.J., G. Cabana y J.B. Rasmussen. 1997. Comparing the trophic position of litoral fish estimated using stable nitrogen isotopes ($\delta^{15}\text{N}$) and dietary data. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 54: 1142-1158.
- Vander Zanden, M.J., y J.B. Rasmussen. 2001. Variations in $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ trophic fractionation: Implications for aquatic food web studies. **Limnology and Oceanography**. 46(8): 2061-2066.
- Walker, J.L. y S.A. Macko. 1999. Dietary studies of marine mammals using stable carbon and nitrogen isotopic ratios of teeth. **Marine Mammal Science**. 15: 314-334.
- Watkins, W.A., K.E. Moore, J. Sigurjónsson, D. Watzok y G.N. Di Sciara. 1984. Fin whale *Balaenoptera physalus* tracked by radio in the Irminger Sea. **Rit Fiskideildar** 8(1): 1-14.
- Wells, R.W., B.W. Würsig y K.S. Norris. 1981. A survey of the marine mammals of the upper Gulf of California, Mexico, with an assessment of the status of *Phocoena sinus*. **Final Report for the Marine Mammal Comission**. MMC-79/07. 51 pp.
- Wong, W.W. y W.M. Sackett. 1978. Fractionation of stable carbon isotopes by marine phytoplankton. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 42: 1809-1815.



XIV. ANEXOS

Anexo A.

Tabla de valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ (de piel del rorcual común (*B. physalus*) en la zona de Bahía de La Paz y Loreto, B.C.S.

Muestra	Fecha	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Bp01-01	28-feb-01	-18,72	15,17
Bp01-02	07-feb-01	-17,61	14,51
Bp01-03	06-feb-01	-16,43	14,67
Bp01-04	01-mar-01	-17,41	13,97
Bp01-05	02-mar-01	-16,55	11,44
Bp01-06	26-mar-01	-17,53	14,49
Bp01-10	27-mar-01	-16,75	15,15
Bp01-11	27-mar-01	-17,00	14,97
Bp01-12	28-mar-01	-17,97	14,55
Bp01-13	30-mar-01	-16,82	14,94
Bp01-17	31-mar-01	-17,47	14,97
Bp01-18	08-jun-01	-17,58	15,73
Bp01-24	15-sep-01	-18,24	16,16
Bp01-25	15-sep-01	-17,28	16,43
Bp01-26	16-ene-02	-18,97	14,34
Bp02-28	06-mar-02	-17,68	14,27
Bp02-30	06-mar-02	-15,82	14,54
Bp02-31	26-abr-02	-16,99	16,00
Bp01-34b	26-abr-02	-17,75	15,48

Anexo B.

Tabla de valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de piel del rorcual común (*B. physalus*) en la zona de Bahía Kino, Sonora.

Muestra	Fecha	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Bp98-39	23-nov-98	-15,91	15,59
Bp98-40	23-nov-98	-16,44	15,91
Bp98-41	23-nov-98	-16,43	15,15
Bp98-42	23-nov-98	-16,45	15,82
Bp98-43	24-nov-98	-16,30	15,02
Bp00-44	31-ene-00	-17,27	14,43
Bp00-45	31-ene-00	-17,00	15,19
Bp00-46	05-feb-00	-17,24	14,82
Bp00-47	05-feb-00	-16,74	15,19
Bp00-48	05-feb-00	-17,12	14,93

Anexo C.

Tabla de valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ del eufáusido *N. simplex* del Golfo de California.

Muestra	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
NS04	-17,68	12,51
NS01	-17,66	12,77
NS02	-17,69	12,69
NS05	-17,87	12,46
NS03	-17,78	12,75